МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**
Инженерная школа информационных технологий и робототехники

МОЛОДЕЖЬ И СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Сборник трудов
XXI Международной научно-практической конференции
студентов, аспирантов и молодых ученых

15–18 апреля 2024 г.

Томск 2024

УДК 378:004(063)
ББК Ч481.23л0
М75

Молодежь и современные информационные технологии : сборник трудов
М75 XXI Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (Томск, 15–18 апреля 2024 г.) / под ред. А.С. Беляева ; Томский политехнический университет. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2024. – 788 с.

Сборник содержит доклады, представленные на XXI Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодежь и современные информационные технологии», прошедшей в Томском политехническом университете на базе Инженерной школы информационных технологий и робототехники. Материалы сборника отражают доклады студентов, аспирантов и молодых ученых, принятые к обсуждению на секциях: «Искусственный интеллект, машинное обучение и большие данные», «Цифровой дизайн и VR технологии», «Прикладные программные приложения и разработки», «Мехатроника и робототехника», «Автоматизация технологических процессов и производств».

Сборник предназначен для специалистов в области информационных технологий и робототехники, студентов и аспирантов соответствующих специальностей.

УДК 378:004(063)
ББК Ч481.23л0

Редакционная коллегия

А.С. Фадеев, к.т.н., директор ИШИТР ТПУ, председатель оргкомитета;
Н.Г. Марков, д.т.н., профессор ОИТ ИШИТР ТПУ, председатель программного комитета; сопредседатель 1-й секции;
В.Г. Спицын, д.т.н., профессор ОИТ ИШИТР ТПУ, заместитель председателя программного комитета, сопредседатель 1-й секции;
А.С. Беляев, к.т.н., старший преподаватель ОАР ИШИТР ТПУ, главный редактор сборника конференци, председатель 4-й секции;
Е.И. Губин, к.ф.-м.н., доцент ОИТ ИШИТР ТПУ, сопредседатель 1-й секции;
А.А. Друки, к.т.н., доцент ОИТ ИШИТР ТПУ, сопредседатель 1-й секции;
А.О. Савельев, к.т.н., доцент ОИТ ИШИТР ТПУ, сопредседатель 2-й секции;
М.С. Кухта, д.ф.н., профессор ОАР ИШИТР ТПУ, председатель 3-й секции;
Е.В. Вехтер, к.пед.н., доцент ОАР ИШИТР ТПУ, сопредседатель 3-й секции;
А.В. Шкляр, к.т.н., доцент ОАР ИШИТР ТПУ, сопредседатель 3-й секции;
А.С. Беляев, к.т.н., старший преподаватель ОАР ИШИТР ТПУ, председатель 4-й секции;
В.В. Курганов, к.т.н., доцент ОАР ИШИТР ТПУ, сопредседатель 5-й секции;
М.С. Суходоев, к.т.н., доцент ОАР ИШИТР ТПУ, сопредседатель 5-й секции.

Редакционная коллегия предупреждает, что за содержание представленной информации ответственность несут авторы

© ФГАОУ ВО НИ ТПУ, 2024

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 1. ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ, МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ И БОЛЬШИЕ ДАННЫЕ

IMPROVED U-NET DEEP NETWORK FOR RECTAL CANCER TUMOUR SEGMENTATION ALGORITHM
Аксёнов С.В.., Юйцянь Ван 13

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ТЕРМИНОЛОГИЯ: НОВЫЕ ОБРАЗЫ И ФУНКЦИИ
Ардашкина А.И., Ардашкин И.Б 16

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ КАК ИНСТРУМЕНТ СОВРЕМЕННОГО ИСКУССТВА
Комарова А.С., Человечкова А.В 19

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНСТРУМЕНТОВ MEDSPACY И DEEPPAVLOV ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ СИМПТОМОВ COVID-19 И ЛЕКАРСТВ ИЗ МЕДИЦИНСКИХ ТЕКСТОВ
Соколовский Д.Е 23

СРАВНЕНИЕ ПРЕДЛОЖЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ МОДЕЛИ SBERT
Курбонов К.С 26

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРА СВЯЗИ МЕЖДУ ВВП И УРОВНЕМ ЭМИССИИ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА В СТРАНАХ МИРА
Марухин Е.М 29

АВТОМАТИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ И СЕГМЕНТАЦИЯ ОПУХОЛЕЙ ГОЛОВНОГО МОЗГА НА СНИМКАХ МРТ
Закиев Я.Т., Кариев С.В., Спицын В.Г. 35

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА КОНСУЛЬТИРОВАНИЕЯ АБИТУРИЕНТОВ С ПОМОЩЬЮ ТЕХНОЛОГИИ RETRIEVAL AUGMENTED GENERATION
Цыденов С.Б.. 43

MULTIMODAL CONVOLUTIONAL TRANSFORMER (MCT-DD): DEPRESSION DIAGNOSIS THROUGH JOINT TASK ANALYSIS
Firoz N., Berestneva O.G., Aksyonov S.V. 47

ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ К РАСПОЗНАВАНИЮ И ПРОГНОЗИРОВАНИЮ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА
Кирпичев В.Э., Кодиров Ш.Ш. 52

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ НА ОСНОВЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ
Цинчжоу Хэ 56

АНАЛИЗ МЕТОДОВ СОЗДАНИЯ КИТАЙСКО-РУССКИХ ДВУЯЗЫЧНЫХ ОПИСАНИЙ ПРОДУКТОВ
Чжан Юаньюань 59

МОДЕЛЬ ПОЛНОСВЕРТОЧНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ СЕМАНТИЧЕСКОЙ СЕГМЕНТАЦИИ ДЕРЕВЬЕВ ПИХТЫ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ С БПЛА
Мачука М.К.Р 62

СЕМАНТИЧЕСКАЯ СЕГМЕНТАЦИЯ ВОЗДУХА В КЕРНАХ С ШУМОПОДАВЛЕНИЕМ И ПОСТОБРАБОТКОЙ
Волков М.И., Каргина П.С. 66

ОБРАБОТКА НЕСТРУКТУРИРОВАННЫХ ТЕКСТОВЫХ ДАННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БИБЛИОТЕКИ SPACY
Москалев М.Г., Газизов Т.Т 71

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ НОВОЙ ГРАМОТНОСТИ В КОНТЕКСТЕ РАЗВИТИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И СМАРТ-ТЕХНОЛОГИЙ
Чмыхало М.А., Макиенко А.А., Галкина М.В 77

ПРИМЕНЕНИЕ ГРАФОВЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ С МЕХАНИЗМОМ ВНИМАНИЯ ДЛЯ СЕМАНТИЧЕСКОЙ СЕГМЕНТАЦИИ ОБЛАКОВ ТОЧЕК
Кадыров Р.А. 83

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СОВРЕМЕННЫХ АЛГОРИТМОВ ИНТЕРВАЛЬНОГО ПОВТОРЕНИЯ
Харитонов Д.С., Сологуб Г.Б. 89

ПОСТРОЕНИЕ КЛАССИФИКАТОРА ИДЕОМОТОРНОЙ АКТИВНОСТИ НА ОСНОВЕ БИСПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА
Новоселов К.И., Бразовский К.С *93*
ДЕТЕКТИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ ВОЗДУШНОГО ПРОСТРАНСТВА НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ YOLOV5
Клековкин В.А *96*
КРОСС-МОДЕЛЬНОЕ СРАВНЕНИЕ NNMF, LDA И LSI НА РАЗНОМ ОБЪЕМЕ ТЕКСТОВЫХ ДАННЫХ
Семченко О.П., Кайда А.Ю. *102*
ПОИСК ТЕЛЕГРАМ-КАНАЛОВ НА ЗАДАННУЮ ТЕМАТИКУ
Рыбанченко И.А. *106*
ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ АНКЕТНЫХ ДАННЫХ ЗАЕМЩИКА ПОТРЕБИТЕЛЬСКОГО КРЕДИТА НА ДЕФОЛТ
Губин Е.И., Таячинов Д.А. *110*
АРХИТЕКТУРА СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО ОЦЕНКЕ РАЗВИТИЯ НАУЧНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ
Солиев И.Б. *113*
ДИФФУЗИОННОЕ РАЗРЕШЕНИЕ КОРЕФЕРЕНЦИЙ
Хуснутдинов Э.Р., Михайловский Н.Э. *117*
MACHINE LEARNING APPROACHES FOR EQUIPMENT FAILURE PREDICTION AND PREDICTIVE MAINTENANCE: A COMPREHENSIVE REVIEW
Feitha Krishna Likhit *123*
КОНВЕЙЕР ОБРАБОТКИ ДАННЫХ НАУЧНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ГРАФА СЕМАНТИЧЕСКОГО СХОДСТВА
Ушаков С.Н. *126*
ОБУЧЕНИЕ МОДЕЛЕЙ СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ YOLOv5 И YOLOv7 ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ МУЛЬТИКЛАСИФИКАЦИИ ОБЪЕКТОВ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ
Тятюшкин И.М., Кравченко А.А. *129*
СЕГМЕНТАЦИИ ТЕКСТА ДОРЕВОЛЮЦИОННЫХ ГАЗЕТ С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕЙРОСЕТЕВОЙ МОДЕЛИ YOLO
Ломтев И.К., Кайда А.Ю. *135*
ДЕТЕКТИРОВАНИЕ УРОВНЕЙ ПОДДЕРЖКИ И СОПРОТИВЛЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЛОКА АВТОМАТИЧЕСКОЙ ГЕНЕРАЦИИ ПРИЗНАКОВ
Хайров М.А., Спицын В.Г. *139*
СОЗДАНИЕ КЛАСТЕРА ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ПЕРСОНАЛЬНЫХ КОМПЬЮТЕРОВ В УЧЕБНОЙ АУДИТОРИИ
Кривошеев Н.А., Кузнецов А.В., Спицын В.Г. *143*
АЛГОРИТМЫ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В УСКОРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКЕ
Волков М.И., Каргина П.С., Шкитов Д.А. *151*
ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНВЕЙЕРА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ИЗВЛЕЧЕНИЯ НАРРАТИВОВ ИЗ ТЕКСТОВЫХ ДАННЫХ НА ПРИМЕРЕ ОТКРЫТЫХ ИСТОЧНИКОВ TELEGRAM-КАНАЛОВ
Пройдаков М.К. *155*
ПРИМЕНЕНИЕ СРЕДСТВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ОБЗРАЗЦОВ КЕРНА
Денисов В.И., Задорожных Е.А. *158*
СЕГМЕНТАЦИЯ ДЕРЕВЬЕВ ПИХТЫ НА ЗАШУМЛЕННЫХ СНИМКАХ С БПЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СВЕРТОЧНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ U-NET
Малкин А.Ю. *164*
ПОДТВЕРЖДЕНИЕ МАРКЕТИНГОВОЙ ГИПОТЕЗЫ С ПОМОЩЬЮ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА И МУЛЬТИКЛАССОВОЙ КЛАССИФИКАЦИИ
Панина В.В. *170*
СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ СЖАТИЯ МОДЕЛИ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НА МИКРОКОНТРОЛЛЕРЕ
Иванов Е.А., Мамонова Т.Е. *176*
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОТГРУЗОК ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ В РАЗРЕЗЕ КАНАЛОВ СБЫТА НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ
Куксенок С.В. *181*

МОДЕЛЬ ЛИНЕЙНОГО ДИНАМИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА НА ОСНОВЕ РЕКУРРЕНТНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ
Ликсонова Д.И., Чубаров А.В., Чубарова О.В. *186*
СИСТЕМА ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ БПЛА НА ОСНОВЕ РАСПОЗНОВАНИЯ ГРАФИЧЕСКИХ ОБРАЗОВ
Аношин И.С., Жолбин А.П., Проскоков А.В. *191*
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДОМЕННОГО КОКСА ПО ЕГО ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОМУ СОСТАВУ
Богданов А.П., Ершов Е.В. *197*
ВОССТАНОВЛЕНИЕ НЕРАВНОМЕРНО ОСВЕЩЕННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СВЕРТОЧНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ
Сапегин А.А. *200*
КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНДЕНСИРОВАННЫХ СИСТЕМ С ПОМОЩЬЮ ПОТЕНЦИАЛОВ, ОСНОВАННЫХ НА МАШИННОМ ОБУЧЕНИИ
Теников К.А., Кочкин А.С. *204*
НЕЙРОННЫЕ СЕТИ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ПРИ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИИ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ
Петровский В.В. *207*
ОБУЧЕНИЕ АГЕНТОВ В ВИРТУАЛЬНОЙ СРЕДЕ KUKADIVERSOBJECTENV
Залогин Н.Е. *213*
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ МИКРОПЛАСТИКА В ВОДЕ
Егоров Ю.А. *219*
РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ВИДЕОАНАЛИТИКИ ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОГО КОНТРОЛЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И МОНИТОРИНГА СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ
Рум Р.А. *222*
АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ АУГМЕНТАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ СВЕРТОЧНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ
Небаба С.Г. *226*
PREDICTIVE CLARITY IN ENERGY ANALYTICS: XAI-ENHANCED SOLAR FORECASTING IN SIBERIA
Акрuluma D.A., Yurchenko A.V., Авам J.I., Williams C.A. *230*
РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УЧЕТА ПОСЕЩАЕМОСТИ СТУДЕНТОВ НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ДОСТУПОМ
Киселев К.И. *235*
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВЕРОЯТНОСТИ ОТЧИСЛЕНИЯ СТУДЕНТОВ: ПРЕПРОЦЕССИНГ ДАННЫХ
Третьяков К.С., Девин Г.А. *239*
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВЕРОЯТНОСТИ ОТЧИСЛЕНИЯ СТУДЕНТОВ
Третьяков К.С., Девин Г.А. *242*
ВОЗМОЖНОСТИ БОЛЬШИХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ ПРИ АНАЛИЗЕ ТЕКСТА
Фоменко М.Ю. *247*
ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОСЕТЕВЫХ АЛГОРИТМОВ ДЛЯ СЖАТИЯ СИГНАЛОВ ЭЭГ
Борн Р.М., Гордеев К.Е. *251*
ЧАТ-БОТ С ИСКУССТВЕННЫМ ИНТЕЛЛЕКТОМ ДЛЯ ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИНА
Брехова А.Г. *254*
ОПТИМИЗАЦИЯ АРХИТЕКТУРЫ ПОЛНОСВЯЗНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ ЗАДАЧИ ОЦЕНИВАНИЯ ЛИПОФИЛЬНОСТИ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ
Пякилля Б.И. *258*
СЕГМЕНТАЦИЯ ВЫБОИН С ПОМОЩЬЮ СВЕРТОЧНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ YOLOV8
Канаева И.А., Спицын В.Г. *262*

СЕКЦИЯ 2. ЦИФРОВОЙ ДИЗАЙН И VR ТЕХНОЛОГИИ

РАЗРАБОТКА ДИЗАЙНА ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО ИНТЕРФЕЙСА ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ «ОБСУДИМ?»
Баженов М.В., Озерова П.И., Симонов Т.С. *268*
НАВИГАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ
Беляева А.В., Давыдова Е.М. *272*

УПРАВЛЕНИЕ ВОСПРИЯТИЕМ ЗРИТЕЛЯ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПЕРСОНАЖА
Биче-олл Б.Д., Шкляр А.В. *276*
ЭРГОДИЗАЙН И ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЕ В УСЛОВИЯХ ДЛИТЕЛЬНЫХ КОСМИЧЕСКИХ ПОЛЕТОВ
Будянская Е.А., Кухта М.С. *280*
ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ И ЭРГОНОМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ХУДОЖЕСТВЕННЫХ ШКОЛ
Бурнышева Е.С., Давыдова Е.М. *286*
ВЛИЯНИЕ ФАКТУР ПОВЕРХНОСТЕЙ НА ОЩУЩЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИХ В ДИЗАЙНЕ
Гузеева Е.А., Хмелевский Ю.П *290*
ОСОБЕННОСТИ ЦВЕТА И ФОРМЫ В КАРТОГРАФИЧЕСКОМ ДИЗАЙНЕ
Деньгин Д.С., Давыдова Е.М. *295*
СПЕЦИФИКА ТАКТИЛЬНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ В ДИЗАЙНЕ ИГРУШКИ АНТИСТРЕСС
Довгановская Е.Ю., Васильев М.О. *299*
СОЗДАНИЕ ДИЗАЙН-КОНЦЕПЦИИ КОРМУШЕК ДЛЯ ПИТОМЦЕВ
Зайцева Е.М., Кухта М.С. *303*
ВЛИЯНИЕ ФОРМЫ ОБЪЕКТОВ НА ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ РАЗВИТИЯ СИНДРОМОВ КАРПАЛЬНОГО ТУННЕЛЯ И БОКОВОГО ЭПИКОНДИЛИТА
Коваль С.Р., Вехтер Е.В. *310*
АЛГОРИТМ ГЕНЕРАЦИИ ДИЗАЙН ФОРМЫ КОНЦЕПТА
Козаченко Е.Е., Кухта М.С. *314*
СОЦИАЛЬНО-КУЛЬТУРНЫЕ АСПЕКТЫ В ПРОМЫШЛЕННОМ ДИЗАЙНЕ, ВЛИЯНИЯ СОЦИАЛЬНЫХ И КУЛЬТУРНЫХ ФАКТОРОВ НА ФОРМУ И ФУНКЦИЮ ПРОМЫШЛЕННОГО ОБЪЕКТА
Маркер Н.А., Хмелевский Ю.П. *317*
ИССЛЕДОВАНИЕ ЭРГОНОМИКИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С 3D ПРИНТЕРОМ НА ЭТАПЕ КОМПОНОВКИ И ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ
Нестеров Т.М., Вехтер Е.В., Хмелевский Ю.П. *320*
ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОЛОРИСТИКИ В ДИЗАЙНЕ ВЕТЕРИНАРНОГО ОПЕРАЦИОННОГО СТОЛА
Петеренко А.Д., Хмелевский Ю.П. *324*
РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ ЭРГОНОМИЧНОГО СТЕКЛОДУВНОГО ОБОРУДОВАНИЯ
Пилькина А.А., Вехтер Е.В. *329*
ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ИЗДЕЛИЙ С УЧЕТОМ ОСОБЕННОСТЕЙ ИХ ДАЛЬНЕЙШЕГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ МЕТОДОМ FDM ПЕЧАТИ
Полех Е.С., Кухта М.С. *336*
ДИЗАЙН-ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОМПЛЕКТА ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ ДЛЯ ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ
Плещинская А.И., Васильева М.О. *340*
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИИ ПО 3Д МОДЕЛИРОВНИЮ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ТВОРЧЕСКИЙ РАБОТ В 3Д ГРАФИКЕ
Рашитов Н.И., А.В. Шкляр *346*
МУСОРНЫЕ БАКИ КАК ЭЛЕМЕНТ ГОРОДСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ: ДИЗАЙН И ИНТЕГРАЦИЯ В АРХИТЕКТУРУ
Рудаченко В.В., Давыдова Е.М. *349*
СЛОЖНОСТЬ ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ 3D MAX ДЛЯ НАЧИНАЮЩИХ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ
Сарычева А.К., Шкляр А.В. *353*
ОБРАЗ ИНТЕРЬЕРА КОСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ В МИРОВОМ КИНЕМАТОГРАФЕ
Симанович Е.Е., Кухта М.С. *356*
ПРОТОТИПИРОВАНИЕ КАК ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРУДА С ПОМОЩЬЮ 3Д ПРИНТЕРОВ В ПРОМЫШЛЕННОМ ДИЗАЙНЕ
Степаненко А.А., Вехтер Е.В. *362*
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММ КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКИ В ПРОЕКТИРОВАНИИ ВЫСТАВОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ТОМСКОГО РУССКОГО ОРКЕСТРА МКЦ ТПУ
Усманова А.О. *365*

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНТЕГРАЦИИ VR-ТЕХНОЛОГИИ В ВЕДУЩИЕ ОРГАНИЗАЦИИ
Фонакова Т.В. *370*
ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА КОЛОРИСТИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ МЕБЕЛИ ДЕТСКОЙ КОМНАТЫ
Шейкина Е.А., Хмелевский Ю.П. *377*
РОЛЬ ДИЗАЙНА В РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМ СОЦИАЛЬНОЙ КОММУНИКАЦИИ
Конева Е.С., Шкляр А.В. *383*
КОРПУС БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА
Момот Ю.М., Вехтер Е.В. *385*
ИССЛЕДОВАНИЕ PYTHON БИБЛИОТЕК ДЛЯ ЛИНЕЙНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ РАСТРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ
Манасян А.Л., Дёмин А.Ю. *390*
ИНТЕГРАЦИЯ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ И БЕСПРОВОДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ КОНТРОЛЯ И ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА
Гительман В.С., Курганов В.В. *394*
МЕТОДЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВИЗУАЛЬНЫХ ЭФФЕКТОВ (VFX) ДЛЯ РЕКЛАМНЫХ РОЛИКОВ
Гарифуллин Ф.А. *398*
УДАЛЕННЫЙ МОНИТОРИНГ РЕАКЦИИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ НА ВИРТУАЛЬНЫЙ КОНТЕНТ
Туев Д.В., *Видман В.В.* *404*
ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОТСЛЕЖИВАНИЯ ПРОГРЕССА ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ В РАМКАХ ОБУЧАЮЩЕГО ТРЕНАЖЕРА «РЕМОНТ УЧАСТКА ТРУБОПРОВОДА»
Ермолаев Е.М., Лоскутов В.В. *410*
АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР МНОГОПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ VR РАЗРАБОТКИ
Кеёних Д.Д., Видман В.В. *415*
ИССЛЕДОВАНИЕ ЭРГОНОМИКИ СРЕДЫ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ ПРИ РЕШЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ЗАДАЧ
Калиниченко К.А., Вехтер Е.В. *420*
КОРРЕКТОР ОСАНКИ С ВОЗМОЖНОСТЬЮ УЛУЧШЕНИЯ ЭМОЦИОНАЛЬНО-ПСИХОЛОГИЧЕСКОГО ЗДОРОВЬЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ
Лобастова Е.С., Шкляр А.В. *426*
РАЗРАБОТКА КОРПУСА АВТОМАТИЧЕСКОЙ ЛАПОМОЙКИ ДЛЯ СОБАК С УЧЕТОМ ЭРГОНОМИКИ И ПОВЕДЕНЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ
Григорьева А.В. *429*
ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ХУДОЖЕСТВЕННОГО ОБРАЗА В ПРОЕКТИРОВАНИИ ПРОМЫШЛЕННОГО ИЗДЕЛИЯ
Аппель А.В., Хамелевский Ю.П. *433*
АНАЛИЗ РЕАЛИЗАЦИИ ИНТЕРФЕЙСА ДОБАВЛЕНИЯ ОБРАЗОВ В ПРИЛОЖЕНИЯХ ЦИФРОВОГО ГАРДЕРОБА
Костин Д.А. *438*

СЕКЦИЯ 3. ПРИКЛАДНЫЕ ПРОГРАММНЫЕ ПРИЛОЖЕНИЯ И РАЗРАБОТКИ

IMAGE SOURCE ADAPTER – ВЕБ-СЕРВИС ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ ИЗ ВНЕШНИХ ИСТОЧНИКОВ
Кулешова Е.Е. *446*
РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УЧЕТА ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ
Шушин Д.С., Соколова В.В. *450*
ОПТИМИЗАЦИЯ БЕЗОПАСНОСТИ В ОФИСНОЙ СРЕДЕ: ПО ДЛЯ ТРЕНИРОВОК ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ
Парипко В.О., Пушкарев А.С. *455*
АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ДОКУМЕНТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ RPA
Пушкарева М.А., Цапко И.В. *458*

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА «СОГЛАСОВАНИЕ КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ»
Сергеев Н.А. *463*
РАЗРАБОТКА ФРЕЙМВОРКА АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕСТИРОВАНИЯ НА ПЛАТФОРМЕ DOTNET С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕСТИРОВАНИЕМ
Савченко К.Д., Амосов В.В. *467*
ПОТОКОВАЯ АСИНХРОННАЯ ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ МЕЖДУ МОДУЛЯМИ В ETL-КОНВЕЙЕРЕ ПОД УПРАВЛЕНИЕМ РАСПРЕДЕЛЕННОГО БРОКЕРА СООБЩЕНИЙ APACHE KAFKA
Кузьменко Д.Е., Кайда А.Ю *472*
РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ – АССИСТЕНТА ДЛЯ АВТОМОБИЛИСТА
Полянский Р.В., Соколова В.В. *476*
ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ И АНАЛИЗА ИНЦИДЕНТОВ О СОСТОЯНИИ ГЕНЕРИРУЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ
Крылова Т.Д., Цецуро Н.А., Раевская Е.А. *480*
РАЗРАБОТКА ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ
Тур К.Е., Соколова В.В. *486*
РАЗРАБОТКА И ТЕСТИРОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ТИПОВЫХ ОБЪЕКТОВ НА ИЗОБРАЖЕНИИ
Злыдарев Н.В., Логунова О.С., Тюлюмов А.Н. *489*
ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ КОНТЕЙНЕРИЗАЦИИ ДЛЯ СБОРКИ И ДОСТАВКИ МУЛЬТИСЕРВИСНОГО ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ
Маркер В.А., Кочегурова Е.А. *495*
ИННОВАЦИОННАЯ ПЛАТФОРМА УПРАВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМ ПРОЦЕССОМ НА ОСНОВЕ КОГНИТИВНОГО ПОДХОДА
Щталина Е.С., Пираков Ф.Д., Клишин А.П. *501*
ОПТИМИЗАЦИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДАННЫХ В ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИИ ПРИ ЕГО РАЗРАБОТКЕ
Кривиков А.Д. *506*
ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ГЕЙМИФИКАЦИИ ДЛЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ШКОЛЬНИКОВ
Никифоров К.А., Газизов Т.Т. *512*
ОБЛАЧНЫЕ СЕРВИСЫ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
Уварова Л.А., Газизов Т.Т. *516*
РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ОТСЛЕЖИВАНИЯ ПОГОДЫ
Бондарев К.Н., Саврасов Ф.В. *522*
СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ДАННЫХ ПОРТФОЛИО
Пираков Ф.Д., Мациевская Е.Э., Клишин А.П. *526*
ИССЛЕДОВАНИЕ СЕРВИСОВ ДЛЯ КОНСТРУИРОВАНИЯ МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ НА БАЗЕ ANDROID
Сарафанникова А.С. *529*
РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЗДОРОВЬЯ
Лапина Е.В., Марухина О.В. *533*

СЕКЦИЯ 4. МЕХАТРОНИКА И РОБОТОТЕХНИКА

ВЛИЯНИЕ ЧАСТОТЫ ОБНОВЛЕНИЯ УПРАВЛЯЮЩЕГО РЕГУЛЯТОРА НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗАМКНУТОГО КОНТУРА РЕГУЛИРОВАНИЯ
Усков В.С., Ланграф С.В. *538*
АЛГОРИТМ ПРОГРАММНОГО ОГРАНИЧЕНИЯ ПОЛЕТНОЙ ЗОНЫ МУЛЬТИКОПТЕРА
Филипас А.А., Кривошеев Д.В. *543*
РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ГОЛОНОМНОЙРОБОТОТЕХНИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМЫ
Кликич А.С., Поберёзкин Н.И. *547*
CONTROL OF A BRUSHLESS DC ELECTRIC MOTOR WITH A COMMON ENABLE CONFIGURATION DRIVER
Dotti P., Poberexkin N.I. *551*

ИССЛЕДОВАНИЕ МОДУЛЕЙ ПЕЛЬТЬЕ SP1848 В РЕЖИМАХ ТЕПЛОПЕРЕНОСА И ГЕНЕРАЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ, И ИХ ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ
Саблин М.А., Саблина Г.В., Трубин В.Г. *556*
ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК УЛЬТРАЗВУКОВОГО ДАТЧИКА В СОСТАВЕ ДАЛЬНОМЕРА МОБИЛЬНОЙ РОБОТИЗИРОВАННОЙ ПЛАТФОРМЫ
Рябов А.В., Филипас А.А., Ланграф С.В. *561*
ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ МОБИЛЬНОЙ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ БАГАЖА
Рябов А.В., Филипас А.А. *566*
ОБУЧЕНИЕ С ПОДКРЕПЛЕНИЕМ КАК МЕТОД УПРАВЛЕНИЯ МОБИЛЬНЫМ РОБОТОМ: СРАВНЕНИЕ С ПИ-РЕГУЛЯТОРОМ
Дружинин Н.С., Беляев А.С. *570*
КОНСТРУИРОВАНИЕ СЕРВИСНОГО РОБОТА-КУРЬЕРА ДЛЯ РАБОТЫ В МЕДИЦИНСКОМ УЧРЕЖДЕНИИ
Байназарова Д.Д., Ланграф С.В. *575*
РОБОТ ФАРМ-РОВЕР – АССИСТЕНТ МЕДСЕСТРЫ
Запевалов В.А. *581*
RESEARCH OF THE APPLICABILITY OF POLYNOMIAL AND COSINE DECOMPOSITION FOR APPROXIMATING POWER CONSUMPTION OF A MOBILE ROBOT MOTION ON DIFFERENT TERRAIN TYPES
Kushnarev O., Belyaev A. *587*
РАЗРАБОТКА РОБОТА-ТЕЧЕИСКАТЕЛЯ ДЛЯ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ
Бен Л.А., Тырышкин А.В. *592*
СИСТЕМА МОМЕНТНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОЛОЖЕНИЕМ ДВУХТРОСОВОГО РОБОТА
Нгуен Д.Х., Беляев А.С. *596*
РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫМ СТОЛОМ ДЛЯ НАСТОЛЬНОГО ФУТБОЛА
Гриценко К.В., Поберёзкин Н.И. *602*
РОБОТИЗИРОВАННАЯ ИГРУШКА «ЛОШАДКА, ЗАПРЯЖЕННАЯ В ПОВОЗКУ»
Пилипенко Я.В., Жалюк В.Р., Тырышкин А.В. *609*
ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА ИДЕНТИФИКАЦИИ ПАРАМЕТРОВ МОДЕЛИ ДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА НА КОЭФФИЦИЕНТЫ РЕГУЛЯТОРОВ ТРЕХКОНТУРНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
Манзаров В.С., Поберёзкин Н.И. *613*
МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ПОДВЕСКИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ
Брылев О.В., Гончаров В.И., Розум Д.И., Беляев А.С. *619*
РАЗРАБОТКА РОБОТИЗИРОВАННОГО МОДУЛЯ ПО ПРИГОТОВЛЕНИЮ КОКТЕЙЛЕЙ ТИПА ЛОНГИ
Ван Юйшань, Поберезкина Е.Е., Лебедев К.В. *625*
Я В БПЛА ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ДРОНОВ
Гелимов А.И., Изотов А.Ю., Попов В.Н. *631*
РАЗРАБОТКА СЕНСОРНОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ ДАТЧИКА ТОКА
Дотти П., Поберезкин Н.И. *635*

СЕКЦИЯ 5. АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ И ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ
Гитеольман В.С., Курганов В.В. *641*
АНАЛИЗ ДАННЫХ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПОГРУЖНЫХ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ ПРИ ДОБЫЧЕ УРАНА МЕТОДОМ СПВ С ЦЕЛЬЮ ВЫЯВЛЕНИЯ АНОМАЛИЙ
Колотихин Е.И., Ефремов А.А., Щипков А.А. *646*

ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ПСЕВДОЛИНЕЙНОГО КОРРЕКТИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА С АМПЛИТУДНЫМ ПОДАВЛЕНИЕМ В ПРОМЫШЛЕННОМ УПРАВЛЕНИИ
Ли Чжэньбэй, Скороспешкин М.В. *651*
ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ПСЕВДОЛИНЕЙНОГО КОРРЕКТИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА С ФАЗОВЫМ ОПЕРЕЖЕНИЕМ В ПРОМЫШЛЕННОМ УПРАВЛЕНИИ
Ли Чжэньбэй, Скороспешкин М.В. *655*
УЧЕТ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ: УСТРАНЕНИЕ НЕВЯЗКИ ПРИ ОЦЕНКЕ МАТЕРИАЛЬНЫХ ПОТОКОВ НА НЕФТЕГАЗОВОМ ПРЕДПРИЯТИИ
Марков Д.С., Заррицын А.Ю. *660*
ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИОЧАСТОТНЫХ МОДУЛЕЙ (RFID/NFC), СПОСОБОВ ИДЕНТИФИКАЦИИ И ВОЗМОЖНОСТИ ОБЪЕДИНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ДИАПАЗОНОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН
Кузнецов Я.В., Цапко И.В. *664*
УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АВТОМАТИЗАЦИИ ДОБЫЧИ ГАЗА
Погорелова А.Ю., Громаков Е.И. *670*
ИМИТАЦИОННАЯ СТРУКТУРНАЯ МОДЕЛЬ ДЫХАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ЧЕЛОВЕКА ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
Павловский А.В., Филипас А.А, ... *674*
РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СТЕНДОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА
Феоктистова Д.А., Седельникова Е.А., Беляев А.С. *679*
АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ СТЕНД ФИЗИЧЕСКОГО ПОДОБИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ВЫСОКИХ ПОРЯДКОВ
Уфимцев А.В., Филипас А.А., Макаров Д.С. *685*
РАЗРАБОТКА ПРИКЛАДНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПО СТАНДАРТУ IEC 61499
Федотов А.Д. *689*
ВИРТУАЛЬНЫЕ ЛАБОРАТОРИИ КАК ИНСТРУМЕНТ ПОДГОТОВКИ КАДРОВ
Фань Юйтэн, Цзян Ялун, Кузьминская Е.В. *694*
РАЗРАБОТКА ОСВЕТИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОПТИЧЕСКОГО МИКРОСКОПА С ЗАДАННЫМ ДИАПАЗОНОМ ИЗМЕНЕНИЯ ЦВЕТОВОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ И ЯРКОСТИ
Гейс О.Ю., Филипас А.А, ... *695*
DEVELOPMENT OF A DYNAMIC USER INTERFACE FOR AN ELECTRONIC DEVICE DESCRIPTIONS INTERPRETER FOR INTELLIGENT SENSORS
Pushkarskiy R.V., Belsky V.A. *701*
РАЗРАБОТКА СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ ПОДГОТОВКИ НЕФТИ И ГАЗА
Калинкин Я.В., Зебзеев А.Г. *705*
ДИСТАНЦИОННОЕ УПРАВЛЕНИЕ НА ОСНОВЕ СЕТИ MESH
Чжан Тэнфэй, Суходоев М.С. *710*
ПОСТРОЕНИЕ ПРЕДСКАЗАТЕЛЬНОЙ МОДЕЛИ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО СТЕНДА НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ
Тоневицкая А.К., Беляев А.С. *715*
ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ПРОЕКЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ РЕШЕНИЯ МНК-ЗАДАЧИ ДЛЯ ОРТОГОНАЛЬНО-БАЗИСНОЙ РЕГРЕССИОННОЙ МОДЕЛИ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ
Глазырин А.С., Боловин Е.В., Ковалев В.З., Филипас А.А., Щокодько Ф.А., Архипова О.В., Беляускене Е.А., Кулеш Ю.О. *721*
АНАЛИЗ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЛЯ МЕТОДОВ ПОСТРОЕНИЯ ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ АПЕРИОДИЧЕСКИХ ЗВЕНЬЕВ КОМПОНЕНТОВ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ
Глазырин А.С., Попов Е.И., Копырин В.А., Кладиев С.Н. *724*
ПРИМЕНЕНИЕ НАБЛЮДАТЕЛЕЙ СОСТОЯНИЯ ДЛЯ РАСЧЕТА ДИСКРЕТНЫХ САУ
Тузина А.А., Саблина Г.В. *730*
АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ДЕШИФРИРОВАНИЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕЙРОСЕТЕВЫХ МОДЕЛЕЙ
Элешкевич А.Д., Еременко М.С. *736*

СТЕНД ФИЗИЧЕСКОГО ПОДОБИЯ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ СЛОЖНЫХ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
Макаров Д.С., Уфимцев А.В., Филипас А.А. *739*
ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ АППРОКСИМАЦИИ ПЕРЕДАТОЧНОЙ ФУНКЦИИ ЗВЕНА ЗАПАЗДЫВАНИЯ ОТРЕЗКАМИ РЯДА ТЕЙЛОРА
ЛИ Цзюмин, Сидорова А.А. *744*
РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ РЕАКТОРА КАК ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ НА ЯЗЫКЕ ПРОГРАММИРОВАНИЯ PYTHON
Качанов Д.Д., Курганова В.В., Горюнов А.Г. *749*
ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕГРАДАЦИИ БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ ПРОТИВОАВАРИЙНОЙ ЗАЩИТЫ С ПОМОЩЬЮ МАРКОВСКОЙ МОДЕЛИ НАДЕЖНОСТИ
Коцюк Т.В., Громаков Е.И. *753*
SMART-МОНИТОРИНГ ЛИНЕЙНЫХ УЧАСТКОВ ГАЗОПРОВОДА
Пастухов А.И., Громаков Е.И. *758*
ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ХОЛОДИЛЬНЫХ КАМЕР НА ПРЕПРИЯТИИ
Зырянов Д.А. *762*
РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ СТЕНДА СЕПАРАЦИИ НЕФТИ
Цавнин А.В., Паркин И.Д. *766*
СИНТЕЗ МОДАЛЬНОГО РОБАСТНОГО РЕГУЛЯТОРА, ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕГО МОНОТОННЫЙ ПЕРЕХОДНЫЙ ПРОЦЕСС В СИСТЕМЕ С ИНТЕРВАЛЬНЫМИ ПАРАМЕТРАМИ
Соболь А.А., Гайворонский С.А. *771*
СТЕНД ФИЗИЧЕСКОГО ПОДОБИЯ «АНАЛИЗАТОР ДИСПЕРСНОГО СОСТАВА ЭМУЛЬСИЙ»
Ясинский Д.Д, Кучман А.А. *776*
РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОГО И ПРОГРАММНО-АЛГОРИТМИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ НАСТРОЙКИ ПРЕДСКАЗЫВАЮЩИХ МОДЕЛЕЙ
Шокодько Ф.А., Глазырин А.С., Ковалев В.З., Филипас А.А., Боловин Е.В., Архипова О.В., Беляускене Е.А., Кулеш Ю.О. *779*
ПРОТИВОАВАРИЙНАЯ СИСТЕМА ЗАЩИТЫ ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА
Головченко С.С., Гительман В.С., Громаков Е.И. *782*

Секция 1. Искусственный интеллект, машинное обучение и большие данные

IMPROVED U-NET DEEP NETWORK FOR RECTAL CANCER TUMOUR SEGMENTATION ALGORITHM

Аксёнов С.В.[1], Ван Юйцянь[2]
[1] PhD, Associate Professor, Tomsk Polytechnical University
[2] Tomsk Polytechnical University, student gr. A3-36, e-mail: yuycyan1@tpu.ru

Introduction

Colorectal cancer is one of the most common cancers in the world [1]. Colorectoscopy is the best method to prevent and detect colorectal cancer. However, it has been difficult to accurately detect and cut polyp images due to the diversity of sizes and shapes of polyp images during the examination.

Keywords: Medical image segmentation, U-Net, colorectal cancer, residual module.

Research methods

The U-Net network is mainly used for the segmentation of medical images. When it was proposed, it was mainly used for the detection of pulmonary nodules and the extraction of blood vessels on the fundus retina after the segmentation of the cell wall. The method is based on the U-Net model and uses the deep residual module to replace the original convolutional blocks in the encoding and decoding parts of the U-Net structure, which simplifies the training of the network and solves the problem of gradient degradation. The improved D-UNet network structure is mainly composed of a convolutional layer, a maximum pooling layer (downsampling), an inverse convolutional layer (upsampling), a deep residual module, and a ReLU nonlinear activation function. Its specific network structure is shown in Fig. 1.

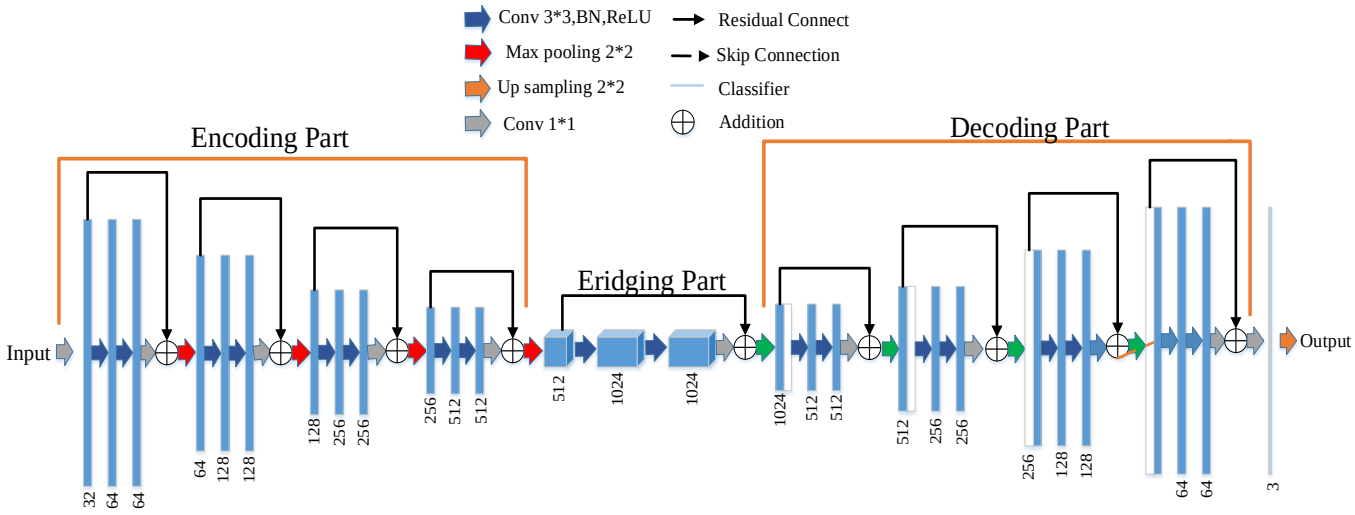


Fig. 1. D-UNet structure construction

Results

Read training files and test files. In this study, there were a total of 107 patient data files [2]. According to the «28 theorem», the data of 86 patients is used as the training set, and the data of 21 patients is used as the test set [3]. The CT images and annotated masks of rectal tumor regions were used as data training samples for training, as shown in Fig. 2. Because CT images are serial tomographic images, some images contain rectal tumor areas and some do not. All training and testing images are uniformly sized to 256 × 256 and normalized [4]. Using the control variable method, choose one of them to not use or change, carry out iterative training, get the Dice coefficient and analyze.

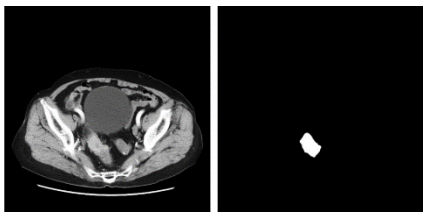


Fig. 2. CT Image and Label

Dice distance is used to measure the similarity of two sets, and a very well-known use of Dice coefficient is the F1 value of experimental performance evaluation. The Dice coefficients are defined as follows:

$$Dice = \frac{|A \cap B|}{|A| + |B|}$$

At the same time, in order to preserve the integrity of the tumor region during training, only thresholding is performed during testing, which has the best effect. After the final 150 iterations of training, the similarity of the training set reaches 89.62 %, and the test set reaches 88.48 %. Similarity, that is, the accuracy of segmentation reaches 88.94 %, as shown in Fig. 3.

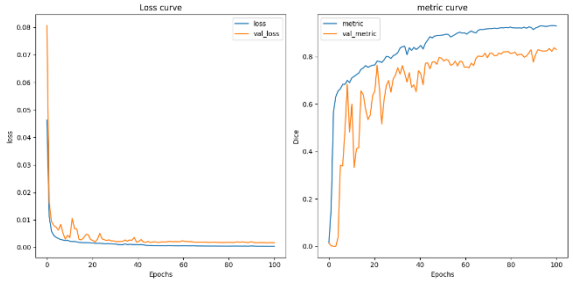


Fig. 3. During the training process, the D-UNet framework is computed for training loss and Dice for rectal cancer dataset

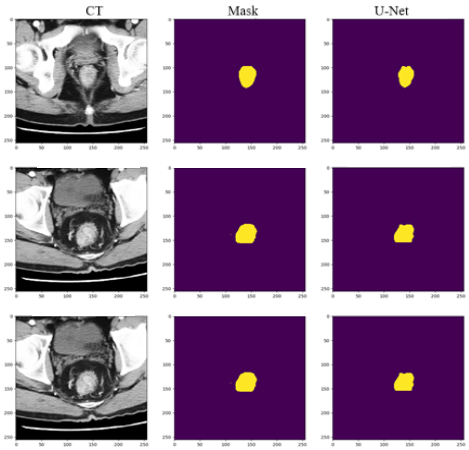


Fig. 4. Segmentation result

In order to observe the visualization effect, three CT images in the test set were randomly selected for display. The results are shown in Fig. 4. The yellow part in the figure is the segmented tumor location, and the purple part represents the non-tumor location. It can be seen from the visualization results that D-UNet network can segment the tumor location well, indicating that the model has good segmentation performance.

Conclusion

In this paper, an improved automatic tumour segmentation model based on U-Net neural network model is proposed for the problem of tumour segmentation in rectal cancer patients, and the similarity of segmentation (Dice coefficient) is verified and analysed. In this study, the segmentation of rectal cancer tumours using the

D-UNet network achieved the desired state: 88.94 %. This effectively solves a series of problems caused by doctors segmenting tumour locks with the naked eye and achieves automated and efficient segmentation.

Reference

1. Sinicrope F.A. Increasing incidence of early-onset colorectal cancer [J] // New England Journal of Medicine. – 2022. – Vol. 386, № 16 – P. 1547–1558.

2. The Seventh «Teddy Cup» Data Mining Challenge Competitionintelligent diagnosis of lymph node metastasis in rectal cancer. – 2020. – URL: http://www.tipdm.org/u/cms/www/201903/15214944i2k3. pdf.

3. In machine learning, what's the purpose of splitting data up into test sets and training sets? // URL: https://www.quora.com/In-machine-learning-what-s-the-purpose-of-splitting-data-up-into-test-sets-and-training-sets.

4. Aksenov S.V. Identification of bronchopulmonary segment containing COVID abrasions using EG-CNN and Segnet // XVIII International Scientific and Practical Conference of Students, Postgraduates and Young Scientists, TPU Publishing House. – 2021. – C. 96–98.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ТЕРМИНОЛОГИЯ: НОВЫЕ ОБРАЗЫ И ФУНКЦИИ

Ардашкина А.И.[1], Ардашкин И.Б.[2]
[1]Томский государственный университет, Факультет иностранных языков, студент. группа 192208Б. e-mail: ardashkinaai@mail.ru
[2]Томский политехнический университет, ОСГН ШОН, профессор, e-mail: ibardashkin@tpu.ru

Аннотация

В публикации анализируются новые образы и функции терминологии и терминологической деятельности, которые вызваны активным использованием информационных технологий в электронном формате и онлайн режиме. Демонстрируется, что терминология приобретает онтологический статус в качестве базы данных и базы знаний, обретает новые функции, которые несут определенные преимущества и риски.

Ключевые слова: терминология, терминологическая деятельность, информационные технологии, онтологии, социальная инженерия

Введение

Активное использование и постоянное совершенствование информационных технологий существенным образом влияет на социальные, экономические, политические процессы, меняет способы осуществления научных исследований и образовательной деятельности. При этом постоянно обсуждается вопрос о том, связано ли их применение с кардинальным изменением природы этих процессов и явлений, где активно внедряются информационные технологии, или последние способствуют только лишь росту количественных параметров протекания и существования этих процессов и явлений. В отношении, например, образования большая часть исследователей склонна считать, что использование в рамках последнего информационных технологий не несет кардинальной перестройки его цели, задач, функций, потому что образование связано с представлениями (образом) человека о мире. Здесь информационные технологии выступают только в роли инструмента, с помощью которого человек формирует свои знания.

В отношении терминологии сегодня сказать так нельзя, потому что информационные технологии выступают не только в качестве их инструмента, но в качестве онтологического основания. А это уже меняет саму природу терминологии и терминологической деятельности. Целью публикации является анализ тех трансформаций, которые происходят с терминологией при использовании информационных технологий и переводе ее в электронный (онлайн) формат. Подобный акцент исследования влияния информационных технологий на терминологию является достаточно актуальным и новым, поскольку данные способы взаимодействия обозначенных феноменов появились относительно недавно и существенного осмысления не получили.

Результаты и дискуссия

Для начала сделаем оговорку. Под информационными технологиями в работе авторы имеют в виду те технологии, которые имеют электронный формат и используются в режиме онлайн. Это важно уточнить, потому что информационные технологии могут быть применены в разных режимах и формах (бумажном, папирусном, пергаментном, офлайн и т. д.). Но в публикации речь идет об электронном формате.

Чтобы продемонстрировать изменение терминологии как феномена и терминологической деятельности как процесса по ее подготовке под влиянием информационных технологий (электронный формат), напомним, что из себя терминология представляла в традиционном виде (бумажный формат), какие функции и способы ее применения существовали.

Терминология в традиционном формате (бумажный) представляла собой результат серьезных усилий терминологов в союзе представителями профессиональных и научных сообществ (первоначально это были инженеры), лингвистов, переводчиков и т. д. Этот результат выражал конечный продукт когнитивных и профессиональных усилий в виде словарей, справочников и т. д. Формирование подобных продуктов шло продолжительное время, требовало больших усилий и планировалось их длительное использование на практике.

В таком формате было заложено одно противоречие. Формировали терминологические сборники (словари, справочники) эксперты-профессионалы, а предназначались они для массового потребителя. Поэтому всегда существовала разница в лингвистическом, семантическом, когнитивном, коммуникативном, социокультурном восприятии терминологии как готового продукта. Тем более, что традиционный формат (на бумажном носителе) делал процесс использования терминологии иерархическим. Как правильно применить термин знали эксперты, а как применение осуществлялось по факту было не понятно. Точнее, через определенный (большой) период времени эта информация появлялась обратно, но статус ее носителей был таков, что не признавался профессионалами в качестве источника.

Иными словами, терминологическая деятельность работа ориентировалась на результат, который «венчал» усилия терминологов и других стейкхолдеров процесса и был направлен по траектории «сверху вниз» (от интеллектуалов к профанам). Отсюда искусственные правила осуществления терминологической работы (стандартизация, один концепт – один термин и т. д.), зафиксированные в общей теории терминологии О. Вюстера [1].

Активное внедрение информационных технологий на электронном носителе и формат онлайн кардинально поменяли суть терминологии, терминологической деятельности, способы применения терминов.

Информационные технологии в электронном формате и онлайн-режиме привели к тому, что терминология как продукт, направленный на массовое применение, получил соответствующий инструмент.

Во-первых, подобный способ осуществления терминологической деятельности, когда все пользователи получили равные права и свободный доступ к терминологическим ресурсам в любой момент времени, сделал их максимально открытой сферой. Любой человек, имеющий устройство с функциями компьютера (ноутбук, планшет, смартфон, собственно компьютер и т. д.) и подключение к Интернету, мог ознакомиться с содержанием любого терминологического ресурса и внести в него какие-то правки, дополнения, комментарии.

Во-вторых, данная открытость делает терминологический процесс достаточно демократическим, поскольку пользователь, который не является специалистом в той или иной профессиональной сфере, может отобразить свои представления в содержании ресурса. Как любая демократическая деятельность, терминология сегодня актуализирует больше свой процессуальный статус, нежели результативный (но это не значит, что терминология как результат исчезает).

В-третьих, терминология меняет свой статус, если она реализуется как ресурс в электронном формате и режиме онлайн, поскольку превращается в определенную онтологию, на базе которой происходят процессы, имеющие не только лингвистическую, семантическую, когнитивную (все это составляло основное содержание терминологии в традиционном формате на бумажном носителе и его аналогах), но и коммуникативную, социокультурную, экономическую, правовую, политическую и т.д. направленность. Терминология фактически предстает сегодня как совокупность онтологий, которую специалисты разных сфер жизнедеятельности стремятся связать в единую структуру, а терминологическая деятельность наполняет содержанием все процессы общественной активности.

В-четвертых, терминологическая деятельность сегодня выступает в качество своеобразной формы социальной инженерии, когда с ее помощью осуществляется социальное конструирование общественного развития. Отсюда, основной способ применения терминологической инженерии – это терминологическое планирование, посредством которого задаются форматы будущих технологий с учетом лингвистических, семантических, когнитивных, социокультурных, коммуникативных и др. возможностей избранного национального языка.

В-пятых, все указанные выше изменения в терминологии предполагают, что единственно возможным форматом представления терминологии представляется сетевая структура, которая имеет открытый, свободный, демократический, не иерархичный и т.д. характер, позволяющий учитывать множество факторов, влияющих на терминологическую работу. Нельзя не отметить тот факт, что сетевой формат терминологии естественно коррелирует с сетевым форматом социальности современного общества, что лишний раз подтверждает социально-инженерную функцию последней.

То, что терминология утрачивает иерархическую структуру, которая позволяла определять своеобразные центры фиксации терминологической работы (словари, справочники в лингвистическом, семантическом и когнитивном аспектах, эксперты, профессиональные сообщества – в социальных, коммуникативных аспектах), подтверждает появление множества терминологических теорий, которые освещают одну или несколько аспектов функционирования последней, но не могут выявить

определенный центр ее реализации. Это коммуникативная теория М. Кабре [2], социокогнитивная теория Р. Теммерман [3], фреймовая теория П. Фабер [4], культурный подход М. Дики-Кидири [1] и др.

В этих теориях в разной степени отражаются все обозначенные трансформации терминологии, связанные с использованием информационных технологий в электронном формате и онлайн режиме, где каждая теория использует какой-то один или несколько аспектов терминологической деятельности, демонстрирующих на их примере открытость, незавершенность, демократичность, взаимообусловленность всех аспектов терминологии друг с другом.

Также отмечается, что новые образы и функции терминологии не только дают определенные преимущества для пользователей, но и порождают ряд проблем. Например, для того, чтобы теперь пользоваться терминологическим ресурсом необходимо понимать, кто и что в этом ресурсе представил, с какой целью и т. д. Без подобных вопросов безопасно пользоваться терминологией невозможно.

Иными словами, информационные технологии многое меняют в терминологии, но что данные изменения несут, важно еще анализировать. Но что анализировать, авторы постарались в публикации обозначить.

Заключение

Таким образом, было продемонстрировано, что и как информационные технологии меняют в понимании терминологии и терминологической деятельности. А также обозначены позитивные и негативные следствия данных трансформаций, исследование которых должно быть продолжено.

Благодарности

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект РНФ № 24-28-00048) Концептуализация стратегий развития терминологии: социально-философские основания и социолингвистический подход», https://rscf.ru/project/24-28-00048/

Список использованных источников

1. Wuster E. Introduction to the general theory of terminology and terminological lexicography. – Wien, Springer, 1979. – 176 p.
2. Cabré Castellví M.T. Theories of terminology. Their description, prescription and explanation // Terminology. – 2003. – № 9 (2). – P. 163-199.
3. Temmerman R. Approaches to terminology. Now that the dust has settled…// SYNAPS. – 2007. – № 20. – P. 27-36.
4. Faber P. Frame as framework for terminology // Handbook of Terminology. – 2015. – Vol. 1. – P. 14-33.
5. Diki-Kidiri M. Éléments de terminologie culturelle (Elements of cultural terminology) // Cahiers du Rifal. – 2007. – № 26. – P. 14-25.

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ КАК ИНСТРУМЕНТ СОВРЕМЕННОГО ИСКУССТВА

Комарова А.С.[1], Человечкова А.В.[2]
[1]ФГБОУ ВО «Курганский государственный университет», ИТ-1035221,
annakomarova2003@gmail.com:
[2]ФГБОУ ВО «Курганский государственный университет», доцент,
e-mail: chelovechkova_2011@mail.ru

Аннотация

Статья посвящена рассмотрению искусственного интеллекта, в частности нейронных сетей, в создании цифрового искусства. Несмотря на то, что нейронные сети могут помочь в создании уникальных произведений искусства, они не могут полностью заменить человеческую творческую составляющую.

Ключевые слова: искусственный интеллект, нейросеть, цифровое искусство, генеративно-состязательная сеть, креативно-состязательная сеть.

Введение

Целью работы стало исследование влияния развития технологий искусственного интеллекта, особенно нейронных сетей, на возможность создания новых форм цифрового искусства. В статье рассматривается широкое применение таких технологий в различных областях, включая кино, видеоигры, дизайн, рекламу и социальные сети. Однако следует отметить, что, несмотря на все достижения технологий, искусство по-прежнему остается преимущественно результатом творческого вдохновения и рук человека. Работа стремится подчеркнуть, что в мире науки и технологий искусственный интеллект является одной из самых обсуждаемых и увлекательных тем, вносящей важный вклад в развитие цифрового искусства и порождает интерес к возможностям технологий в области творчества.

Основная часть

Исследователи строят теории на стыке философии и информатики, пытаясь определить, что же такое искусственный интеллект и каковы должны быть характеристики системы.

Искусственный интеллект (ИИ) разделили на два направления: кибернетику и нейрокибернетику (Рис. 1).

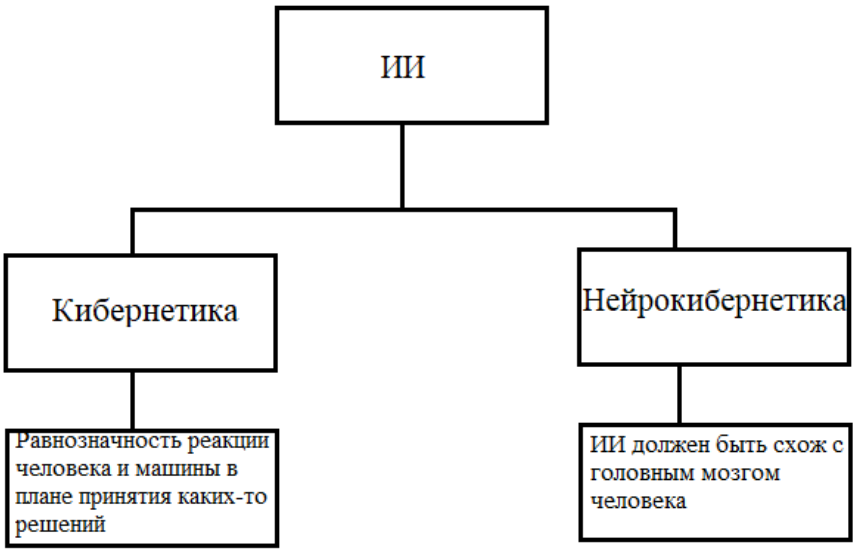


Рис. 1. Направления изучения понятия ИИ

Согласно мнению нейрокибернетиков, искусственный интеллект должен быть схож с головным мозгом человека. Исходя из взглядов нейрокибернетиков, разработка искусственного интеллекта

приводит к созданию нейронной сети. Нейронная сеть – это сеть искусственных нейронов, которые могут обрабатывать информацию и находить закономерности в данных, как это делает человеческий мозг. Для кибернетиков изначально было не важно, как устроен мыслящий механизм, поэтому они сосредоточились на равнозначности реакции человека и машины в плане принятия каких-то решений. Конечной целью машинного обучения и нейронной сети является создание систем, способных обрабатывать и анализировать данные, находить закономерности и создавать данные на их основе. В машинном обучении используются алгоритмы, которые позволяют машине "обучаться" на основе большого количества данных. Но именно человек управляет процессом, направляет работу искусственного интеллекта в нужную сторону и понимает, какой результат ему нужен, исходя из собственного культурного багажа. Он придумывает концепцию, пишет и много раз переписывает запрос для этой идеи, отбирает удачные генерации, выполняет обработку. Метод машинного обучения с учителем называется supervised learning. В данном случае, нейронная сеть принимает на вход специальный набор данных, в котором предварительно размечены данные и соответствующие им ответы. Это означает, что нейронная сеть обучается по заданным правильным входным-выходным парам. Путем анализа обширных объемов данных она учится правильно реагировать на вопросы. Для успешной реализации этого метода необходимо тщательное создание, просмотр и разметка обучающего набора данных. Машинное обучение нейросети без учителя называют unsupervised learning. Данное обучение предполагает работу с данными без явного указания на класс или категорию, то есть нейросеть самостоятельно изучает характеристики и связи в не размеченных данных. После обучения на большом объеме разнообразных данных, нейросеть выпускается на реальные задачи, работая с аналогичными неразмеченными данными. Иногда обучение без разметки бывает недостаточным, но при этом разметить все данные невозможно. В таких случаях используется частичное привлечение "учителя" - только часть данных размечается, остальные передаются в исходном виде. Этот подход помогает ускорить процесс обучения и повысить его точность [5].

В работе над созданием цифровых картин художники используют два типа нейронных сетей: генеративно-состязательную (Generative Adversarial Network, GAN) и креативно-состязательную (Creative Adversarial Network, CAN) [1]. Генеративно-состязательная сеть (GAN) – алгоритм машинного обучения без учителя, построенный на комбинации из двух нейронных сетей, одна из которых (сеть G) генерирует образцы, а другая (сеть D) старается отличить правильные («подлинные») образцы от неправильных. Цель в том, чтобы заставить сеть думать, что новые изображения – реальные портреты. Базовый принцип креативно-состязательной сети (CAN) работы такой же, как и у обычной генеративно-состязательной сети (GAN): генератор и дискриминатор, соревнующиеся между собой. Креативно-состязательная сеть отличается только особенностями работы дискриминатора, который соотносит сгенерированные изображения с имеющимися в базе характерными чертами отдельных направлений и художников. В этом случае получаются не просто работы, непохожие на загруженные, искусственный интеллект вырабатывает собственный «стиль».

Использование генеративно-состязательной и креативно-состязательной сетей в искусстве открывает новые возможности для художников, позволяя им создавать новые, уникальные произведения. Например, генеративная модель для творчества от СберБанка. Kandinsky 3.0, используя генеративно-состязательную сеть, становится интересным примером того, как технологии глубокого обучения могут быть интегрированы в процессы создания искусства. Главная особенность платформы в том, что она работает с русским языком и генерирует по текстовому запросу картинки. Процесс генерации изображения на платформе Kandinsky 3.0, основанный на предоставленном текстовом описании, предполагает активацию нейронной сети, обученной на изображениях стилей и тематик. Нейронная сеть затем анализирует текст запроса, выделяет ключевые фрагменты и пытается визуализировать их в соответствии с выбранной стилистикой. Размер изображения также играет важную роль, определяя детализацию и композицию создаваемой картины.

На рис. 2 представлено изображение, которое сгенерировано по запросу «студент направления «Информационная безопасность» пишет научную статью» в стилистике «Киберпанк».



Рис. 2. Результаты работы Kandinsky 3.0

Если рассматривать платформы с использованием генеративно-состязательной сети, то стоит выделить Artbreeder. Данная модель была создана сообществом разработчиков Studio Morphogen при поддержке компании искусственного интеллекта DeepAI. Нейросеть Artbreeder появилась задолго до Midjourney и Dall-E, но простота в использовании и необычный функционал выделяют ее на фоне аналогов. Процесс генерации изображения на платформе основан на англоязычном текстовом описании и выборе стилистики. Нейронная сеть применяет анализ текста запроса для выделения ключевых элементов и последующей визуализации в соответствии с выбранным художественным стилем. На рис. 3 представлен запрос на генерацию изображения «The artist embraces the robot» («Художник обнимает робота»).



Рис. 3. Результаты работы Artbreeder

Созданный доктором Ахмедом Эльгаммалем, AICAN (AI Creative Adversarial Network) является первым машинным художником, прошедшим тест Тьюринга. Платформа AICAN, в свою очередь, уже использует креативно-состязательную сеть для генерации новых изображений. Создатели во главе с профессором Ахмедом Эльгаммалем описывают данную нейросеть, как «почти автономного художника, который изучил существующие стили и эстетику и может создавать собственные инновационные изображения». На картинах, нарисованных AICAN, и вовсе непонятно, где лицо, а вместо рук у героев − лапы зверя. На рис. 4 представлены изображения, сгенерированные платформой, были размещены в 2019 году в галерее HG Contemporary на выставке «Faceless Portraits Transcending Time» («Безликие портреты, выходящие за пределы времени»).



Рис. 4. Результаты работы AICAN

Заключение

Таким образом, искусственный интеллект может быть полезным инструментом в цифровом искусстве, но его использование должно быть разумно осуществлено, и стоит помнить, что истинное искусство все еще является результатом творческого процесса человека. Поскольку искусство – это не только процесс создания красивых картин, но и проявление человеческой индивидуальности, эмоций и мыслей, которые не всегда могут быть переданы машинами. Ведь искусственный интеллект действительно может помочь в создании цифрового искусства, но он не может полностью заменить творческий потенциал человека [6].

Список использованных источников

1. Бондарев Д. Искусство искусственного интеллекта: кого считать автором в эпоху нейросетей. – URL: https://knife.media/ai-art-main-question/ (дата обращения 07.02.2024).
2. Ишутин А.В. «Нейронное искусство» как объект авторского права / А.В. Ишутин, С.В. Косаримов, Е.В. Чикирка // Социальные новации и социальные науки – 2021. – № 1. – С. 133-144.
3. Кунаковская З. Люди больше не нужны: роботы тоже займутся искусством. Что делает искусственный интеллект на арт-рынке. – URL: https://rb.ru/longread/ai-art/ (дата обращения 07.02.2024).
4. Степаненко А. Искусственный интеллект в современном искусстве / А. Степаненко, С. Каменщиков, Н. Суетин // Инновационный центр «Сколково». – URL: https://sk.ru/news/iskusstvennyy-intellekt-v-sovremennom-iskusstve/ (дата обращения 07.02.2024).
5. Шавлюго Н. Три метода обучения нейросетей: с учителем, без учителя, с подкреплением / Н. Шавлюго, Л. Шпрингер, П. Овчинникова // Яндекс Практикум. – URL: https://practicum.yandex.ru/blog/mashinnoe-obuchenie-s-uchitelem-i-bez/ (дата обращения: 20.02.2024).
6. Комарова А.С. Применение искусственного интеллекта в цифровой живописи / А.С. Комарова, А.В. Человечкова // Сборник тезисов докладов научно-практической конференции студентов Курганского государственного университета – 2023. – № 24. – С. 186-187. – Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та. – URL: http://dspace.kgsu.ru/ xmlui (дата обращения: 20.02.2024).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНСТРУМЕНТОВ MEDSPACY И DEEPPAVLOV ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ СИМПТОМОВ COVID-19 И ЛЕКАРСТВ ИЗ МЕДИЦИНСКИХ ТЕКСТОВ

Соколовский Д.Е.
Томский политехнический университет, ИШИТР, аспирант гр. А1-39,
e-mail: des16@tpu.ru

Аннотация

Протестированы инструменты MedSpaCy и DeepPavlov для извлечения именованных сущностей (симптомов заболеваний и медикаментов с дозировками соответственно), которые показали значительное улучшение точности в этой части системы. По результатам анализа статей исследователей, экспериментов и тестирования работы инструментов, применен и протестирован метод гибридного подхода для увеличения точности системы по F1-мере.

Ключевые слова: извлечение именованных сущностей, BERT, SpaCy, MedSpaCy, DeepPavlov.

Введение

Одной из важных причин роста популярности инструментов и технологий машинного обучения является накопление больших массивов неструктурированных данных во многих аспектах деятельности человека. Здравоохранение и медицина относятся к таким отраслям, которые генерируют значительный объем разнородных данных (результаты многочисленных анализов в бумажном и электронном виде, ЭКГ, КТ, дневники самонаблюдений, осмотры специалистом и т.д.) [1].

Медицинские данные нужно обрабатывать, применяя обособленные или комбинируя инструменты и нейросети для достижения приемлемых результатов. Одним из способом структурирования разрозненного текста является извлечение именованных сущностей из текста с последующим их структурированием и составлением основной информации. Именованная сущность при извлечении информации - это объект реального мира, такой как имя человека, локация, названия организаций и т.д., который может быть обозначен собственным именем. Она может быть абстрактной или иметь физическое существование, например для медицинских данных - именованной сущностью может являться само слово температура, артериальное давление и их значения, а также симптомы или другие признаки заболевания [2].

В настоящее время для извлечения именованных сущностей и обработки естественного языка на языке Python по статистике зачастую используют один из самых популярных инструментов Spacy. Функционал инструмента позволяет решать очень широкий спектр задач: от определения частей речи и выделения именованных сущностей до создания собственных моделей для анализа, в том числе и медицинских данных [3-4].

Описание и тестирование алгоритма

Проведя исследование двух лучших на данный момент инструментов по извлечению именованных сущностей Spacy и DeepPavlov, а также проведя тестирование на практических данных, было выявлено, что работа BERT обоих моделей показала близкие результаты с небольшим преимуществом DeepPavlov, 0.91 против 0.93 по F1-мере соответственно, но клиентская часть, визуализация и дополнительные инструменты экосистемы SpaCy на примере сущностей температуры (Темп), артериального давления (АД), частоты сердечных сокращений (ЧСС), частоты дыхательных движений (ЧДД) и их значений, работают во многих случаях быстрее и удобнее [5], после чего сделан ошибочный вывод, что этот инструмент можно применять обособленно. Корректный результат отработки обособленной модели SpaCy представлен на рис. 1.

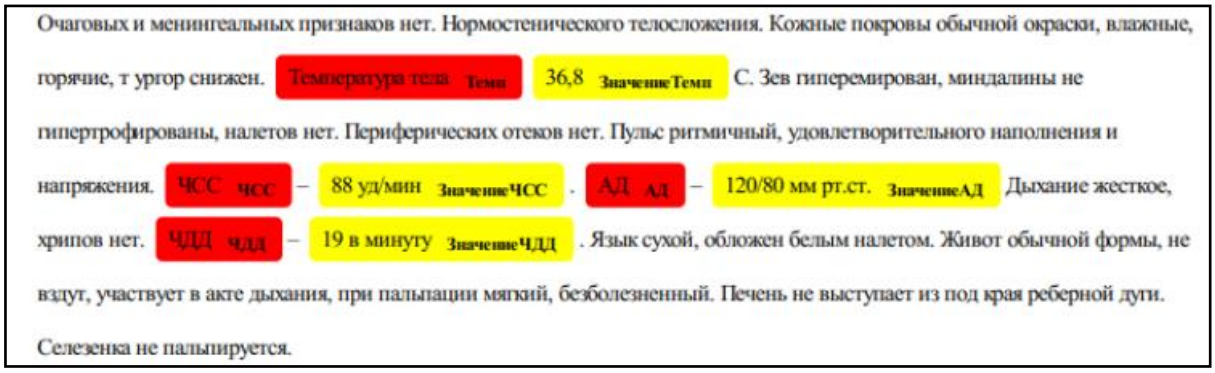


Рис. 1. Распознавание численных сущностей COVID-19

Так как протестировав обособленный подход на выявление симптомов заболеваний и медикаментов, нейросеть не может в полной мере охватить все возможные названия и значения сущностей, если при тренировке были использованы ограниченные наборы данных. В таком случае, она ориентируется только на те данные, на которых обучалась, но этого недостаточно для полноценной работы и корректного выявления сущностей.

Изучив статьи исследователей по данной тематике о целесообразности применения гибридных подходов, был сделан вывод, что к инструменту Spacy нужно добавить другие инструменты, подходы и методы, чтобы каждый из них выполнял только нужную часть работы, разгружая систему своей модульностью [6]. В результате недостатки, которые получены при тестировании обособленного подхода по выявлению симптомов заболеваний, можно исключить при использовании еще одного действенного метода по извлечению именованных сущностей - регулярных выражений [7]. Регулярные выражения — формальный язык, используемый в компьютерных программах, работающих с текстом, для поиска и осуществления манипуляций с подстроками в тексте, основанный на использовании метасимволов. Для поиска используется строка-образец, состоящая из символов и метасимволов и задающая правило поиска. Несмотря на то, что регулярные выражения после тестирования достаточно точно (в подавляющем большинстве случаев близко к 100 %) определяет именованные сущности и их значения, они тоже не могут работать полноценно и обособленно, так как невозможно все данные из исходного текста предугадать корректно при построении регулярного выражения. Исходя из анализа результатов, принято решение объединить работу нейросетей, регулярных выражений для основных именованных сущностей, а для выявления симптомов заболеваний или лекарственных препаратов и их дозировок применять иные инструменты, которые закроют все найденные недостатки, для полноценной и обособленной работы системы по извлечению именованных сущностей.

Для такой задачи протестированы специализирующийся на анализе медицинских данных MedSpaCy [8], работающий в экосистеме Spacy, а также уже проверенный инструмент DeepPavlov [9]. По результатам обучения и тестирования инструмент MedSpaCy показал себя удобным в использовании извлечения именованных сущностей медикаментов, так как имеет в своем составе возможность использования предварительной обработки исходного текста, например приведение к нижнему регистру, точечных регулярных выражений с использованием функции вариации элемента, например, если медикамент содержит в названии цифры, которые могут быть записаны по-разному (2, II), либо названия препаратов имеющих сокращения (Артериальное давление, АД). Модель получила оценку F1-меры 0.92, целесообразно применять MedSpaCy в части дневника пациента “План лечения”, где имеются медикаменты и дозировки, результат корректного применения представлен на рис. 2. Варианты с запятой данный инструмент воспринимает плохо, поэтому текст был приведен к английской системе чисел с точкой с помощью функции locale.

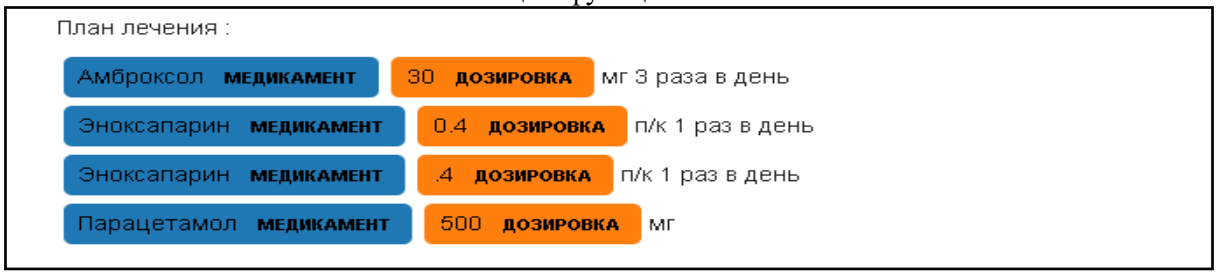


Рис. 2. Распознавание медикаментов и дозировок

Обучив модель DeepPavlov и протестировав ее на практических медицинских данных выявления симптомов, модель получила оценку по F1-мере 0.95. Целесообразно применение модели только для выявления симптомов, результат корректного применения на рис. 3.



Рис. 3. Распознавание симптомов

Здесь метки b-sa (begin-symptom with arguments) и e-sa (end-symptom with arguments) обрамляют всё выражение с перечислением симптомов, i-sa (inside-symptom with arguments) отмечают отдельное слово внутри симптома, а метки b-arg (begin-argument), а также i-arg (inside-argument) отмечают отдельные аргументы.

Заключение

Протестированы инструменты MedSpaCy и DeepPavlov для извлечения именованных сущностей (симптомов заболеваний и медикаментов с дозировками соответственно), которые показали значительное улучшение точности в этой части системы. По результатам анализа статей исследователей, экспериментов и тестирования работы инструментов по выявлению именованных сущностей развитие системы и дальнейшее тестирование отмечено, как содержащее в своей основе схему гибридного подхода, в том числе с инструментами, представленными в текущей статье для увеличения общей точности по F1-мере.

Список использованных источников

1. Карнаухов Н.С., Ильюхин Р.Г. Возможности технологий «Big Data» в медицине // Врач и информационные технологии. – 2019. – No 1. – С. 59–63.

2. Taufiq, U. Named entity recognition and dependency parsing for better concept extraction in summary obfuscation detection / U. Taufiq, R. Pulungan, Y. Suyanto // Expert Systems with Applications. – 2023. – Vol. 217. – P. 119579. – DOI 10.1016/j.eswa.2023.119579.

3. Fabienne Krauer, Boris V. Schmid. Mapping the plague through natural language processing // Epidemics 41. – 2022.

4. Spacy [Электронный ресурс]. – URL: https://spacy.io (дата обращения: 15.01.2024).

5. Соколовский Д.Е., Некрасов В.Н., Землянский С.А., Аксенов С.В. Оценка использования инструментов библиотеки SpaCy и DeepPavlov для задачи извлечения именованных сущностей из описаний результатов осмотров пациентов с COVID-19 // Известия Томского политехнического университета. Промышленная кибернетика – 2023. – Т. 1. – No 2. 46–53

6. Daniel X Le, James G Mork, Sameer Antani.: Hybrid Ensemble-Rule Algorithm for Improved MEDLINE® Sentence Boundary Detection. AMIA Annu Symp Proc. – Vol. 2021. – P. 677-686.

7. Sander Puts, Martijn Nobel, Catharina Zegers, Iñigo Bermejo, Simon Robben, Andre Dekker.: How Natural Language Processing Can Aid With Pulmonary Oncology Tumor Node Metastasis Staging From Free-Text Radiology Reports: Algorithm Development and Validation. JMIR Form Res. – Vol. 7. – P. 38125

8. MedSpaCy [Электронный ресурс]. – URL: https://spacy.io/universe/project/medspacy/ (дата обращения: 23.01.2024)

9. DeepPavlov [Электронный ресурс]. – URL: https://github.com/deepmipt/DeepPavlov (дата обращения: 23.01.2024)

СРАВНЕНИЕ ПРЕДЛОЖЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ МОДЕЛИ SBERT

Курбонов К.С.
Национальный исследовательский Томский политехнический университет, аспирант, А1-36 ИШИТР
e-mail: ksk32@tpu.ru

Аннотация

В работе использована предобученная модель Sentence-BERT (SBERT), которая использует сиамские и триплетные сетевые структуры для получения семантически значимых включений предложений. Проведено сравнение текстовых данных и построена матрица косинусной меры сходства.

Ключевые слова: семантическое текстовое сходство, Sentence-BERT, SBERT.

Введение

Цель работы – провести семантическое сходство текстов с использованием моделей глубокого обучения. Для достижения поставленной цели мы решили следующие задачи: собрали текстовые данные, провели обучение моделей, выполнили тестирование на вне выборочных данных.

В качестве объекта исследования мы использовали текстовые формулировки компетенций, указанные в регламентирующих документах российских вузов для магистрантов, обучающихся по направлению 01.04.02 «Прикладная математика и информатика». В выборку были включены матрицы компетенций следующих вузов: Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» (ВШЭ), Пермский национальный исследовательский политехнический университет (ПНИПУ), Казанский федеральный университет (КФУ), Дагестанский государственный технический университет (ДГТУ). Созданный набор данных мы разделили: 80 % на обучение и 20 % на тестирование. В качестве критерия семантического текстового сходства было использовано косинусная мера сходства.

Наш основной вклад в область исследований является сравнение матриц компетенций магистерского направления 01.04.02 «Прикладная математика и информатика» разных университетов с помощью модели SBERT.

Модель

Использование SBERT для поиска наиболее похожей пары предложений в коллекции из 10 000 предложений требует около 5 секунд. Благодаря использованию оптимизированных индексных структур поиск наиболее похожего вопроса на Quora может быть сокращен с 50 часов до нескольких миллисекунд [1].

Для решения задачи семантического сходства текста (semantic textual similarity, STS) мы использовали предобученную модель SBERT, которая показала преимущество по сравнению с InferSent [2] и Encoder Universal Sentence [3]. SBERT дополняет операцию соединения с выходом BERT/RoBERTA для получения вложений фиксированных размеров. Мы провели эксперименты с тремя стратегиями объединения и остановились на MEAN стратегии. Для настройки BERT/RoBERTA мы создали сеть сиамских и трехплетных сетей [6] для изменения весов, чтобы получаемые вкрапления предложения были значительными с целью дальнейшего вычисления меры косинусного сходства [7]. На рис. 1 приведены две архитектуры SBERT.

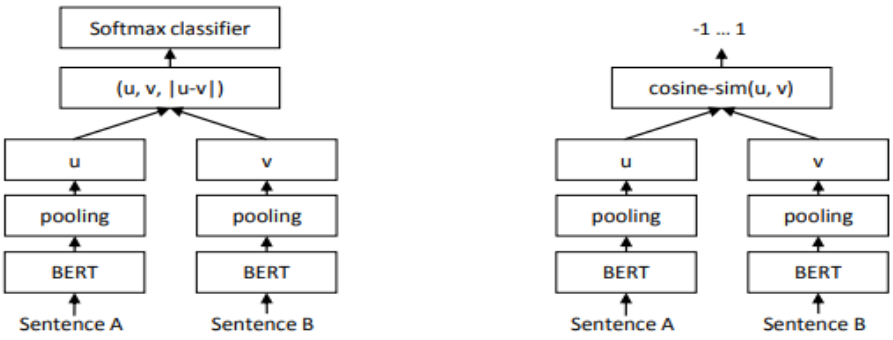


Рис. 1. Архитектура SBERT:
с целевой функцией классификации (слева), для вычисления оценок сходства (справа)

Целевая функция классификации. Мы сопоставляем вкрапления предложений u и v с разницей между элементами $|u–v|$ и умножаем ее на вес $W_t \in R^{3nk}$:

$$O=\text{softmax}(W_t(u, v, |u–v|)),$$

где n – размерность векторного представления предложений (эмбеддинг), а k – количество меток [8]. Мы оптимизируем потери перекрестной энтропии. Данная архитектура изображена на рисунке 1 (слева).

Регрессионная целевая функция. Вычисляется косинусное сходство между двумя вкраплениями предложений u и v (рис. 1, справа). В качестве целевой функции мы используем среднее квадратичное отклонение [9].

Триплетная целевая функция. В зависимости от базового предложения A, положительного предложения p и положительного предложения n, триплетная функция потерь настраивает сеть так, что расстояние между A и p меньше расстояния между A и n. [10]. Тогда необходимо минимизировать следующую функцию потерь:

$$\max(\|S_A – S_p\|) – \|S_A – S_n\| + e, 0),$$

где S_x метрика для предложения $x = \{A, n, p\}$, e – погрешность, которая обеспечивает, что S_p хотя бы на величину e ближе к S_A, чем к S_n. В качестве метрики мы используем евклидово расстояние и в наших экспериментах использовали $e = 1$ [11]. Набор данных мы разделили на два класса: 1 – название университетов и его направление, 2 – предложение для сравнения [12]. Исходя из проделанной работы, мы можем получили следующие результаты (таблица 1). В таблице в ячейке указано значение косинусной меры сходства между текстовыми формулировками.

Таблица 1

Значение косинусной меры сходства
между текстовыми формулировками для вузов из выборки

	ТПУ	ВШЭ	ПНИПУ	КФУ	ДГТУ
ТПУ	1.00	0.65	0.97	0.65	0.99
ВШЭ		1.00	0.67	0.69	0.68
ПНИПУ			1.00	0.66	0.92
КФУ				1.00	0.66
ДГТУ					1.00

Заключение

Проведено исследование семантического текстового сходства с использованием предобученной модели Sentence-BERT (SBERT) на задаче сравнения матриц компетенций российских университетов для магистерской программы по направлению 01.04.02 "Прикладная математика и информатика". Сиамские и триплетные сетевые структуры, заложенные с модели SBERT, позволили оптимизировать процесс поиска наиболее похожих пар предложений и значительно сократить время на вычисление меры косинусного сходства. В ходе экспериментов были проверены различные стратегии объединения вложений предложений и наилучший результат был достигнут с использованием стратегии MEAN. Мы использовали три разные функции потерь: для классификации, регрессии и триплетной сети. Полученные результаты продемонстрировали, что модель SBERT может быть эффективно сравнивать текстовые формулировки компетенций различных университетов с целью их дальнейшего анализа.

Список использованных источников

1. Capuozzo P., Lauriola I., Strapparava C., Aiolli F., & Sartori G. Decop: A multilingual and multi-domain corpus for detecting deception in typed text // Proceedings of the 12th Language Resources and Evaluation Conference – 2020. – P. 1423–1430.

2. Chakraborty A., Paranjape B., Kakarla S., & Ganguly N. Stop clickbait: Detecting and preventing clickbaits in online news media // IEEE conference on Advances in Social. – 2026. – P. 9–16

3. Chen D., Fisch A., Weston J., & Bordes A. (2017). Reading Wikipedia to answer open-domain questions. / In R. Barzilay, & M. Kan (Eds.) // Proceedings of the 55th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics, ACL. – Vancouver, Canada, July 30 - August 4. – 2017. – Vol. 1. – P. 1870–1879. (URL: http://dx.doi.org/10.18653/v1/P17-1171)

4. Clark K., Luong M., Le Q.V., & Manning C.D. ELECTRA: Pre-training text encoders as discriminators rather than generators // 8th International Conference on Learning Representations, ICLR 2020. – Addis Ababa, Ethiopia. – April 26-30. (URL: https://openreview.net/forum?id=r1xMH1BtvB).

5. Tianyi Zhang, Varsha Kishore, Felix Wu, Kilian Q. Weinberger, and Yoav Artzi. BERTScore: Evaluating Text Generation with BERT. arXiv preprint – arXiv:1904.09675. – 2019.

6. Zhilin Yang, Zihang Dai, Yiming Yang, Jaime G. Carbonell, Ruslan Salakhutdinov, and Quoc V. Le. XLNet: Generalized Autoregressive Pretraining for Language Understanding. arXiv preprint – arXiv:1906.08237, – abs/1906.08237. – 2019.

7. Yinfei Yang, Steve Yuan, Daniel Cer, Sheng-Yi Kong, Noah Constant, Petr Pilar, Heming Ge, Yun-hsuan Sung, Brian Strope, and Ray Kurzweil. Learning Semantic Textual Similarity from Conversations // Proceedings of The Third Workshop on Representation Learning for NLP, Melbourne, Australia. – 2018. – P. 164– 174.

8. Eneko Agirre, Carmen Banea, Claire Cardie, Daniel Cer, Mona Diab, Aitor Gonzalez-Agirre, Weiwei Guo, Inigo Lopez-Gazpio, Montse Maritxalar, Rada Mihalcea, German Rigau, Larraitz Uria, and Janyce Wiebe. SemEval-2015 Task 2: Semantic Textual Similarity, English, Spanish and Pilot on Interpretability // Proceedings of the 9th International Workshop on Semantic Evaluation (SemEval 2015), Denver, Colorado. – 2015. – P. 252–263.

9. Eneko Agirre, Carmen Banea, Claire Cardie, Daniel Cer, Mona Diab, Aitor Gonzalez-Agirre, Weiwei Guo, Rada Mihalcea, German Rigau, and Janyce Wiebe. SemEval-2014 Task 10: Multilingual Semantic Textual Similarity // Proceedings of the 8th International Workshop on Semantic Evaluation, Dublin, Ireland. – 2014. – P. 81–91.

10. Jacob Devlin, Ming-Wei Chang, Kenton Lee, and Kristina Toutanova. BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding. arXiv preprint – arXiv:1810.04805. – 2018.

11. Bill Dolan, Chris Quirk, and Chris Brockett. Unsupervised Construction of Large Paraphrase Corpora: Exploiting Massively Parallel News Sources // Proceedings of the 20th International Conference on Computational Linguistics, COLING ’04, Stroudsburg, PA, USA. – 2004.

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРА СВЯЗИ МЕЖДУ ВВП И УРОВНЕМ ЭМИССИИ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА В СТРАНАХ МИРА

Марухин Е.М.
Томский политехнический университет, ИЯТШ, гр. 0А31,
e-mail: emm18@tpu.ru

Аннотация

Исследование характера связи между ВВП и уровнем эмиссии углекислого газа в странах мира является крайне актуальным в контексте изменения климата и устойчивого развития. С увеличением ВВП обычно увеличивается и уровень эмиссии углекислого газа из-за увеличения производства и потребления энергии. Исследования в этой области могут помочь выявить тренды в различных странах, определить факторы, влияющие на уровень эмиссий, и разработать стратегии для снижения выбросов парниковых газов при сохранении экономического роста. Такие исследования могут быть основой для разработки политики в области климатических изменений и устойчивого развития.

Ключевые слова: эмиссия CO_2, ВВП, корреляция, характер связи, динамика, тенденция, аналитика данных.

Введение

С начала развития индустриальной эпохи ископаемые ресурсы были ключевым фактором экономического развития, обеспечивая топливо, которое производит большую часть мировой электроэнергии, приводит в действие механизмы и агрегаты, обеспечивает движение транспорта, а также используется в промышленной деятельности. В результате экономический рост был тесно связан с увеличением выбросов парниковых газов и вредных веществ на протяжении большей части современной экономической истории.

Взаимосвязь между экономическим ростом и выбросами CO_2 была предметом интенсивных исследований на протяжении последних нескольких десятилетий. Многие страны сталкиваются с серьезной проблемой, а именно: обеспечить стабильный экономический рост и защитить окружающую среду.

В последнее время, благодаря устойчивому повышению энергоемкости экономического роста и, в некоторых странах, резкому увеличению использования экологически чистой энергии, наблюдается растущее расхождение между ростом ВВП и выбросами CO_2. выбросов в большинстве экономик мира.

Постановка задачи

Цель данной работы – провести аналитическое исследование наличия взаимосвязи между выбросами CO_2 и ВВП в странах мира, а также – в России.

Для проведения исследований были использованы:

1) открытый набор данных, включающий данные о выбросах CO_2 (тыс.. тонн) в период с 1990 по 2020 год, по 169 странам мира [1]. Таблица состоит из трех полей – название страны, год и количество выбросов CO_2 (тыс.. тонн);
2) открытый набор данных, включающий данные о ВВП тех же 266 стран в указанный выше период [2]. Таблица также состоит из трех полей – название страны, год и ВВП страны (трлн долларов в пересчете на текущий курс);
3) дополнительная таблица, содержащая данные о коде каждой страны, согласно стандарту ISO 3166, а также принадлежности страны к одной из групп по уровню дохода: высокий/низкий доход, доход выше/ниже среднего.

Для аналитики данных и визуализации результатов исследования был использован Python.

Описание исследования и результаты

Выбросы углекислого газа в странах мира тесно связаны с уровнем ВВП и экономическим развитием. С одной стороны, экономический рост стран подразумевает интенсивное использование энергии, что приводит к увеличению выбросов CO_2, поэтому загрязнение напрямую связано с экономическим ростом и развитием. С другой стороны, экономический рост и развитие приводят к внедрению новых энергосберегающих и низкоуглеродных технологий, которые вытесняют старые, энерго- и углеродоемкие.

Учитывая все вышесказанное, можно предположить, что долгосрочная связь между ВВП и выбросами CO_2 отрицательна, поскольку развитие новых низкоуглеродных технологий позволяет достичь в долгосрочной перспективе того же уровня производства при более низких выбросах CO_2. Возьмем это в качестве **гипотезы** нашего исследования.

Для достижения поставленной цели, прежде всего, необходимо собрать все данные в одну таблицу для их последующего анализа, а также укрупнения категорий – за счет объединения стран по географическому признаку – в 7 регионов.

Используя данные [1], построим динамику суммарных выбросов CO_2 по всем, имеющимся в наборе данным (рис. 1).



Рис. 1. Динамика суммарных выбросов CO_2 по 266 странам

Анализируя полученный график, можно отметить, что за период с 1990 года по 2019 год наблюдется довольно быстрый рост объемов выбросов CO2, а с 2020 года – небольшой, но спад. Рассмотрим более подробно объемы выбросов CO_2 – по регионам (рис. 2).

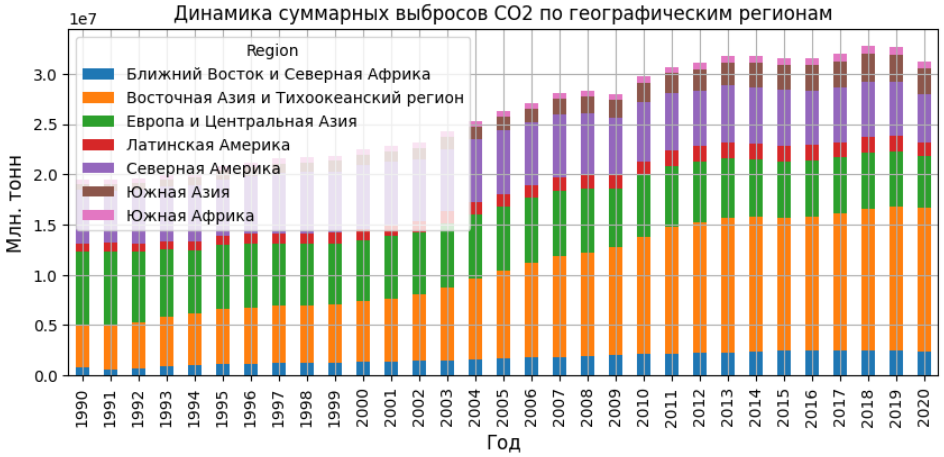


Рис. 2. Динамика суммарных выбросов CO_2 по регионам

Увеличение суммарных выбросов CO_2, в основном, происходит за счет их увеличения в регионе Юго-Восточная Азия, где гидроэнергетика не успевает за растущим спросом на электроэнергию, а доля угля в производстве электроэнергии и промышленном спросе на энергию увеличилась более чем вдвое в период с 1990 по 2022 год. На Юго-Восточную Азию и Ближний Восток вместе приходится 6,6 % мирового ВВП [3].

Для оценки связи между ВВП и уровнем эмиссии CO_2 был использован коэффициент корреляции Спирмена (r_{xy}). Коэффициент корреляции Спирмена является инструментом, позволяющим оценить степень связи между двумя переменными. Он широко используются в статистике, экономике, социологии и других областях, где требуется изучение взаимосвязей между различными явлениями и является важным инструментом для анализа данных. Коэффициент корреляции Спирмена является непараметрической мерой (не предполагает нормальное распределение данных). Он основан на

ранжировании значений переменных и показывает меру монотонной связи между ними. Коэффициент Спирмена может принимать значения от -1 до 1. Значение 1 указывает на полную положительную корреляцию, значение -1 указывает на полную отрицательную корреляцию, а значение 0 указывает на отсутствие связи.

В результате было получено 11 групп стран, в зависимости от значения коэффициента корреляции (табл. 1).

Таблица 1

Распределение стран мира по значению корреляции между ВВП и уровнем выбросов CO_2

№ группы	Диапазон для коэффициента корреляции r_{xy}	Сила связи	Количество стран в группе	Представители стран, входящих в группу
1	$r_{xy} \leq -0.7$	Сильная, отрицательная	7	Бельгия, Германия, Дания, Венгрия, Румыния, Словакия, Швеция
2	$-0.7 \leq r_{xy} < -0.5$	Средняя, отрицательная	6	Болгария, Швейцария, Франция, Великобритания, Польша
3	$-0.5 \leq r_{xy} < -0.3$	Умеренная, отрицательная	14	В том числе: Финляндия, Италия, Ямайка, Литва, Латвия, Северная Македония, Мальта, Нидерланды, США, Узбекистан
4	$-0.3 \leq r_{xy} < -0.2$	Слабая, отрицательная	5	Центральноафриканская Республика, Исландия, Люксембург, Словения
5	$r_{xy} > -0.2$	Очень слабая, отрицательная	2	Азербайджан, Эстония
6	$r_{xy} \cong 0$	Связь отсутствует	1	Габон
7	$r_{xy} < 0.2$	Очень слабая, положительная	4	Куба, Хорватия, Япония, Португалия
8	$0.2 \leq r_{xy} < 0.3$	Слабая, положительная	5	Австрия, Беларусь, Грузия, Молдова, Тувалу
9	$0.3 \leq r_{xy} < 0.5$	Умеренная, положительная	5	Испания, Греция, Ирландия, Российская Федерация, Суринам
10	$0.5 \leq r_{xy} < 0.7$	Средняя, положительная	14	В том числе: Андорра, Армения, Ирак, Израиль, Казахстан, Кыргызстан, Нигерия, Новая Зеландия, Таджикистан
11	$r_{xy} \geq 0.7$	Сильная, положительная	106	В том числе: Австралия, Китай, Индия, Иран, Корея, Мексика, Пакистан, Туркменистан, Южная Африка



Рис. 3. Связь между эмиссией CO_2 и ВВП

На основе полученных результатов можно сделать вывод о том, что в 71 % всех стран наблюдается рост эмиссии CO_2 наряду с ростом ВВП (рис. 3).

Фактически нет связи (слабая или умеренная) – в 21 % стран. И только в 8 % стран наблюдается спад уровня эмиссии CO_2 наряду с ростом ВВП – и это страны Европейского Союза.

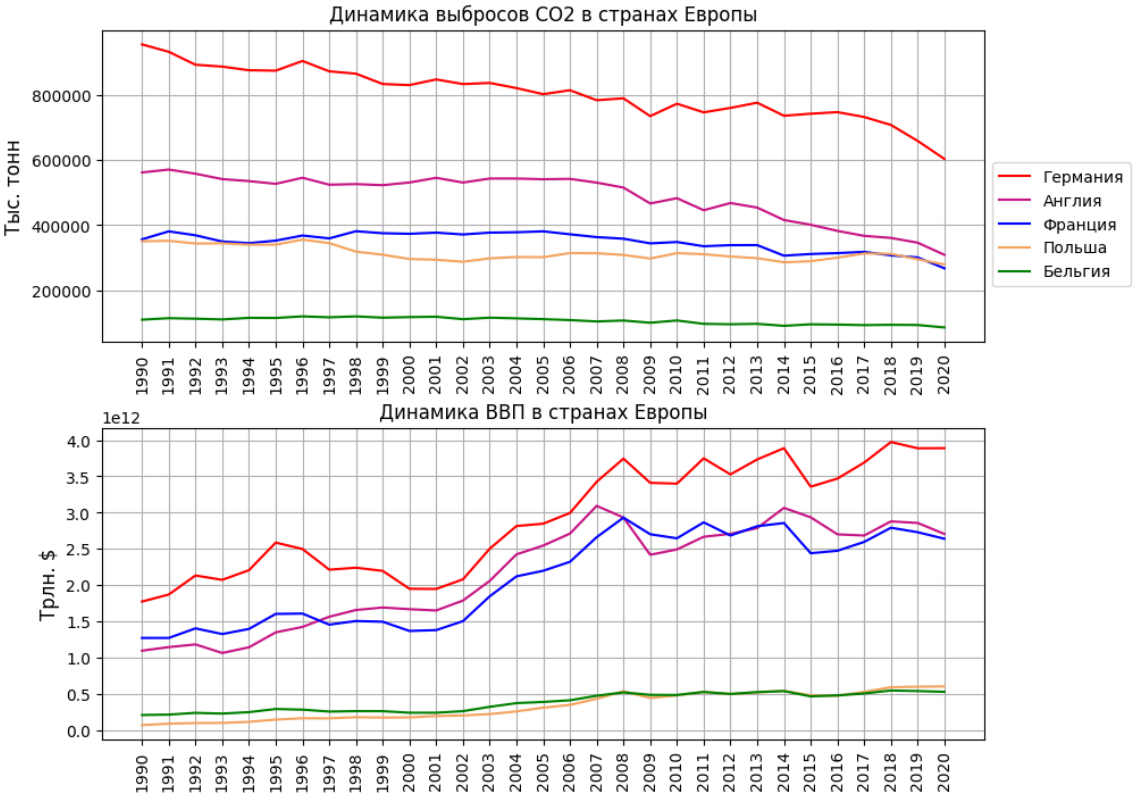


Рис. 4. Связь между эмиссией CO_2 и ВВП в странах с высокой отрицательной корреляций между уровнем эмиссии CO_2 и ВВП

В случае Европейского Союза (ЕС) – на примере Германии (рис. 4) – экономика по состоянию на 2020 год на более, чем на 60% больше, а выбросы CO_2 – более, чем на 30 % ниже, чем в 1990 году. Аналогичные тенденции наблюдаются и в других странах с развитой экономикой, которые активно внедряют технологии для снижения выбросов и реализуют программы по переходу на возобновляемые источники энергии.

Уровень эмиссии углекислого газа и ВВП в таких странах, как Китай и Индия являются двумя важными аспектами, которые необходимо рассмотреть в контексте борьбы с изменением климата на планете. Обе страны являются крупными экономиками с быстрорастущим ВВП, что приводит к увеличению объемов производства и потребления энергии, что, в свою очередь, приводит к увеличению выбросов углекислого газа – в этих странах прямая положительная корреляция между этими показателями.

Китай и Индия в настоящее время являются двумя крупнейшими загрязнителями атмосферы в мире [4]. Уровень эмиссии углекислого газа в этих странах продолжает расти из-за интенсивного промышленного развития, увеличения автопарка и потребления энергии. С 1990 года в китайской экономике наблюдался четырнадцатикратный рост, но выбросы CO2 в ней более, чем в пять раз превышают уровень 1990 года (рис. 5).

США, будучи одной из крупнейших экономик мира, имеют высокий уровень ВВП, что связано с развитой промышленностью, инновациями, высоким уровнем потребления и т.д. Однако, при этом страна также является одной из крупнейших по выбросу углекислого газа в мире. Это связано с интенсивным использованием ископаемых топлив, таких как нефть, уголь и природный газ, для производства энергии и обеспечения потребностей промышленности и населения. В США к 2019 году ВВП увеличится более, чем в 2 раза с 1990 года, но выбросы CO2 вернулись к уровню 1990 года (рис. 5). Уровень эмиссии углекислого газа в США имеет серьезные последствия для окружающей среды и климата, так как парниковые газы способствуют глобальному потеплению и изменению климата. В связи с этим, правительство США и другие заинтересованные стороны предпринимают шаги для снижения уровня эмиссий и перехода к более устойчивым и экологически чистым источникам энергии, таким как ветроэнергетика, солнечная энергия и другие – на рис. 5 можно видеть тенденцию к снижению уровня выхлопов.

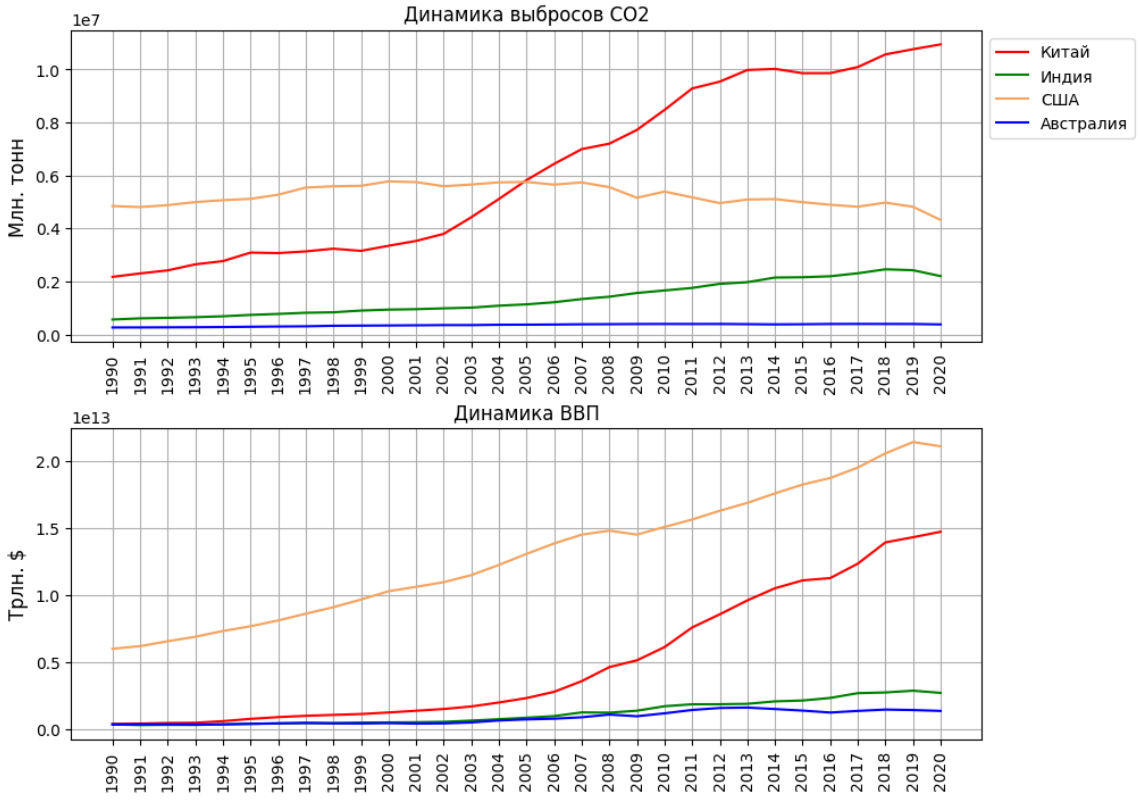


Рис. 5. Связь между эмиссией CO_2 и ВВП в странах с высокой и умеренной положительной корреляций между уровнем эмиссии CO_2 и ВВП

Россия, как одно из крупнейших государств мира, не остается в стороне от проблемы загрязнения окружающей среды и изменения климата на планете. Динамика уровня эмиссии углекислого газа в России и ее связь с ВВП представляет собой интересную и актуальную тему для исследования.

Следует отметить, что Россия является одним из крупнейших производителей углекислого газа в мире. Это связано, в первую очередь, с особенностями экономики страны, которая до сих пор сильно зависит от добычи и экспорта углеводородов. При этом большая часть энергии в России производится за счет использования угля, нефти и природного газа, что ведет к значительным выбросам углекислого газа в атмосферу [4] (рис. 6).

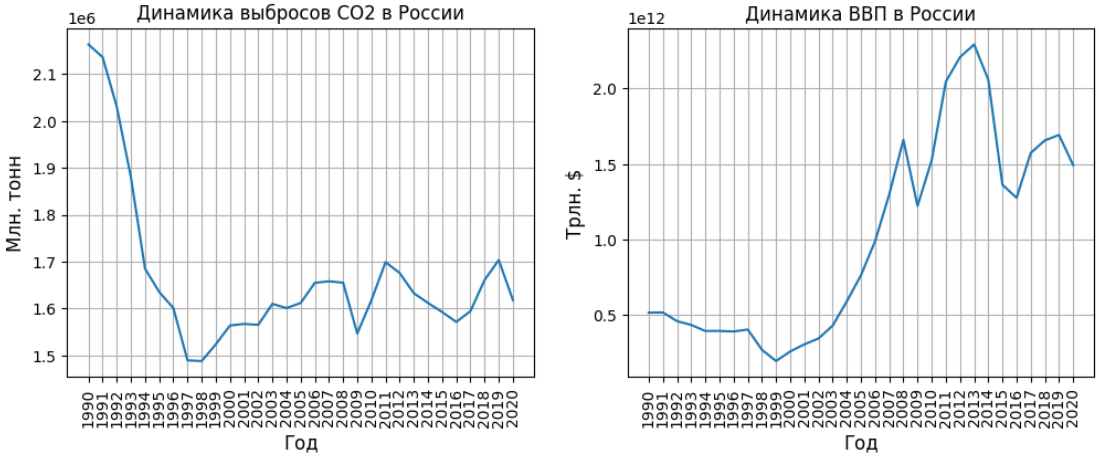


Рис. 6. Динамика выбросов CO_2 и ВВП в России

Однако, в последние годы наблюдается определенное снижение уровня эмиссии углекислого газа в России. Это в первую очередь связано с модернизацией промышленности, переходом на более эффективные технологии (например, атомная энергетика) в энергобалансе страны.

Таким образом, динамика уровня эмиссии углекислого газа и ВВП в России демонстрирует сложную взаимосвязь между экономическим развитием страны и ее воздействием на окружающую среду. Для устойчивого развития необходимо стремиться к сокращению выбросов парниковых газов, внедрению зеленых технологий и улучшению энергоэффективности, что позволит сохранить экономический рост, не нанося вреда окружающей среде.

Заключение

Долгосрочная связь между ВВП и выбросами CO_2 является сложным и многогранным вопросом, который требует внимательного анализа и изучения. Несмотря на то, что на первый взгляд может показаться, что рост ВВП и увеличение выбросов CO_2 идут рука об руку, существует ряд факторов, которые могут оказывать влияние на эту связь.

С одной стороны, экономический рост обычно сопровождается увеличением потребления энергии, что приводит к увеличению выбросов парниковых газов, включая CO_2. Развивающиеся страны, стремясь к повышению уровня жизни своих граждан, часто используют углеводородные виды топлива, что приводит к увеличению выбросов CO_2. Это может создавать видимость того, что рост ВВП и выбросы CO_2 коррелируют друг с другом.

С другой стороны, с развитием технологий и осознанием необходимости борьбы с изменением климата, многие страны начинают переходить на более чистые источники энергии, такие как возобновляемые источники. Это может привести к снижению интенсивности выбросов CO_2 на единицу ВВП, что в свою очередь может ослабить связь между ростом ВВП и увеличением выбросов CO_2.

Таким образом, хотя существует определенная зависимость между ВВП и выбросами CO2, она **не всегда является строго отрицательной**. Важно учитывать контекст и специфику каждой страны, ее политику в области климата и энергетики, чтобы понять, как эти два показателя взаимодействуют между собой в долгосрочной перспективе. Поэтому для более точной оценки связи между ВВП и выбросами CO_2 необходимо проводить более глубокие исследования и анализировать данные на макро- и микроуровнях.

Список использованных источников

1. The World Bank – открытый набор данных, включающие данные о выбросах CO2 (тыс.. тонн) в странах мира [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.CO2E.KT, свободный (дата обращения: 26.02.2024).
2. World Integrated Trade Solution – открытый набор данных, включающие данные о ВВП (млрд долларов) по каждой из 266 стран [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://wits.worldbank.org/CountryProfile/en/Country/BY-REGION/StartYear/1988/EndYear/2017/Indicator/NY-GDP-MKTP-CD, свободный (дата обращения: 26.02.2024).
3. The relationship between growth in GDP and CO2 has loosened; it needs to be cut completely [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.iea.org/commentaries/the-relationship-between-growth-in-gdp-and-co2-has-loosened-it-needs-to-be-cut-completely, свободный (дата обращения: 26.02.2024).
4. EDGAR – Emissions Database for Global Atmospheric Research [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://edgar.jrc.ec.europa.eu/report_2022?vis=tot#emissions_table, свободный (дата обращения: 26.02.2024).

АВТОМАТИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ И СЕГМЕНТАЦИЯ ОПУХОЛЕЙ ГОЛОВНОГО МОЗГА НА СНИМКАХ МРТ

Закиев Я.Т[1]., Карев С.В.[2], Спицын В.Г.[3,4]
[1]НИ ТГУ, ИПМКН, гр. 932228, студент, ya@stud.tsu.ru
[2]НИ ТГУ, ИПМКН, ассистент каф. ТОИ
[3]НИ ТГУ, ИПМКН, д.т.н., профессор каф. ТОИ
[4]НИ ТПУ, ИШИТР, д.т.н., профессор ОИТ

Аннотация

Для решения задачи классификации снимков мрт по наличию опухолей головного мозга в сочетании с классическими классификаторами применяется предварительная сегментация FCM. Затем происходит извлечение признаков матрицей GLCM, характеристики которой подаются на классификаторы: SVM, K-NN, LR, NB, DT, RF. Отдельно от них производится классификация и сегментация при помощи CNN. Перед классификацией производится аугментация набора данных, для сегментации к маскам применяется центрирование и нормализация данных.

Ключевые слова: изображения МРТ, классификация, сегментация, сверточные нейронные сети.

Введение

По данным межконтинентального ракового регистра, объединяющего данные из 86 раковых регистров 5 континентов, заболеваемость первичными опухолями головного мозга (включая менингиомы) составляет 6-19 случаев на 100 тысяч мужского и 4-18 случаев на 100 тысяч женского населения. Данная мировая статистика собирается Международным агентством по изучению рака (International Agency for research on cancer) при участии Всемирной Организации Здравоохранения.Источник: Информационный портал об опухолях мозга. С целью диагностики в наше время производится ручная сегментация МРТ изображений.

Согласно статье [1] основные проблемы ручной сегментации МРТ изображений опухолей головного мозга на сегодняшний день в том, что она:

Требует больших затрат времени радиологов высокой квалификации.

Даже внутри одного единственного исследовательского центра нет единого стандарта границ сегментации опухоли, что говорит о субъективизации, также есть определенный процент ошибок.

В целом этот пункт можно охарактеризовать, как человеческий фактор, который играет роль в диагностике опухолей головного мозга

Также отмечается что постепенно методы машинного и глубинного обучения могут стать стандартом для этих целей.

В соответствии с этим целью данной работы стало создание и сравнение моделей машинного и глубинного обучения, способных предсказывать наличие опухоли на медицинских изображениях и производить их сегментацию, с получением модели на современном уровне показателей.

Основная часть

В первом эксперименте будет произведена предварительная сегментация изображения для попытки убрать линию черепа и здоровые мягкие ткани, как не несущие ползной информации и затрудняющие работу алгоритма. Далее просходит извлечение признаков с использованием матрицы GLCM (Матрица смежности или матрица совместной встречаемости уровней яркости) и вычисление по ней статистических характеристик, которые подаются на вход ряду классических классификаторов. Во втором эксперименте сегментация будет самостоятельной задачей помимо классификации. К набору данных перед передачей нейросетевому классификатору Resnet50 с использованием Transfer learning применяется аугментация. Перед сегментацией нейросетью ResUnet с архитектурой coder – decoder к маскам опухолей была применена нормализация и центрирование.

Метод кластеризации данных Fuzzy C-Means (FCM). В нем один элемент данных может принадлежить двум или более кластерам.

Метод FCM разработанный Данном в 1973 году [2] и улучшенный Бездеком в 1981 году [3], часто используется в сегментации изображений. Использование алгоритма FCM на основе интенсивности, где FCM разделяет изображение на заранее заданное количество кластеров (K), FCM

дает нечеткую принадлежность (U), чтобы описать степень сходства одного пикселя с каждым кластером [4]. Это обобщение K-Means, которое позволяет точкам данных принадлежать не только одному кластеру, но и иметь степень принадлежности к нескольким кластерам в виде числа от 0 до 1.

Алгоритм FCM

1. **Инициализация**: Значения центроидов кластеров и степени принадлежности (wij) инициализируются случайным образом, с условием, что сумма степеней принадлежности для каждой точки равна 1.
2. **Повторение шагов до сходимости**: Вычисляются новые центры кластеров (cj) и обновляются степени принадлежности (wij) до тех пор, пока алгоритм не сойдется или не будет достигнуто максимальное количество итераций.
3. **Результат**: По завершении алгоритма каждая точка данных имеет степени принадлежности к каждому из k кластеров.

Матрица GLCM 8предоставляет информацию о том, какие пары пикселей с какими уровнями яркости и в заданном направлении сдвига встречаются в изображении. Эти данные могут использоваться для вычисления упомянутых различных статистических характеристик текстуры изображения. Многие исследователи составляют различные комбинации из выделенных признаков в паттерны, принимающие различные значения на частях снимка с опухолью и без неё [8, 9]. Части, имеющие опухоль (или не имеющие ее) при этом могут сильно отличаться друг от друга по структуре ткани (белое или серое вещество, костная ткань и др.). Строки и столбцы представляют уровни яркости в изображении. К примеру, в данном случае, у нас есть только два уровня яркости: 1 и 2.
Значения в ячейках матрицы указывают на количество раз, когда пиксели с заданными уровнями яркости встречаются друг с другом с заданным сдвигом (горизонтальным) и углом (0 градусов)

Далее для всех пар пикселей вычислено по шесть характеристик:

1. **Контраст (Contrast):** Контраст измеряет локальные изменения в матрице серого уровня соседства, вычисляется как сумма квадратов разницы между интенсивностями соседних пикселей.
2. **Непохожесть (Dissimilarity):** Непохожесть измеряет различия между интенсивностями соседних пикселей. Это просто среднее арифметическое расстояний между интенсивностями.
3. **Гомогенность (Homogeneity):** Гомогенность измеряет близость распределения элементов в GLCM к его диагонали.
4. **Энергия (Energy):** Энергия (или также называется униформностью) - это сумма квадратов элементов GLCM.
5. **Корреляция (Correlation):** Корреляция измеряет степень линейной зависимости между интенсивностями пикселей в изображении.
6. **Угловые моменты второго порядка (ASM):** ASM представляет собой сумму квадратов элементов GLCM и измеряет уровень детализации текстуры.

Поученные признаки классифицируются с помощью таких классических моделей машинного обучения как : SVM, K-NN, LR, NB, DT, RF.

Сверточная нейронная сеть Resnet – 50. Архитектура ResNet-50 (Residual Network с 50 слоями) (рис. 1) представляет собой глубокую нейронную сеть, которая была представлена в статье [11] Эта архитектура разработана для решения проблемы затухающего градиента при обучении глубоких нейронных сетей. Принцип работы ResNet-50 основан на использовании блоков, называемых "residual blocks" (блоки с остаточным соединением). Они позволяют эффективно обучать очень глубокие сети, предотвращая проблемы с затухающими градиентами. Для классификации опухолей мозга в работе [5] применяется совместно с технологией Transfer Learning.

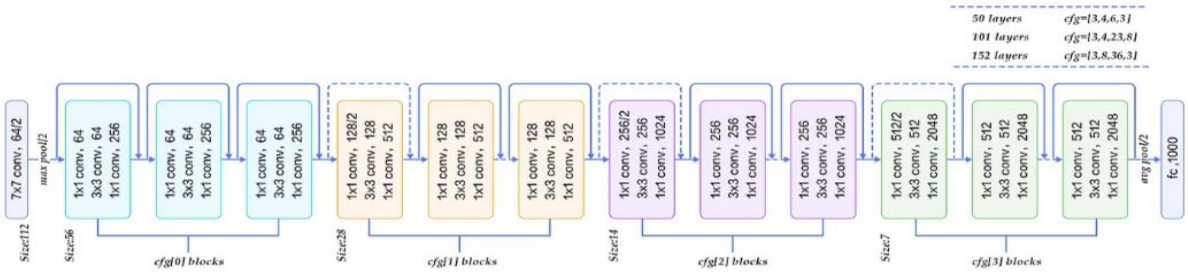


Рис. 1. Архитектура Resnet - 50

ResUnet. В архитектуре используется стандартный кодер-декодер, идея которого заключается в плавном уменьшении размера изображения (кодирование) и затем его пошаговом увеличении (декодирование). Скип-коннекции позволяют передавать более низкоуровневые признаки напрямую в декодер, улучшая передачу информации между разными уровнями сети и помогая сохранять детали при восстановлении изображения.

Первые блоки - входная часть кодера (encoder), включает в себя сверточные слои (Conv2D), функции активации (ReLU), нормализацию пакета (BatchNormalization) и слой пулинга (MaxPool2D). Имеется два этих блока, которые постепенно уменьшают размерность данных (по высоте и ширине изображения) и увеличивают количество каналов признаков. Эти блоки обычно используется для захвата более низкоуровневых признаков в изображении, таких как грани, цвета и текстуры.

Далее, следует серия блоков resblock, которые представляют собой блоки остаточной свертки (Residual Blocks), добавленные для улучшения процесса обучения и избежания проблемы затухающих градиентов. Эти блоки обычно служат для извлечения более высокоуровневых и абстрактных признаков в изображении. Разделение первых блоков кодера от последующих блоков resblock позволяет лучше контролировать уровень детализации и сложности признаков, извлекаемых на разных этапах кодирования. Это улучшает обучение и позволяет сети выделять как низкоуровневые, так и высокоуровневые признаки в изображении.

После блоков resblock в ResUNet следует декодер (decoder), который состоит из серии блоков, обратных по отношению к кодеру. Декодер постепенно увеличивает размерность данных и восстанавливает пространственное разрешение изображения.

Для каждого блока декодера используются транспонированные сверточные слои (Conv2DTranspose или Conv2D с upsampling), которые увеличивают размерность данных. Это позволяет восстановить пространственное разрешение изображения. После каждого такого слоя следует слой конкатенации (Concatenate), который объединяет выходные данные с соответствующими данными из сквозных соединений (skip connections), переданных из кодера. Это помогает передавать информацию о низкоуровневых признаках напрямую в декодер, улучшая сохранение деталей восстановленного изображения.

Кроме того, после слоя конкатенации обычно добавляются блоки resblock в декодере, чтобы улучшить процесс обучения и извлечение признаков.

В конце декодера обычно добавляется выходной слой, который преобразует выходные данные в соответствии с требуемым форматом (например, для сегментации изображений это может быть один или несколько сверточных слоев с функцией активации, такой как сигмоида для двоичной сегментации или softmax для многоклассовой сегментации).

Итак, архитектура ResUNet состоит из кодера, включающего в себя блоки свертки и resblock для извлечения признаков, и декодера, включающего в себя блоки транспонированных сверток, конкатенации и дополнительные resblock для восстановления изображения. Эта архитектура позволяет эффективно решать задачи, такие как сегментация изображений, сохраняя при этом детали и контекст (рис. 2). Указанная архитектура применяется в работе для сегментации опухолей мозга в работе [6].

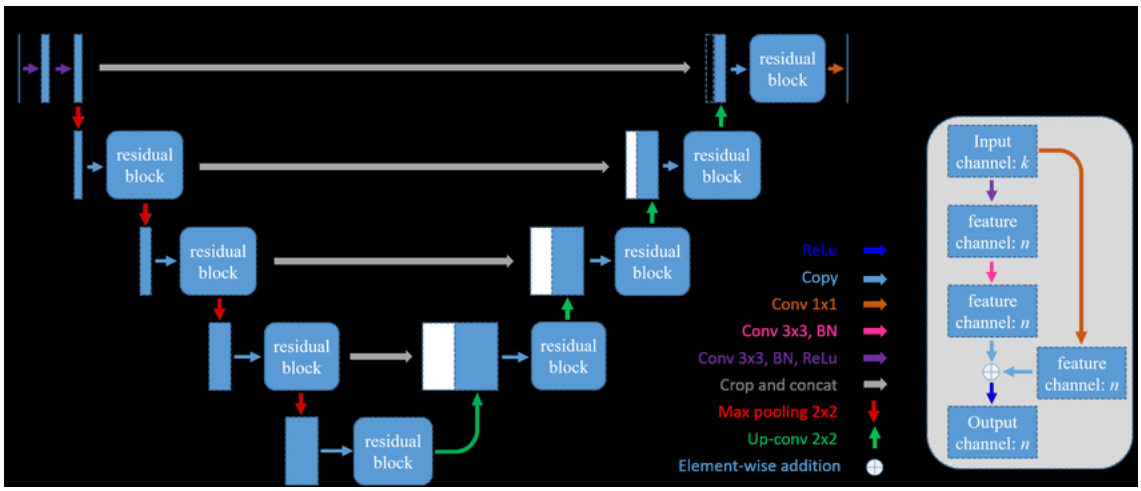


Рис. 2. Архитектура ResUnet

Описание алгоритма

Предлагаемая система обнаружения опухолей головного мозга с использованием традиционных алгоритмов машинного обучения состоит из следующих этапов:

1. Сегментация с помощью алгоритма Fuzzy C-means.
2. Извлечение признаков GLCM по 4 направлениям соотношений пикселей: 0, 45, 90, 135 градусов и шагом 1.
3. Классификация с помощью традиционных классификаторов Logistic Regression\Support Machine vector\ Naive Bayes\ Decision Tree\ Random Forest\ K- nn

В первом эксперименте изображения конвертируются в уровни серого и масштабируются до размера 256*256 пикселей с использованием библиотеки CV2. Затем изображение подается на вход модели кластеризации FCM, для которого используется библиотека Pyclsustering - в виде матрицы со значениями интенсивности от 0 до 255. На выходе из алгоритма FCM у нас будет также двумерная матрица, но уже с назначенными кластерами, которая покажет, какие пиксели относятся к каждому кластеру. Таким образом, мы выполняем сегментацию с целью убрать линию черепа и мягкие ткани, чтобы избавиться от неинформативных для нашей цели признаков. После с использованием матрицы GLCM при помощи библиотек Pandas и Skymage извлекается по шесть характеристик для каждого взаимоотношения четырех выбранных пар пикселей: Contrast, Dissimilarity, Homogeneity, Eneregy, Correlation, ASM. Двадцать четыре признака на каждое изображение заносятся в Pandas Dataframe, который делится на обучающую и тестовую выборку в соотношении 80% и 20% и далее подаются на вход классификаторов (SVM, LR, DT, RF, NB, K-NN с использованием библиотеки Sckitlearn), которые уже выдают нужные метки в зависимости от того есть или нет опухоль.

Во втором эксперименте набор данных разбивается на обучающий и тестовый в соотношении 85 % и 15 %. Производится аугментация обучающего набора путем дополнения обработанными изображениями с применением фильтра Гаусса с невысоким значением, для сглаживания малозначимых деталей и маловероятного шума и после фильтра повышения резкости, для повышения резкости и усиления границ. Также применяется случайный поворот по горизонтали, горизонтальный и вертикальный сдвиг, а также shearing со значением 20 градусов (случайные искажения по типу наклона или искривления). Затем получившийся набор передается нейросетевому классификатору на основе сверточной нейронной сети, предобученной на данных Imagenet, архитектуры Resnet 50, взятой с исключением последних слоев и добавлением слоя среднего пулинга (усредняем признаки по пространственным измерениям), полносвязных слоев и слоев дропаута. Используем метод Transfer learning – fine tuning, добавляя новые собственные слои классификатора, чтобы адаптировать модель для решения конкретной задачи. Сегментируется изображение с помощью архитектуры ResU-net реализованной в библиотеке Keras. Данная архитектура включает в себя кодер и декодер на residual – блоках с добавлением скип – коннекций между соответствующими слоями. Для сегментации набор применялся без упомянутой аугментации. К маскам применили центрирование и нормализацию данных: вычитается среднее значение всех пикселей маски, а затем полученное значение делится на

стандартное отклонение. Это позволяет привести значения маски к более стабильной шкале, что часто применяется для улучшения процесса обучения и повышения стабильности модели.

ResUnet:

Total params: 2951313 Trainable params: 2946929 non-trainable params: 4384

Resnet – 50:

Total params: 25752450 Trainable params: 25698818 non-trainable params: 53632

Результаты

Результаты экспериментов показаны в таблицах 1-3 и рисунках 3-7. Результаты, полученные ***в эксперименте 1*** показывают, что предложенный в нем подход требует доработки, хотя и была применена кроссвалидация и технология Greadresearch. Следует отметить низкие показатели Specificity у логистической регрессии и K-NN, следовательно, были частые случаи ложно позитивной классификации. Возможно, такой доработкой может быть использование совместно с признаками GLCM и других техник получения признаков таких как контуры с вычислением геометрических характеристик: длину периметра, площади, соотношение сторон (aspect ratio), ограничивающего прямоугольника (bounding rectangle). Также можно применить признаки матриц GLRM (Gray-Level Run-Length Matrix) и HOG (Histogram of Oriented Gradients). GLRM представляет собой матрицу, которая отражает количество серий (run-length) пикселей с одинаковыми уровнями яркости в определенном направлении на изображении. HOG представляет собой метод, который вычисляет гистограмму направленных градиентов в каждом блоке изображения. Возможно комбинирование полученных по ним и другими методами признаков с предварительным применением фильтров изображений и без них**.**

В эксперименте 2 технология Transfer learning на базе нейросети Resnet – 50, предобученной на наборе данных Imagenet показала себя значительно лучше. Были заменены слои top на настроенные под задачу бинарной классификации и полученные метрики оказались от 95 % и выше. График функции потерь показал не значительные колебания, тогда как метрика Accuracy имела большие колебания, но оба графика были близки к сходимости, переобучения не было. Колебания могут быть вызваны разнообразием форм опухолей, с одной стороны, это может помочь модели лучше обучиться на разнообразных сценариях и лучше обобщить свои знания, с другой стороны, может усложнить обучение из-за большего разнообразия объектов и различий между ними. Указанные осцилляции могут быть вызваны недостаточной регуляризацией – дропаутами, недостаточным количеством экспериментов со скоростью обучения Learning rate, выбором оптимизатора и других параметров. Сегментация ResUnet на данном этапе показала средний результат согласно метрике Tversky, графики ее и функции потерь получены весьма стабильные, близкие к сходимости. Результаты сегментации отображают область опухоли близкую к оригинальной маске, тем не менее в будущем точность ее отображения планируется повысить. В дальнейших работах планируется получить более высокие результаты за счет использования набора данных большего объема и аккуратной работой с сохранением соотношения объектов и фона при аугментации, выбора метода предобработки, с учетом сохранения важных деталей и контекста изображений, а также использование длинных соединений, для передачи информации от более глубоких слоев к более поверхностным слоям, что позволяет сохранять и использовать более детальную информацию о контексте изображения на различных уровнях абстракции, и может улучшить качество сегментации объектов на изображении [10].

Таблица 1

Результаты эксперимента 1 - классификации классическими моделями

Классификатор	Accuracy	Recall	Precision	Specificity	Jaccard_score
LR	74.51 %	96.0 %	66.67 %	53,85 %	64.86 %
SVM	80,65 %	81,82 %	90 %	77,77 %	75 %
Random Forest	80.39 %	96.0 %	72.72 %	65,38 %	70.59 %

Naive Bayes	80,39 %	92,0 %	74,19 %	69,69 %	69,23 %
Decision Tree	78.43 %	84.0 %	75.0 %	73.03 %	65.62 %
K-nn	64.71 %	72.0 %	62.06 %	57.69 %	50.0 %

Таблица 2

Результаты эксперимента 2 - классификации нейросетевым классификатором

Классификатор	Accuracy	Recall	Precision	f1
Resnet50	95,25 %	95 %	95 %	95 %

Таблица 3

Результаты эксперимента 2 - семантическая сегментация ResUnet

Семантическая сегментация	Tversky	Focal versky
ResUnet	90,25 %	17,40 %

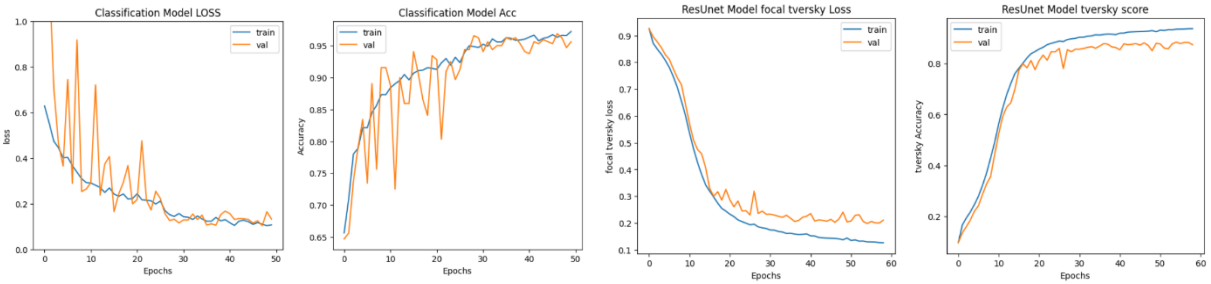


Рис. 3. График потерь categorical crossentropy и метрики accuracy Resnet 50 слева и график потерь Focal Tversky и метрики Tversky ResUnet справа

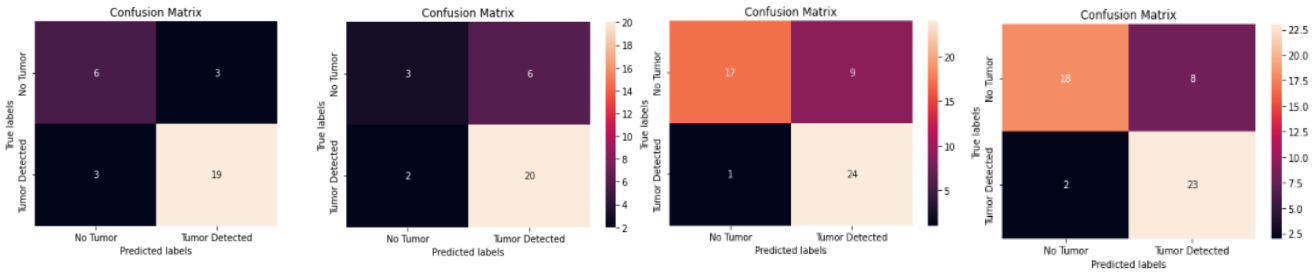


Рис. 4. Confusion matrix для LR, SVM, RF, NB

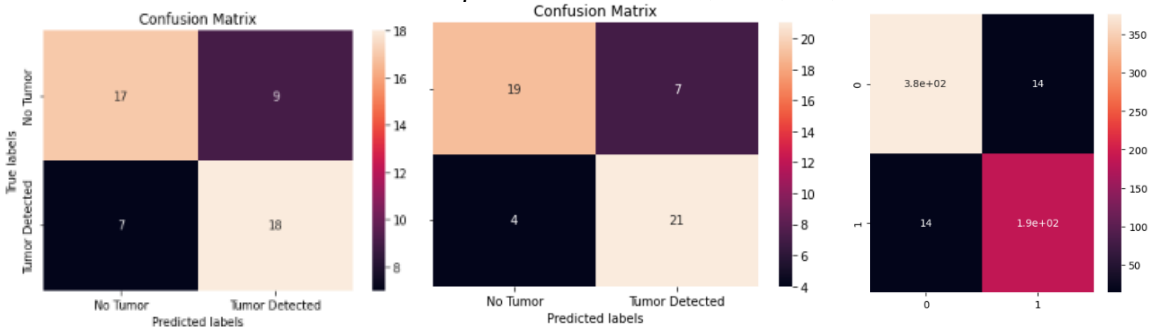


Рис. 5. Confusion matrix для DT, K-NN, Resnet- 50

Далее сравним лучшие результаты с другими работами. Результаты классификации взяты из работы [7].

Таблица 4

Сравнение с результатами других работ посвященных классификации опухолей мозга

Wo`zniak et al. (2021)	CNN with classic architecture	95.09
Ayadi et al. (2021)	CNN	94.74
Ghassemi et al. (2020)	GAN+CNN	95.6
Badža and Barjaktarović (2020	CNN	96.56
Swati et al. (2019)	AlexNet, VGG16, VGG19	94.82
Sultan et al. (2019)	CNN	96.13
Pashaei, Sajedi, and Jazayeri (2018)	CNN	93.68
Ismael and Abdel-Qader (2018)	Neural Network	91.9
Afshar, Mohammadi, and Plataniotis (2018)	Capsule Network	86.56
Atika Akter (2024) [6]	Deep CNN	96.7
Resnet - 50	*Resnet- 50*	95,25

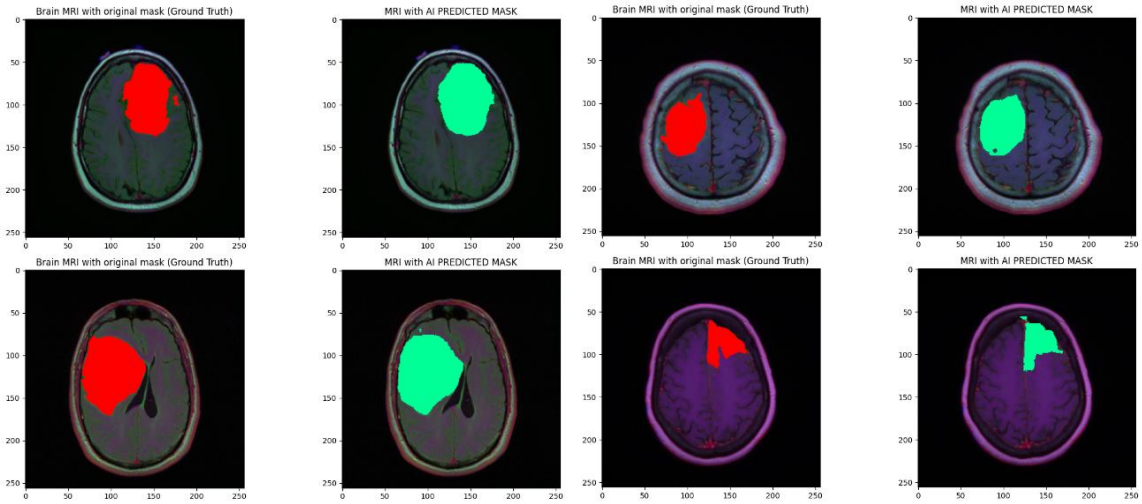


Рис. 6. Результаты применения сегментации к оригиналу в сравнении с оригинальной маской наложенной на оригинал

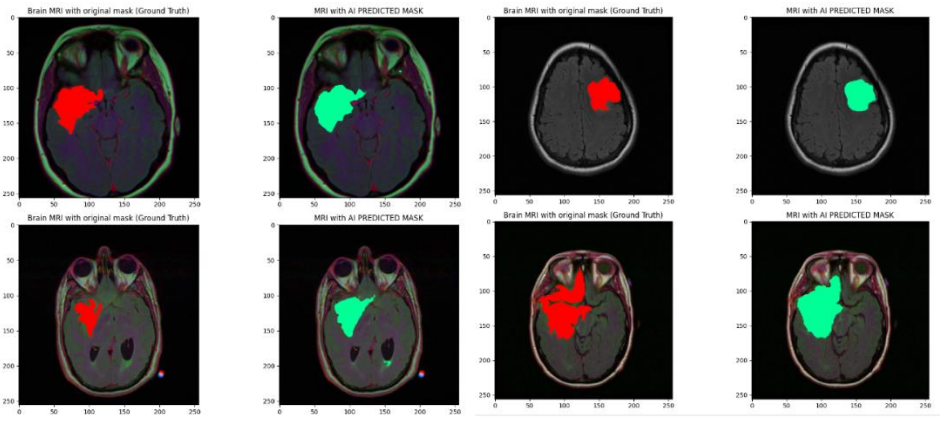


Рис. 7. Результаты применения сегментации к оригиналу в сравнении с оригинальной маской наложенной на оригинал

Заключение

В ходе проделанной работы были получены результатыклассификации включающие себя шесть классических моделей и одну нейросетевую на базе Resnet-50. Решение задачи нейросетевой сегментации было произведена на основе применения ResUnet. Проведено сопоставление результатов проведенных численных экспериментов с известными аналогами. Сопоставление показало, что исследованный в данной работе нейросетевой классификатор попадает в первую десятку из рассмотренных аналогов. Нейросетевая сегментация на базе ResUnet требует дальнейшей доработки.

Список использованных источников

1. Далечина А.В., Беляев М.Г., Тюрина А. Н., Золотова С. В., Пронин И. Н., Голанов А.В. АО «Деловой центр нейрохирургии» (Центр «Гамма-нож»), Москва, Россия Сколковский институт науки и технологий, Москва, Россия 3НМИЦ нейрохирургии им. акад. Н. Н. Бурденко, Москва, Россия © Коллектив авторов, 2019 гDupont C., Betrouni N., Reyns N. et al. On image segmentation methods applied to glioblastoma: state of art and new trends // IRBM, Elsevier Masson. – 2016. – Vol. 37 (3). – P. 131–143.

2. Dunn J.C. «A Fuzzy Relative of the ISODATA Process and Its Use in Detecting Compact Well-Separated Clusters», Journal of Cybernetics 3. – 1973. – С. 32-57.

3. Bezdek J.C. «Pattern Recognition with Fuzzy Objective Function Algoritms». – Plenum Press, New York, 1981.

4. Wankai Deng, Wei Xiao, He Deng, Jianguo Liu, “MRI Brain Tumor Segmentation With Region Growing Method Based On The Gradients And Variances Along And Inside Of The Boundary Curve”, 3rd International Conference on Biomedical Engineering and Informatics, 2010.И.Г. Международная отлетиана: к историографии Поля Отле // Библиогра-фия. – 2013. – № 5. – С. 74–92.

5. Balaji G., Sen R., Kirty H. Detection and Classification of Brain tumors Using Deep Convolutional Neural Networks //arXiv preprint arXiv:2208.13264. – 2022.

6. Kumar P. S. et al. Brain tumor segmentation of the FLAIR MRI images using novel ResUnet //Biomedical Signal Processing and Control. – 2023. – Т. 82. – С. 104586.

7. Akter A. et al. Robust clinical applicable CNN and U-Net based algorithm for MRI classification and segmentation for brain tumor //Expert Systems with Applications. – 2024. – Т. 238. – С. 122-347

8. Тымчук А. И. О выборе уровней серого в задаче текстурной сегментации изображений на основе матриц яркостной зависимости //Кибернетика и программирование. – 2018. – №. 3. – С. 1-9.

9. Sompong C., Wongthanavasu S. MRI brain tumor segmentation using GLCM cellular automata-based texture feature //2014 International Computer Science and Engineering Conference (ICSEC). – IEEE, 2014. – С. 192-197.

10. Pradeep K. R. et al. Improved machine learning method for intracranial tumor detection with accelerated particle swarm optimization //Journal of Healthcare Engineering. – 2022. – Т. 2022.

11. Xu W. et al. Liver segmentation in CT based on ResUNet with 3D probabilistic and geometric post process //2019 IEEE 4th International Conference on Signal and Image Processing (ICSIP). – IEEE, 2019. – С. 685-689.

12. He K. et al. Deep residual learning for image recognition //Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition. – 2016. – С. 770-778.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА КОНСУЛЬТИРОВАНИЯ АБИТУРИЕНТОВ С ПОМОЩЬЮ ТЕХНОЛОГИИ RETRIEVAL AUGMENTED GENERATION

Цыденов С.Б.[1]
[1] *Томский Политехнический Университет, ИШИТР, А3-39*

Аннотация

В статье представлен подход к использованию технологии Retrieval Augmented Generation (RAG) для создания автоматизированной системы консультирования абитуриентов. Технология RAG комбинирует механизмы генерации ответов с поиском по большим базам данных, позволяя системе поддержки принимать на вход вопросы от пользователей и выдавать информативные, точно подобранные ответы, обогащённые актуальными данными. В качестве исходных данных используется база знаний, включающая информацию о правилах поступления. Результатом исследования является демонстрация возможности значительного повышения качества и скорости консультирования абитуриентов, снижения нагрузки на сотрудников приемных комиссий и улучшения общего пользовательского опыта на сайте университета.

Ключевые слова: Retrieval Augmented Generation, автоматизированная система поддержки, база знаний, консультирование абитуриентов, искусственный интеллект.

Введение

Современные технологии искусственного интеллекта (ИИ) находят всё новые применения в образовании, облегчая и улучшая процесс обучения и взаимодействие с абитуриентами. Одним из передовых направлений в этой области является технология Retrieval Augmented Generation (RAG) [1, 2], которая позволяет существенно расширить возможности систем автоматического ответа на вопросы за счет интеграции механизмов поиска по базам данных непосредственно в процесс генерации текста. Это позволяет не только генерировать ответы на основе фиксированного набора знаний, но и обогащать их актуальной информацией из внешних источников в реальном времени. Использование RAG для консультирования абитуриентов на сайте университета может оптимизировать процесс предоставления информации, делая его более быстрым и удобным для пользователей. В данной статье описывается разработка и внедрение системы на основе RAG, направленной на улучшение качества поддержки абитуриентов, а также анализируются полученные результаты и пути дальнейшего развития технологии в контексте высшего образования [4, 5].

Описание алгоритма

Алгоритм, представленный в данной работе, является базовой реализацией архитектуры Retrieval Augmented Generation (RAG) для системы консультирования абитуриентов университета. Алгоритм разработан таким образом, чтобы быть простым в реализации и интеграции, предоставляя при этом основу для дальнейших улучшений и расширений.

Алгоритм реализован на языке программирования Python с использованием библиотеки langchain [3] и дополнительных инструментов для работы с текстом и семантическими векторами. Информационная база собрана из официального сайта ТПУ, обработана и индексирована для ускорения поиска. В процессе сбора были извлечены данные о поступлении на бакалавриат, ответы на часто задаваемые вопросы, условия приема, сроки подачи документов, условиях проживания в общежитиях и контактные данные приемной комиссии. Эти данные были собраны в файл, автоматически разделены и проиндексированы в векторной базе данных для последующего использования в процессе извлечения информации.

Основная идея алгоритма заключается в сочетании процессов извлечения (retrieval) и генерации (generation) текста. В первую очередь, при получении запроса от пользователя, алгоритм выполняет поиск по собранной вручную базе знаний, используя вектора с семантическими значениями из запроса для извлечения наиболее релевантной информации. После этапа извлечения информации следует этап генерации ответа. На основе извлеченных данных алгоритм использует модель генерации текста «gpt-3.5-turbo-0125» для того, чтобы сформировать понятный и информативный ответ.

Важной особенностью алгоритма является его модульность. Компоненты извлечения информации и генерации текста разработаны таким образом, чтобы их можно было независимо модифицировать и улучшать. Например, методы извлечения могут быть улучшены для повышения

точности и релевантности поиска, а модель генерации текста может быть заменена на более современную версию или дообучена на более специфичном для университета наборе данных.

В целом, предложенный алгоритм является устойчивой основой для создания эффективной системы консультирования абитуриентов, предлагая пути для дальнейших исследований и разработки в области применения технологий искусственного интеллекта в высшем образовании.

Результаты

В ходе экспериментального исследования алгоритма, основанного на принципах Retrieval Augmented Generation (RAG), было выявлено его способность к адаптации под разнообразные запросы пользователей. Эмпирический анализ показал высокую точность и релевантность сгенерированных ответов.

Таблица 1

Некоторые примеры ответов алгоритма на пользовательские запросы

Запрос пользователя	**Ответ сети**	**Комментарий**
Когда начнется прием документов?	Прием документов для поступления на программы бакалавриата и специалитета начнется до подведения итогов конкурса. Документы можно отправлять по почте через операторов почтовой связи общего пользования.	Ответ верный
Какие условия в общежитиях ТПУ?	Проживающие в студенческих общежитиях ТПУ могут быть размещены одиночно, вдвоем или втроем. Общежития имеют круглосуточную пропускную систему и профессиональную охрану, а также принимают гостей с 8:00 до 22:00. Размещение студентов производится по шести квадратных метров на человека, преимущественно в трехместных и двухместных комнатах.	Ответ верный
Есть ли скидки на обучение?	Скидки на обучение предоставляются по результатам ЕГЭ или вступительных испытаний, размер скидки зависит от направления подготовки. Вход в музеи Томского политехнического университета бесплатный, но посещение осуществляется организованными группами по предварительной записи.	Ответ верный
Какие документы нужны для поступления?	Для поступления необходимы документы, удостоверяющие личность и гражданство, документ об образовании, фотографии, договор для платных мест, копия свидетельства о перемене имени и медицинская справка при необходимости. Отправляя документы по почте, следует приложить копии документов, удостоверяющих личность, военного билета (при наличии), образования, фотографии размером 3х4. Копии документов не должны быть заверены.	Ответ верный
Как дозвониться до отдела студенческих общежитий?	Для связи с отделом студенческих общежитий ТПУ можно позвонить по телефонам +7 (3822) 60-62-05 и +7 (3822) 70-18-25. Отдел студенческих общежитий находится по адресу г. Томск, ул. Вершинина, 37. В общежитии №18 на ул. Усова, 15б, размещаются до шести человек в комнатах.	Ответ верный
Могу ли я отозвать оригиналы документов после их подачи? И как мне их вернут, если это возможно?	Да, вы можете отозвать оригиналы документов после их подачи. Оригиналы документов могут быть возвращены либо указанному лицу, либо через операторов почтовой связи общего пользования, в зависимости от указаний в заявлении об отзыве документов. Оригиналы документов будут возвращены в течение 20 рабочих дней после отзыва документов или после подведения итогов конкурса.	Ответ верный
Могу ли я отправить документы для поступления через почту?	Да, вы можете отправить документы для поступления через почту, но при этом необходимо присоединить к заявлению копии документов, удостоверяющих личность, военного билета (для лиц, проходивших военную службу), оригиналы или копии документов об образовании, другие документы при необходимости и 2 фото размером 3х4. Также возможно направление документов через личный кабинет абитуриента ТПУ или Единый портал	Ответ верный

	государственных и муниципальных услуг, где нужно будет загрузить цифровые копии необходимых документов и фотографию. После завершения приема документов через сайт подача документов недоступна.	
На сколько направлений можно подавать заявление?	На пять направлений подготовки.	Ответ верный и краткий
Есть ли дистанционное обучение?	Информация о состоянии общежитий не была предоставлена в извлеченном контексте, поэтому я не могу ответить на этот вопрос.	Алгоритм не смог найти информацию в исходных данных
Сколько стоит обучение?	Я не знаю.	Здесь был задан вопрос, для которого не было ответа в собранной базе данных. Модель не стала ничего выдумывать и ответила, что не обладает информацией

Несмотря на общую точность, в ответах периодически встречалась избыточная информация, не всегда соответствующая первоначальным запросам пользователей. Такие случаи выделяют важность последующей настройки алгоритма для оптимизации процесса извлечения и генерации данных. Примечательно, что алгоритм ограничен в создании нового содержания, опираясь исключительно на предварительно загруженные данные. Это поднимает вопрос о регулярном обновлении и расширении базы данных для сохранения актуальности информации.

Дополнительно было проведено исследование реакции системы на нестандартные запросы, которые не имели прямых ответов в базе данных. Алгоритм демонстрировал способность корректно определять границы своих знаний, указывая на отсутствие информации, что является важным аспектом в контексте пользовательского взаимодействия и удовлетворенности.

Заключение

Итоги настоящего исследования подтверждают высокий потенциал использования архитектуры Retrieval Augmented Generation для автоматизации процесса консультации абитуриентов. Демонстрируя впечатляющую способность к адаптации и генерации релевантных ответов, алгоритм открывает новые перспективы для повышения эффективности информационного обслуживания. Вместе с тем, выявленные недостатки и ограничения алгоритма подчеркивают необходимость его дальнейшего совершенствования, особенно в аспектах интеграции дополнительных данных и оптимизации механизмов извлечения информации. Дальнейшие работы планируется сосредоточить на разработке методик обновления информационной базы и на улучшении точности обработки запросов с применением методов машинного обучения для динамической оценки релевантности информации.

Список использованных источников

1. "Retrieval Augmented Generation (RAG): A Comprehensive Guide" // www.datastax.com. – 2023. – URL: https://www.datastax.com/guides/what-is-retrieval-augmented-generation (дата обращения 24.03.2024).

2. "What is Retrieval-Augmented Generation (RAG)?" // www.analyticsvidhya.com. – 2021. – URL: https://www.analyticsvidhya.com/blog/2023/09/retrieval-augmented-generation-rag-in-ai/ (дата обращения 26.03.2024).

3. Pandya, Keivalya; Holia, Mehfuza. Automating Customer Service using LangChain: Building custom open-source GPT Chatbot for organizations // ar5iv.org. – 2023. – URL: https://ar5iv.org/abs/2310.05421 (дата обращения 24.03.2024).

4. Retrieval Augmented Generation and Representative Vector Summarization for Large Unstructured Textual Data in Medical Education // ar5iv.org. – 2023. – URL: https://ar5iv.org/html/2308.00479 (дата обращения 1.04.2024).

5. Guo, Zhicheng et al. «Retrieval-Augmented Generation for Large Language Models: A Survey» // ar5iv.org. – 2023. – URL: https://ar5iv.org/html/2312.10997 (дата обращения: 27.03.2024).

MULTIMODAL CONVOLUTIONAL TRANSFORMER (MCT-DD): DEPRESSION DIAGNOSIS THROUGH JOINT TASK ANALYSIS

Firoz N.[1], Beresteneva O.G.[2], Aksyonov S.V.[3]
[1]Tomsk State University, (Institute of Applied Mathematics and Computer Science, PhD. 3rd year Student), e-mail: nedafiroz1910@gmail.com
[2]Tomsk Polytechnic University (Department of Information Technology, Professor), e-mail: ogb6@yandex.ru
[3]Tomsk Polytechnic University (Department of Information Technology, Associate Professor), e-mail: axyonov@tpu.ru

Abstract

A new deep learning method, Multimodal Convolutional Transformer, analyzes EEG and genetic data to diagnose MDD. This approach achieved high accuracy (97,16 %) and surpasses other methods for early MDD detection, potentially aiding healthcare professionals.

Keywords: Major Depressive Disorder, EEG, Genetics, Deep Learning, Convolutional Neural Networks, Transformers.

Introduction

The worldwide prevalence of Major Depressive Disorder (MDD) affects millions, highlighting the critical need for novel diagnostic and therapeutic strategies [1]. Despite extensive efforts, the availability of non-invasive and accurate diagnostic tools for MDD remains limited. Analyzing Electroencephalography (EEG) signals presents a promising avenue in addressing this challenge, as EEG records the brain's electri-cal activity and waves via electrodes on the scalp. This method offers unique advantages, including high frequency resolution and affordability and portability compared to alternatives like MRI [2].

Utilizing such a non-invasive approach, coupled with automated deep learning techniques, and initiating timely treatment courses, holds significant promise [3]. EEG, as a non-invasive modality, allows for the measurement of electrical activity originating from various brain regions [4]. These signals can reveal the occurrence and localization of operational abnormalities inside the brain. Identifying deviations in brain physiology during depressive states holds potential for early disease detection [5].

Biological markers are objective features that are measured and assessed to serve as Markers of typical biological functions, disease advancement, or reactions to treatment interventions [6]. Despite dec-ades of research aimed at understanding and treating Major Depressive Disorder (MDD), the quest for non-invasive and quantitative diagnostic tests remains unfulfilled. Moreover, there are currently no approved biomarkers established as clinical diagnostic criteria for MDD patients, with clinical diagnosis largely de-pendent on subjective assessments of depressive behavior and clinical examinations [7, 8]. Therefore, there is an urgent need to develop a biomarker-based system for discerning MDD, which can aid in predicting disease progression and guiding treatment decisions during the early stages of the disorder.

To address this gap, we employed Deep Learning (DL) techniques to classify Major Depressive Disorder (MDD) utilizing both EEG and gene expression data, showcasing the potential of deep learning in advancing depression diagnostics. Previous methodologies typically focused on data modalities such as audio, text, video, EEG, or gene expression. For instance, in [9], hybrid transformer model was introduced, while in

[10], temporal convolutional transformer model was introduced for joint diagnostic task using text, audio, video, and EEG data, while in [11] the authors introduced transformer model over text data only. Other models like hybrid CNN-LSTM model performed well in only text-based models [12, 13]. In contrast to prior studies, our innovative approach integrates EEG and gene expression data, supported by robust meth-odologies, representing a unique contribution to depression detection amidst the exploration of multimodal data within a unified Multimodal Convolutional Transformer for Depression Detection (MCT-DD) for Joint Task, akin to previous methodologies [10, 14].

Methodolgy

In our study, we employed the MODMA dataset [15], which encompasses data from electroencephalography (EEG) signals and audio recordings of individuals diagnosed with clinical depression. This multimodal dataset was curated and published by Lanzhou University in 2020. Following the methodology outlined by Zhao et al. [16], the MODMA dataset was organized into 1321 segments. Subsequently, these

segments were partitioned into a training set comprising 971 segments and a test set containing 350 seg-ments.

The GSE98793 dataset, sourced from the Gene Expression Omnibus database (GEO), provided pub-licly accessible transcriptomic data for individuals with Major Depressive Disorder (MDD) and healthy controls (HCs). This dataset included high-resolution gene expression profiles obtained from whole blood samples of 128 MDD patients and 64 HCs. Gene expression was measured using the Affymetrix Human Genome U133-Plus 2.0 gene expression microarray. Diagnosis of MDD patients was based on the identifi-cation of at least two depressive episodes meeting DSM-IV or ICD-10 criteria, assessed using the semi-structured Schedule for Clinical Assessment in Neuropsychiatry (SCAN). Detailed demographic and clini-cal information regarding the GSE98793 dataset can be found publicly on the website.

EEG Data Preprocessing: Before feeding in the deep learning model, we pre-process the EEG signal as described in [18].

Genetic Data Preprocessing: We utilized significant gene data from the prominent genes in MDD patients compared to healthy controls, as suggested by [17]. The bioinformatics analysis conducted in [17] provided transcriptomic data with a large number of genes (features). In general, the transcriptomic data is huge surpassing the sample size, possibly resulting in overfitting during classification tasks. To address this issue, we applied Principal Component Analysis (PCA) for feature selection, reducing data dimensionality while retaining significant information. The significant genes identified in [17] were exclusively used in our model. Through an integrative analysis of bioinformatics and machine learning methods in [17], 10 primary MDD-associated biomarkers were pinpointed: NRG1, CEACAM8, CLEC12B, DEFA4, HP, LCN2, OLFM4, SERPING1, TCN1, and THBS1.

Model description

We used Convolutional and transformer models in hybrid form. Given that sequence models entail lengthier computation due to sequential processing, whereas Transformer models necessitate less execution time owing to parallelized processing [9]. Thus, we propose Multimodal Convolutional Transformer Depression detection (MCT-DD) model for joint task repression. Fig. 1 below depicts the proposed model workflow.

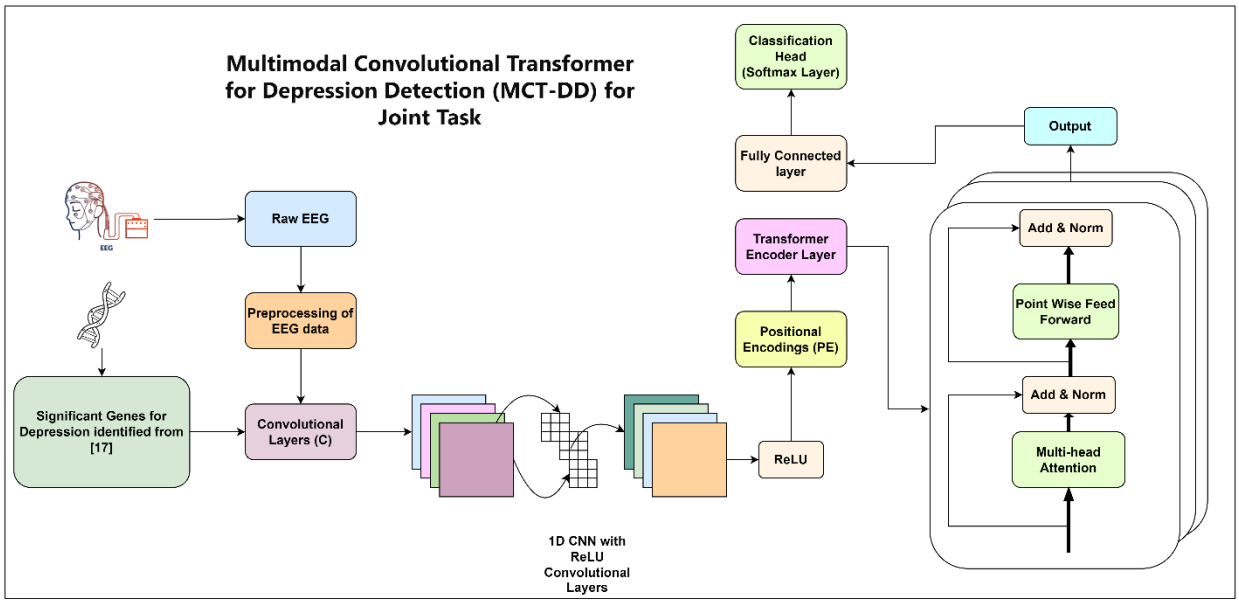


Fig. 1. Workflow of Multimodal Convolutional Transformer for Depression Detection (MCT-DD) for Joint Task

Further we discuss the two segments of the proposed architecture using CNN and Transformer Models.

CNN Layer

The input features from the EEG signal and audio modalities, respectively are fed to Convolutional Layers (C), it undergoes a spatial filtering operation to extract local patterns or features from the input feature set. The convolutional layer applies a set of learnable filters (also called kernels) to the input. Each filter slides across the input signal and computes a dot product between its weights and the values in the receptive field. This dot product represents a localized feature map, capturing spatial patterns within the input multimodal data. As the filters slide across the input signal, they detect various spatial patterns or features present in different

parts of the EEG signal and audio features. These features represent characteristics such as amplitude variations, frequency components, or temporal dynamics within the EEG signal and audio features.

We have X = the input EEG signal with dimensions channels × time × electrodes.

channels = the number of EEG channels (e.g., number of electrodes).

time = the length of the time series data (e.g., number of time samples).

electrodes = the number of electrodes.

F = number of filters (or kernels) used in the convolutional layer.

K = size of the filter/kernel (also referred to as the kernel size).

S = stride (step size) of the filter as it slides/spatially convolves across the input.

ReLU = Rectified Linear Unit activation function.

Then Convolutional Equations for EEG data signals are presented in equation 1.

$$Conv(x)_{i,j,f} = Re\left(\sum_{c=1}^{c}\sum_{k=1}^{k}\sum_{e=1}^{E} W_{k,ec,t^*} x_{i+k-1,j+e-1,c} + b_f\right) \quad (1)$$

where:

$Conv(X)_{i,j,f}$= the value at position (i,j) of the f^{th} feature map produced by the convolutional layer.

$X_{i,j,c}$= value at position (i,j) of the c^{th} channel of the input EEG signal.

$W_{k,e,c,f}$ = weight (or parameter) associated with the k^{th} element of the e^{th} filter for the c^{th} input channel and the f^{th} output feature map.

b_f = the bias term associated with the f^{th} feature map.

C = number of input channels (number of EEG electrodes).

E = the number of elements in the filter/kernel (kernel size)

i and j = iterate over the spatial dimensions of the output feature map.

The sums are computed over all input channels, kernel elements, and electrodes.

After the convolution operation, a non-linear activation function (e.g., ReLU) is applied elementwise to the feature maps. This introduces non-linearity to the model, enabling it to learn complex relationships between the input and the target output. Average pooling was applied after the convolutional operation. Pooling reduces the spatial dimensions of the feature maps while retaining the most salient information, aiding in spatial hierarchies, and reducing computational complexity.

The output of the convolutional layer consists of a stack of feature maps, each representing a different aspect or pattern extracted from the input signals.

These feature maps serve as input to subsequent layers in the Multimodal Convolutional Transformer for Depression Detection (MCT-DD) for Joint Task architecture.

Transformer Encoder

The output from the convolutional layer is fed into a Transformer model via positional encodings to provide positional information to the model. Further it undergoes a transformation through attention mechanism followed by fully connected neural networks.

Here X = output from the convolutional layer, which consists of feature maps representing spatial patterns extracted from the input EEG signals.

N = the number of positions (or time steps) in the input.

FFN(·) = the position-wise feedforward neural network.

The self attention mechanism is described as:

$$Attention(Q,K,V) = Softmax\left(\frac{QK^T}{\sqrt{d_k}}\right)V \quad (2)$$

where: Q, K, V = the query, key, and value matrices, respectively, obtained by linear transformations of X.

d_k = the dimensionality of the key vectors.

While the Multi-head Attention is represented as:

$$Multihead\ (X) = Concat\ (head_1, head_2\ , \ldots\ldots\ldots head_h) \cdot W^0 \quad (3)$$

where:

$head_i$ = Attention (XW_i^Q ,XW_i^K, XW_i^Vrepresents the i^{th} attention head).

W_i^Q ,W_i^K, W_i^V = the weight matrices for the query, key, and value projections for the i^{th} head.

W^0 = the weight matrix for the output projection.

The output is further processed by a fully connected layer, with Softmax function for classification into depressed or healthy controls.

A similar task was applied on genetic model using the significant genes in the dataset [17]. The input and output of both EEG based data and gene-based data are processed individually to test the performance of model.

Results

In the results section we compare our model with other existing deep learning models that were essentially high performing in [12, 13]. The results are illustrated in Table 1. Table 2 shows the hyperparameters used in our model.

Table 1

Performance of the Proposed Model

Model Name	Accuracy		F1		Precision		Recall	
CNN-LSTM-BiLSTM	EEG (MODMA dataset)	Gene model	EEG (MODMA dataset)	Gene model	EEG (MODMA dataset)	Gene model	EEG (MODMA dataset)	Gene Model
	0.88	0.94	0.89	0.95	0.85	0.96	0.88	0.94
CNN-LSTM	0.85	0.92	0.85	0.94	0.86	0.92	0.87	0.93
Our Proposed Convolutional Transformer Model	0.95	0.97	0.95	0.97	0.96	0.98	0.95	0.97

Table 2

Hyperparameter settings of the Convolutional Transformer proposed model

Layer Name	Parameter Settings
Optimizer	Adam
Learning Rate	0.001
Batch Size	256
Epochs	100
Regularization (L2)	0.001
Dropout Rate	0.2
Key Dimension in Multi-Head Attention	16
Units in Dense Layers	512, 16, 256, 256
Activation Function in Dense Layers	ReLU
Units in Output Layer	1
Activation Function in Output Layer	Softmax
Early Stopping	Yes

Our Convolutional Transformer model (MCT-DD) for Joint Task outperforms CNN-LSTM-BiLSTM [12] and CNN-LSTM [13] architectures in classifying MDD using EEG and gene expression data, achieving accuracies of 95 % and 97,16 %, respectively. The higher precision, recall, and F1 scores obtained by our

model on comparison with existing models indicate its ability to effectively distinguish between MDD subjects and healthy controls with fewer false positives and false negatives. These results highlight the efficacy of leveraging a unified Convolutional Transformer architecture for joint analysis of EEG and gene expression data, facilitating improved feature extraction and modeling of complex interactions within the data. By capturing both spatial and temporal dependencies in EEG signals while integrating gene expression information, our model demonstrates enhanced discriminatory power for MDD classification.

Conclusion

In conclusion, Major Depressive Disorder (MDD) presents a significant global health challenge, highlighting the need for innovative diagnostic tools, such as our Multimodal Convolutional Transformer model (MCT-DD), which integrates EEG and gene expression data, showcasing promising potential for enhancing depression diagnostics. While the model shows promise but lacks clinical validation and also it cannot predict MDD type or severity. Integrating EEG and genetic data in the (MCT-DD) model was hindered by dataset differences; future research may focus on collecting data from the same subjects to enhance diagnostic accuracy for complex diseases like MDD.

References

1. Shiryaeva O.S., Surikova Ya.A., Kondrashenkova S.V. Psychological support for personality in extreme conditions of life: monograph. – Petropavlovsk-Kamchatsky: KamSU, – 2013. – 193 p.
2. Saeedi A., Maghsoudi A., & Rahatabad F.N. Depression Diagnosis and Drug Response Prediction via Recurrent Neural Networks and Transformers Utilizing EEG Signals. arXiv preprint – arXiv:2303.06033, 2023.
3. Tasci G., Loh H.W., Barua P.D., Baygin M., Tasci B., Dogan S., ... & Acharya U.R. Automated accurate detection of depression using twin Pascal's triangles lattice pattern with EEG Signals // Knowledge-Based Systems. – 2023. – Vol. 260. – P. 110190.
4. Sharma M., Achuth P.V., Deb D., Puthankattil S.D., & Acharya U.R. An automated diagnosis of depression using three-channel bandwidth-duration localized wavelet filter bank with EEG signals // Cognitive Systems Research. – 2018. – Vol. 52. – P. 508–520.
5. Li X., Hu B., Sun S., & Cai H. EEG-based mild depressive detection using feature selection methods and classifiers // Computer methods and programs in biomedicine. – 2016. – Vol. 136. – P. 151–161.
6. Aronson J.K., & Ferner R.E. Biomarkers—a general review // Current protocols in pharmacology. – 2017. – Vol. 76(1). – P. 9–23.
7. Lakhan S.E., Vieira K., & Hamlat E. Biomarkers in psychiatry: drawbacks and potential for misuse // International Archives of Medicine. – 2010. – Vol. 3(1), – P. 1.
8. Gururajan A., Clarke G., Dinan T.G., & Cryan J.F. Molecular biomarkers of depression. Neuroscience & Biobehavioral Reviews. – 2016. – Vol. 64. – P. 101–133.
9. Zhang Y., He Y., Rong L., & Ding Y. A hybrid model for depression detection with transformer and bi-directional long short-term memory // 2022 IEEE International Conference on Bioinformatics and Biomedicine (BIBM). – 2022. – P. 2727–2734.
10. Zheng W., Yan L., & Wang F.Y. Two birds with one stone: Knowledge-embedded temporal convolutional transformer for depression detection and emotion recognition // IEEE Transactions on Affective Computing, 2023.
11. Ilias L., Mouzakitis S., & Askounis D. Calibration of transformer-based models for identifying stress and depression in social media // IEEE Transactions on Computational Social Systems, 2023.
12. Firoz N., Beresteneva O. G., Vladimirovich A.S., Tahsin M.S., & Tafannum, F. Automated text-based depression detection using hybrid ConvLSTM and Bi-LSTM model // 2023 Third International Conference on Artificial Intelligence and Smart Energy (ICAIS) – 2023. – P. 734–740.
13. Wani M.A., ELAffendi M.A., Shakil K.A., Imran A.S., & Abd El-Latif A.A. Depression screening in humans with AI and deep learning techniques // IEEE transactions on computational social systems, 2022.
14. Kamal M.S., Northcote A., Chowdhury L., Dey N., Crespo R.G., & Herrera-Viedma E. Alzheimer's patient analysis using image and gene expression data and explainable-AI to present associated genes // IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement. – 2021. – Vol. 70. – P. 1–7.
15. Cai H., Gao Y., Sun S., Li N., Tian F., Xiao H., ... & Zhao Q. Modma dataset: A multi-modal open dataset for mental-disorder analysis. arXiv – 2020. arXiv preprint – arXiv:2002.09283.
16. Zhao Y., Liang Z., Du J., Zhang L., Liu C., & Zhao L. Multi-head attention-based long short-term memory for depression detection from speech // Frontiers in Neurorobotics. – 2021. – Vol. 15. – P. 684037.
17. Bouzid A., Almidani A., Zubrikhina M., Kamzanova A., Ilce B.Y., Zholdassova M., ... & Hamoudi R. Integrative bioinformatics and artificial intelligence analyses of transcriptomics data identified genes associated with major depressive disorders including NRG1 // Neurobiology of Stress. – 2023. – Vol. 26. – P. 100555.
18. Qayyum A., Razzak I., Tanveer M., Mazher M., & Alhaqbani B. «High-density electroencephalography and speech signal based deep framework for clinical depression diagnosis» // IEEE/ACM Transactions on Computational Biology and Bioinformatics. – 2023.
19. Hua J., Xiong Z., Lowey J., Suh E., & Dougherty E.R. «Optimal number of features as a function of sample size for various classification rules» // Bioinformatics. – 2005. – Vol. 21(8). – P. 1509–1515.

ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ К РАСПОЗНАВАНИЮ И ПРОГНОЗИРОВАНИЮ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Кирпичев В.Э.[1], Кодиров Ш.Ш.[2]
[1]МОУ ИРМО "Грановская СОШ", e-mail: kirpichev.vladimir@list.ru
[2]Доцент кафедры "Информационно-измерительная техника" Южно-Уральского государственного университета, к.т.н., e-mail: kodirovss@susu.ru

Аннотация

В представленной работе предлагается решение одной из самых актуальных задач для Российской Федерации – выявление закономерностей и построение прогностических моделей возникновения пожаров. Представлены результаты разведочного и кластерного анализа данных, проведенные на реальных данных о лесных пожарах на территории Российской Федерации. Кроме того, с использованием машинного обучения построена прогностическая модель пожаров.

Ключевые слова: прогнозирования лесных пожаров, искусственный интеллект, интеллектуальный анализ данных, пожары России, алгоритмы машинного обучения.

Введение

Россия по праву считается лесной державой, на неё приходится 1/5 часть всех лесов мира, 1/2 часть всех хвойных лесов, леса занимают ~50% всей площади страны и составляют 1,2 млрд Га. Защита лесных ресурсов от пожара является важной задачей управления лесным хозяйством. Основная причина гибели лесов – это пожары. На расходы по тушению лесных пожаров выделяются и тратятся огромные средства. По данным министерства природных ресурсов, ущерб от лесных пожаров в 2021 составил 10.6 млрд рублей. Следует заметить, что реальный экономический ущерб от лесных пожаров складывается не только из урона, нанесенного лесу, промышленным и другим объектам, но и из затрат, связанных непосредственно с тушением. Соответственно, для того чтобы минимизировать выше отмеченные ущербы и затраты, необходимо на ранних стадиях локализовать и ликвидировать пожары. Для прогнозирования ранних стадий возникновения пожара (например, местоположение, тип пожара, возможное время возникновения), необходимо иметь достоверные прогнозы о рисках их возникновения. Для этого необходимо разработать систему мониторинга и прогнозирования рисков возникновения пожаров с применением передовых технологий обработки данных. Из сказанного выше становится очевидна огромная важность организации надёжной системы мониторинга и прогнозирования рисков возникновения пожаров для своевременного обнаружения и принятия мер по недопущению лесных пожаров, позволяющей минимизировать экономический, экологический (а в некоторых случаях и человеческий) ущерб [1-4].

Раньше проблема лесных возгораний была нерешаемой ни в одной стране мира, поскольку условия возникновения пожара, характер его поведения и возможности его тушения зависят от сочетания множества самых разных факторов, как прямых, так и косвенных. Ныне существующие прогностические модели [3-6] имеют недостаточную точность прогнозирования, а также они построены на синтетических данных, что ограничивает возможность их применения в реальных условиях. Кроме того, в существующих моделях не учитываются временные характеристики возникновения типов пожаров. Следовательно, необходимо разработать алгоритм обработки данных и модель прогнозирования лесных пожаров, учитывающий временные и географические особенности территории Российской Федерации.

В представленной работе предлагается новая методика разработки алгоритма обработки данных и модели прогнозирования лесных пожаров по времени и по локации их возникновения на территории Российской Федерации.

Экспериментальный набор данных

В наборе данных содержится 660 254 наблюдения о лесных возгораниях в России за период с 2012 до 2021 года включительно, собранных МЧС на основе оперативных данных. Единица наблюдения – это дата возгорания, географические координаты и тип пожара.

Конструирование новых элементов данных

С целью минимизации неполноты информации и повышения репрезентативности набора данных, были применены инструменты «конструирования данных» (feature engineering), и на основе выявленных закономерностей были рассчитаны и введены дополнительные дискредитирующие элементы данных. Были созданы новые переменные (год, месяц, день, квартал, день года, день недели, неделя года и праздники). С учетом новых переменных корреляционная матрица представлена на рис. 1. Тип зависимости отражен в цветном формате: ярко красные поля означают наличие прямой зависимости. Зеленый цвет означает присутствие отрицательной корреляции. Поля белого цвета имеют очень слабую корреляцию, не зависят между собой.

	Контролируемый пал	Лесной пожар	Неконтролируемый пал	Природный пожар	Торфяной пожар
lon	-0,027	0,313	-0,239	-0,126	-0,020
lat	-0,120	0,504	-0,343	-0,177	0,009
Контролируемый пал	1,000	-0,397	-0,236	-0,177	-0,011
Лесной пожар	-0,397	1,000	-0,515	-0,386	-0,025
Неконтролируемый пал	-0,236	-0,515	1,000	-0,229	-0,015
Природный пожар	-0,177	-0,386	-0,229	1,000	-0,011
Торфяной пожар	-0,011	-0,025	-0,015	-0,011	1,000
Year	-0,020	0,151	-0,112	-0,059	0,009
Month	-0,131	0,362	-0,284	-0,038	0,017
Day	0,035	-0,009	-0,011	-0,009	-0,003
Quarter	-0,135	0,321	-0,227	-0,045	0,015
Dayofyear	-0,127	0,363	-0,287	-0,039	0,016
Dayofweek	-0,012	0,004	0,009	-0,004	-0,001
Weekofyear	-0,125	0,361	-0,288	-0,037	0,016
Holydays	-0,016	-0,003	0,014	0,005	-0,002

Рис. 1. Корреляционная матрица

Прогностическая модель

В создании исходной прогностической модели были применены несколько алгоритмов машинного обучения, в частности, искусственный нейронные сети, древовидные и линейные алгоритмы. Итоговая прогностическая модель была построена на основе алгоритма K-NN (k-ближайших соседей). Оценка точности модели проводилась на контрольных данных для проверки, которые не использовались при обучении модели. Таблица с оценочными метриками изображена на рис. 2. Метрика accuracy (отношение количества правильных прогнозов к общему количеству) показала точность в 92%, но в связи с дисбалансом классов пришлось отказаться от этой метрики. Модификация balanced accuracy показала точность в 82%. Метрики recall и precision показали точность в 81% и 83% соответственно. Большинство ошибок алгоритм совершает при работе со вторым классом (торфяной пожар), так как количество образцов в обучающем датасете недостаточно (462 строки).

Метрики оценки	Type id				
	1	2	3	4	5
Accuracy:	0,9249				
Accuracy (Balanced):	0,8153				
Recall:	0,8153				
Precision:	0,8330				
Recall of classes:	0,9086	0,4500	0,9653	0,8769	0,8758
Precision of classes:	0,9142	0,5294	0,9586	0,8732	0,8894

Рис. 2. Метрическая оценка точности

Кластерный анализ данных

Кластерный анализ методом k-means качественно разделил данные на 5 кластеров. В интервале до 140 дня года наблюдается ярко выраженное смещение двух кластеров. Наличие определенных закономерностей подтверждено.

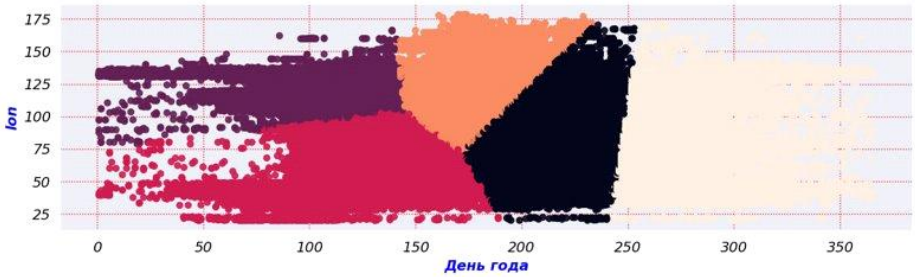


Рис. 3. Кластерный анализ

Основные результаты и выводы

- С применением алгоритмов обработки данных и методов разведочного анализа данных (exploratory data analysis) выявлены неочевидные закономерности возникновения лесных пожаров по времени и локации их возникновения. В частности, по графикам агрегированных значении возникновения лесных пожаров по месяцам года, по неделям года, по дням года, по дням месяца и дням недели, выявлены явные закономерности возникновения пожаров по времени.
- С целью минимизации неполноты информации и повышения репрезентативности набора данных о возникновении лесных пожаров, на основе выявленных закономерностей, с применением инструментов «инженерии данных» (data engineering) были рассчитаны и введены дополнительные дискредитирующие элементы данных.
- Для оценки статистической взаимосвязи между типами лесных пожаров и введенными элементами данных рассчитаны парные коэффициенты корреляции и построена корреляционная матрица. По значениям коэффициентов корреляции было установлено, что рассчитанные и введенные дополнительные элементы данных являются значимыми, могут использоваться в качестве входных данных для построения модели прогнозирования лесных пожаров.
- На основе алгоритма «k-ближайших соседей (k-NN)» разработана модель прогнозирования лесных пожаров по времени и локации их возникновения. Разработанная модель на экспериментальных тестовых данных демонстрировал аккуратность (accuracy), точность (precision) и полноту (recall) прогнозирования от 0,82 до 0,925, что превосходит по точности традиционных методов на 15-20 %.
- С применением такого метода кластеризации, как k-средних (k-means clustering), экспериментальные данные о лесных пожарах по времени и локации их возникновения были кластеризованы. Это было сделано для того, чтобы дополнительно оценить схожесть и различие между типами лесных пожаров.
- Результаты данного исследования могут быть внедрены в единую систему мониторинга и оповещения чрезвычайных ситуаций, что позволило бы обнаруживать возможные угрозы будущих возгораний и оперативно принимать меры для предотвращения их развития.

Список литературы

1. Воробьев Ю.Л. Лесные пожары на территории России: Состояние и проблемы/Ю.Л. Воробьев, В.А. Акимов, Ю.И. Соколов; под общ. ред. Ю.Л. Воробьева; МЧС России. – М.: ДЭКС-ПРЕСС. – 2004.

2. Коваль Ю.Н. Анализ пожаров на территории Усинского лесничества / Коваль Ю.Н. Анализ пожаров на территории Усинского лесничества // Безопасность жизнедеятельности. – 2021. – № 1 (421). – С. 50–53.

3. Станкевич Т.С. Разработка метода оперативного прогнозирования динамики развития лесного пожара посредством искусственного интеллекта и глубокого машинного обучения // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2018. – Т. 22. – № 9. – С. 111–120.

4. Барталев С.А., Стыценко Ф.В., Егоров В.А., Лупян Е.А. Спутниковая оценка гибели лесов России от пожаров. – Лесоведение, – 2015. – № 2. – С. 83-94.

5. Бондур В.Г., Гинзбург А.С. «Эмиссия углеродсодержащих газов и аэрозолей от природных пожаров на территории России по данным космического мониторинга» // Доклады Академии наук, – 2016. – Т. 466. – № 4. – С. 473-477. – doi:10.7868/S0869565216040186.

6. Бондур В.Г., Гордо К.А., Кладов В.Л. Пространственно-временные распределения площадей природных пожаров и эмиссий углеродсодержащих газов и аэрозолей на территории Северной Евразии по данным космического мониторинга. – Исследование Земли из космоса, – 2016. – № 6. – С. 3–20. – Doi:10.7868/S0205961416060105.

7. Кирпичев В.Э. Применение технологий и инструментов искусственного интеллекта в прогнозировании лесных пожаров Российской Федерации // Сборник материалов XII Всероссийской научно-практической конференции «Молодые ученые в решении актуальных проблем безопасности», Железногорск, 26 мая 2023 года. –2023. – С. 262–264.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ НА ОСНОВЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Хэ Цинчжоу
Томский политехнический университет, ИШИТР, 8ЕМ21, e-mail: cinchzhou1@tpu.ru

Аннотация

В контексте современного общества, значение электроэнергии для функционирования страны непрерывно возрастает. В рамках данной работы представлена разработка интегрированной модели машинного обучения. Данная модель синтезирует метеорологические, временные и прочие релевантные характеристики с целью эффективного моделирования и прогнозирования нагрузки на электросеть.

Ключевые слова: прогнозирование нагрузки на электросеть, машинное обучение, lstm, mape.

Введение

В современном обществе электроэнергия приобретает всё большую важность, что стимулирует появление новых энергетических предприятий и ведет к увеличению производства и потребления электроэнергии. Следовательно, актуализируется проблема прогнозирования нагрузки на электростанции, требующая срочного решения [1].

В рамках данной работы проведен эксплораторный анализ данных для определения методологии среднесрочного прогнозирования электрической нагрузки. В процессе анализа аномальные данные были обработаны и нормализованы, а временная шкала изменена с часового интервала на дневной. Кроме того, метеорологические факторы были определены с использованием тепловой карты и анализа значимости, что позволило эффективно уменьшить объем данных. В качестве тестового набора выбраны данные за последние два месяца, тогда как остальные данные служили обучающим набором.

Прогнозирование электрической нагрузки и предварительная обработка данных

Прогнозирование электрической нагрузки заключается в определении будущих тенденций изменения электрической нагрузки и потребления электроэнергии, исходя из исторических данных о нагрузке [2].

Для анализа в данной работе используются данные, полученные с платформы Kaggle. Информация об электрической нагрузке включает в себя сведения о потреблении энергии отдельными домохозяйствами. Метеорологические данные, полученные из Датского метеорологического института (DMI), охватывают 10 различных метеорологических параметров, как указано в таблице 1, при этом все они представлены в числовой форме. Сбор данных происходит каждый час, обеспечивая 24 измерения в день.

Таблица 1

Таблица типов метеорологических характеристик

Метеорологическое состояние	Описания	Единица
pressure_at_sea	Атмосферное давление на среднем уровне моря	hPa
precip_dur_past10min	Количество минут осадков за последний 10-минутный период	minutes
wind_speed	Измерение 10-метровой средней скорости ветра над местностью	m/s
temp_dew	Температура точки росы на высоте 2 м над уровнем моря	°C
Pressure	Атмосферное давление на уровне станции	hPa
visib_mean_last10min	Последняя 10-минутная средняя видимость	m

temp_dry	Температура воздуха на высоте 2 метра	°C
Humidity	Относительная влажность местности	%
cloud_cover	Облачный покров	%
visibility	повышенная видимость	m

Оценка важности признаков методом Random Forest

При построении модели дерева решений, важность признаков может быть определена с помощью параметра feature_importances [3]. В методе случайного леса для каждого дерева отбираются нецелевые данные, чтобы рассчитать их ошибку. Затем к признакам всех образцов добавляется шум, и ошибка пересчитывается. Значительное изменение в значении ошибки указывает на то, что признак существенно влияет на предсказание, что позволяет оценить его важность.

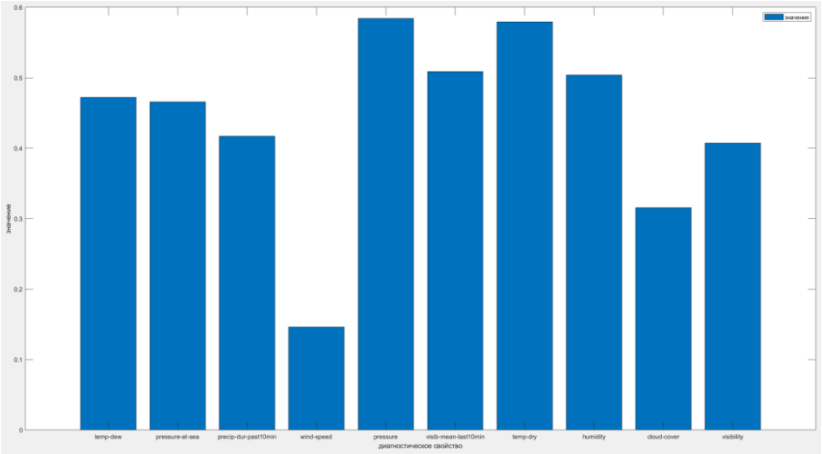


Рис. 1. Важность признаков Random Forest

Из рисунка следует, что признаки “pressure, temp_dew, humidity, visib-mean-last10min, и temp_dry” обладают высокой значимостью, в то время как значимость признака “wind-speed” ниже 0.2 и значительно уступает другим, поэтому “wind-speed” исключается из рассмотрения.

Модель PSO-LSTM

Алгоритм PSO-оптимизации для LSTM нейронных сетей включает следующие шаги:

1. Загрузка выборочных данных и определение параметров роя частиц, включая вес инерции, количество итераций и коэффициенты обучения.

2. Инициализация нейронной сети LSTM с использованием выборочных данных.

3. Расчет значения адаптации и выбор среднеквадратичной ошибки LSTM нейронной сети в качестве функции приспособленности.

$$E = \frac{1}{M}\sum_{l=1}^{M}\sum_{o=1}^{q}(yo - d)^2 \quad (1)$$

В данном контексте: m - обозначает количество обучающих выборок; q - количество узлов на выходном слое сети; yo=[yo1, yo2,…, yoq]T представляет фактический выход сети; d=[d1, d2,…, dq]T – это целевой выход сети. Частица стремится найти минимум фитнес-функции, что соответствует оптимальной работе нейронной сети LSTM.

4. Индивидуальное оптимальное положение каждой частицы (pbest) и общее оптимальное положение роя (gbest) определяются на основе вычисления фитнес-функции, согласно уравнению (1), что ведет к регулированию положений и скоростей частиц до достижения минимизации фитнес-функции и определения оптимального положения.

На графике сравниваются прогнозируемые значения двух моделей: красные линии отображают реальные значения электрической нагрузки, черные линии - прогнозы модели PSO-LSTM, а синие линии - прогнозы модели LSTM.

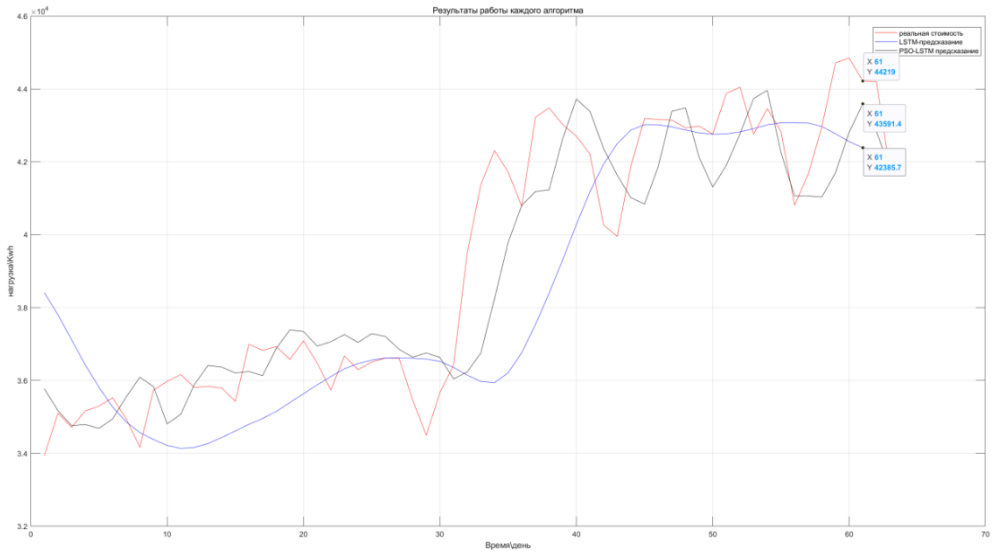


Рис. 2. Результаты прогнозирования электрической нагрузки

Таблица 2

Анализ результатов модели PSO-LSTM и LSTM

Моделирование	MAPE	R2	MAE	RMSE
PSO-LSTM	2.54%	0.867	1.009	1.300
LSTM	3.83%	0.647	1.513	2.115

На рис. 2 показано, что прогнозируемые и фактические значения, полученные с использованием интегрированной модели, совпадают по направлению, что демонстрирует преимущество этого подхода в ситуациях, где одиночная модель машинного обучения оказывается недостаточно эффективной для предсказания экстремальных значений.

Заключение

В данной статье исследуется применение моделей машинного обучения для анализа данных о электрической нагрузке. Анализ показал, что использование одиночной модели машинного обучения ограничено в точности прогнозирования и не в состоянии адекватно отразить нелинейные характеристики данных о нагрузке. В ответ на это была разработана интегрированная модель PSO-LSTM. Результаты показывают, что PSO-LSTM превосходит традиционные подходы, становясь предпочтительным вариантом для среднесрочного прогнозирования электрической нагрузки.

Список использованных источников

1. Ibrahim Bibi, Rabelo Luis, GutierrezFranco Edgar, ClavijoBuritica Nicolas. Machine Learning for Short-Term Load Forecasting in Smart Grids[J]. Energies. – 2022. – Vol. 15(21). – P. 8079–8079.

2. Mingjian Cui, Jianhui Wang, Meng Yue «Machine Learning-Based Anomaly Detection for Load Forecasting Under Cyberattacks», IEEE TRANSACTIONS ON SMART GRID. – 2019.

3. Muhammad Sajjad, Zulfiqar Ahmad Khan, Amin Ullah, Tanveer Hussain, Waseem Ullah, Mi Young Lee, Sung Wook Baik «A Novel CNN-GRU-Based Hybrid Approach for Short-Term Residential Load Forecasting», IEEE ACCESS. – 2020.

АНАЛИЗ МЕТОДОВ СОЗДАНИЯ КИТАЙСКО-РУССКИХ ДВУЯЗЫЧНЫХ ОПИСАНИЙ ПРОДУКТОВ

Чжан Юаньюань
Томский государственный университет, ИПМКН, аспирантка, e-mail: yuan.yuan.zhang@hotmail.com

Аннотация

В последние годы масштабы торговли между Китаем и Россией продолжают расширяться. В настоящее время Россия стала страной, связанной с Китаем крупнейшими трансграничными операциями электронной коммерции [1]. Поскольку модель генерации текста была разработана только в последние годы, в настоящее время не существует модели генерации двуязычных описаний продуктов на китайском и русском языках.

Ключевые слова: нейронная сеть, двуязычный корпус, интеграция моделей и миграция данных

Введение

В данной статье проводится углубленное сравнение и анализ основных методов, используемых в современной области создания межъязыковых текстов на естественном языке, с тем чтобы результаты могли быть использованы в будущем для решения конкретной задачи создания китайско-русского двуязычного описания продукта. Будут обсуждены преимущества и недостатки различных методов, проанализированы их различия в качестве генерации, эффективности и расширяемости, а также предложены направления и перспективы будущих исследований.

Описание алгоритма

В области создания языка мы изучили три основных метода: традиционные методы, технологию нейронных сетей и обучение интеграции моделей и миграции [2].

Традиционные методы основаны на созданных вручную правилах и статистических моделях, которые хорошо работают в определенных областях и для структурированных текстов. Технология нейронных сетей использует метод глубокого обучения для обработки сложных семантических и крупномасштабных данных. В этом случае следует отметить высокую потребность в вычислительных ресурсах. В этом исследовании мы рассмотрим принципы, сценарии применения, преимущества и недостатки этих методов, чтобы обеспечить более глубокое понимание и более эффективные решения задач генерации текстов.

Таблица 1

Принципы работы и сценарии применения алгоритмов

Алгоритм	Принцип работы	Сценарий применения
Традиционные методы	Методы, основанные на правилах, зависят от созданных вручную грамматических правил, словарей и правил преобразования. Статистические машинные переводы основаны на статистических моделях, изучающих вероятность перевода с исходного языка на целевой.	Традиционные методы обычно хорошо справляются с обработкой текстов с четкой языковой структурой и в определенных специализированных областях, таких как технические руководства, юридические документы и т. д.
Нейросетевые технологии	Системы последовательного преобразования текста, основаны на структуре кодировщик-декодировщик. В кодировщике происходит преобразование входной последовательности в фиксированный вектор. В декодировщике этот вектор декодируется в последовательность символов целевого языка для выполнения задачи перевода или генерации.	Методы нейронных сетей показывают хорошие результаты при обработке семантически сложных и объемных текстов, таких как новостные статьи, содержимое социальных медиа и т. д.
Интеграция моделей и миграция данных	Проводится объединение информации разных модальностей и применение существующих знаний для улучшения обобщающей способности и производительности моделей [3].	Широкое применение в задачах генерации текста с множественными модальностями, а также в задачах с низкими ресурсами или сильной адаптивной способностью к области.

Как видно из таблицы 1, каждый из этих трех методов обладает уникальными преимуществами в модели генерации текста в области китайско-русского двуязычного описания продукта.Традиционные методы основаны на правилах и статистических моделях и одходят для обработки структурированных текстов и текстов профессиональной тематики, но они плохо работают при обработке семантически сложных и крупномасштабных данных. Благодаря моделям глубокого обучения технология нейронных сетей позволяет лучше улавливать сложную семантическую информацию и языковые особенности и подходит для обработки более широкого и сложного текстового контента. Обучение объединению моделей и миграции улучшает способность к обобщению и адаптивности модели за счет интеграции мультимодальной информации и межъязыковой миграции знаний, что особенно подходит для решения задач генерации текстов в межъязыковых средах.Таким образом, объединив преимущества этих трех методов, можно создать более полную и мощную двуязычную китайско-русскую модель генерации описания продукта, соответствующую требованиям различных нужд и сценариев применения.

Таблица 2

Преимущества и недостатки алгоритмы

Алгоритм	Преимущества	Недостатки
Традиционные методы	Можно точно контролировать создаваемый вывод, подходит для обработки текстов в определенной области и обладает определенной степенью интерпретируемости.	Требуется большое количество ручных правил и инженерии признаков, сложно справиться с гибкостью и разнообразием языка; эффективность при обработке длинных предложений и сложной семантики ограничена; большие требования к двуязычным данным.
Нейросетевые технологии	Способны улавливать сложную семантику и грамматику, подходят для генерации текста на разных языках и в различных областях; показывают лучшие результаты при больших объемах данных.	Высокие требования к большим объемам двуязычных данных и вычислительным ресурсам; модели имеют низкую интерпретируемость, сложно понять их внутреннее устройство.
Интеграция моделей и миграция данных	Возможность использовать дополнительную информацию для улучшения производительности моделей, уменьшения зависимости от больших объемов двуязычных данных; перенос обучения позволяет быстро адаптировать данные к новой области или языку.	В случае с объединением моделей требуются дополнительные мультимодальные данные и разработка подходящей стратегии объединения; в случае с переносом обучения эффект переноса сильно зависит от различий между исходной и целевой областями.

Как видно из таблицы 2, в целом, традиционные методы обладают высокой интерпретируемостью и способностью адаптироваться к конкретным областям; технология нейронных сетей может обрабатывать более широкий спектр сложного текстового контента, но требования к ресурсам выше; а слияние моделей и миграция данных позволяют в полной мере использовать мультимодальную информацию и межъязыковые знания для улучшения обобщения. возможности и адаптивность модели.

Заключение

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что для построения модели генерации текста для китайско-русских двуязычных описаний товаров необходимо решить проблему нехватки ресурсов и проделать работу в следующих аспектах：

Двуязычный набор данных: Важно создать высококачественный двуязычный китайско-русский набор данных. Может возникнуть нехватка крупномасштабных наборов данных на двух языках, особенно по конкретным областям. Поэтому необходимо собирать и систематизировать двуязычные данные на китайском и русском языках, включая описания продуктов, обзоры, новости и другие типы текстов.

Знание языка и правил: Знание языка и правила: На основе анализа набора данных необходимо извлечь языковые знания и правила, применимые к области описания продукта, чтобы помочь модели в создании текста. Это включает в себя грамматические правила, знание словарного запаса и правила соответствия между языками.

В то же время, в сочетании с приведенным сопоставлением и анализом существующих алгоритмов, мы можем сделать вывод, что в настоящее время подходящим алгоритмом является алгоритм нейронной сети, слияния моделей и миграции данных, который больше подходит для текущих задач. Таким образом, необходимо реализовать следующее:

Обучение и настройка модели: Необходимо разработать подходящую модель генерации текста, сочетающую технологию нейронных сетей и традиционные методы, а также идею слияния моделей и миграции данных, чтобы спроектировать и обучить модель, подходящую для создания китайско-русского двуязычного описания продукта.В процессе обучения модели необходимо учитывать качество и разнообразие данных, а также способность модели к обобщению и оценке эффекта.

Показатели оценки и система оценивания: Для оценки качества и связности сгенерированного текста необходимо установить соответствующие показатели оценки и систему оценивания. В дополнение к обычным индикаторам автоматической оценки, для обеспечения точности и удобочитаемости сгенерированного текста также требуется ручная оценка.

Список использованных источников

1. 姜岩,郭连成,刘慧. «一带一路”背景下中俄跨境电商发展的 机遇、挑战与对策//欧亚经济 » – 2021. – №4. – С. 102–124.

2. Text Generation: Techniques, Applications, and Challenges // Aicourses.com: сайт. – URL: https://aicourses.com/blogs/text-generation-techniques-applications-challenges, (дата обращения: 20.03.2024).

3. Transfer Learning Guide: A Practical Tutorial With Examples for Images and Text in Keras //Derrick Mwiti - URL: https://neptune.ai/blog/transfer-learning-guide-examples-for-images-and-text-in-keras (дата обращения: 20.03.2024).

МОДЕЛЬ ПОЛНОСВЕРТОЧНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ СЕМАНТИЧЕСКОЙ СЕГМЕНТАЦИИ ДЕРЕВЬЕВ ПИХТЫ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ С БПЛА

Мачука М.К.Р.
Томский политехнический университет, ИШИТР, аспирант, гр. А2-36,
e-mail: kristianrodrigo1@tpu.ru

Аннотация

В данной работе представлена модифицированная модель нейронной сети на основе U-Net для классификации деревьев *A. Sibirica.* Модель включает в себя пакетную нормализацию, сохранение размеров карт признаков и использование остаточных блоков. Доказано, что использование более крупных фрагментов изображения улучшает способность нейронной сети к обобщению, обеспечивая высокую эффективность семантической сегментации.

Ключевые слова: семантическая сегментация изображений, полносверточная нейронная сеть, деревья сибирской пихты, беспилотный летательный аппарат.

Введение

Семантическая сегментация — важная задача в области компьютерного зрения, которая позволяет понимать содержимое изображений на уровне пикселей (попиксельная классификация). Размер входных изображений является один из ключевых факторов, определяющих эффективность таких сетей. Поэтому сегодня актуальной является задача исследования влияния размера входных изображений на точность семантической сегментации хвойных деревьев на снимках с помощью полносверточных нейронных сетей.

В данной работе рассматривается задача обучения и исследования предложенной модели полносверточной нейронной сети, основанной на архитектуре классической модели U-Net [1]. Эта модель применяется для семантической сегментации фрагментов двух размеров, полученных из исходных снимков с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) деревьев сибирской пихты *Abies sibirica* (далее – *A. Sibirica*), поврежденных уссурийским полиграфом *Polygraphus proximus* (Blandford) [2].

Исходные данные для исследования

В качестве исходных данных использовались пять RGB-снимков, сделанных на штатную фотокамеру БПЛА DJI Phantom 3 Standard. При анализе снимков с БПЛА деревьев *A. sibirica,* поврежденных уссурийским полиграфом, экспертами выделялись четыре класса их жизненного состояния [2]: «Живые», «Отмирающие» (сильно ослабленные, усыхающие), «Свежий сухостой» и «Старый сухостой» (сухостой прошлых лет). Пятым классом являлся «Фон» – деревья других пород и иные объекты земной поверхности. Каждое из деревьев экспертом путем визуального дешифрирования относилось к одному из классов. Кроме разметки деревьев по классам осуществлялось оконтуривание их крон. В итоге получены эталонные карты сегментации.

Для формирования первого датасета (обучающей и валидационной выборок), четыре исходных снимка деревьев *A. sibirica* были нарезаны на фрагменты размером 256 х 256 пикселей путем сдвига предыдущего фрагмента на 128 пикселей. Для увеличения объема данных было применено несколько поворотов. Всего было получено 2004 обучающих и 672 валидационных фрагментов. Тестовая выборка, созданная по снимку тестового участка, составила 196 фрагментов размером 256 х 256 пикселей.

Для формирования второго датасета, такие же четыре исходных снимков деревьев *A. sibirica* были нарезаны на фрагменты размером 480 х 480 пикселей путем сдвига предыдущего фрагмента на 240 пикселей. Всего было получено 240 обучающих и 40 валидационных фрагментов. Тестовая выборка, созданная по снимку тестового участка, составила 72 фрагмента размером 480 х 480 пикселей.

Модель полносверточной нейронной сети

Для решения задачи мультиклассификации деревьев *A. sibirica* была разработана новая модель полносверточной нейронной сети, основанная на известной модели полносверточной сети U-Net, которая обычно используется для семантической сегментации (попиксельной классификации)

изображений. Ее архитектура приведена на рис. 1. Внесенные изменения в исходную модель U-Net включают в себя:

- Изменение размеров входных и выходных тензоров.
- Применение пакетной нормализации (BN) после каждой нелинейности.
- Сохранение размеров карт признаков при применении слоев свертки. Это изменение позволяет картам признаков сохранять свои пространственные размеры, предотвращая потерю информации во время субдискретизации, что крайне важно для сохранения деталей на изображениях леса.
- В отличие от исходной архитектуры U-Net, модифицированная версия не обрезает карт признаков для соединений пропуска. Это позволяет сети сохранять пространственный контекст, сохранять исходный размер карт признаков с сокращающегося пути и обеспечивать более полное и богатое представление признаков для реконструкции.
- Расширенный путь в модифицированной архитектуре U-Net включает интерполяцию карт признаков с последующей сверткой 3x3. Эта операция помогает восстановить пространственные размеры карт признаков, уменьшая при этом количество каналов признаков
- В выходном слое модифицированной сети U-Net свертки 1x1 и функция активации Softmax используются, чтобы гарантировать, что выходные данные представляют собой вектор с вероятностями каждого возможного результата, представляющий классы *C*.

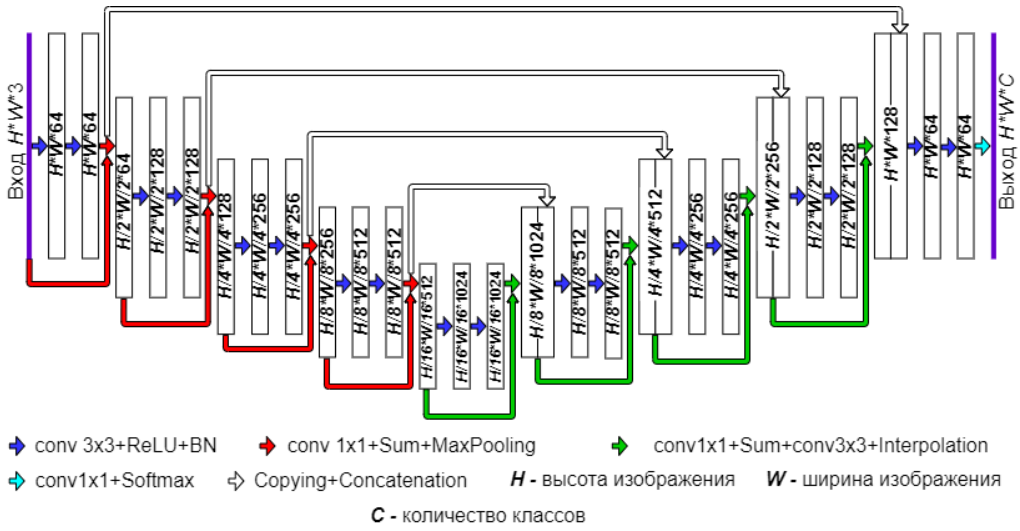


Рис. 1. Архитектура модифицированной модели U-Net

В классической модели U-Net выходные данные одного слоя служат входными данными для следующего слоя. Во время обучения нейронной сети градиенты распространяются по сети обратно, и они могут уменьшаться по величине при прохождении через несколько слоев, особенно в очень глубоких сетях. Это явление может затруднить процесс обучения, что приведет к замедлению сходимости или даже к невозможности эффективного обучения сети [3]. Для решения этой проблемы в модель были добавлены остаточные блоки [4]. Такие блоки позволяют обучать глубокие нейронные сети эффективнее, позволяя обучать остаточные признаков (изменения внесенные каждым слоем), что упрощает обучение и сокращает время до достижения оптимальных результатов.

Обучение и валидация предлагаемой модели сети

При обучении предлагаемой модели полносверточной сети применялась функция потерь Focal Loss - стандартной функции потерь для устранения крайнего дисбаланса классов [5]. Функция Focal Loss включает в себя модулирующие параметры, которые позволяют сокращать потери от простых примеров и увеличивать значение корректирующих примеров в случаях неправильной классификации пикселей деревьев *A. sibirica*. При обучении использовался известный алгоритм оптимизации Adam. Более того, при обучении моделей также применялась техника аугментации "на лету", позволяющая улучшить разнообразие и насыщенность обучающих фрагментов за счет синтезированных фрагментов непосредственно во время обучения.

Чтобы оптимизировать эффективность модели, использовался метод байесовской оптимизации для настройки гиперпараметров. Мы выделили три ключевых параметра, которые существенно влияют на эффективность модели: аугментация данных, скорость обучения и параметры функции потерь. Для аугментации данных, яркости, контрастности, резкости и насыщенности мы стремимся оптимизировать связанные с ними диапазоны коэффициентов для изменения исходного изображения. Определение подходящего диапазона позволяет модели эффективно изучать как локальные, так и глобальные признаки данных. Скорость обучения играет важную роль в определении размера шага, с которым модель обновляет свои внутренние параметры во время обучения. Более высокая скорость обучения способствует более быстрой сходимости, но может привести к риску выйти за рамки оптимального решения. И наоборот, более низкая скорость обучения приводит к более медленной сходимости. Кроме того, были оптимизированы параметры Focal Loss, которые уравновешивают положительные и отрицательные примеры и регулируют скорость снижения веса простых примеров во время обучения.

Всего для обучения модели для каждого из наборов данных было использовано 100 уникальных комбинаций гиперпараметров. Была построена вероятностная модель, отражающая взаимосвязь между значениями гиперпараметров и эффективностью моделей на валидационных быворках, измеряемую метрикой Intersection over Union (mIoU). Процесс поиска гиперпараметров управлялся функцией сбора данных, которая определяла следующий набор гиперпараметров для оценки на основе текущей вероятностной модели. После оценки каждого набора гиперпараметров модель обновлялась, и новая модель обучалась с использованием уточненных гиперпараметров. Затем эффективность новой модели была измерена и использована для дальнейшего обновления вероятностной модели. Этот итерационный процесс повторялся 100 раз, при этом на каждой итерации использовалась обновленная модель для определения наилучшей комбинации гиперпараметров, оценки их производительности и продолжения совершенствования модели.

Результаты и их обсуждение

Из визуального анализа результатов обучения и валидации модели, приведенных в качестве примера на рис. 2, следует, что предложенная модель для каждого из датасетов успешно воспроизводит границы между деревьями и сегментирует большую долю крон.

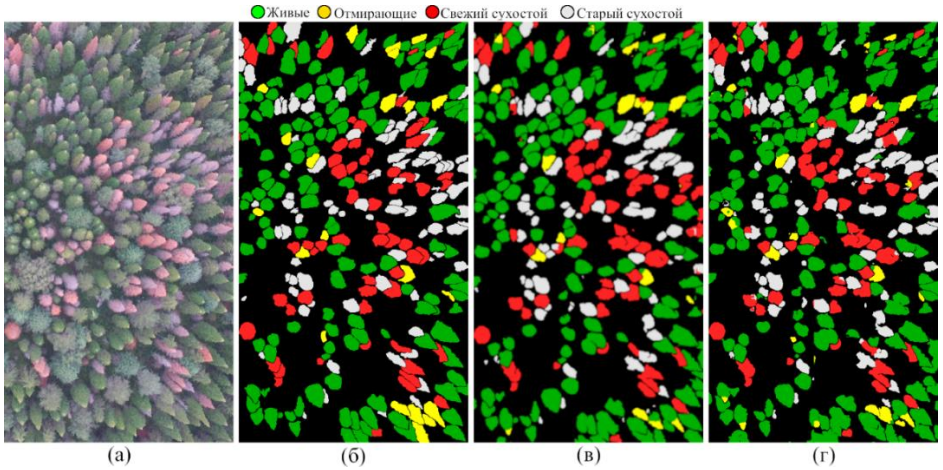


Рис. 2. Пример сегментации деревьев A. Sibirica на снимке:
а – исходный снимок; б – эталонная карта сегментации этого снимка, полученная экспертами;
*в – результат для случая фрагментов 256*256 пикселей;*
*г – результат для случая фрагментов 480*480 пикселей*

Из таблицы 1, где приведены результаты сегментации на тестовой выборке, видно, что модель полносверточной сети для каждой из датасетов продемонстрировала высокое качество классификации пикселей всех (IoUc > 0.5). Однако при обучении модели с использованием датасета фрагментов размером 256*256 пикселей результаты ниже, чем при использовании датасета фрагментов размером 480*480 пикселей.

Таблица 1

Метрики качества сегментации деревьев A. Sibirica на тестовой выборке

Размер фрагмента, пикселей	IoUc					mIoU
	Фон	Живые	Отмирающие	Свежий сухостой	Старый сухостой	
256*256	0,85	0,72	0,51	0,75	0,66	0,70
480*480	**0,86**	**0,76**	**0,57**	**0,80**	**0,69**	**0,74**

Есть несколько причин, по которым фрагменты большего размера могут привести к лучшим результатам, несмотря на их меньшее количество:

- Фрагменты большего размера предоставляют модели более широкий контекст, позволяющий понять пространственные отношения между различными частями изображения. Эта дополнительная контекстная информация может помочь модели делать более точные прогнозы.
- Благодаря более крупным фрагментам модель имеет доступ к более разнообразным и подробным признаком, что может помочь в обучении более богатых представлений данных. Это может привести к лучшему обобщению и эффективности новых данных.
- Фрагменты большего размера могут помочь уменьшить переобучение, предоставляя более разнообразные примеры для модели, на которых можно учиться. Это особенно важно при работе со сложными наборами данных и модель имеет большое количество параметров.
- Фрагменты большего размера содержат больше различительных признаков, которые могут помочь модели более эффективно различать разные классы. Это может привести к лучшим результатам сегментации, особенно при работе с визуально похожими классами.
- Большие фрагменты могут повысить устойчивость модели к шуму и изменчивости данных, предоставляя модели больше информации для обучения. Это может помочь модели лучше обобщать невидимые данные и повысить ее производительность в реальных сценариях.

В целом, хотя фрагменты большего размера могут потребовать больше вычислительных ресурсов и времени для их анализа, они обеспечат преимущества с точки зрения эффективности модели и обобщения, что приводит к лучшим результатам, несмотря на их меньшее количество.

Заключение

Рассмотрено обучение предложенной модели полносверточной нейронной сети для классификации деревьев *A. sibirica*, поврежденных уссурийским полиграфом *Polygraphus proximus,* на снимках с БПЛА. Исследования показали, что изменения, внесенные в классическую модель U-Net, такие как пакетная нормализация, сохранение размеров карт признаков и использование остаточных блоков, значительно повышают ее эффективность и точность в задаче семантической сегментации изображений лесного покрова. В результате тщательного анализа было установлено, что использование крупных фрагментов изображения приводит к заметному улучшению понимания контекста сети и обогащению признаков, что, в свою очередь, способствует повышению качества сегментации. Таким образом, разработанная модель представляет собой важный шаг в развитии методов анализа лесных экосистем с использованием нейронных сетей и изображений с БПЛА.

Список использованных источников

1. Ronneberger O., Fischer P., Brox T. U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation. [Электронный ресурс]. – URL: https://arxiv.org/pdf/1505.04597.pdf (дата обращения 12.11.2023).

2. Кривец С.А., Бисирова Э.М., Волкова Е.С., Дебков Н.М., Керчев И.А., Мельник М.А., Никифоров А.Н., Чернова Н.А. Технология мониторинга пихтовых лесов в зоне инвазии уссурийского полиграфа в Сибири: метод. пособие. Томск: УМИУМ. – 2018. – Т. 74. – С. 3.

3. Noh S.-H. Analysis of Gradient Vanishing of RNNs and Performance Comparison // Information. – 2021. – Vol. 12. – P 442.

4. He K., Xiangyu Z., Shaoqing R., Jian S. Deep residual learning for image recognition // In Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition. – 2016. – P. 770-778.

5. Lin T., Goyal P., Girshick R., He K., Dollar P. Focal Loss for Dense Object Detection // Facebook AI Research (FAIR). [Электронный ресурс]. – URL: https://arxiv.org/pdf/1708.02002.pdf (дата обращения 28.12.2023).

СЕМАНТИЧЕСКАЯ СЕГМЕНТАЦИЯ ВОЗДУХА В КЕРНАХ С ШУМОПОДАВЛЕНИЕМ И ПОСТОБРАБОТКОЙ

Волков М.И.[1], Каргина П.С.[2]
[1]Научно-образовательный центр перспективных исследований, инженер, e-mail: miv5@tpu.ru
[2]Томский политехнический университет, ИЯТШ, 0БМ21, e-mail: psk22@tpu.ru

Аннотация

В данной работе представлены результаты по семантической сегментации воздуха для цифровых кернов из бетона. В качестве предобработки изображений использованы нормировка яркости и шумоподавление.

Ключевые слова: семантическая сегментация пор воздуха, шумоподавление, BM3D, постобработка, медианный фильтр.

Введение

Метод компьютерной томографии является одним из способов исследования внутренней структуры образца без его разрушения. Таким способом часто исследуется внутренняя структура образцов горных пород или бетонов. Исследование образцов рентгеновским излучением основывается на различии в прохождении рентгеновского излучения в зависимости от плотности объектов в породе (например, излучение спокойно проходит через воздушные поры и практически не проходит через очень плотные камни) [1].

После проведения компьютерной томографии керна на выходе получается цифровой керн – оцифрованная модель образца, которая представляет из себя совокупность последовательно идущих изображений. Многообразие исследуемых образцов приводит к тому, что цифровые керны отличаются степенью зашумленности изображений, контрастом, типом наблюдаемого шума и многими другими параметрами. Помимо этого, полученные результаты будут зависеть от используемого оборудования и программного обеспечения для получения цифровых кернов.

После томографии цифровой керн обрабатывается различными алгоритмами для получения информации о его внутренней структуре. В данной работе представлены результаты по семантической сегментации пор воздуха в образце бетона для их анализа (в частности, для подсчета числа пор в образце, их расположении, занимаемую ими площадь итд). Помимо семантической сегментации в работе присутствует предобработка данных (шумоподавление и нормировка яркости изображений) и постобработка. Эти результаты необходимы для получения вышеописанных характеристик пор воздуха в исследуемых образцах бетонов. Актуальность данной работы заключается в нетривиальности проведения сегментации вследствие большого разнообразия структур исследуемых образцов и разной степени зашумленности исследуемых цифровых кернов [2].

Новизна: все используют другие инструменты по постобработке.

Целью данной работы являлось написание части программного обеспечения для проведения семантической бинарной сегментации воздуха с точностью выше 90 % по метрике IOU (на тестовой выборке) для дальнейшего анализа внутренней структуры пор воздуха на изображениях бетонов.

Основная часть

В качестве входных данных выступали цифровые керны, которые представляют из себя последовательные срезы образца бетона. Для обучения и тестирования нейросети использованы 2048 изображений с разрешением 2048*2048.

Пример одного из срезов представлен на рис. 1.

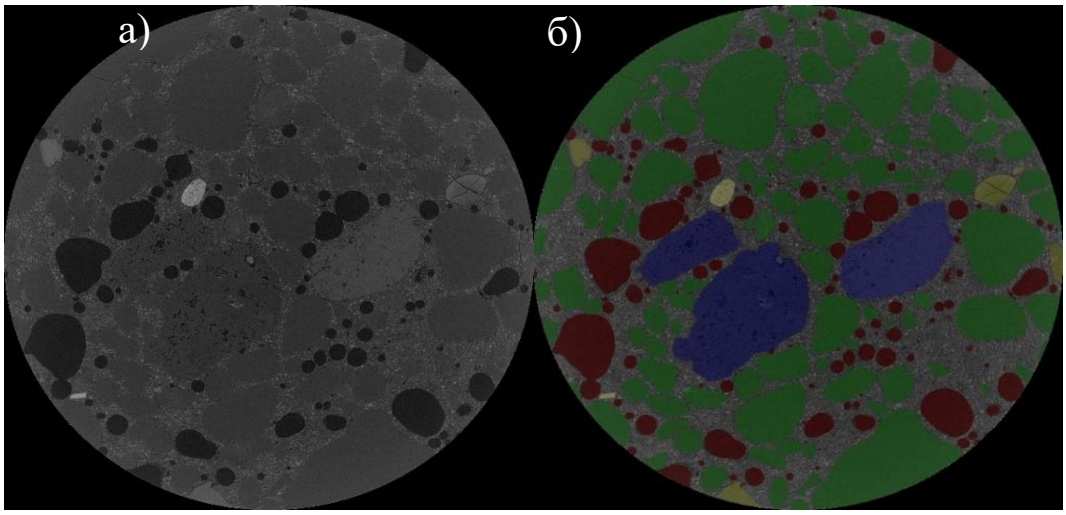


Рис. 1. Изображение (а) и это же изображение с наложенной на него маской (б) (зеленым цветом отмечена «простая галька», синим – «пористая галька», желтым- «сложная галька», красным отмечен воздух)

Изображения, которые необходимо сегментировать, содержат 4 основных класса: песок, галька, воздух и непрореагировавший цемент (он на рисунке не показан). Саму гальку можно разделить на несколько видов: «простая галька» (в данной работе сюда отнесли песок и однородную гальку), «пористая галька» и «сложная галька» (далее названия будут использованы без кавычек). Данные определения придуманы автором и не являются общепринятыми. На рис. 1 в качестве примера разными цветами обозначены выделенные в этой работе виды гальки. В данной работе рассмотрена только задача сегментации воздуха.

Поскольку срезы бетона последовательные, то сами изображения имеют структуру вдоль трех осей, т.е. данные трехмерные. Маски должны также обладать трехмерной структурой, что накладывает на них ограничения непрерывности: объекты в маске не должны резко появляться или пропадать. Это условие необходимо для работы программы, которая считает количество пор, их размеры и другие параметры из трехмерной маски. Если объект воздуха будет резко появляться и пропадать вдоль одной из осей (то есть объекты воздуха на масках будут прерываться, например, из-за несовершенства работы нейросети), то программа по подсчету объектов воздуха будет давать завышенное число объектов воздуха для такой трёхмерной маски. Например, когда на n-ом изображении определенный объект воздуха, а на изображениях с номерами n-1, n-2, n+1, n+2 воздух сегментирован, то программа по подсчету количества объектов воздуха на изображении выдаст завышенные результаты: вместо одного объекта программа увидит два. В рамках данной работы данная проблема носит название «проблема исчезновения воздуха».

Шумоподавление на изображениях методом BM3D

Для увеличения эффективности семантической сегментации необходимо уменьшить шум на изображениях.

Подавление шума может быть реализовано с помощью методов фильтрации [3], вариационных методов шумоподавления, нейронных сетей (например, CNN [4], GAN-архитектуры). В данной работе в качестве инструмента для шумоподавления использован метод пространственной фильтрации BM3D, поскольку он достаточно хорошо работает и является простым в использовании.

Результаты проведения шумоподавления для разных классов представлены на рис. 2.

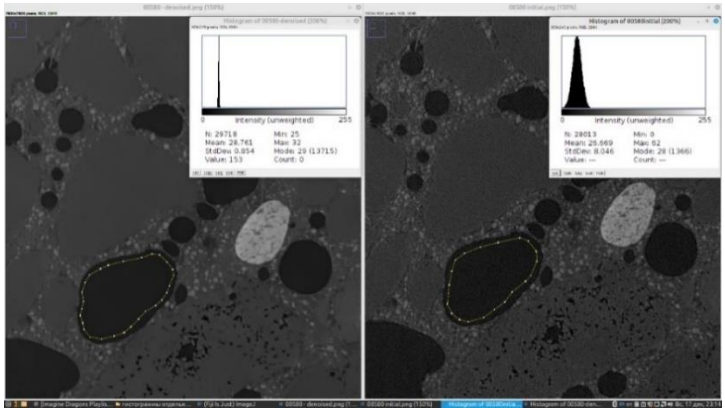


Рис. 2. Изображения с указанным объектом воздуха,
гистограммы этих объектов до (справа) и после (слева) шумоподавления

Из полученных результатов видно: после шумоподавления ширина распределения пикселей воздуха стала составлять несколько пикселей. Ожидается, что это должно облегчить сегментацию воздуха.

Обучение и тестирование модели

В качестве предобработки изображений использованы шумоподавление, нормировка яркости и нормализация. Нормировка яркости необходима для приведения всех гистограмм изображений к практически одному и тому же виду. В результате яркость и контрастность изображений будут приблизительно одинаковыми. В качестве инструмента для шумоподавления использован алгоритм BM3D, который базируется на методе Non-local means.

Изучая датасеты можно увидеть, что объекты воздуха могут иметь различную площадь на изображениях вплоть до нескольких пикселей. Помимо этого, объекты имеют расплывчатые границы, которые могут быть обнаружены только при большом приближении. В результате сжатия таких изображений довольно много информации будет потеряно. Исходя из этого, одним из критериев для данной задачи является высокое разрешение изображений. Помимо этого, тренировку нейросети необходимо было проводить на ПК (одно из условий в техзадании). Эти условия наложили ограничения на применение трехмерных архитектур нейросетей (не хватит памяти GPU чтобы вместить одно трехмерное изображение) и на применение сторонних сервисов (например, Google Colab).

Исходные изображения с размерами 2048×2048 сжимались до размеров 1024×1024. Сегментация производилась с использованием библиотеки Pytorch. Для работы было размечено всего 18 изображений (малое число изображений в обучающей выборке является особенностью данной работы). Параметры обучения нейросети представлены в таблице 1.

Таблица 1

Параметры обучения нейросети

Параметр	Значение
Количество классов	2 (воздух и фон)
Число обучающих изображений	12
Число валидационных изображений	4
Число тестовых изображений	2
Число аугментированных изображений	400
Используемые методы в аугментации	A.ImageCompression, A.GlassBlur, A.GaussNoise, A.RandomResizedCrop, A.RandomRotate90, A.SafeRotate, A.VerticalFlip, A.HorizontalFlip
Batch size	2
Скорость обучения (Learning rate)	0.001
Сокращение веса (Weight decay)	0.001
Число эпох обучения	80
Используемая модель	smp.Unet(encoder_name= 'resnet18')
Функция потерь	CrossEntropyLoss
Используемые метрики	IOU, accuracy

Зависимость метрик IOU и accuracy от числа эпох в процессе обучения приведена на рис. 3.

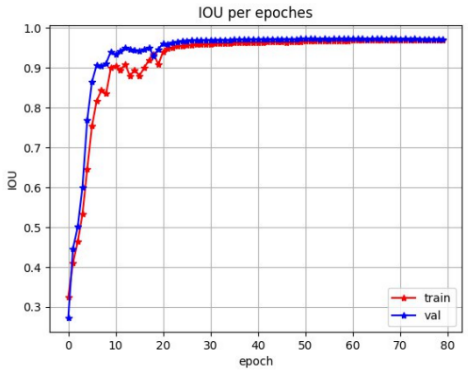


Рис. 3. Зависимость IOU на обучающей и валидационной выборках от числа эпох

При дальнейшем увеличении числа эпох наблюдалось снижение эффективности на валидационной выборке и увеличение ее на обучающей (переобучение). Эффективность сегментации на тестовых данных составила 0.944.

После теста модель была использована для предсказания масок для неразмеченных изображений в цифровом керне. В качестве примера на рис. 4 представлены 2 исходных изображения (*а* и *г*) и соответствующие предсказанные маски (*б* и *д*), которые имеют «проблему исчезновения воздуха».

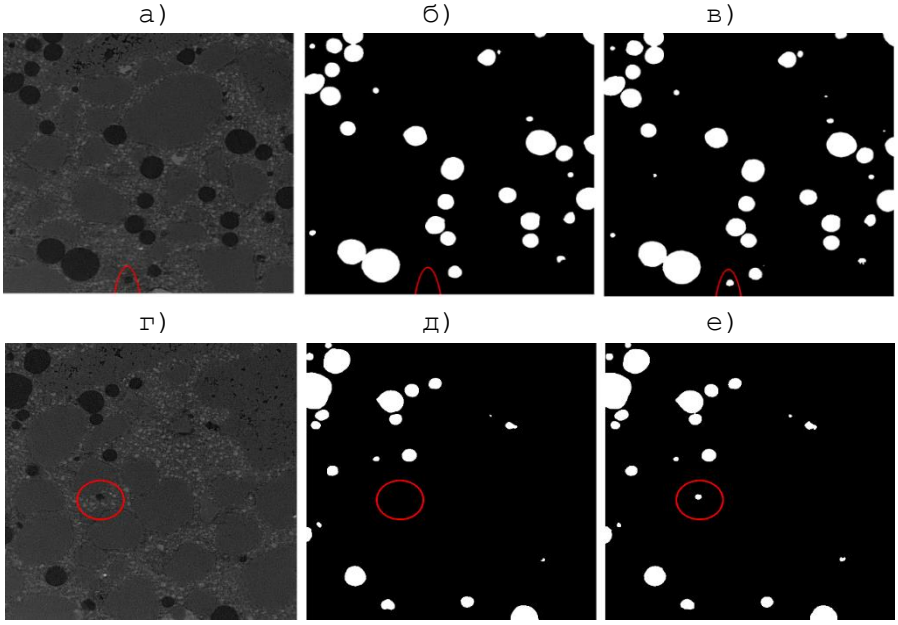


Рис. 4. Примеры сегментации двух разных изображений (а и г), их масок без применения постобработки (б и д) и масок с применением постобработки (в и е).
В красном кругу находится воздух, который отсутствовал на масках без применения постобработки

Из приведенных результатов видно, что нейросеть сегментирует практически весь воздух на изображении. Однако, на масках все еще видна «проблема исчезновения воздуха». В данном случае эта проблема вероятно возникает по следующим причинам:

1) очень малое количество изображений в тренировочной выборке;

2) использование 2Д-архитектуры вместо 3Д.

В связи с недостатком времени на разметку данных данная данную проблему было принято решить с использованием алгоритмов постобработки. В качестве постобработки выступал следующий метод, состоящий из нескольких этапов. Первый этап заключается в проведении сегментации в трёх проекциях (по осям ox, oy, oz). Иными словами, изображения были отсегментированы еще в двух проекциях. Далее три полученные объемные маски складываются попиксельно по логике «2 из 3»: если данный пиксель отмечен классом "воздух" как минимум на двух масках, то на новой маске он будет отмечен также (если нет – пиксель с такими координатами будет помечен классом «фон»). Далее

полученная объемная маска фильтруется медианным фильтром с шагом (3,3). Применение фильтра обусловлено тем, что маски в остальных двух проекциях сегментируются достаточно «рвано» и полученная сложением по логике «2 из 3» маска получается сильно зашумленной.

В результате применения такой постобработки удалось практически полностью избавиться от «проблемы исчезновения воздуха». Из датасета для предсказания выбраны 25 изображений, в которых после сегментации без постобработки выявлена «проблема исчезновения воздуха». Далее эти же изображения были проанализированы после применения постобработки. В результате из 25 изображений воздух пропадал только на 2 масках после применения постобработки. Примеры результатов постобработки представлены на рисунке 4 справа.

К минусам такого алгоритма можно отнести:

1) долгое время вычислений. Требуется в три раза больше времени относительно времени сегментации датасета (поскольку производится сегментация по осям ox, oy, oz). Помимо этого, фильтрация полученных масок медианным фильтром занимает более часа для трехмерной маски размерами 1024*1024*1024;

2) использование медианного фильтра будет искажать размеры объектов воздуха на масках, что даст погрешность при расчете их характеристик.

В дальнейшем планируется использование других алгоритмов постобработки и сравнение полученных результатов с используемым в данной работе методом.

Заключение

В ходе проделанной работы реализована часть программного обеспечения, которая ответственна сегментацию воздуха в цифровых кернах с точность по метрике IOU=94.4% (на тестовой выборке). В качестве предобработки выступал метод BM3D. Возникшую «проблему исчезновения воздуха» была решена с использованием сегментации в трех направлениях с последующим суммированием полученных масок по логике «2 из 3» и дальнейшей трехмерной фильтрацией полученной объемной маски. Полученная объемная маска может быть использована для дальнейшего анализа внутренней структуры пор воздуха на изображениях бетонов.

Используемый метод для постобработки не может быть использован в программном обеспечении из-за слишком большого времени обработки. Однако, данный метод может быть использован для увеличения количества изображений в датасете при условии сложности разметки, поскольку он увеличивает эффективность работы нейросети и позволяет учесть 3Д структуру данных без использования нейросетей с 3Д-архитектурой.

Список использованных источников

1. Иванов М.К., Бурлин Ю.К., Калмыков Г.А. Петрофизические методы исследования кернового материала: учебное пособие. – М.: Изд-во Моск. ун-та, – 2008. – С. 91–97.

2. Digital Rocks // Browse Projects: сайт. – 2024. – URL: www.digitalrocksportal.org/projects/

3. Гонсалес Р., Вудс Р., Ричард Е. Вудс. Цифровая обработка изображений. – М.: Изд-во Техносфера, – 2012. – 1104 с.

4. CNN с комплексным знаком для шумоподавления медицинских изображений // MLCENTRE. – 2024. – URL: https://mlcentre.ru/articles/629239/.

ОБРАБОТКА НЕСТРУКТУРИРОВАННЫХ ТЕКСТОВЫХ ДАННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БИБЛИОТЕКИ SPACY

Москалев М.Г.[1], Газизов Т.Т.[2]
[1]Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, аспирант, e-mail: moskalev@tspu.edu.ru
[2]Томский политехнический университет, зам. проректора по цифровизации, e-mail: gtt@tpu.ru

Аннотация

В статье рассматривается проблема обработки и анализа неструктурированных данных в условиях быстрого роста их объема. Обсуждается важность обработки неструктурированных данных для различных сфер деятельности. Рассматривается возможность применения методов извлечения ценных знаний из неструктурированных текстовых данных на примере использования технологий на языке Python для выделения ключевых слов из выпускных квалификационных работ.

Ключевые слова: неструктурированные данные, обработка данных, данные, информация, Python.

Введение

С распространением использования информационных технологий, наблюдается рост объема данных, доступных для обработки. В 2020 году количество информации в сети интернет оценивалось в объем 51 Зеттабайта (10^{21} байт), по состоянию на 2022 год объем данных в сети интернет равен примерно 90 Зеттабайтам, а уже к 2025 году прогнозируют рост объема данных до 175 Зеттабайт [1]. Часть этой информации является созданной людьми, на естественных или формальных языках, однако, с ростом развития интернет вещей появилось множество машиногенерируемой информации, которая создается различными устройствами и датчиками, а также содержит телеметрическую информацию для работы данных устройств [2]. При этом, более 80 % объёма информации является неструктурированными или слабоструктурированными данными [3].

Обработка неструктурированных данных позволяет извлекать ценные знания, выявлять тенденции, принимать обоснованные решения и повышать конкурентоспособность. Технологии обработки естественного языка, компьютерного зрения, обработки речи и другие методы позволяют анализировать и классифицировать неструктурированные данные, а также обеспечить эффективный поиск, который необходим для пользователей, ищущих информацию в интернете или внутри организаций.

Исследования по поиску и обработке неструктурированных данных также имеет огромное значение в контексте современной медицины. С постоянным увеличением объема медицинских данных, таких как клинические записи, изображения, результаты обследований и отчеты, возникает необходимость в разработке эффективных методов и инструментов для их анализа и обработки [4]. Исследования в этой области могут способствовать разработке инновационных алгоритмов машинного обучения и обработки естественного языка, которые позволят автоматизировать процессы анализа медицинских данных. Это может привести к улучшению диагностики заболеваний, предсказанию риска возникновения различных патологий и разработке персонализированных методов лечения. Целью работы является использование технологии на языке Python для выделения ключевых слов из выпускных квалификационных работ с целью обеспечения более эффективного поиска по полнотекстовым. Это также позволит быстрее понять, о чем рассказывается в работе и какие темы в ней затрагиваются.

Неструктурированные данные

Существуют различные понятия структурированности. Саймон Г. и Ньюэлл А. дают следующее понятие слабоструктурированных (или частично структурированных) задач: задачи, которые содержат как качественные, так и количественные элементы, причем качественные, малоизвестные и неопределенные стороны проблем имеют тенденцию доминировать [5]. Под слабоструктурированными данными в данной статье понимаются любые структуры данных между строгой структурированностью и её полным отсутствием.

Неструктурированные данные (или неструктурированная информация) — информация, которая либо не имеет заранее определенной структуры данных, либо не организована в установленном порядке. К неструктурированным относятся данные, произвольные по форме, включающие тексты и

графику, мультимедиа (видео, речь, аудио). Сложность анализа такого типа данных обусловлена невозможностью или трудностью использования традиционных программ для анализа структурированных данных. Для анализа такого типа данных используются особые методы, которые позволяют интерпретировать неструктурированную информацию, например, интеллектуальный анализ данных, обработка естественного языка и интеллектуальный анализ текста [6].

Структурированные текстовые данные можно рассмотреть на примере паспорта гражданина Российской федерации. Он содержит информацию о гражданине, такую как имя, дата рождения, место жительства, серию и номер паспорта, дату выдачи, выдавший орган, пол. Все эти данные представлены в виде структурированного текста. Эти данные в паспорте организованы по определенным структурированным правилам и формату, что делает их легко интерпретируемыми и доступными для обработки компьютерными системами. Благодаря структурированности информации в паспорте, возможно автоматизированное считывание и обработка данных, что облегчает множество административных процедур, включая регистрацию, идентификацию личности, оформление документов и другие операции, требующие использования данных из паспорта.

В 2020 году количество информации в сети интернет оценивалось в объем 51 Зеттабайта (10^{21} байт) (рис. 1) [7], недостаточная обработка и анализ неструктурированных данных может привести к следующим последствиям:

1. потеря информации. Неструктурированные данные могут содержать ценную информацию, которая может быть утеряна при неправильной обработке и анализе;
2. риск принятия неправильных решений. Недостаточная обработка и анализ неструктурированных данных может привести к принятию неправильных решений, что может негативно сказаться на бизнесе или научных исследованиях;
3. ухудшение качества жизни. Неструктурированные данные могут содержать информацию о здоровье, образовании, культуре и других сферах жизни людей. Если эти данные не обрабатываются и не анализируются должным образом, это может привести к ухудшению качества жизни населения.

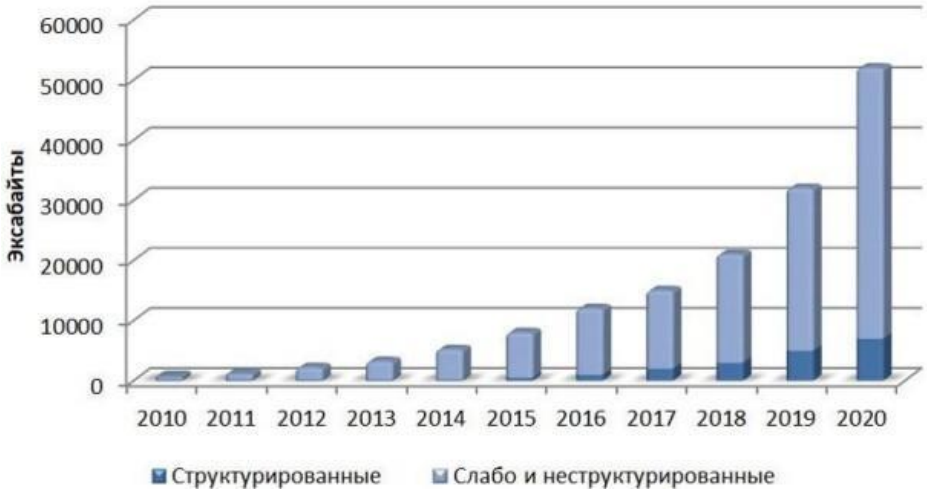


Рис. 1. Рост количества данных различной структуры

В государственной программе «Цифровая экономика Российской Федерации» от 28.07.17 № 1632-р, утвержденной по распоряжению Председателя Правительства РФ, определяются цели и задачи по созданию необходимых условий для развития в России цифровой экономики в рамках «Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017 – 2030 годы» [8]. Одним из важных аспектов утвержденной программы является задача оптимизации систем обработки и обмена информацией. Такая задача ставится в связи с широким распространением систем электронного документооборота, и, в частности, ростом количества используемых текстовых документов, содержащих неструктурированные данные.

Существующие исследования в области обработки неструктурированных текстовых данных используют несколько основных подходов:

1. Машинное обучение. Машинное обучение играет важную роль в задачах обработки неструктурированных текстовых данных, позволяя создавать модели, которые могут автоматически

извлекать и анализировать информацию из текста. Методы машинного обучения, такие как классификация, кластеризация и регрессия, могут быть применены для решения различных задач обработки неструктурированных текстовых данных. Основной задачей применения данного подхода является исключение необходимости программировать и создавать шаблоны для обработки документов. Алгоритмы настраиваются (или обучаются) на основе подготовленных примеров обработки документов. Важным преимуществом данного подхода является возможность регулярного дополнительного обучения алгоритмов новыми примерами [9].

2. Статистические методы. Этот подход к обработке неструктурированных текстовых данных основан на статистических моделях и теории вероятностей для анализа данных, выявления связей и проверки гипотез. Они могут использоваться для описания и анализа данных, проверки статистических гипотез, а также для построения прогностических моделей. Статистические методы обработки неструктурированных данных обычно требуют хорошей предварительной обработки данных, выбора подходящих статистических моделей и анализа результатов для получения значимой информации из неструктурированных данных [10].

3. Глубокое обучение и нейронные сети: Исследования в области обработки неструктурированных текстовых данных все чаще включают в себя применение глубокого обучения и нейронных сетей. Эти методы позволяют создавать модели, способные автоматически извлекать признаки из текста на разных уровнях абстракции, что позволяет решать сложные задачи, такие как машинный перевод, анализ тональности, генерация текста и другие [11].

Одним из основных методов обработки неструктурированных текстовых данных является токенизация, которая представляет собой процесс разделения текста на отдельные слова, фразы или токены. Токенизация позволяет преобразовать текст в структурированный формат для дальнейшего анализа. После токенизации может быть проведена лемматизация, которая приводит слова к их базовой форме. Это позволяет уменьшить вариативность форм слова и упростить дальнейший анализ. Другим важным методом является определение частей речи. Анализ частей речи в тексте позволяет определить роль каждого слова в предложении. Например, это может помочь выделить ключевые слова или фразы, а также понять синтаксическую структуру текста. Определение частей речи является важным этапом для многих задач обработки неструктурированных текстовых данных на естественном языке, таких как извлечение информации, анализ синтаксических зависимостей и генерация текста. Методы анализа тональности позволяют определить эмоциональную окраску текста, выявить положительные, отрицательные или нейтральные отзывы, комментарии или новости.

При выборе между машинным обучением, нейронными сетями и статистическими методами следует учитывать несколько факторов. Во-первых, машинное обучение обладает большей гибкостью и способностью к адаптации к различным типам данных и задачам, что делает его универсальным инструментом для решения широкого спектра проблем. В отличие от статистических методов, которые могут быть ограничены в своей способности обработки сложных зависимостей, и нейронных сетей, которые могут требовать большого количества данных и вычислительных ресурсов, машинное обучение предоставляет баланс между гибкостью, производительностью и эффективностью. Кроме того, машинное обучение позволяет автоматически извлекать признаки из данных, что может быть критически важно в случаях, когда природа зависимостей в данных неизвестна заранее или когда данные имеют высокую размерность. Таким образом, использование машинного обучения оправдано в случаях, когда требуется универсальный и гибкий подход к анализу данных, способный работать с разнообразными типами информации и решать сложные задачи прогнозирования, классификации и кластеризации. Таким образом, для поставленной задачи выделения ключевых слов из выпускных квалификационных работ, в данной статье будут рассматриваться библиотеки машинного обучения.

Использование технологии SpaCy для выделения ключевых слов

Обработка неструктурированных текстовых данных будет рассматриваться на примере использования библиотек SpaCy – написанной на языке Cython [12] и NLTK – полностью разработанной на Python [13]. Эти библиотеки являются наиболее обширными и популярными для обработки неструктурированных текстовых данных на русском языке. В контексте ВКР, SpaCy и NLTK могут быть использованы для выделения ключевых слов, которые играют важную роль в определении тематики и структуры работы, что позволит быстрее понять, о чем рассказывается в работе и какие темы в ней затрагиваются.

Для работы с русскоязычными данными при использовании библиотеки SpaCy, обычно выбирают модель «ru_core_news_sm», которая представляет собой небольшую модель для русского

языка. Эта модель включает в себя различные компоненты, такие как токенизатор, тэггер, синтаксический анализатор и другие, что делает ее подходящей для обработки и анализа текстов на русском языке. Модель «ru_core_news_sm» была выбрана для работы с русскоязычными данными, потому что она предоставляет хорошее сочетание скорости и качества обработки текста на русском языке. Она достаточно легкая, чтобы обеспечить быструю обработку текста, при этом обладает достаточной точностью для выделения ключевых слов, определения частей речи и других задач обработки текста. Таким образом, выбор модели для работы с русскоязычными данными обусловлен балансом между скоростью обработки и качеством результатов, что делает ее подходящим выбором для многих задач обработки текста на русском языке.

В отличии от библиотеки SpaCy, NLTK не предоставляет предварительно обученных моделей и сконцентрирована на предоставлении инструментов для обработки русскоязычных текстов. Для лемматизации и определения частей речи в русском языке, NLTK предоставляет ряд инструментов и ресурсов, таких как WordNetLemmatizer для лемматизации и модуль «averaged_perceptron_tagger» для определения частей речи. Они могут быть использованы для анализа текста на русском языке и проведения различных задач обработки текста. Кроме того, NLTK также предоставляет доступ к корпусам текстов на русском языке, таким как «ru_stopwords», который содержит стоп-слова на русском языке, что может быть полезно для фильтрации стоп-слов в тексте.

В зависимости от поставленных задач могут так же использоваться дополнительные параметры обработки, такие как выделение именованных сущностей или анализ синтаксических зависимостей. Принцип работы данных библиотек и выбранных наборов параметров схож, поэтому в статье будет описана обработка текстовых данных на примере использования библиотеки SpaCy.

Выделение ключевых слов с помощью SpaCy состоит из нескольких этапов. Во-первых, необходимо загрузить модель языка, которая соответствует теме работы. В случае использования библиотеки SpaCy для обработки выпускных квалификационных работ используется библиотека русского языка. После загрузки модели языка необходимо подготовить документ для дальнейшей обработки. Для работы программы необходимо перевести документ в текстовый файл «.txt». Так как чаще всего выпускные квалификационные работы хранятся в формате «.pdf», то для перевода в нужный формат будет использоваться библиотека PDFMiner [14]. PDFMiner – представляет собой простую в использовании библиотеку Python с открытым исходным кодом, предназначенную для работы с файлами PDF и позволяет конвертировать их в различные текстовые форматы. Указывается путь до папки с файлами ВКР и передается в библиотеку PDFMiner для обработки. Следующим этапом обработки является передача полученных текстовых данных в библиотеку SpaCy. Она разбивает весь текст на отдельные слова и фразы, что позволяет выделить ключевые слова характеризующие ВКР. Далее происходит выделение леммы для преобразования слов в начальную форму и объединения возможных склонений. На следующем шаге можно использовать функцию для определения частей речи каждого слова. Это может помочь определить, какие слова являются ключевыми и наиболее важными для темы работы. Например, глаголы, существительные и прилагательные часто являются наиболее значимыми словами в тексте. Во время выполнения кода программы можно отслеживать статус выполнения и приблизительное оставшееся время. Ключевые слова по каждой ВКР записываются в виде массива в файл «.txt» с названием идентичным названию файла работы. Это позволит в дальнейшем использовать полученную информацию без необходимости повторного запуска программы. Пример работы программы показан на рис. 2.

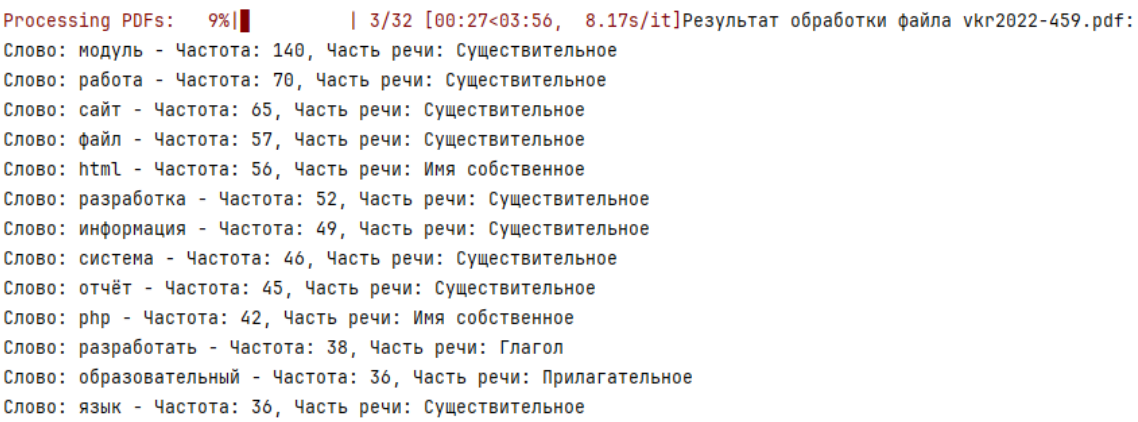


Рис. 2. Пример работы программы по определению ключевых слов в ВКР

Для проведения эксперимента использовались документы 32 выпускных квалификационных работ в pdf формате. Данные были переведены в одну строку текста с удалением переносов, знаков пунктуации и пустых строк. Результаты апробации библиотек представлены в таблице 1. Полученные данные включают: количество успешно определенных слов (токенов), скорость определения токенов и скорость определения частей речи для каждой библиотеки. Данное сравнение позволяет определить эффективность библиотек в обработке текстовых данных и определении частей речи на большом объеме документов, что имеет важное значение для выбора наиболее подходящей библиотеки для конкретных задач обработки текста.

Таблица 1

Результаты выделения ключевых слов в ВКР

Библиотека	**Количество определенных слов (всего)**	**Скорость определения слов (всего)**	**Скорость определения частей речи (всего)**
SpaCy	303272 слова	256,05 секунд	0.09224 секунд
NLTK	295300 слов	84,35 секунд	12.08061 секунд

Заключение

В данной статье рассмотрены проблемы роста объема неструктурированных данных, обосновывается актуальность работы с неструктурированными текстовыми данными. Дается определения слабоструктурированных и неструктурированных данных. Приводятся риски, связанные с недостаточной обработкой неструктурированных данных. Рассматривается пример использования библиотек SpaCy и NLTK на языке Python для выделения ключевых слов из выпускных квалификационных работ. Целью этого подхода является улучшение понимания тематики и структуры работы без необходимости прочтения полного текста. Также он направлен на повышение эффективности при поиске данных в выпускных квалификационных работах. Результаты сравнения двух библиотек показывают, что для задачи выделения ключевых слов лучше подходит библиотека NLTK, так как она осуществляет процесс токенизации в три раза быстрее чем библиотека SpaCy. Однако с задачей определения частей речи библиотека SpaCy справляется гораздо быстрее за счет наличия предобученых моделей русского языка. Таким образом, можно сделать вывод что для более эффективной обработки неструктурированных данных на русском языке можно использовать библиотеку SpaCy для определения частей речи, в то время как для задачи токенизации библиотека NLTK может оказаться более предпочтительной из-за своей скорости. Однако, выбор между этими библиотеками также зависит от конкретных потребностей и характеристик задачи, а также от других факторов, таких как поддержка языков, наличие необходимых моделей и удобство использования. Данные, полученные в ходе работы программ, могут быть использованы для последующего анализа. Дальнейшие исследования по этой теме планируют внедрение классификаторов для проведения оценки выделенных ключевых слов.

Список использованных источников

1. IDC. How IDC's Industry CloudPath & SaaSPath Surveys Can Inform Your Cloud & SaaS Strategy. — URL: https://blogs.idc.com/2019/09/04/how-idcs-industry-cloudpath-saaspath-surveys-can-inform-your-cloud-saas-strategy/ (дата обращения: 10.02.2024).

2. IDC. Future of industry ecosystems shared data and insights. — URL: https://blogs.idc.com/2021/01/06/future-of-industry-ecosystems-shared-data-and-insights (дата обращения: 10.02.2024).

3. Forbes. The big unstructured data problem. — URL: https://www.forbes.com/sites/forbestechcouncil/2017/06/05/the-big-unstructured-data-problem/?sh=4bd0fcf2493a (дата обращения: 12.02.2024).

4. Li B., Li J. Jiang Y., Lan X. Experience and Reflection from China’s Xiangya Medical Big Data Project // Journal of Biomedical Informatics. – 2009 – Vol. 93.

5. Astera. Unstructured Data Challenges for 2023 and their Solutions. – URL: https://www.astera.com/type/blog/unstructured-data-challenges/ (дата обращения: 13.02.2024)

6. Орлова, К.И. Неструктурированные данные и технологии их обработки / К.И. Орлова, А.А. Орлюк // Актуальные направления фундаментальных и прикладных исследований: материалы XI международной научно-практической конференции, North Charleston, 27–28 февраля 2017 года / НИЦ «Академический». Том 1. – North Charleston: CreateSpace. – 2017. – С. 149-152. – EDN YAAIXJ.

7. Azad P., Navimipour N., Rahmani A., Sharifi A. The role of structured and unstructured data managing mechanisms in the Internet of things. / // Cluster Computing. – 2020. – No. 23. – P. 1-14

8. Об утверждении программы «Цифровая экономика Российской Федерации». – URL: http://government.ru/docs/28653/ (дата обращения: 13.02.2024).

9. Лисенков И.А., Кузнецов В.А., Леонова Н.М. Обработка неструктурированной текстовой информации с помощью алгоритмов машинного обучения. Вестник НИЯУ МИФИ. – 2020. – Т. 9(4). – С. 376–384. https://doi.org/10.56304/S2304487X20040057

10. Клячкин В.Н. Статистические методы анализа данных / В.Н. Клячкин, Ю.Е. Кувайскова, В.А. Алексеева. – Москва : Издательство "Финансы и статистика", 2016. – 240 с. – ISBN 978-5-279-03583-0.

11. Войтко Е.Д. Применение нейросетевых технологий для обработки неструктурированной текстовой информации / Е.Д. Войтко, Н.П. Курочка // Информационная безопасность : сборник статей конференции, Анапа, 17 апреля 2019 года. – Анапа: Федеральное государственное автономное учреждение "Военный инновационный технополис "ЭРА", 2019. – С. 23–35. – EDN RJPJLF.

12. SpaCy. URL: https://spacy.io/ (дата обращения: 14.02.2024).

13. NLTK. URL: https://nltk.org, свободный (дата обращения: 14.02.2024).

14. PDFMiner. URL: https://github.com/pdfminer/pdfminer.six (дата обращения: 14.02.2024).

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ НОВОЙ ГРАМОТНОСТИ В КОНТЕКСТЕ РАЗВИТИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И СМАРТ-ТЕХНОЛОГИЙ

Чмыхало М.А.[1], Макиенко А.А[2], Галкина М.В.[3]
[1] Национальный исследовательский Томский государственный университет,
e-mail: mishen10@gmail.com
[2] Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»,
e-mail: mma1252@gmail.com
[3] Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
e-mail: galkina@tpu.ru

Аннотация

В статье рассмотрена ситуация трансформации социальности под влиянием смарт-технологий и искусственного интеллекта. Цель - обозначить концептуальные аспекты новой грамотности. В результате классификации способов применения смарт-технологий выявлены содержательные аспекты грамотности, по которым проведена концептуализация. Формы использования смарт-технологий в контексте их функций актуализируют некоторые традиционные аспекты грамотности и определяют новые составляющие.

Ключевые слова: смарт-технологии, новая грамотность, искусственный интеллект, когнитивный помощник, социальные практики

Введение

Современные интеллектуальные системы наиболее часто являются предметом осмысления в контексте трансформации экономического сектора жизнедеятельности человека либо в профессиональном плане в аспекте деятельности разработчиков данных систем. Так, например, одна из тем, активно обсуждаемая на Всемирном экономическом форуме 2024 – необходимость переквалификации около 40 % сотрудников различных предприятий в связи с внедрением систем искусственного интеллекта в различные сферы экономики [1]. Тематика большинства конференций, относительно ИИ – прикладные разработки в данной области. Цель данной работы – сформулировать концептуальные аспекты новой грамотности в ситуации развития искусственного интеллекта для возможности прогнозирования экономических, политипических и социальных трансформаций, в конечном счете оказывающих влияние на направления развития искусственного интеллекта.

Основная часть

Активное развитие систем искусственного интеллекта в различных сферах современной реальности приводит к необходимости осмысления данного вопроса в различных аспектах: профессиональном - реализуется самими разработчиками в технологическом контексте либо представителями различных профессий, чья деятельность трансформируется под влиянием ИИ (например, флешмоб художников на платформе ArtStation); социально-культурном – происходит осмысление множества изменений и новаций в институциональных, социальных и культурных отношениях (создание Web-сайтов, социальных сетей); экономическом – обсуждается становление новой парадигмы в экономике (так называемая, платформенная экономика); развивается этическая проблематика в контексте появления новых для общества моральных дилемм (например, статус гражданина Саудовской Аравии, полученный роботом Софией); отдельным пунктом нужно выделить актуальность политико-правовых факторов в разрезе формирования информационного пространства и соответствующей законодательной базы.

Указанные факторы обращают внимание на навыки, которыми должен обладать человек для того, чтобы не только стать эффективным членом общества, но и поддерживать такой статус на протяжении своей жизни. Для этого нам необходимо понимание ключевых тенденций развития технологий, понимание наших ценностей, того, каким образом мы подошли к данному состоянию и какого состояния в экономической, культурной, социальной, духовной сфере мы хотим достичь. Совершенно очевидно, что мы будем наблюдать динамичное развитие применения искусственного интеллекта в бизнесе, в быту, в энергетике, медицине, сфере государственных услуг, образовании, социальном взаимодействии, культуре. Создание и функционирование сложных социотехнических систем

актуализирует проблему компетенций в контексте грамотности поскольку речь идет о двух аспектах используемых навыков: профессиональном и повседневном.

Еще в конце 1970 – начале 80-х грамотность была постулирована в контексте предварительного условия успешного перехода общества к постиндустриальной экономике [2]. Это привело к созданию различных государственных программ (прежде всего, в Европе) по исследованию данной темы в контексте вопроса: «Чему обучать каждого человека?». В данном случае представлен контекст обязательных навыков, без которых деятельность человека в мире практически невозможна. Результатом является определение трех ключевых направлений обучения: усвоение результатов и ценностей культуры, развитие социальных компетенций, формирование профессионального знания. Это объясняет тенденцию перехода от грамотности в традиционном понимании (чтение, письмо, счет) к множественным видам грамотности (UNESCO 2018; World Bank 2018), например, информационная грамотность, грамотность в области работы с данными, статистическая грамотность [3], цифровая, моральная, социальная грамотность и так далее. Целесообразность осмысления новой грамотности обосновывается следующими пунктами: 1. Все большее количество людей в мире ежедневно обращаются к использованию когнитивных посредников как в повседневной, так и в профессиональной деятельности; 2. Увеличивается количество устройств, с приставкой Smart, основная отличительная характеристика которых заключается в выполнении действий без участия человека. смарт-технологии предполагают наличие встроенного искусственного интеллекта различного уровня и предметности. В данной статье мы будем ориентироваться на определение искусственного интеллекта, представленной в Национальном стандарте Российской Федерации: «искусственный интеллект (artificial intelligence) Комплекс технологических решений, позволяющий имитировать когнитивные функции человека (включая самообучение, поиск решений без заранее заданного алгоритма и достижение инсайта) и получать при выполнении конкретных практически значимых задач обработки данных результаты, сопоставимые, как минимум, с результатами интеллектуальной деятельности человека» [4]. Данное определение позволяет определить применение смарт-технологий, что представлено в таблице 1.

Таблица 1

Применение смарт-технологий

Функция смарт-технологий	Формы использования	Варианты применения
Когнитивный помощник	Профессиональное	Сфера производства
		Сфера услуг
		Сфера программирования
	Повседневное	Хранение информации
		Поиск информации
		Создание информации
Социализация	Профессиональное	Электронный документооборот
		Мессенджеры
		Социальные сети
	Повседневное	Мессенджеры
		Социальные сети

Конкретное сочетание функции, формы и варианта применения актуализируют различные содержательные аспекты грамотности в технологическом контексте: оперативный (управление языковой и технической системами), культурный (использование текстов и технологий для достижения поставленных целей), критический (возможность оценивать и изменять технологические ресурсы и социальные практики).

Как профессиональная, так и повседневная деятельность большинства современных людей встроена в социотехническую систему. Профессиональная специализация людей направлена на создание совместных материальных и социальных ценностей. Когнитивные посредники в данном случае – это экспертные системы, программы автоматизации, программные платформы для встречи продавца и покупателя. По данным отчета Omdia, количество устройств Интернета вещей с поддержкой технологии ESIM (встроенная Сим-карта) превысило 1 млрд К 2030 году число таких устройств превысит 3,6 млрд [5]. Учитывая, что решения такими системами принимаются на основании большого объема данных и метаданных, проанализировать и осмыслить которые в имеющийся период времени человек не в состоянии, возникает вопрос о функциях человека в профессиональной деятельности мира смарт-технологий и искусственного интеллекта. Собственно,

ответ на этот вопрос и определяет наполненность новой грамотности. Оперативный аспект грамотности в данном случае предполагает освоение терминологического аппарата, обеспечивающего корректное использование технологии, а также коммуникацию внутри профессиональной группы и профессиональных компетенций для непосредственного использования технической системы. Культурный аспект применения смарт-технологий в качестве когнитивного помощника в профессиональном формате – это способность взаимодействовать между культурами, дисциплинами, социальными системами, обеспечивающее продуктивную совместную деятельность с коллегами, понимание проблем потребителя. Когнитивные помощники взаимодействуют с моделью мира, моделью пользователя. Соответственно, принципиальным становится вопрос формирования корректной модели мира и модели человека. Значит помимо технических компетенций, профессиональной применение особенно в контексте разработки, предполагает актуализацию фундаментальных гуманитарных, связанных с пониманием образа человека и его функций в социальной, экономической, политической, духовной сферах. Именно образ человека и его места в мире будет определять ориентиры когнитивных посредников, а, соответственно, и людей, их использующих. Критический аспект – способность изучать и понимать данные, представленные в различных формах – таблицах, графиках, диаграммах; а также понимать корректность и обоснованность представленных данных, умение искать и сортировать, в том числе, по критерию, истинности необходимую информацию.

Некоторые инженеры предполагают, что к 2055 году у каждого человека будет около 100 когнитивных помощников, активно используемых в том числе и в повседневной жизни [6], что приведет к увеличению интеллектуального потенциала как наименее способных, так и наиболее способных членов различных социальных групп. Технологии, социальные структуры и знания – элементы, сочетание которых этому способствует. Оперативный аспект грамотности при повседневном использовании когнитивных помощников обращает наше внимание на эргономичность устройства и дружественность интерфейса, что определяет интуитивное использование технологи, либо наличие очень простой и лаконичной инструкции, что сводит к минимуму время изучения инструкции по использованию. Настроенность поисковой системы позволяет создавать запрос без его конкретизации, ориентируясь на подсказки с ее стороны, представленные как в форме текста, так и в форме изображения или видео. Таким образом, данный аспект новой грамотности проявляется в нивелировании технической и языковой составляющих, поскольку не предполагает, что субъект активно формирует или коммуницирует по поводу текстовых значений и инструментов, их представляющих или генерирующих и может быть обозначена как техническая и языковая неграмотность.

Культурный аспект грамотности повседневного применения когнитивных помощников полагает освоение субъектом смыслов, значений, сленга соответствующей группы, паблика или сообщества. В некоторых исследованиях данное явление носит название медиаграмотность. Уже в 30-е годы XX века в контексте распространения кино [7] и влияния массовых медиа на повседневную жизнь человека [8]. Смарт-технологии и искусственный интеллект актуализируют медиаграмотность в контексте активного упрощенного доступа людей к Интернет-среде и проявляющихся в этой связи, противоположных тенденциях: генерации информации и сегрегации в социальных сетях. Развитие технологий искусственного интеллекта и все более упрощенного доступа к различным генеративным нейросетям увеличивает объем информации, квалифицировать который на предмет истинности-ложности обычному человеку становится невозможно, что отсылает к глобальному сомнению по поводу представляемой информации (часто вне зависимости от ее источника). Кроме того, увеличение информационных сообщений, попадающих во внимание отдельного человека из различных мессенджеров, социальных сетей, медиа часто приводит к стремлению сократить разнообразие информации, попадающей в поле зрения. В качестве результата можно наблюдать участие человека только в тех сообществах, которые поддерживают и усиливают созданную им модель мира. Новым аспектом медиаграмотности является знание инструментов, при помощи которых настраивается лента: лайк, дизлайк, репост, фрэндинг, подписка, бан-лист и осознанное их применение.

Критический аспект грамотности повседневного применения когнитивных помощников актуализирует как вопрос использования алгоритмов веб-персонализации, так и часто используемые применимо к современности характеристики современности: пост-правда, культура отмены, пост-этика. В соответствии с определением, ситуация постправды – это ситуация, в которой эмоциональная реакция на события важнее нежели факты, составляющие суть данного события [9]. Создаваемый масс-медиа контент может полностью не соответствовать происходящим в реальности событиям и, что не

менее важно, конечный потребитель не может различить фактичность и создаваемую виртуальность. Если до определенного времени можно было посредством сравнения источников с различными интерпретациями, определить основные черты представляемого события, то в современном мире становится невозможным определить даже наличие события в действительности. При сподручности и ежеминутной доступности различных когнитивных помощников, постправда становится результатом информационной среды, создаваемой как ответ на запрос коммуницирующих сторон. Факты в такой среде игнорируются, поскольку также являются объектом потребления и определяются эмоциональным настроем потребителя. Тем ярче проявляется этот аспект, чем большее количество людей осознают принципиальную непроверяемость фактов, представленных в медийном пространстве, заменяя категории «истина/ ложь» на категории «интересно/ не интересно». Обратная сторона указанного процесса – культура отмены, которая проявляется в изоляции человека, организации, события посредством различных цифровых возможностей. Чаще всего это проявляется в трех формах – прекращение контрактов с медийной личностью, удаление аккаунтов в социальных сетях или переписывание истории, устранении материальных объектов. В российском дискурсе для обозначения данного явления часто используют термин «новая этика», акцентируя внимание на нормативности группы. До предела доведенная идея постмодернизма о деконструкции метадискурса приводит к формированию нормативности группы, несоблюдение которой воспринимается как оскорбление и агрессия. Формируется множество этических и эстетических норм относительно одного и того же объекта, но нивелируется идея плюралистичности, что приводит к выраженной ультимативности и редукции любого дискурса до моральных аспектов. В такой ситуации критическая компонента грамотности предполагает обращение к философской герменевтике Г.-Г. Гадамера, а именно, к идее анализа структуры опыта интерпретации в контексте осмысления, скрытого в нем предпонимания. Гадамер вводит постулат языкового характера понимания, посредством которого выстраивается человеческое существование. Для Гадамера миря является таковым только потому, что раскрывает себя через язык, в то же время бытие языка означает, что через него выражается мир. Диалог, таким образом, становится пространством, в котором совершается понимание, трансформирующее участников процессов. Но «опыт истины» открывается только в эстетическом опыте – в процессе взаимодействия человека с произведением искусства [10]. Представляется важной идея Г.-Г. Гадамера о том, что произведение искусства интерпретируется им не как объект, а как зеркало, посредством которого человек осознает установки своего жизненного мира, открытие для самого себя своих собственных оснований. Кроме того, эстетический опыт – это еще и опыт познания объекта, который раскрывается в процессе познания. Результатом такого взаимодействия объекта искусства и человека становится трансформация субъекта, а также осознание своих предрассудков как неотъемлемой составляющей процесса понимания.

Когнитивные помощники – это также часто объекты, создаваемые вне контекста утилитарного и прагматического. Основная форма их существования – представленность человека в мире. Процесс создания когнитивных помощников позволяет проявить некие качества созидательной деятельности, непосредственно не связанные с удовлетворением физиологических потребностей. Наполнение информацией, конечно, часто находится в области профессиональной деятельности, но уже имеющие творческий и/ или интеллектуальный характер. Применение когнитивных помощников выводит человека в пространство непрерывного диалога. Тогда критический аспект новой грамотности, возникающей в процессе подобного диалога, может быть представлен следующими составляющими: осознание как своих собственных, так и автора текста, социальных ориентиров, идеологических установок, системы ценностей; осознанная трансформация существующей модели мира в результате взаимодействия с когнитивными помощниками.

Смарт-технологии в контексте аспекта грамотности обращают внимание на социальность бытия человека и необходимость взаимодействия в мире. Смарт-технологии и искусственный интеллект, с одной стороны вытесняют человека из традиционных практик и способов присутствия в мире, с другой стороны, создают новые социальные практики, форматы присутствия и взаимодействия как в профессиональном, так и в повседневном аспектах. Существующие в современном мире способы взаимодействия предполагают не только освоение традиционных социальных ролей и правил взаимодействия, но и возникающих в процессе технологического развития социальных практик. Термин “социальная практика» появляется в работах П. Бурдье, который проблематизирует способность субъекта проверять свое поведение на соответствие существующим представлениям об окружающем его мире [11]. Социальная практика - способность человека преобразовывать мир в соответствии с социальным идеалом, который он формирует. Это проявляется как в глобальных

действиях, так и в ежедневных. Принципиальное отличие - целесообразное проектирование будущего в первом варианте и рутинные - во втором. Но и то, и другое работает на реализацию поставленной цели, требующей от человека усилий для ее воплощения. Необходимо отметить, что для поясняя термин "социальная практика", Бурдье вводит новое понятие «габитус». Габитус - принципы деятельности, которые создают новые практики и имеют социальное происхождение и часто не осознаются индивидом. Понятие «габитус» было введено с целью устранить противоречие между социальными структурами и личными практиками индивида. Бессознательное воспроизводство индивидом социальных институтов позволяет воспроизводить социальные практики в будущем.

В свете сказанного выше, новая грамотность как социальная практика включает следующие аспекты: формальный, содержательный и социальный. Формальный аспект предполагает владение навыком применения соответствующих средств, необходимых для освоения или представления определенной информации; содержательный аспект – понимание смысла изучаемой информации в пассивном варианте и способность созидания смысла в активном варианте; социальный аспект – осмысление контекста и цели соответствующей деятельности. В таком случае, социальные практики усложняются не только включенностью технических навыков, необходимых для реализации процесса социализации, но и непрерывным появлением (соответственно, и освоением) новых социальных ролей, способов создания и передачи информации в процессе взаимодействия.

На наш взгляд, целесообразно говорить не столько о появлении новых, сколько о трансформации качества уже сложившихся социальных практик и формирование нового социального порядка, суть которого – погруженность смарт-технологий буквально во все сферы социальности. Это означает, что все формы и уровни взаимодействия групп людей реализуются в большинстве случаем через посредника в виде технического объекта. Кроме того, коммуникация как необходимое условие социализации приобретает такое качество как интерактивность. Если до сих пор предполагалось, что субъект относительно пассивно осваивает предложенные ему социумом правила поведения и социальные роли, то под воздействием смарт-технологий обе стороны социализации изменяют привычные действия и модели поведения. Например, стираются границы между профессиональными и повседневными социальными практиками. Использование мессенджеров и социальных сетей, изначально нацеленных на повседневное применение, на сегодня является неотъемлемой составляющей многих профессиональных сфер. Их активное применение продлевает рабочий день до периода бодрствования и формирует идею быстрого реагирования на поставленную задачу, что значительно сокращает сроки планирования и выполнения задач, а также частично нивелирует идею качества в пользу реактивности, эстетичности и технологичности оформления, актуализируя, таким образом, казалось бы, устаревшие аспекты традиционной грамотности – профессиональные знания, последовательное планирование, системный подход к решаемой задаче. Указанные аспекты требуют дальнейшего изучения традиционных типов социальных практик с выявлением специфики их представленности в современной реальности.

Результаты

Проблематика новой грамотности актуализируется в контексте следующих аспектов современности: применение смарт-технологий и искусственного интеллекта как в профессиональной среде, так и в повседневности; необходимость формирования навыков, которые позволят поддерживать статус эффективного члена общества на протяжении жизни; формирование новой модели мира. Формы использования и функции смарт-технологий позволяют определить некоторые концептуальные аспекты новой грамотности. Профессиональное применение поднимает новый вопрос формирования корректной модели мира, модели человека и функций человека в мире смарт-технологий и искусственного интеллекта. Оперативный и критический аспекты могут быть представлены как реализация уже существующего подхода к грамотности, а именно, владение знаниями и навыками, соответствующими области деятельности.

Повседневное применение технологий актуализирует совершенно новые компоненты грамотности, которыми в идеале, должен обладать каждый человек. Культурный аспект обращает внимание на осознанное применение инструментов (оперативного аспекта), при помощи которых настраивается лента: лайк, дизлайк, репост, фрэндинг, подписка, бан-лист и значительно усложняется в ситуации культуры отмены, пост-правды и пост-этики, что формирует критический аспект - необходимость осознания социальных ориентиров, идеологических установок, системы ценностей как своих собственных, так и изучаемого текста, а также возможность осознанной трансформации существующей модели мира в результате взаимодействия с когнитивными помощниками.

Грамотность как социальная практика определяется становящимся социальным порядком, в котором большинство взаимодействия осуществляется посредством смарт-технологий. На данном этапе исследования интерактивность социализации определена как ее необходимая характеристика, актуализирующая такие аспекты традиционной грамотности – профессиональные знания, последовательное планирование, системный подход к решаемой задаче.

Заключение

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-28-00316, https://rscf.ru/project/24-28-00316/

Список использованных источников

1. Why we must bridge the skills gap to harness the power of AI // World economic forum –2024: сайт. – URL: https://www.weforum.org/agenda/2024/01/to-truly-harness-ai-we-must-close-the-ai-skills-gap/
2. Colin Lankshear and Michele Knobel New Literacies Third edition. – Open University Press. – 2011. – P. 14–15.
3. Универсальные компетентности и новая грамотность: от лозунгов к реальности/ под ред. М.С. Добряковой, И.Д. Фрумина. – Москва: Изд. Дом Высшей школы экономики. – 2020. – 472 с.
4. ГОСТ Р 59277-2020 НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ. Системы искусственного интеллекта. Классификация систем искусственного интеллекта. Artificial intelligence systems. Classification of artificial intelligence systems. – ОКС 35.020 Дата введения 2021-03-01
5. https://omdia.tech.informa.com/pr/2024/feb/new-omdia-research-shows-esim-installed-base-in-iot-to-top-3-point-6-billion-by-2030 (дата обращения: 03.03.2024).
6. Augmented Intelligence. Smart Systems and the Future of Work and Learning. Edited by Daniel Araya. - Description: New York: Peter Lang. – 2018. – P. 42
7. Carlsson U. Media and Information Literacy (MIL) in the Digital Age. A Question of Democracy. – Printed in Sweden by Ale Tryckteam, Bohus. – 2019. – 271 p.
8. Маклюэн М. Понимание медиа: Внешние расширения человека. – Из-во: Кучково поле. –2023. – 464 С.
9. Colins Dictionary // URL: https://www.collinsdictionary.com/dictionary/english/post-truth (дата обращения: 06.03.2024).
10. Гадамер Г.-Г. Актуальность прекрасного. – М.: Искусство. – 1991. – 368 с.
11. Бурдье П. Практический смысл. – СПб.: Алетейя. 2001. – 562 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ГРАФОВЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ С МЕХАНИЗМОМ ВНИМАНИЯ ДЛЯ СЕМАНТИЧЕСКОЙ СЕГМЕНТАЦИИ ОБЛАКОВ ТОЧЕК

Кадыров Р. А.
Томский политехнический университет, ИШИТР,
8ВМ22, e-mail: rak32@tpu.ru

Аннотация

В данной работе приводится обзор передовых моделей нейронных сетей для анализа облаков точек. Предложена новая архитектура модели нейронной сети с применением механизма внимания для анализа облаков точек в рамках задачи семантической сегментации. Разработанная модель протестирована на соответствующем задаче наборе данных.

Ключевые слова: Облака точек, нейронные сети, графовые модели, механизм внимания.

Введение

Современные технологии в области компьютерного зрения и машинного обучения становятся ключевыми элементами в решении сложных задач визуального анализа сцен, таких как классификация объектов на сцене и сегментация отдельных объектов сцены.

Облака точек представляют собой многомерный источник информации, получаемый с лазерных датчиков, таких как LIDAR [1], позволяющий расширить возможности для восприятия окружающей среды при помощи компьютерного зрения.

Алгоритмы обработки облаков точек находят применение в различных областях. Например, в архитектуре [2] и градостроительстве они используются для создания точных 3D-моделей зданий и ландшафтов. С увеличением получаемого объема данных, возникает потребность в эффективном и быстром анализе.

Семантическая сегментация представляет собой актуальное направление в исследованиях компьютерного зрения. В контексте уличных сцен, где разнообразие объектов и их взаимодействие являются сложными задачами для традиционных методов, применение машинного обучения становится неотъемлемым инструментом для достижения точных и эффективных результатов.

Одним из способов обработки объектов, представленных в виде облаков точек является их преобразование в графовую структуру. Активное применение моделей машинного обучения для обработки графовых структур ведется с 2009 года [3, 4, 5, 6]. Появились модели, взаимодействующие с облаками точек как с графами, позволяя использовать расстояние между отдельными точками как важный признак [7, 8], что подтверждает актуальность разработки эффективного способа обработки облаков точек на основе графовых структур.

Целью данной работы является развитие идеи применения графовых нейронных сетей для сегментации облаков точек. В частности, улучшение современных моделей при помощи адаптированного механизма внимания.

Постановка задачи и выбор моделей

С развитием моделей, основанных на сверточных слоях [9] появился большой интерес в том, чтобы адаптировать эти методы для геометрических данных. Однако геометрические данные, в частности, облака точек имеют сильно отличающуюся от изображений структуру, поэтому первые работы в этой области предпринимали попытки как-то структурировать геометрические данные [10]. Впрочем, с развитием глубоких нейронных сетей была разработана модель PointNet [11], открывшая область геометрических глубоких нейронных сетей.

Механизм внимания, впервые примененный в графовых моделях, был представлен в работе авторов Petar Veličković et al., представивших модель Graph Attention Network (GAT) [12]. Схема работы механизма внимания в графовых моделях может быть представлена в виде следующего алгоритма:

1. На входе мы имеем наборы признаков всех вершин графа (формула 1).

$$h = \{\vec{h}_1, \vec{h}_1, \dots, \vec{h}_N\} \quad (1)$$

2. Далее идет обучаемое линейное преобразование в виде однослойного персептрона без функции активации, представленного в виде матрицы весов W. Признаки вершин умножаются на эту весовую матрицу

3. Получившиеся представления конкатенируются и перемножаются с вектором весов “a”, чтобы получить коэффициенты внимания (формула 2).

$$e_{ij} = a(W\vec{h}_i, W\vec{h}_j) \tag{2}$$

Вектор весов “a” представляет собой однослойный персептрон с функцией активации LeakyReLU на выходе.

4. Чтобы сравнить показатели внимания между вершинами, полученные коэффициенты нужно нормализовать. И, чтобы определить, какой узел важнее для какого узла требуется привести коэффициенты к одинаковому масштабу. Для этого на коэффициенты внимания применяется функция активации Softmax.

Для улучшения результатов применяется не один такой механизм, а множественные “головы внимания”. Другими словами, совокупность “механизмов внимания” с разными параметрами, работающие параллельно [13]. Такой механизм позволяет распределить внимание на разных признаках, при этом каждая отдельная “голова внимания” фокусируется на чем-то своем и тем самым расширяется захватываемый моделью контекст признаков.

В свою очередь, для задачи сегментации и классификации облаков точек существует модель, которая способна осуществлять преобразование облаков точек в граф для осуществления обобщения информации на основе графовой свертки – Dynamic Graph Convolutional Network (DGCNN) [7].

В этой работе рассматривается развитие этой модели - Linked Dynamic Graph Convolutional Network (LDGCNN) [8]. Отличие этой модели состоит в том, что авторы соединили признаки с разных слоев с признаками последующих слоев. Архитектура модели представлена на рис. 1.

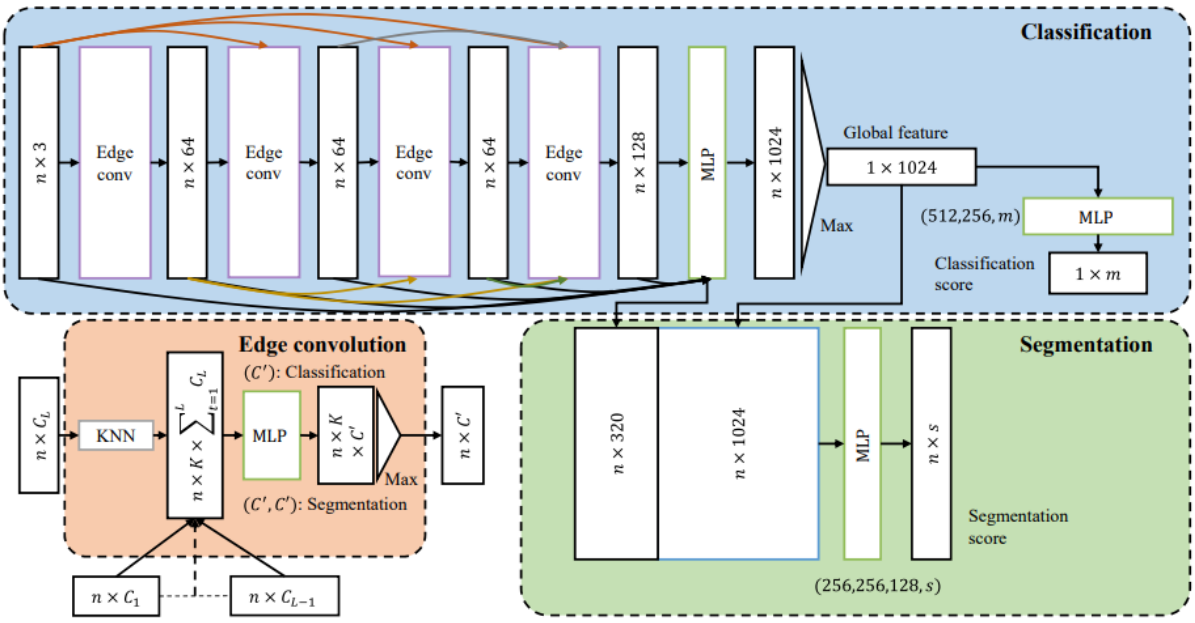


Рис. 1. Архитектура модели LDGCNN

Отличительными особенностями этих моделей является динамическое построение графов. Описанный ниже процесс происходит на каждом сверточном слое (EdgeConv):

1. Для каждой точки строится граф путем соединения ближайших точек и признаков с других слоев, при помощи метода к-ближайших соседей. Все ноды также имеют направленные грани, указывающие на эти ноды (self-loop edges).

2. Далее для каждой построенной грани высчитываются признаки (путем применения нелинейной функции с обучаемыми параметрами).

3. Применяется “свертка по граням”. Эта операция агрегирует признаки с прилегающих граней путем сложения или взятия максимума и обновляет признаковое пространство вершины.

Благодаря обновлению признакового пространства каждой точки, с каждым последующим слоем ближайшими соседями к каждой точке оказываются наиболее “осмысленные” точки, то есть более подходящие структурно.

Рассчитанные признаки далее могут использоваться как для предсказания класса облака точек, так и для сегментации облака точек на разные классы.

Архитектура LDGCNN использованием механизма внимания

Основное нововведение состоит в замене обычной графовой свертки на графовую свертку с использованием “механизма внимания” (рис. 2), описанную выше. Таким образом, это должно улучшить обобщающую способность модели за счет возможности выделять наиболее важные признаки.

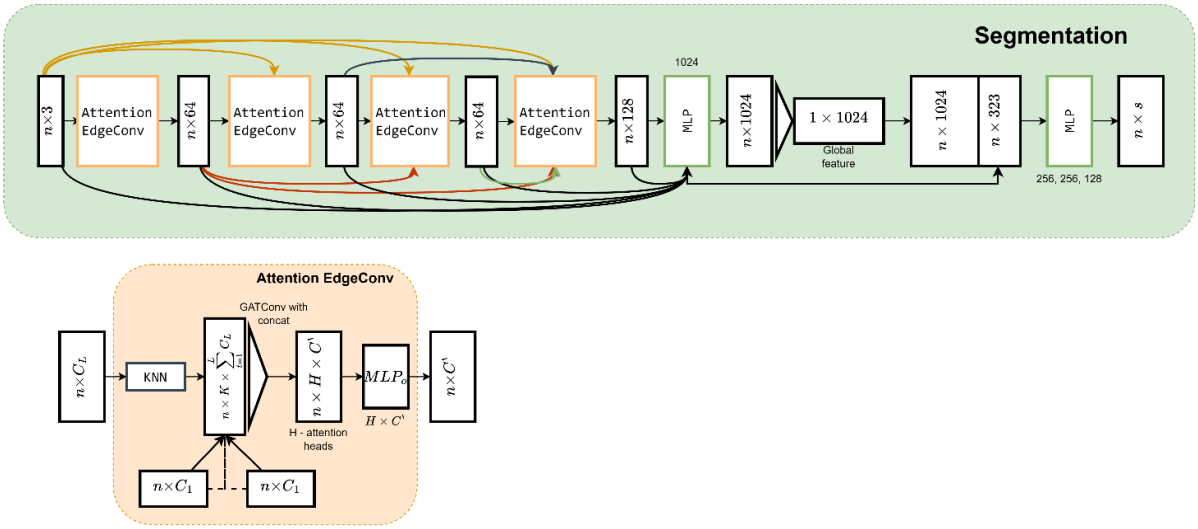


Рис. 2. Архитектура модели LDGCNN с использованием механизма внимания

Как уже говорилось, основное изменение заключается в замене механизма графовой свертки, поэтому сконцентрируемся на нем. Механизм работы следующий.

Также, используя алгоритм К-ближайших соседей, из облака точек формируется граф. Выходом графовой свертки с механизмом внимания является количество выходных признаков, умноженное на количество «голов внимания», используемых в механизме внимания. Для агрегации результатов с каждой «головы внимания» используется однослойный персептрон. Таким образом, на выходе такой свертки будет аналогичный со входным набор данных с обновленным набором признаков для каждой точки из облака точек.

Выбор набора данных

Для апробации разработанной модели в задаче сегментации был выбран набор данных «Large-scale 3D shape reconstruction and segmentation from shapenet core55» [14], являющийся сокращенным вариантом набора данных – ShapeNetCore [15]. Он содержит облака точек различных объектов с разметкой в виде сегментации отдельных частей объектов.

Набор данных содержит 16881 облаков точек как с 16 глобальными категориями (самолет, стул, стол и т.п.), так и от 2 до 6 категорий частей объектов для задачи сегментации. Разделение производилось на обучающую и валидационную выборки размерами 14007 и 2874, соответственно. Примеры объектов из набора данных приведены на рис. 3.

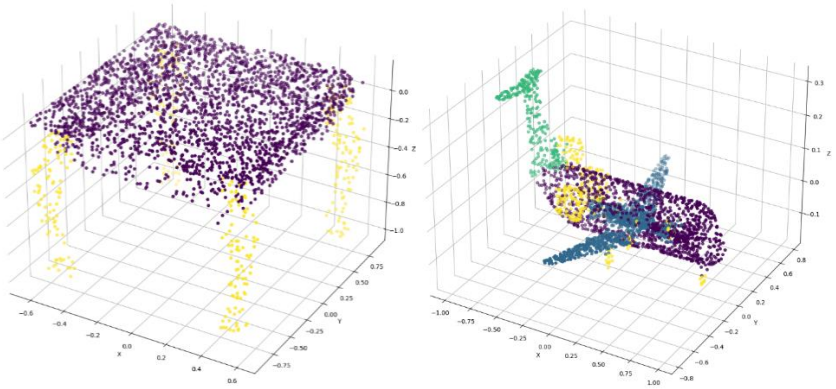


Рис. 3. Примеры облаков точек из использованного набора данных (слева – стол, справа – самолет)

Описание измеряемых метрик

Для оценки результатов использовались описанные ниже метрики.

Точность – количество точек, правильно отнесенных к классу, к количеству точек этого класса

Метрика «Intersection over Union», также известная как Jaccard index, — число от 0 до 1, показывающее, насколько у двух объектов (эталонного - ground true и измеряемого) совпадает внутренний «объем» [16].

Формально, для двух непустых множеств A и B, функция IoU определяется как показано в формуле 3.

$$IoU(A,B) = \frac{|A \cap B|}{|A \cup B|} \tag{3}$$

В качестве функции потерь использовалась «Negative Log-Likelihood Loss» (NLL loss). Она используется для оценки различий между распределением вероятностей, предсказанным моделью, и фактическими метками данных.

В ее основе – функция логарифмического правдоподобия (Log-Likelihood), она вычисляет логарифм вероятности предсказанного класса для каждого примера данных. Например, для бинарной классификации такая функция будет выглядеть как показано в формуле 4.

$$LL = \sum_{i=1}^{N} y_i \log(p_i) + (1 - y_i)\log(1 - p_i)\,, \tag{4}$$

где N - количество примеров данных,

yi - фактическая метка класса для i-го примера,

pi – предсказанная вероятность принадлежности i-го примера к классу.

Соответственно, так как это функция правдоподобия, то она должна максимизироваться для достижения требуемого результата. Но если взять отрицательный логарифм, то потребуется минимизировать функцию и получится формула 5.

$$NLL = -\sum_{i=1}^{N} y_i \log(p_i) + (1 - y_i)\log(1 - p_i) \tag{5}$$

Для сравнения тестировалась реализация модели LDGCNN и ее модифицированная версия с использованием внимания, реализованные средствами PyTorch Geometric [17].

Конфигурации процесса обучения приведены в таблице 1.

Таблица 2

Конфигурации моделей

	LDGCNN	LDGCNN с использованием механизма внимания
Кол-во эпох	50	50
Размер батча		
Тип функции оптимизации	Adam	Adam
Скорость обучения	0.0001	0.0001

Тип функции потерь	negative log likelihood loss	negative log likelihood loss
Кол-во соседних точек для объединения в граф	20	20
Функция агрегации	Max	-
Кол-во голов внимания	-	4

Таким образом, были получены следующие результаты (таблица 2 и рис. 4).

Таблица 3

Результаты обучения

Название метрики	LDGCNN	LDGCNN с использованием механизма внимания
Точность	**0.853**	0.797
IoU	**0.678**	0.636
Значение функции потерь	**0.548**	0.638

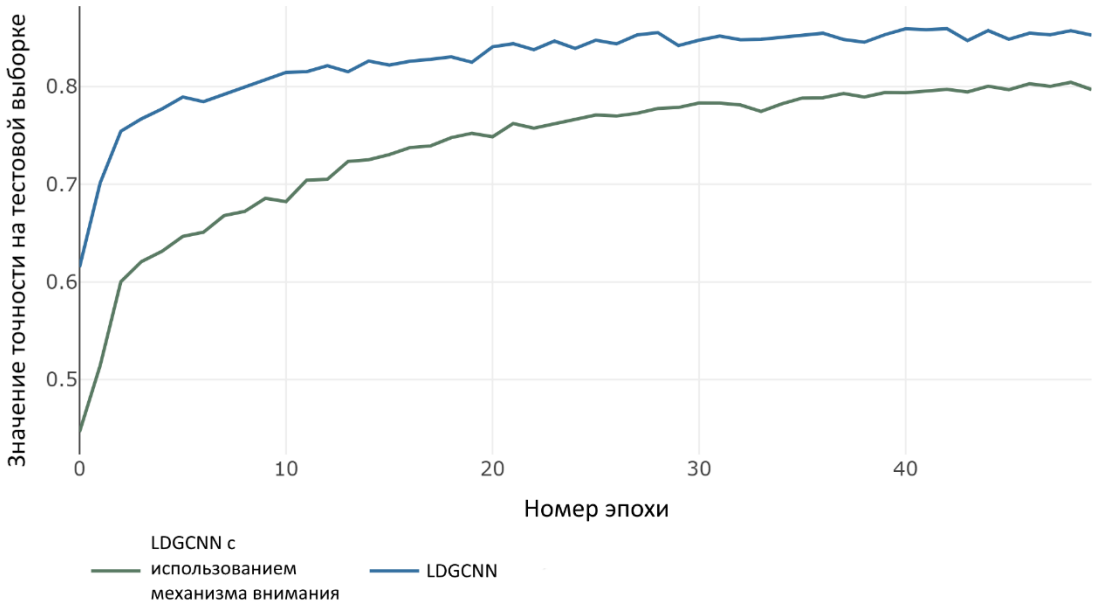


Рис. 4. График изменения точности обученных моделей от эпохи обучения

По результатам можно увидеть, что разработанная модель достаточно близка по основным метрикам к использованной в качестве базы модели LDGCNN, что, в целом, говорит о работоспособности и потенциале модели. Представленные результаты являются промежуточными и далее планируется предпринять шаги по улучшению метрик и скорости работы модели, а также исследовать влияние аугментации данных на качество предсказания.

Заключение

В результате научно-исследовательской работы была предпринята попытка внедрения механизма внимания в модель сегментации облаков точек. Полученная модель была обучена на подготовленном наборе данных и было произведено сравнение основных метрик с моделью, взятой в качестве основы. Таким образом удалось достичь близких метрик, и следующими шагами планируется улучшить результаты работы модели для повышения метрик.

Список использованных источников

1. Лидар // Википедия: сайт. – URL: ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%B8%D0%B4%D0%B0%D1%80 (дата обращения: 23.03.2024)
2. Облако точек. Как мы развиваем цифровые технологии в строительстве // Habr: сайт. – 2019. – URL: https://habr.com/ru/companies/jetinfosystems/articles/464593/ (дата обращения: 23.03.2024).
3. Franco S. The Graph Neural Network Model // IEEE Transactions on Neural Networks. – 2009. – Vol. 20. – №. 1. – P. 61-80.
4. Thomas N. Kipf Semi-Supervised Classification with Graph Convolutional Networks / Thomas N. Kipf, Max Welling // ArXiv. – 2016. – 1609.02907v4.
5. Графовые нейронные сети // ИМТО: сайт. – 2022. – URL: https://neerc.ifmo.ru/wiki/index.php?title=Графовые_нейронные_сети (дата обращения: 23.03.2024).
6. Графовые нейронные сети // Школа Анализа данных: сайт. – URL: https://education.yandex.ru/handbook/ml/article/grafovye-nejronnye-seti (дата обращения: 23.03.2024).
7. Yue Wang Dynamic Graph CNN for Learning on Point Clouds / Y. Wang, Y. Sun, Z. Liu, S.E. Sarma, M.M. Bronstein, J. M. Solomon \ ArXiv. – 2019. – 1801.07829.
8. Kuangen Zhang Linked Dynamic Graph CNN: Learning on Point Cloud via Linking Hierarchical Features / K. Zhang, M. Hao, J. Wang, C.W. de Silva, C. Fu / ArXiv. – 2019. – P. 1904.10014.
9. Krizhevsky A. ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks // Communications of the ACM. – 2017. – Vol. 60. – № 6 – P. 84– 90.
10. R. Qi C. Frustum PointNets for 3D Object Detection from RGB-D Data / Charles R. Qi, Wei Liu, Chenxia Wu, Hao Su, Leonidas J. Guibas / ArXiv. – 2018. – 1711.08488.
11. R. Qi, C. PointNet: Deep Learning on Point Sets for 3D Classification and Segmentation / Charles R. Qi, Hao Su, Kaichun Mo, Leonidas J. Guibas / ArXiv. – 2017. – 1612.00593.
12. Petar Velickovi˘c. Graph attention networks / P. Velickovi˘c, G. Cucurul, A. Casanova, A. Romero, P. Lio, Y. Bengio // ArXiv. – 2018. – 1710.10903.
13. Vaswani A. Attention Is All You Need / Ashish V., Noam S., Niki P., Jakob U., Llion J., Aidan N. G., Lukasz K., Illia P. / ArXiv. – 2017. – 1706.03762.
14. Large-scale 3D shape reconstruction and segmentation from shapenet core55 / ShapeNet: сайт. – 2017. – URL: https://shapenet.cs.stanford.edu/iccv17/ (дата обращения: 23.03.2024)
15. ShapeNetCore // Papers With Code: сайт. – URL: https://paperswithcode.com/dataset/shapenetcore (дата обращения: 23.03.2024).
16. Intersection over Union (IoU) for object detection // pyimagesearch: сайт. – 2016. URL: https://pyimagesearch.com/2016/11/07/intersection-over-union-iou-for-object-detection/ (дата обращения: 23.03.2024)
17. PyG Documentation // Pytorch Geometric: сайт. – URL: https://pytorch-geometric.readthedocs.io/en/latest/ (дата обращения: 23.03.2024).

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СОВРЕМЕННЫХ АЛГОРИТМОВ ИНТЕРВАЛЬНОГО ПОВТОРЕНИЯ

Харитонов Д.С.[1], Сологуб Г.Б.[2]
[1]Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), М8О-205М-22, e-mail: danielkharitonov48@gmail.com
[2]Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), кандидат физико-математических наук, доцент кафедры, e-mail: glebsologub@ya.ru

Аннотация

В этой статье оценивается эффективность алгоритмов интервального повторения при прогнозировании сохранения в памяти для систем просмотра карточек. Используя набор данных пользователей Anki, различные модели сравниваются на основе логарифмической потери и RMSE. Результаты подчеркивают эффективность FSRS-4.5 и ограничения SM-2 и HLR.

Ключевые слова: алгоритмы интервального повторения, сохранение в памяти, сравнительное исследование, набор данных Anki, оценка производительности.

Введение

Актуальность этой работы заключается в ее прямом влиянии на образовательную практику и более широкую область когнитивной науки. Алгоритмы интервального повторения являются ключевыми инструментами в современных системах обучения, предлагающими систематический подход к улучшению памяти. Путем тщательной оценки производительности этих алгоритмов с использованием реальных данных пользователей Anki это исследование дает неоценимую информацию об их эффективности и надежности. Улучшение понимания алгоритмических характеристик не только способствует разработке более эффективных систем интервального повторения, но и улучшает общий опыт обучения для студентов и тех, кто учится на протяжении всей жизни. Кроме того, поскольку спрос на персонализированные и адаптивные решения для обучения продолжает расти, результаты этого исследования имеют важное значение для разработчиков образовательных технологий, разработчиков учебных программ и преподавателей, которые ищут научно обоснованные стратегии для оптимизации сохранения памяти и приобретения знаний. Хотя существующая литература по алгоритмам интервального повторения предлагает подробные описания различных моделей, методологий и лежащих в их основе принципов, заметный пробел заключается в отсутствии всесторонних сравнений между передовыми моделями. Отдельные исследования могут углубляться в тонкости конкретных алгоритмов, таких как FSRS, SuperMemo или DASH, но отсутствует систематическая оценка, которая напрямую сравнивала бы их производительность друг с другом. Этот недостаток сравнительного анализа препятствует возможности определить относительные сильные и слабые стороны различных подходов, ограничивая развитие этой области. Настоящее исследование стремится заполнить критический пробел в литературе, предоставляя строгую оценку множества алгоритмов, включая как традиционные методы машинного обучения, так и современные архитектуры нейронных сетей. Посредством такого сравнительного анализа исследователи и практики могут получить более глубокое понимание эффективности различных алгоритмов, тем самым способствуя принятию обоснованных решений и способствуя инновациям в области систем интервального повторения.

Набор данных

Набор данных для тестирования получен от 20 тысяч человек, которые используют Anki, приложение для карточек. Всего этот набор данных содержит информацию примерно о 1,5 миллиардах обзоров карточек. Данный набор данных был предоставлен мне Дэмиеном Элмсом, главным разработчиком Anki. Данные были представлены в виде файлов в формате revlog, используемом в приложении Anki. Для тестирования файлы были переведены в формат csv.

Разделение данных

В тестирования был использован инструмент TimeSeriesSplit, компонент библиотеки sklearn, известной своим применением в задачах машинного обучения. TimeSeriesSplit облегчает сегментацию данных на основе временных соображений: старые обзоры предназначены для обучения, а новые

обзоры зарезервированы для целей тестирования. Такое разделение обеспечивает целостность нашего процесса оценки, предотвращая случайное раскрытие алгоритму будущей информации. Используя прошлые учебные сессии для прогнозирования будущих, TimeSeriesSplit полностью соответствует целям нашего теста, обеспечивая надежную оценку производительности алгоритмов разнесенного повторения. Примечательно, что TimeSeriesSplit исключает первую часть из оценки, поскольку этот сегмент используется исключительно в целях обучения.

Метрики

В тестировании используется два различных показателя для всесторонней оценки производительности алгоритмов интервального повторения: логарифмическую потерю и индивидуальную среднеквадратическую ошибку (RMSE), известную как RMSE (bins).

Логарифмическая потеря, также называемая бинарной кросс-энтропией, является широко используемой метрикой, прежде всего в сценариях бинарной классификации. Она служит надежной мерой несоответствия между прогнозируемой вероятностью отзыва и фактическими результатами проверки (либо 1, либо 0). При количественной оценке точности алгоритмических приближений к истинным вероятностям отзыва логарифмическая потеря становится ключевым показателем для оценки эффективности модели в системах с интервальным повторением.

RMSE (bins) представляет собой новую метрику, разработанную специально для теста. В этом подходе прогнозы и результаты проверок организованы в отдельные ячейки, классифицированные на основе длины интервала, количества проверок и количества ошибок. Внутри каждого интервала вычисляется квадратичное отклонение между средней прогнозируемой вероятностью отзыва и фактической скоростью отзыва. Эти отклонения впоследствии взвешиваются в соответствии с размером выборки в каждом интервале, что завершается вычислением взвешенной среднеквадратической ошибки. RMSE (bins) предлагает более четкое понимание производительности модели в различных диапазонах вероятностей, тем самым обогащая оценочную структуру алгоритмов интервального повторения. Примечательно, что меньшие значения указывают на лучшую производительность по обоим показателям.

Модели

Целью данной работы является только сравнение данных моделей, поэтому подробного описания моделей и их алгоритмов не приводится.

FSRS v3: первая версия алгоритма FSRS, которую люди действительно использовали.

FSRS v4: обновленная версия FSRS, улучшенная с помощью сообщества.

FSRS-4.5: незначительно улучшенная версия, основанная на FSRS v4. Изменена форма кривой забывания. В этот тест также входят FSRS-4.5 с параметрами по умолчанию (которые были получены путем запуска FSRS-4.5 на всех 20 тыс.ячах коллекций) и FSRS-4.5, где оптимизированы только первые 4 параметра (значения начальной стабильности после первой проверки), а остальные установлены по умолчанию [1].

FSRS-rs: порт FSRS-4.5 на Rust.

GRU: тип нейронной сети, который часто используется для прогнозирования на основе последовательности данных. Это классика машинного обучения для задач, связанных со временем.

DASH: Название означает «Сложность», «Способность» и «История обучения». В тесте используется только «Способность» и «История обучения», поскольку часть «Сложность» не применима к набору данных. Также добавлены два других варианта этой модели: DASH[MCM] и DASH[ACT-R] [2].

ACT-R: эта модель включает в себя систему декларативной памяти, основанную на активации [3].

HLR: модель, предложенная Duolingo. Его полное название — Half-Life Regression [4].

SM-2: один из первых алгоритмов, используемых SuperMemo, первой программой интервального повторения. Он был разработан более 30 лет назад и популярен до сих пор [5].

Результаты

Таблица 1

Результаты, взвешенные по количеству просмотров

Алгоритм	Логарифмическая потеря	RMSE (bins)	Число параметров
FSRS-4.5	0.31±0.005	0.050±0.0011	17
FSRS-rs	0.31±0.005	0.052±0.0013	17
FSRS v4	0.32±0.006	0.055±0.0012	17
DASH	0.32±0.005	0.061±0.0010	9
DASH[MCM]	0.33±0.005	0.063±0.0011	9
DASH[ACT-R]	0.33±0.006	0.065±0.0014	5
FSRS v3	0.35±0.007	0.068±0.0017	13
FSRS-4.5 (только предварительная подготовка)	0.35±0.008	0.076±0.0018	4
GRU	0.37±0.007	0.080±0.0016	36
FSRS-4.5 (default parameters)	0.36±0.006	0.086±0.0020	0
ACT-R	0.35±0.006	0.089±0.0021	5
HLR	0.41±0.008	0.106±0.0021	3
SM-2	0.58±0.010	0.156±0.0031	0

Таблица 2

Результаты, взвешенные по ln(количество просмотров)

Алгоритм	Логарифмическая потеря	RMSE (bins)	Число параметров
FSRS-4.5	0.344±0.0031	0.072±0.0008	17
FSRS-rs	0.347±0.0029	0.073±0.0008	17
FSRS v4	0.353±0.0030	0.077±0.0009	17
DASH	0.350±0.0031	0.081±0.0009	9
DASH[MCM]	0.352±0.0024	0.083±0.0010	9
DASH[ACT-R]	0.355±0.0031	0.086±0.0011	5
FSRS v3	0.360±0.0032	0.089±0.0009	13
FSRS-4.5 (только предварительная подготовка)	0.406±0.0033	0.102±0.0013	4
GRU	0.380±0.0025	0.106±0.0010	36
FSRS-4.5 (параметры по умолчанию)	0.431±0.0049	0.107±0.0012	0
ACT-R	0.381±0.0035	0.109±0.0012	5
HLR	0.439±0.0047	0.123±0.0013	3
SM-2	0.68±0.011	0.195±0.0020	0

Средние значения, взвешенные по количеству просмотров карточек, более репрезентативны для «наилучшего случая», когда доступно много данных. Поскольку все алгоритмы работают лучше, когда имеется много данных для обучения, взвешивание по n (просмотрам) смещает среднее значение в сторону меньших значений. Средние значения, взвешенные по натуральному логарифму количества обзоров, более репрезентативны для показателей «среднего случая». На самом деле не у каждого пользователя будут сотни тыс.яч отзывов, поэтому алгоритм не всегда сможет полностью раскрыть свой потенциал.

На рисунке 1 показаны значения p, полученные в результате выполнения критерия знаковых рангов Уилкоксона на RMSE всех пар алгоритмов. Красный цвет означает, что алгоритм строки работает хуже, чем соответствующий алгоритм столбца, а зеленый означает, что алгоритм строки работает лучше, чем соответствующий алгоритм столбца. Верхний ряд зеленый, потому что FSRS-4.5 превосходит все остальные алгоритмы; нижний ряд красный, потому что SM-2 работает хуже, чем любой другой алгоритм. Серый означает, что значение $p > 0{,}01$, и мы не можем сделать вывод, что один алгоритм работает лучше, чем другой.

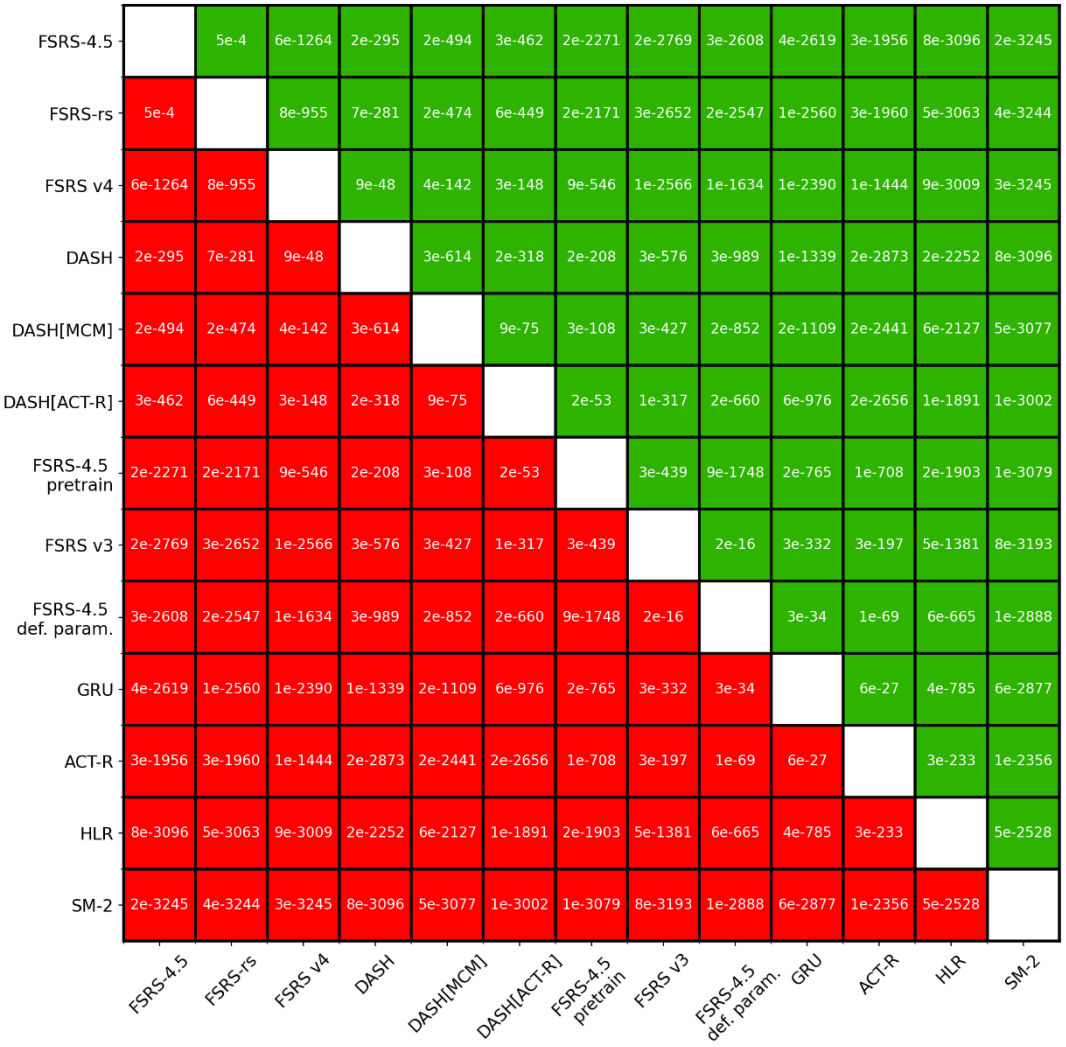


Рис. 1. Критерий знаковых рангов Уилкоксон, значения p

Заключение

Это сравнительное исследование дает ценную информацию о производительности алгоритмов интервального повторения при прогнозировании сохранения в памяти. Благодаря оценке с использованием реальных данных от пользователей Anki мы определили FSRS-4.5 как наиболее эффективный алгоритм, продемонстрировав его эффективность в повышении вероятности восстановления памяти. Кроме того, сравнение таких показателей, как потери журнала и RMSE (bins), позволило провести комплексную оценку алгоритмической точности и возможностей прогнозирования. Включение передовых методов, таких как FSRS и модель DASH, подчеркивает важность использования передовых методологий для оптимизации результатов обучения. В дальнейшем эти результаты будут иметь важное значение для проектирования и развития образовательных технологий.

Список использованных источников

1. The FSRS Algorithm – 2024. – URL: https://github.com/open-spaced-repetition/fsrs4anki/wiki/The-Algorithm
2. Randazzo, Giacomo. Memory Models for Spaced Repetition Systems (Tesi di Laurea Magistrale in Mathematical Engineering - Ingegneria Matematica, Politecnico di Milano). – 2020-21. – C. 31-37.
3. Pavlik, P.I., & Anderson, J.R. Practice and Forgetting Effects on Vocabulary Memory: An Activation-Based Model of the Spacing Effect. Cognitive Science. – 29(4). – 2005. – C. 559–586.
4. Settles B., Meeder B. A Trainable Spaced Repetition Model for Language Learning. In Proceedings of the Association for Computational Linguistics (ACL). – 2016. – C. 1848-1858.
5. Wozniak P.A. «Optimization of learning». Master's Thesis, University of Technology in Poznan. – 1990.

ПОСТРОЕНИЕ КЛАССИФИКАТОРА ИДЕОМОТОРНОЙ АКТИВНОСТИ НА ОСНОВЕ БИСПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА

Новоселов К.И.[1], Бразовский К.С.[2]
[1]Томский политехнический университет, ИШИТР, 8ЕМ21, e-mail: kin2@tpu.ru
[2]Томский политехнический университет, ИШХБМТ, проф., e-mail: mbc@tpu.ru

Аннотация

Системы реабилитации с биологической обратной связью на основе интерфейсов мозг-компьютер для качественной работы требуют точного распознавания идеомоторной активности. Предложен новый метод классификации на основе биспектрального анализа. Пороговый классификатор на основе данного метода позволил распознавать сигнал ЭЭГ с точностью до 70 %.

Ключевые слова: биспектральный анализ, классификация ЭЭГ, расстояние Махаланобиса, интерфейс мозг-компьютер.

Введение

Системы реабилитации с биологической обратной связью на основе интерфейсов мозг-компьютер для качественной работы требуют точного распознавания идеомоторной активности пациента, регистрируемую с помощью ЭЭГ (электроэнцефалографии) в процессе представления им движений частями тела. В настоящее время применение таких систем ограничено по причине сложности технической части и несовершенства программной. Наиболее популярные алгоритмы классификации сигналов ЭЭГ не позволяют добиться высокой точности распознавания [1]. В большинстве случаев они используют линейные методы анализа несмотря на то, что сигнал ЭЭГ по своей природе является нелинейным.

Таким образом, целью работы является поиск вариантов построения классификаторов идеомоторной активности с использованием методов, позволяющих учитывать нелинейность сигнала. В качестве кандидата для рассмотрения был выбран биспектральный анализ, поскольку этот метод направлен на поиск нелинейных взаимосвязей на разных полосах частот.

Материалы и методы

Метод биспектрального анализа направлен на поиск фазовых взаимосвязей в сигнале. Фазовые взаимосвязи выражаются в виде определенного сдвига фаз между частотными компонентами сигнала и указывают на то, что источники такого сигнала работают синхронизовано. В головном мозге в качестве таких источников мы можем рассматривать нейроны или их группы. Ученые отмечают, что планирование и выполнение движений приводит к появлению потенциалов вызванной синхронизации/десинхронизации [2] в головном мозге. Из этого следует, что, анализируя активность мозга пациента во время представления движений, есть вероятность обнаружить определенные паттерны нейрональной активности, связанные с вызванной синхронизацией/десинхронизацией, и биспектральный анализ должен помогать их обнаруживать. Подробнее биспектральный анализ описан в [3]. В работе использовался альтернативный способ расчета биспектральной характеристики [4], позволяющий более строго оценивать фазовые взаимосвязи, уменьшая тем самым влияние артефактов. Согласно этому способу, биспектр рассчитывается как функция от двух частот по формуле (1):

$$B(f_1, f_2) = E\left\langle X(f_2 + f_1)X(f_2 - f_1)X^*(f_2)X^*(f_2)\right\rangle, \quad (1)$$

где

$E\langle\ \rangle$ – оператор математического ожидания;

$X(f)$ – комплексная компонента спектра после преобразования Фурье на частоте *f*;

$X^*(f)$ – комплексно-сопряженное для $X(f)$;

Предложенный алгоритм написан на языке Python. Программа принимает на вход табличные данные сигнала ЭЭГ, записанного по нескольким каналам. В качестве предобработки из всех каналов вычитается значение референсного канала, далее сигнал обрабатывается скользящим окном шириной 1 с со сдвигом 0.0625 с, в рамках которого вычитается среднее и производится нормировка по максимальному значению. Для того, чтобы уменьшить влияние спектральных компонент на частотах вне полосы интереса, применяется синтезированный оконным методом КИХ-фильтр с полосой

пропускания 2-60 Гц и уровнем подавления в полосе заграждения 40 дБ. Далее сигнал проходит через преобразование Фурье, на основании комплексных компонент которого рассчитывается биспектр по формуле (1). Биспектр рассчитывается в течение выполнения пациентом идеомоторного представления (около 4-5 с). При этом биспектр строится для частот 1-30 Гц с шагом 0.5 Гц (см. рис. 1). Данные с рассчитанной биспектральной характеристикой были собраны в отдельный набор и использованы далее для обучения и тестирования классификатора.

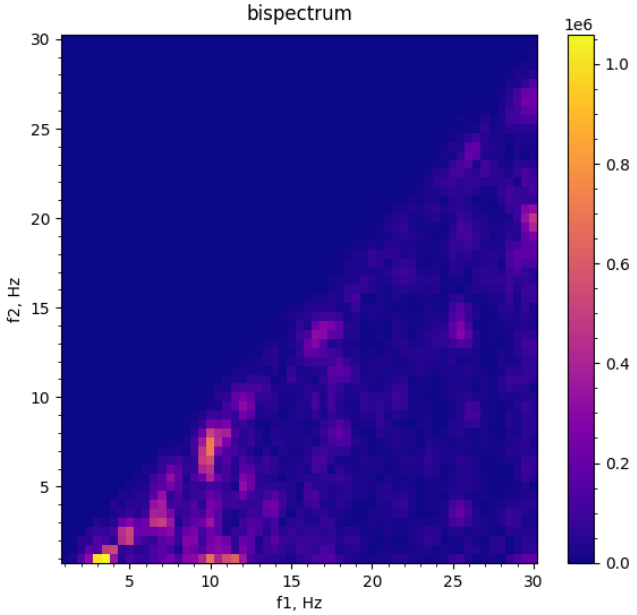


Рис. 1. Пример рассчитанного биспектра для одного канала

Данные, используемые в представленной работе, взяты из открытых источников института INRIA, Франция [5] и представляют запись сигнала ЭЭГ одного пациента, сделанную в разные дни. Запись велась по протоколу Graz. На протяжении сессии пациенту подавались визуальные стимулы в виде стрелок на экране. В зависимости от направления стрелки, пациент представлял движение левой или правой рукой, затем делал перерыв. Данные были записаны с частотой дискретизации 512 Гц и размечены временными метками. Всего представлено 14 наборов, каждый из которых содержит по 20 примеров для класса левой руки и 20 примеров для класса правой руки.

Для проведения экспериментов по классификации данные были разделены на обучающие и тестовые. Каждый экземпляр данных представлял собой вектор в многомерном пространстве, имеющий размерность 1x17700. Один вектор описывает биспектр, вычисленный для 10 каналов в течение выполнения пациентом идеомоторного представления. Обучающие данные используются для расчета матриц ковариации, характеризующих 2 определяемых класса (движения левой и правой руки). Для каждого из классов рассчитываются по 10 канальных матриц ковариации и усредненное значение векторов данного класса – центроид. Далее эти значения используются для расчета метрики Евклида-Махаланобиса в соответствии с формулой (2):

$$D_k(U, C_k, COV_k) = \sqrt{(U - C_k) \cdot (COV_k + E)^{-1} \cdot (U - C_k)^T}, \quad (1)$$

где

k – обозначения класса (левый или правый);

U – вектор экземпляра данных;

C_k – вектор центроида класса k;

COV_k – ковариационная матрица класса k;

E – единичная матрица.

В процессе классификации для вектора U данная метрика рассчитывается по 10 каналам для каждого из классов. В результате имеем 10 значений метрики для левого класса и 10 значений метрики для правого. Для которого из классов сумма значений метрики по всем каналам меньше, к тому классу и относим данный экземпляр данных.

Результаты

Результаты 5-ти кратной перекрестной проверки представлены в Таблице 1. Лучший результат на тесте при разделении данных в соотношении обучающие к тестовым как 30 на 70 представлен в таблице 2.

Таблица 1

Результаты кросс-валидации

Чувствительность		Точность		
Левый класс	Правый класс	Левый класс	Правый класс	По всем классам
0.86	0.35	0.57	0.72	0.60

Таблица 2

Лучший результат

Чувствительность		Точность		
Левый класс	Правый класс	Левый класс	Правый класс	По всем классам
0.85	0.55	0.65	0.79	0.70

Заключение

Применение биспектрального анализа для классификации сигналов ЭЭГ позволило на простейшем классификаторе получить уровень распознавания, сравнимый с наиболее популярными алгоритмами [1]. С одной стороны, это позволяет надеяться, что более сложные классификаторы на основе биспектрального анализа дадут лучший результат. С другой стороны, это может свидетельствовать об ограниченности информационной емкости электроэнцефалограммы и, как следствие, невозможности получения высоких показателей классификации при использовании неинвазивных методов регистрации ЭЭГ.

Список использованных источников

1. Бразовский К.С., Новоселов К.И. Сравнение и анализ работы наиболее популярных алгоритмов классификации интерфейса мозг-компьютер // Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов XIX Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, 21-25 марта 2022. – Томск, 2022. – С. 280-282.

2. Müller-Gerking J., Pfurtscheller G., Flyvbjerg H. Designing optimal spatial filters for single-trial EEG classification in a movement task // Clinical neurophysiology. – 1999. – Т. 110. – №. 5. – С. 787–798.

3. Sigl J.C., Chamoun N.G. An introduction to bispectral analysis for the electroencephalogram // Journal of clinical monitoring. – 1994. – Т. 10. – С. 392–404.

4. Gu F. et al. Electrical motor current signal analysis using a modified bispectrum for fault diagnosis of downstream mechanical equipment // Mechanical Systems and Signal Processing. – 2011. – Т. 25. – №. 1. – С. 360–372.

5. Datasets // OpenViBE: сайт. – 2015. – URL: http://openvibe.inria.fr/datasets/.

ДЕТЕКТИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ ВОЗДУШНОГО ПРОСТРАНСТВА НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ YOLOV5

Клековкин В.А.
Томский политехнический университет, ИШИТР,
группа А2-39, e-mail: vak37@tpu.ru

Аннотация

Рассматривается задача детектирования (обнаружения и классификации) летающих объектов трех классов на изображениях с помощью моделей сверточных нейронных сетей (СНС) YOLOv5s и YOLOv5x. Для обучения, валидации и исследования эффективности этих моделей разработан датасет. Он содержит размеченные изображения с летающими объектами трех классов: Беспилотный летательный аппарат (БПЛА) самолетного типа, включая «летающее крыло», БПЛА вертолетного типа и Птица. Исследования предложенных моделей СНС по точности классификации таких объектов на изображениях тестовой выборки датасета показали, что обе модели показывают высокие и весьма близкие результаты по всем используемым метрикам оценки точности классификации. В результате исследований также получено, что по скорости вычислений модель YOLOv5s значительно превосходит модель YOLOv5x.

Ключевые слова: сверточная нейронная сеть YOLO, датасет, беспилотный летательный аппарат, птица, точность классификации летающих объектов

Введение

В настоящее время практически важными являются задачи мониторинга воздушного пространства с целью выявления и классификации в нем летающих объектов. В числе таких объектов в воздушном пространстве рассматриваются птицы, беспилотные летательные аппараты (БПЛА) различных типов (самолётного типа, в том числе «летающее крыло» и вертолетного типа), пилотируемые летательные аппараты (самолеты, вертолеты, дельтапланы и планеры). Несмотря на то, что задачи обнаружения и распознавания подвижных объектов воздушного пространства на изображениях изучаются достаточно давно, исследования на эту тему и на сегодняшний день продолжают оставаться актуальными [1]. При этом для детектирования (обнаружения и классификации) таких объектов перспективными являются модели класса YOLO [2].

Данная работа посвящена исследованию двух моделей из класса YOLO на созданном для этих целей датасете в части точности классификации и скорости обнаружения летающих объектов трех классов.

Постановка задачи

Анализ сетей класса YOLO показывает, что наиболее перспективными являются модели семейства YOLOv5 [2]. Будем рассматривать подвижные объекты в воздушном пространстве трех классов: БПЛА самолетного типа, включая «летающее крыло», БПЛА вертолетного типа и Птица. Целью работы является проведение исследований моделей YOLOv5s и YOLOv5x из этого семейства на датасете, содержащем изображения летающих объектов таких трех классов. Изображения в датасете могут содержать один или более объектов, причем это могут быть объекты как одного, так и нескольких классов. Объекты на изображениях датасета будут иметь разные размеры (разномасштабные объекты), при этом размеры их находятся в пределах от 20x20 до 128x128 пикселей.

Для реализации поставленной цели необходимо сформировать датасет, обучить и валидировать модели YOLOv5s и YOLOv5x на его обучающих и валидационных выборках, а также исследовать эти модели на тестовом наборе данных датасета по точности классификации летающих объектов и скорости вычисления моделей.

Формирование датасета

При создании датасета для обучения, валидации и тестирования предложенных моделей СНС осуществлялся поиск изображений с летающими объектами трех классов: БПЛА самолетного типа, включая «летающее крыло», БПЛА вертолетного типа и Птица. Подбор изображений выполнялся в соответствии со следующим требованием: исходные изображения должны максимально реалистично представлять встречающиеся сценарии расположения объектов в воздушном пространстве (наличие на

изображении одного, двух и более летающих объектов перечисленных классов, наличие фона в виде участков земной поверхности или облаков и т. д.). Также часть полученных изображений была подвергнута аугментации (создание дополнительных изображений из имеющихся данных) для увеличения объема выборок. Пример исходных изображений для формируемого датасета представлен на рис. 1.

Далее все изображения были приведены к единому размеру (416x416 пикселей) и размечены с помощью средств системы Roboflow [3]. Часть размеченных изображений из датасета в качестве примера представлена на рис. 2.



Рис. 1. Пример исходных изображений для формируемого датасета



Рис. 2. Пример размеченных изображений из сформированного датасета

В итоге все размеченные изображения датасета, содержащего 5235 объектов, были разделены физически на три выборки: обучающая (70 % объема датасета), валидационная (20 %) и тестовая (10 %). На рис. 3 представлены количественные характеристики датасета по классам летающих объектов.

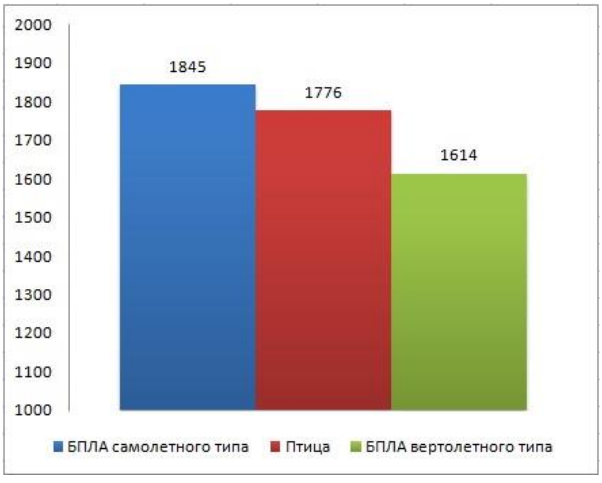


Рис. 3. Количество объектов по классам в датасете

Обучение и исследование эффективности моделей YOLOv5s и YOLOv5x

Программная реализация предложенной модели СНС осуществлялась на языке программирования Python версии 3.6 с использованием библиотеки PyTorch [4]. Для оценки качества моделей СНС (точности классификации объектов) использовались известные метрики Precision, Recall,

Average Precision (AP) $_{0.5}$, mean Average Precision (mAP) $_{0.5}$, Average Precision (AP) $_{0.5\text{-}0.95}$ и mean Average Precision (mAP) $_{0.5\text{-}0.95}$ [5, 6]. Эксперименты проводились на компьютере с графическим процессором Tesla T4, 15102MiB.

Был проведен ряд экспериментов при обучении моделей с изменением гиперпараметра batch_size, а также с изменением количества эпох [7]. В таблице 1 показаны результаты по точности классификации при валидации моделей в зависимости от размера batch_size. Было выявлено, что лучшие результаты по метрикам достигаются для каждой из моделей при batch_size = 8 и количестве эпох, равном 120. На рисунках 4 и 5 приведены графики обучения моделей YOLOv5s и YOLOv5x, отображающие результаты по метрике mAP $_{0.5}$ в зависимости от количества эпох, batch_size=8. Можно увидеть, что эффект плато достигается при 100-120 эпохах обучения для каждой модели, поэтому при обучении выбрано количество эпох, равное 120.

Таблица 1

Точность классификации при валидации моделей в зависимости от batch_size

batch_size	**mAP, YOLOv5s**	**mAP, YOLOv5x**
8	0,953	0,954
16	0,935	0,947
32	0,929	0,931
48	0,912	0,915

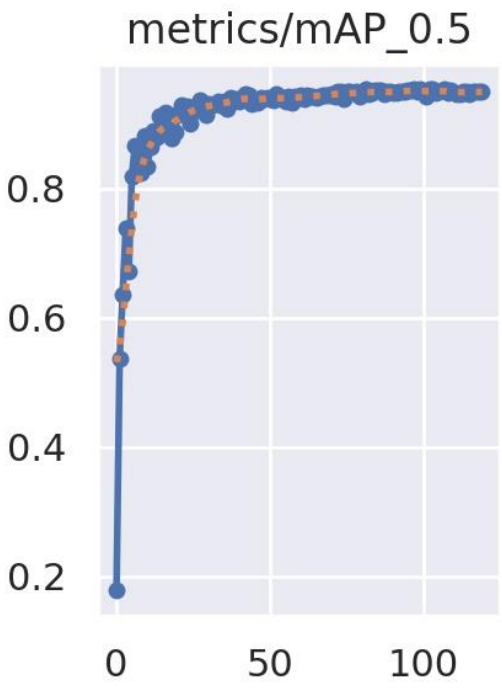


Рис. 4. Зависимость значения метрики mAP 0.5 от количества эпох обучения для модели YOLOv5s, batch_size=8

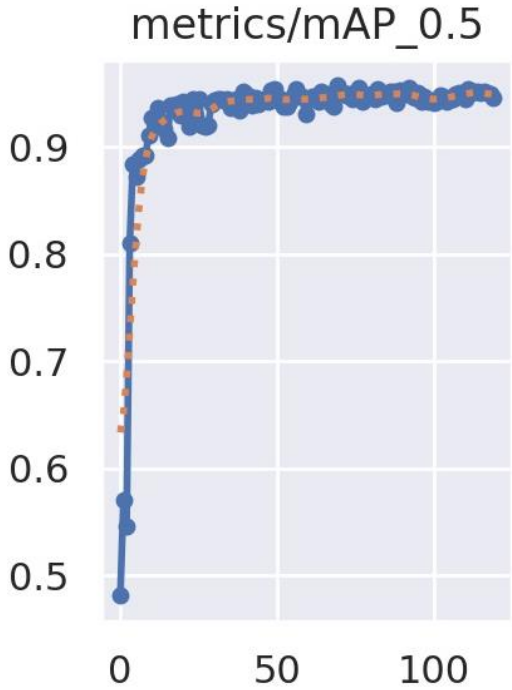


Рис. 5. Зависимость значения метрики mAP 0.5 от количества эпох обучения для модели YOLOv5x, batch_size=8

Результаты обучения, валидации и тестирования моделей на соответствующих выборках из датасета представлены в таблицах 2, 3, 4.

Таблица 2

Результаты обучения моделей

Класс	Precision		Recall		AP0.5, mAP0.5		AP0.5-0.95, mAP0.5-0.95	
	YOLOv5s	YOLOv5x	YOLOv5s	YOLOv5x	YOLOv5s	YOLOv5x	YOLOv5s	YOLOv5x
БПЛА самолетного типа	0,97	0,992	0,992	0,997	0,988	0,995	0,833	0,889
Птица	0,963	0,996	0,983	0,99	0,985	0,995	0,86	0,921
БПЛА вертолетного типа	0,963	0,979	0,987	0,999	0,989	0,993	0,833	0,884
все классы	0,965	0,989	0,987	0,995	0,987	0,994	0,842	0,898

Таблица 3

Результаты валидации моделей

Класс	Precision		Recall		AP0.5, mAP0.5		AP0.5-0.95, mAP0.5-0.95	
	YOLOv5s	YOLOv5x	YOLOv5s	YOLOv5x	YOLOv5s	YOLOv5x	YOLOv5s	YOLOv5x
БПЛА самолетного типа	0,928	0,958	0,96	0,951	0,975	0,973	0,756	0,771
Птица	0,847	0,915	0,94	0,956	0,919	0,938	0,76	0,792
БПЛА вертолетного типа	0,917	0,903	0,952	0,952	0,966	0,952	0,777	0,779
Все классы	0,897	0,925	0,951	0,953	0,953	0,954	0,764	0,781

Таблица 4

Результаты исследования моделей на тестовых данных

Класс	Precision		Recall		AP0.5, mAP0.5		AP0.5-0.95, mAP0.5-0.95	
	YOLOv5s	YOLOv5x	YOLOv5s	YOLOv5x	YOLOv5s	YOLOv5x	YOLOv5s	YOLOv5x
БПЛА самолетного типа	0,921	0,943	0,941	0,954	0,948	0,943	0,718	0,724
Птица	0,852	0,892	0,903	0,928	0,9	0,887	0,714	0,723
БПЛА вертолетного типа	0,894	0,903	0,98	0,964	0,965	0,954	0,761	0,777
Все классы	0,889	0,913	0,941	0,948	0,938	0,928	0,731	0,741

На рис. 6 приведен пример детектирования объекта на изображении из тестового набора данных.

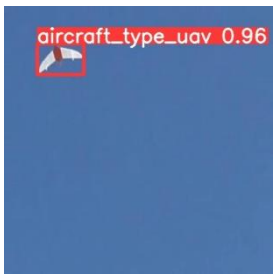


Рис. 6. Пример детектирования объекта на изображении из тестового набора данных

Исходя из результатов исследований, можно сделать вывод, что обе модели успешно справляются с классификацией объектов на изображениях и показывают весьма близкие результаты по всем используемым метрикам оценки точности классификации.

Таблица 5 содержит результаты исследования моделей по скорости вычислений. Для оценки скорости вычислений в исследованиях выбраны следующие показатели [8, 9]:

- inference – время, необходимое для вывода одного изображения;
- NMS – время постобработки одного изображения с помощью метода для устранения повторяющихся обнаружений и выбора наиболее релевантных обнаруженных объектов; это способствует уменьшению количества ложных срабатываний и вычислительной сложности алгоритма обнаружения;
- FPS – количество обработанных изображений в секунду;
- суммарное время обработки всех изображений из тестового набора данных (количество изображений тестового набора – 396).

Таблица 5

Результаты исследования моделей по скорости вычислений

Модель	Inference, мс	NMS, мс	FPS	Суммарное время обработки всех изображений из тестового набора данных, с
YOLOv5s	5,3	5,6	91	4,3
YOLOv5x	11	6,7	56	7

Исходя из результатов исследований, можно сделать вывод, что модель YOLOv5s значительно лучше модели YOLOv5x по каждому из используемых показателей скорости вычислений.

Заключение

Для решения задачи исследования моделей YOLOv5s и YOLOv5x по скорости вычислений и точности классификации был разработан датасет, содержащий изображения с летающими объектами трех классов: БПЛА самолетного типа, включая «летающее крыло», БПЛА вертолетного типа и Птица. Эти модели обучались и проверялись, а также исследовались, соответственно, на обучающей, валидационной и тестовой выборках созданного датасета. Исследования данных моделей СНС по точности классификации летающих объектов на изображениях тестовой выборки датасета показали, что обе модели успешно справляются с поставленной задачей детектирования таких объектов и по всем метрикам точности классификации показывают близкие результаты. Однако модель YOLOv5s значительно лучше модели YOLOv5x по скорости вычислений.

Список использованных источников

1. Nebaba S. G., Markov N. G. Effectivenes of Moving Objects Detecting and Tracking in Airspace by Images in Nearinfrared // Light & Engineering. – 2022. – Vol.– 30. – No 2. – P. 62–69.

2. Nelson J. Your Comprehensive Guide to the YOLO Family of Models [Электронный ресурс]. – URL: https://blog.roboflow.com/guide-to-yolo-models/ (дата обращения: 10.03.2024).

3. Roboflow [Электронный ресурс]. – URL: https://roboflow.com/ (дата обращения: 12.03.2024).

4. Pytorch [Электронный ресурс]. – URL: https://pytorch.org/ (дата обращения: 12.03.2024).

5. Метрики в задачах машинного обучения [Электронный ресурс]. – URL: https://habr.com/ru/company/ods/blog/328372/ (дата обращения: 12.03.2024)

6. mAP (mean Average Precision) в детекции объектов [Электронный ресурс]. – URL: https://ml.i-neti.ru/map-mean-average-precision/ (дата обращения: 14.03.2024).

7. Difference Between a Batch and an Epoch in a Neural Network [Электронный ресурс]. – URL: https://machinelearningmastery.com/difference-between-a-batch-and-an-epoch/ (дата обращения: 16.03.2024).

8. Object Detection: Non-Maximum Suppression (NMS) [Электронный ресурс]. – URL: https://kikaben.com/object-detection-non-maximum-suppression/ (дата обращения: 18.03.2024).

9. Сравнение производительности моделей обнаружения объектов YOLO v5, v6 и v7 [Электронный ресурс]. – URL: https://habr.com/ru/articles/702790/ (дата обращения: 18.03.2024).

КРОСС-МОДЕЛЬНОЕ СРАВНЕНИЕ NNMF, LDA И LSI НА РАЗНОМ ОБЪЕМЕ ТЕКСТОВЫХ ДАННЫХ

Семченко О.П.[1], Кайда А.Ю.[2]
[1] ТПУ, ИШИТР, гр. 8К13, e-mail: semchenko@tpu.ru
[2] ТПУ, ОИТ, ст. преподаватель, e-mail: ayk13@tpu.ru

Аннотация

Исследование сравнивает эффективность трех моделей тематического моделирования: LDA, LSA и NNMF, на корпусе из 1000 документов, представляющих несколько тем с разной лексикой. Также использовались такие наборы тем, чтобы были такие их сочетания, в которых есть схожая лексика, так как это должно было усложнить работу модели. Результаты показали превосходство LDA при различных объемах данных.

Ключевые слова: тематическое моделирование, LDA, LSI, NNMF

Введение

Тематическое моделирование — это метод анализа текстовых данных, направленный на раскрытие скрытых тематических паттернов в собрании документов. Он автоматически определяет темы, заложенные в текстах, и выявляет слова, связанные с каждой из этих тем. Это применяется для адекватного анализа и понимания обширной текстовой информации.

Тематическое моделирование относится к направлению NLP (*Natural Language Processing*) в ML (*Machine Learning*). Natural Language Processing - это область искусственного интеллекта, которая занимается разработкой методов и алгоритмов для обработки и анализа естественного языка, такого как тексты и речь [1].

Целью исследования является определение эффективности и сравнение моделей тематического моделирования в зависимости от объема текстовой информации. Основная задача заключается в выявлении преимуществ и ограничений каждой модели при работе с различными объемами текста.

Новизна данного исследования проявляется в уникальном подходе к анализу трех основных моделей тематического моделирования на различных объемах текстовых данных. Это позволяет понять, как каждая модель работает в различных сценариях, что имеет важное значение для практического применения в области анализа текстов.

Подготовка датасета (корпуса)

Так как цель исследования – сравнить результат работы моделей, то следует на вход подавать им одинаковые данные. Вручную был собран корпус из 1000 документов приблизительно одинакового размера (числа слов), состоящий из статей различных новостных источников. Были определены следующие тематики для текстов:

1. «Музыка» – набор статей, посвященных мировой музыкальной индустрии. Сюда входят статьи, посвященные выходам нового музыкального материала, концертов и т. д.
2. «Мода» – набор статей, посвященных мировой индустрии моды. Материал в статьях был о модных показах, новых тенденциях в моде, стилю определенных людей и т. д.
3. «Кулинария» – набор статей, посвященных рецептам разных блюд и описаниям традиционных блюд разных стран.
4. «Спорт» – набор статей, посвященных соревнованиям (чемпионатам, кубкам и т. д.) по футболу, баскетболу, хоккею и другим видам спорта.
5. «Киберспорт» – набор статей, посвященных обзорам киберспортивных мероприятий.

Выбор таких тем был не случайным: у тем «Музыка», «Мода», «Кулинария» и «Спорт» разная лексика, что должно отразиться на чистоте результата, в то время как у тем «Спорт» и «Киберспорт» схожая лексика, и могли возникнуть трудности при определении тем в корпусе.

Выбор моделей для обработки текстовых данных

Тематическое моделирование осуществляется посредством применения следующих методов для анализа текстовых данных:

1. Латентное размещение Дирихле (LDA) – это статистическая модель, которая используется для анализа текстовых данных и выявления скрытых тематик в них [105]. В контексте исследования, LDA представляется как вероятностная модель, основанная на предположении, что каждый документ представляет собой смесь нескольких тем, а каждая тема представляет собой смесь нескольких слов.

2. Латентно-семантический анализ (LSA) – это метод анализа текста, который основан на сингулярном разложении матрицы терминов-документов. LSA рассматривается как техника для уменьшения размерности пространства признаков и выявления скрытых семантических структур в текстах. Путем анализа матрицы терминов-документов LSA позволяет находить семантические аналогии и связи между словами и документами [2].

3. Неотрицательное матричное разложение (NNMF) – это метод разложения неотрицательной матрицы на две или более факторных матриц. NNMF рассматривается как метод, который может быть применен для анализа неотрицательных данных, таких как тексты или изображения. Путем разложения матрицы терминов-документов на неотрицательные факторные матрицы NNMF позволяет выявлять скрытые семантические структуры в текстах и извлекать семантические признаки из данных [3].

Для исследования возможностей анализа текстовых данных были выбраны модели из библиотеки Gensim. Gensim обеспечивает простоту использования, эффективность работы с большими объемами данных и масштабируемость алгоритмов. Использование моделей из Gensim позволяет проводить комплексный анализ текстовых корпусов, выявлять скрытые тематики и исследовать семантические связи между словами и документами [1].

Описание процесса исследования

После подготовки корпуса и выбора модели, был этап проведения эксперимента. Перед использованием моделей, текстовые данные были токенизированы и нормализованы с помощью модуля Pymorphy3, позволяющего приводить в нормальную форму слова русского языка. Также был сделан словарь – список уникальных слов из всего корпуса, так как именно его следует подавать на вход моделям из библиотеки Gensim.

Эксперимент проводился в 3 этапа:

1. Применение для корпуса с 5 темами и различными размерами корпуса.

Сначала на вход моделям подавались маленькие размеры документов (от 10 до 50 по каждой теме), а затем подавались корпусы размерами 150 и 200 документов по каждой теме.

Было зафиксировано, что результаты становились лучше при увеличении корпуса. На маленьких размерах все модели выводили некорректные результаты. Лучше всего на всех итерациях отрабатывало размещение Дирихле, результаты работы которого приведены ниже.

```
Тема 1 : 0.012 * бренд + 0.012 * коллекция + 0.008 * дизайнер + 0.006 * новый + 0.006 * показ + 0.006 * мода
Тема 2 : 0.022 * кухня + 0.019 * блюдо + 0.009 * рецепт + 0.008 * мясо + 0.007 * приготовление + 0.007 * соус
Тема 3 : 0.012 * команда + 0.009 * игрок + 0.007 * матч + 0.007 * первый + 0.006 * сезон + 0.006 * игра
Тема 4 : 0.019 * альбом + 0.016 * трек + 0.009 * новый + 0.008 * песня + 0.005 * музыка + 0.005 * группа
Тема 5 : 0.021 * команда + 0.017 * team + 0.010 * турнир + 0.009 * игра + 0.008 * esports + 0.008 * место
```

Рис. 1. Результаты работы LDA на корпусе из 250 документов

```
Тема 1 : 0.011 * масло + 0.009 * блюдо + 0.008 * вода + 0.007 * добавить + 0.007 * вкус + 0.007 * сахар
Тема 2 : 0.023 * команда + 0.013 * team + 0.011 * турнир + 0.010 * игра + 0.009 * игрок + 0.006 * место
Тема 3 : 0.011 * бренд + 0.009 * коллекция + 0.007 * дизайнер + 0.006 * мода + 0.006 * вещь + 0.006 * кухня
Тема 4 : 0.015 * матч + 0.009 * команда + 0.008 * лига + 0.007 * чемпион + 0.006 * первый + 0.006 * игра
Тема 5 : 0.011 * альбом + 0.008 * новый + 0.008 * песня + 0.007 * трек + 0.005 * музыка + 0.004 * группа
```

Рис. 2. Результаты работы LDA на корпусе из 1000 документов

На каждом из рисунков выше приведено вероятностное распределение токенов по всем темам: числа – веса токенов в теме, а слова – токены. Оба результата показали почти идеальное распределение слов по темам – все темы были определены правильно.

Также было выявлена получена диаграмма соотношения словарей тем (рис. 3), с помощью которой была обнаружена погрешность в работе модели LDA: на диаграмме она определяла темы «Мода» и «Музыка» как схожие по лексике, хотя лексика не является таковой.

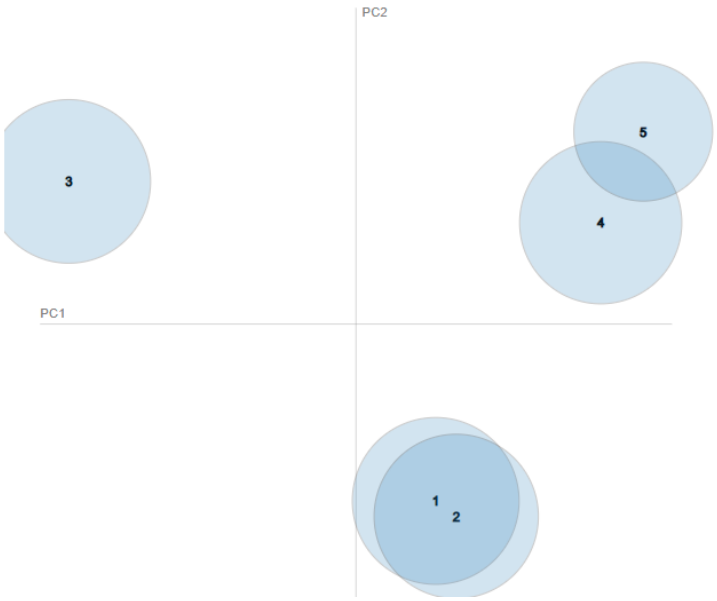


Рис. 3. Диаграмма соотношения словарей тем (1 – «Мода», 2 – «Музыка», 3 – «Кулинария», 4 – «Спорт», 5 – «Киберспорт»)

2. Применение для корпуса с 2 темами со схожей лексикой.

Размеры корпуса, исследуемые на этом этапе, были такими же, как и в предыдущем: подавались сначала от 10 до 50 документов по каждой теме, а затем давались по 200 документов на тему.

Была выявлена такая же тенденция, как и в предыдущем этапе – чем больше корпус, тем больше результаты. На маленьких размерах лучше отрабатывала LSA, но на больших лучшие результаты были получены от модели LDA.

```
Тема 0 : 0.467 * команда + 0.369 * team + 0.202 * турнир + 0.173 * игра + 0.166 * игрок + 0.159 * esports
Тема 1 : 0.424 * team + -0.343 * тренер + -0.317 * команда + -0.296 * игрок + -0.184 * cs + -0.163 * go
```

Рис. 4. Результаты работы LSA на маленьких размерах корпуса

```
Тема 1 : 0.013 * матч + 0.009 * команда + 0.007 * лига + 0.007 * первый + 0.006 * игра + 0.006 * чемпион
Тема 2 : 0.025 * команда + 0.015 * team + 0.011 * турнир + 0.010 * игра + 0.009 * игрок + 0.007 * international
```

Рис. 5. Результаты работы LDA на большом размере корпуса

На каждом из рисунков выше приведено вероятностное распределение токенов по всем темам: числа – веса токенов в теме, а слова – токены. В работе LSI была погрешность – в первой теме, выявленной моделью, присутствуют токены «esports» и «team», которые относятся только ко второй теме, в том время как модель LDA отработала отлично на большом корпусе – темы были выявлены верно.

3. Применение для корпуса с 3 темами с разной лексикой

На данном этапе во всех экспериментах лучше всего отрабатывали модели NNMF и LDA, в то время как LSA выводило некорректные результаты.

```
Тема 1: бренд, коллекция, дизайнер, платье, вещий, мода, показ, байер, работа, рид
Тема 2: альбом, музыка, музыкант, свифт, the, музыкальный, стать, выпустить, новый, тейлор
Тема 3: масло, тесто, пирог, творог, минута, рецепт, добавить, приготовление, соль, сливка
```

Рис. 6. Результат работы NNMF на маленьком размере корпуса

```
Тема 1: бренд, коллекция, дизайнер, мода, вещь, показ, новый, платье, модный, стать
Тема 2: масло, сахар, вода, добавить, блюдо, соль, нарезать, минута, вкус, ингредиент
Тема 3: альбом, песня, трек, новый, музыка, группа, певица, музыкант, выпустить, клип
```

Рис. 7. Результат работы NNMF на большом количестве документов

На каждом из рисунков выше приведено вероятностное распределение токенов по всем темам: числа – веса токенов в теме, а слова – токены. В работе NNMF не было погрешностей и модель правильно выделила тематические словари, в отличие от остальных моделей.

Заключение

В заключении нашего эксперимента, проведенного для сравнения работы моделей LDA, LSA и NNMF на различных объемах текстового корпуса, мы обнаружили, что модель размещения Дирихле (LDA) проявила наилучшую эффективность по сравнению с другими моделями.

Несмотря на то, что модель LSA также показала хорошие результаты, она оказалась немного менее точной по сравнению с LDA. В то же время, неотрицательное матричное разложение (NNMF) проявило себя весьма эффективно только при работе с тремя темами, имеющими разную лексику. Однако при анализе двух тем с схожей лексикой и пяти тем с разной лексикой NNMF демонстрировало результаты, которые можно считать удовлетворительными, хотя и не столь выдающимися, как в случае с LDA и LSA.

Список использованных источников

1. Бенгфорт Б., Билбро Р., Охеда Т. Прикладной анализ текстовых данных на Python. Машинное обучение и создание приложений обработки естественного языка. – СПб.: Питер, 2019. – 368 с.: ил. – (Серия «Бестселлеры O’Reilly»)

2. Траск Э. Грокаем глубокое обучение. – СПб.: Питер, 2024. – 352 с.

3. Хобсон Л., Ханнес Х., Коул Х. Обработка естественного языка в действии. – СПб.: Питер, 2020. – 576 с.

4. Основы Natural Language Processing для текста. [Электронный ресурс]. – URL: https://habr.com/ru/company/Voximplant/blog/446738/ (дата обращения: 18.03.2024).

ПОИСК ТЕЛЕГРАМ-КАНАЛОВ НА ЗАДАННУЮ ТЕМАТИКУ

Рыбаченко И.А.
Томский Политехнический Университет, ИШИТР, А3-36, e-mail: iar12@tpu.ru

Аннотация

В статье предлагается алгоритм для поиска телеграм-каналов, отражающих заданную тематику. Алгоритм принимает на вход начальный список релевантных телеграм-каналов, а также набор релевантных и набор нерелевантных статей Википедии. Результатом работы алгоритма является расширенный список релевантных телеграм-каналов. Демонстрируется работа алгоритма на примере поиска телеграм-каналов на тему Первой мировой войны. Исходный набор из 6 телеграм-каналов был расширен до 193 каналов. Для части найденных телеграм-каналов обнаружено несоответствие искомой тематике.

Ключевые слова: телеграм, релевантность, графовый анализ, снежный ком.

Введение

Телеграм является популярным средством массовой информации. Анализ телеграм-каналов может быть полезен, например, для оценки общественного мнения по определенным вопросам [1, 2]. Существует большое количество телеграм-каналов и в таком разнообразии может быть сложно найти сообщения, отражающие заданную тематику. Для поиска телеграм каналов может использоваться сервис TgStat, на котором собраны каналы на заданную тематику [3] или метод снежного кома [4]. В настоящей работе предлагается алгоритм для поиска релевантных телеграм-каналов. Алгоритм принимает на вход короткий список релевантных телеграм-каналов, а также набор релевантных и нерелевантных статей Википедии. Результатом работы алгоритма является расширенный список релевантных телеграм-каналов.

Описание алгоритма

Описываемый алгоритм состоит из двух последовательных этапов. На первом этапе формируется список ключевых слов специфичных для заданной тематики. Поиск ключевых слов сводится к задаче извлечения именованных сущностей. Для извлечения именованных сущностей используется библиотека stanza. Ключевые слова извлекаются из заданного набора релевантных и нерелевантных статей Википедии. Между найденными списками ключевых слов вычисляется разница.

На втором этапе выполняется поиск телеграм-каналов. Для поиска телеграм-каналов используется метод снежного кома. Список телеграм-каналов итеративно расширяется через просмотр переотправленных сообщений и переход к каналу-отправителю сообщения. Найденные телеграм-каналы фильтруются по признаку вхождения ключевых слов.

Далее в статье приводится более подробное описание реализации алгоритма и результаты его работы. В качестве примера рассматривается поиск телеграм-каналов на тему первой мировой войны.

Поиск ключевых слов

В качестве заведомо релевантной статьи из Википедии была взята статья под заголовком «Первая мировая война». В качестве заведомо нерелевантной статьи использовалась статья «Вторая мировая война». Набор релевантных и нерелевантных статей был расширен путем добавления ссылок из исходных статей. Просматривались только ссылки из введения статей. Исключались ссылки на общеупотребимые термины. Общее количество включенных релевантных статей составило 27, нерелевантных – 41.

Именованные сущности извлекались при помощи библиотеки stanza. Использовались следующие модели – tokenize=syntagrus, pos=syntagrus_charim, lemma=syntagrus_nocharim, depparse=syntagrus_charim, ner=wikiner. Извлечение именованных сущностей из релевантных статей заняло 41 минуту и было найдено 24586 сущностей. Обработка нерелвантных статей заняла 78 минут и было найдено 20495 сущностей. Компьютерные вычисления производились на облачной виртуальной машине со следующими характеристиками: платформа Intel Ice Lake, 8 vCPU, 32GB RAM.

На рис. 1 представлено распределение найденных именованных сущностей по категориям. Большинство найденных сущностей являются географическими локациями. Названия сражений и мирных договор попали в категорию прочее.



Рис. 1. Тематика найденных ключевых слов

Найденные именованные сущности были приведены к нижнему регистру. Из списка именованных сущностей про Первую мировую войну были исключены сущности содержащиеся в списке про Вторую мировую войну. В результате осталось 13842 сущности.

Одна именованная сущность могла встречаться в тексте несколько раз. После удаления дублирующих записей осталось 7346 сущностей.

В списке сущностей были обнаружены короткие малозначащие последовательности символов, например «дж», «цсу», «торн». После удаления сущностей с длиной менее 5 символов осталось 7094 сущности.

Среди найденных именованных сущностей имеются повторения и чрезмерные обобщения, например «кусманек» - «кусманека» (Герман Кусманек фон Бургнойштедтен, австро-венгерский генерал-полковник), «1-й гвардейский» - «гвардейский» (подразделение российской армии), «августовская операция» - «операция» (наступление 1915 года в районе города Августов). Также среди найденных именованных сущностей имеются такие общие слова как «репарации», «русская», «солдаты», «граната».

Поиск телеграм-каналов

Для расширения списка телеграм-каналов использовался метод снежного кома, изображенный на рис. 2. Для каждого необработанного телеграм-каналы выгружались первые 1000 сообщений. Для переотправленных сообщений канал-источник анализироавлся на релевантность. Релевантность оценивалась по первым 1000 сообщений из телеграм-канала. Для каждого сообщения вычислялось сколько в нем содержится различных ключевых слов из ранее составленного списка. Если нашлось 5 и более сообщений, содержащих 5 и более ключевых слов, то телеграм-канал считался релевантным. Новые найденные релевантные каналы добавлялись в список необработанных. Процесс повторялся итеративно.

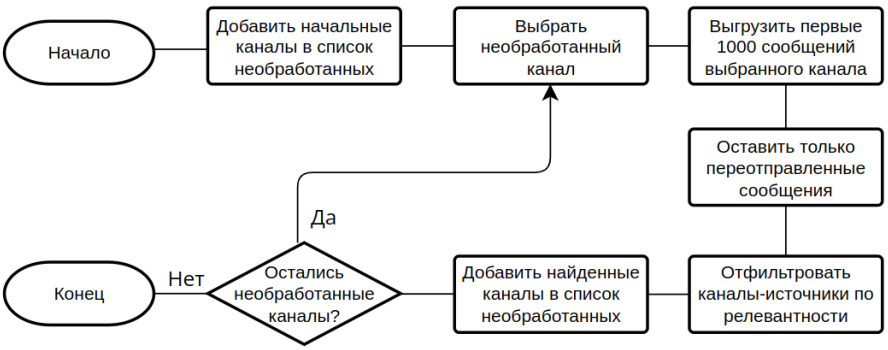


Рис. 2. Алгоритм поиска телеграм каналов

Для взаимодействия с телеграм использовалась библиотека telethon. Между вызовами api добавлялась задержка в одну секунду. Для оптимизации количества запросов через api использовался локальный кеш.

Изначальный список телеграм-каналов состоял из 6 элементов — @vanillakaiser, @wwimemes, @world_war_1, @diletant_media, @rf_history, @historyrussi. Обработка начального списка каналов заняла 12 минут и расширила количество каналов до 29. Обработка следующих 23 каналов заняла 87 минут и расширила количество каналов до 193. Третья итерация не была выполнена из-за проблем с сетью в процессе обработки.

На рис. 3 представлена визуализация найденного кластера каналов. Слабая связанность граничных вершин говорит о незавершенности итерационного процесса построения графа.

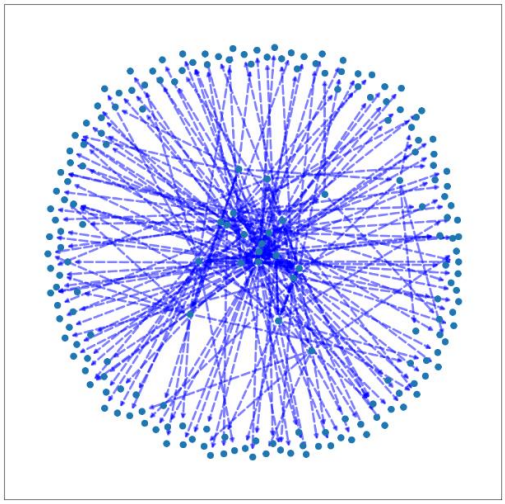


Рис. 3. Граф найденных телеграм-каналов

При анализе найденных телеграм-каналов было обнаружено, что часть из них посвящена Специальной военной операции на Украине (СВО). Чтобы этого избежать, можно было попробовать при поиске ключевых слов в качестве нерелевантных статей добавить статью про СВО.

Результаты

Предложенный алгоритм продемонстрировал эффективность в расширении списка телеграм-каналов, но показал проблемы с оценкой релевантности найденных телеграм каналов. Из 66 просмотренных вручную телеграм-каналов, релевантными оказались 29, что составляет 43 %.

Список релевантных и нерелевантных статей Википедии был составлен вручную через просмотр ссылок из введения статьи на Википедии. Этот процесс можно было автоматизировать и добавить рекурсивный переход по ссылкам. Также при переходе по ссылкам можно было добавлять вес ключевых слов в зависимости от глубины перехода.

Используемый метод оценки релевантности телеграм-канала основывается на ручных правилах. Для повышения качества оценки релевантности можно было применить методы машинного обучения и подготовить более точный классификатор [5].

Заключение

В настойщей работе был продемонстрирован алгоритм для поиска телеграм-каналов на заданную тематику. На основе нескольких статей из Википедии и начального списка телеграм-каналов было найдено 193 телеграм-канала. Часть найденных телеграм-каналов посвящена Первой мировой войне, а часть – Специальной военной операции на Украине.

Список использованных источников

1. Габараева М.Р. Брачные отношения населения Республики Дагестан: контент-анализ онлайн-медиа / М.Р. Габараева // Kavkaz-Forum. – 2020. – № 3(10). – С. 148-160. – DOI 10.46698/P9405-6546-9208-f. – EDN TBQCWW.

2. Милованов И.В. Возможности исследования настроений населения на основе новостных каналов социальной сети "Телеграм" / И.В. Милованов // Социальные практики и управление: проблемное поле социологии: Материалы VI сибирского социологического форума с международным участием, Новосибирск, 27 октября 2023 года. – Новосибирск: Новосибирский государственный университет экономики и управления "НИНХ", 2023. – С. 275-279. – EDN HEMNLF.

3. Углова А.Б. Анализ деструктивного контента телеграмм-каналов как фактора развития саморазрушающего поведения / А.Б. Углова, Б.А. Низомутдинов // International Journal of Open Information Technologies. – 2022. – Т. 10. – № 11. – С. 81-86. – EDN TAKUEF.

4. The Pushshift Telegram Dataset [Electronic resource] / J. Baumgartner [et al.] // Proceedings of the International AAAI Conference on Web and Social Media. – 2020. – Vol. 14. – P. 840–847. – Available from: https://doi.org/10.1609/icwsm.v14i1.7348.

5. Минаев В.А. "Просеивание" телеграм-каналов при поиске контента экстремистского характера / В. А. Минаев, А. В. Симонов // Информация и безопасность. – 2023. – Т. 26, – № 1. – С. 25-30. – DOI 10.36622/VSTU.2023.26.1.003. – EDN GOHJUB.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ АНКЕТНЫХ ДАННЫХ ЗАЕМЩИКА ПОТРЕБИТЕЛЬСКОГО КРЕДИТА НА ДЕФОЛТ

Губин Е.И.[1], Таячинов Д.А.[2]
[1]Томский политехнический университет, к.ф.- м.н., доцент
[2]Томский политехнический университет, ИШИТР, студент группы 8К22, e-mail: dat59@tpu.ru

Аннотация

Потребительский кредит является наиболее популярным банковским продуктом, но и наиболее рискованным в смысле риска дефолта. Поэтому оценка влияния портрета заемщика (его анкетных данных) для оценки платежеспособности клиента, позволяет предсказать вероятность возникновения просрочек по кредитам. В данной работе исследуется задача классификации с использованием метода машинного обучения.

Ключевые слова: кредитный риск, машинное обучение.

Введение

Целью данной работы является построение модели классификации, способной дать оценку влияния каждого признака (атрибута) на возможный дефолт заемщика потребительского кредита. Были использованы методы анализа, изложенные в работе «Статистические методы анализа в биологии и медицине» [1].

Описание алгоритма

Для решения поставленной задачи был применен алгоритм машинного обучения. Исходным набором данных служил датасет, содержащий информацию о 1500 заемщиках и 8 характеристиках анкетных данных. Эти данные включали в себя информацию о поле, типе второго документа, роде профессиональной деятельности, уровне образования, наличии автомобиля, доходе, запрашиваемой сумме кредита, возрасте и количестве дней просрочки.

В процессе анализа данных [2] выявлено, что датасет содержит выбросы, пропущенные значения и признаки, не имеющие значения для модели. Пропущенные числовые значения были заменены медианными, а остальные - наиболее часто встречающимися. Для обработки выбросов применен метод межквартильного размаха (IQR). Строки с просрочкой более 90 дней были помечены как 1, а строки с просрочкой менее 90 дней - как 0.

Поскольку задача сводилась к классификации, для работы выбран метод «случайного леса» из пакета sklearn. ensemble.

RandomForestClassifier, который позволяет оценить важность каждого признака с помощью функции feature_importance [3]. Для прогнозирования случае регрессии мы можем усреднить эти результаты, чтобы получить окончательный прогноз. В классификации применяется стратегия «мягкого голосования». Это означает, что каждый алгоритм выдает «мягкий» прогноз, вычисляя вероятности для каждого класса. Эти вероятности с помощью случайного леса алгоритм сначала выдает прогноз для каждого дерева в лесу. В затем усредняются по всем деревьям, и прогнозируется класс с наибольшей вероятностью. Как и дерево решений, случайный лес позволяет вычислить важности признаков, которые рассчитываются путем агрегирования значений важности по всем деревьям леса. Как правило, важности признаков, вычисленные случайным лесом, являются более надежным показателем, чем важности, вычисленные одним деревом [2].

В таблице 1 показаны (по мере возрастания) признаки (анкетные данные), которые наиболее сильно влияют на дефолт. Как мы можем увидеть, возраст является наиболее значимым признаком.

Таблица 1

Важность признаков

Признак	**Важность**
Возраст	0.238120
Доход	0.202871
Сумма кредита	0.139631

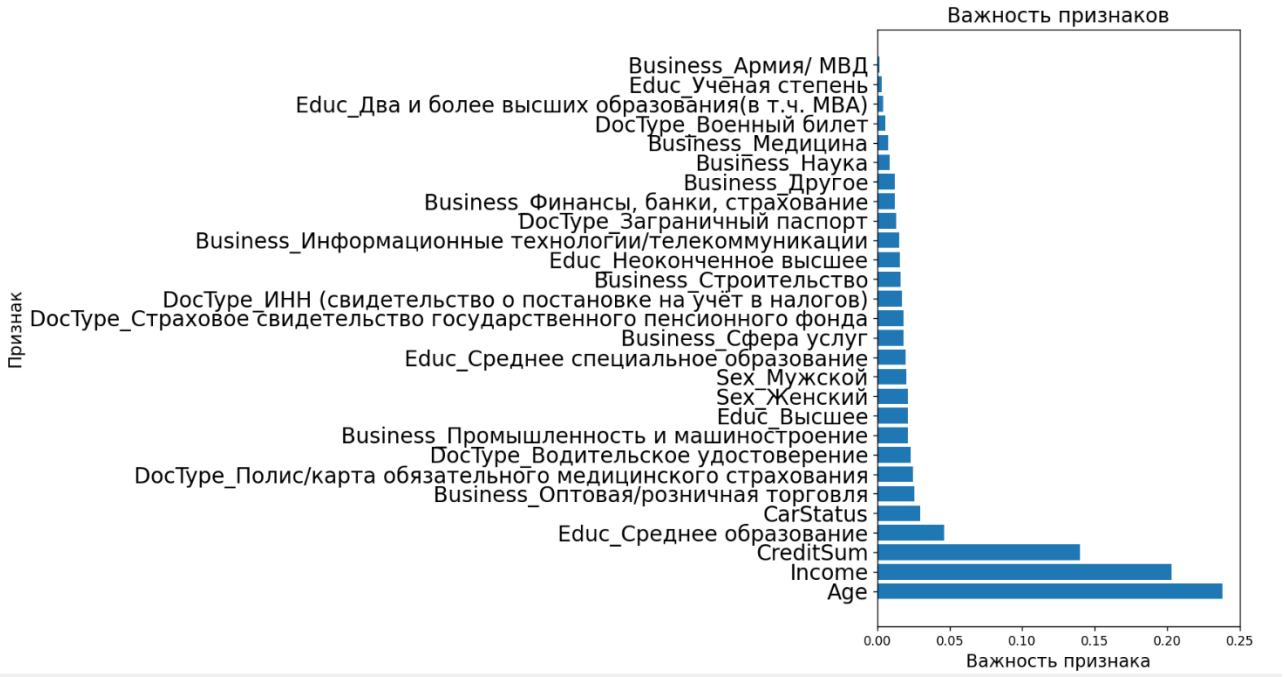


Рис. 1. Важность признаков для предсказания дней просрочки

Показатели метрик классификатора [4] приведены в таблице 2, где 0 – клиент имеет менее 90 дней просрочки, 1 – клиент имеет более 90 дней просрочки. Точность модели составила 0.89, что является не плохим результатом. На рис. 2 представлен график зависимости Precision от Recall.

Таблица 2

Показатели метрик классификатора

	precision	recall	F1-score	support
0	0.89	0.98	0.93	262
1	0.60	0.15	0.24	39
Accuracy			0.89	301
Macro avg	0.74	0.57	0.59	301
Weighted avg	0.85	0.88	0.84	301

Recall показывает, способность обнаружить данный класс, а Precision – отличить его от объектов другого класса. Гармоническое среднее между двумя этими метриками показывает F1-score. Из таблицы можно сделать вывод, что для класса 0 F1 мера является очень высокой, что также показано на рис. 2. Support отражает количество истинных образцов для каждого класса в тестовом наборе данных. Другими словами, это количество объектов в тестовом наборе, которые принадлежат определенному классу.

Синяя кривая на рис. 2 соответствует классу 0 (клиент считается «хорошим»), и при увеличении полноты она демонстрирует высокие значения точности, что свидетельствует о правильном распознавании «хороших» клиентов. Однако, для оранжевой кривой, представляющей класс 1 (клиент считается «плохим»), с увеличением полноты точность снижается. Это объясняется тем, что обучающий набор данных содержит только небольшую часть записей для класса 1 (с просрочкой более 90 дней), что снижает точность прогнозирования этого класса.

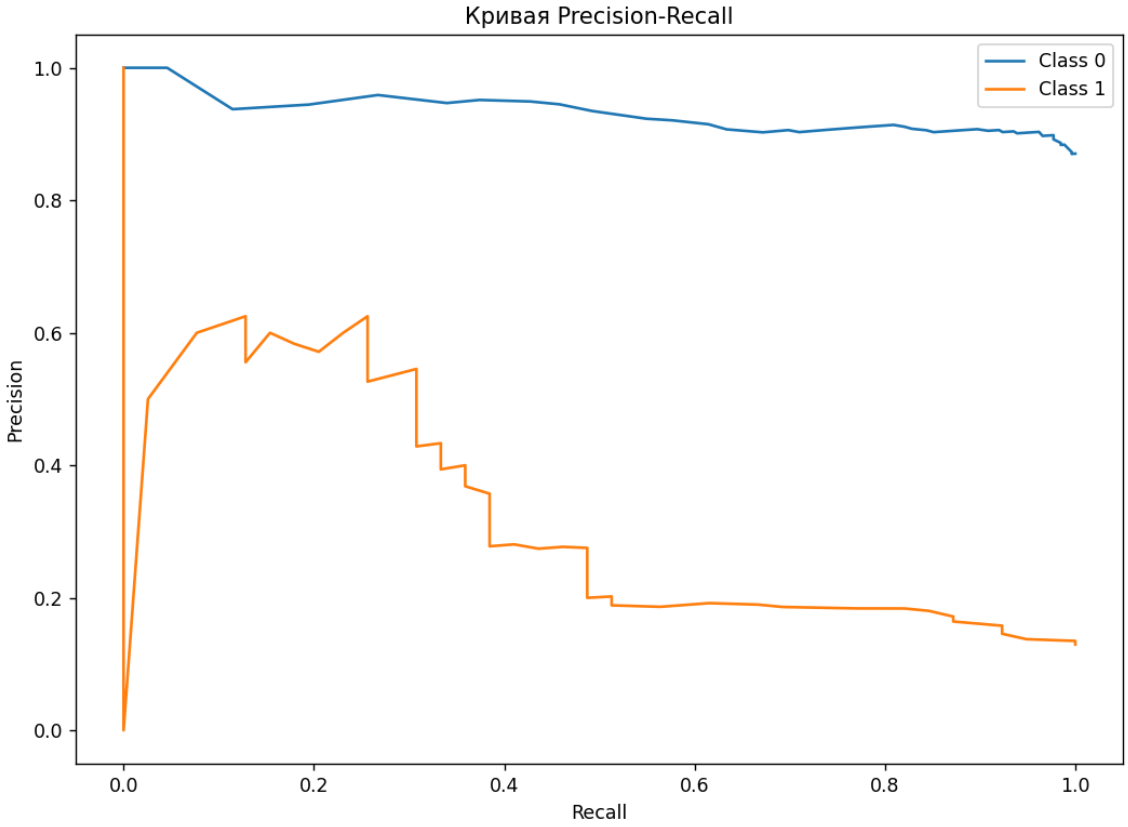


Рис. 2. Кривые Precision-Recall

Заключение

На данном этапе разработки алгоритма наилучшие метрики качества имеет класс 0, так как данные содержат подавляющее большинство записей для этого класса. Для улучшения метрик класса 1 в будущем следует дополнить исходный набор записями о классе 1 (более 90 дней просрочки).

В результате работы было установлено, что наибольший вклад в оценку дефолта заемщика потребительского кредита вносят такие признаки как доход, сумма запрашиваемого кредита и возраст клиента. Таким образом, можно сделать вывод, что при оценке рисков следует уделять внимание этим признакам. Полученная модель может быть использована для оценки рисков в финансовом секторе для других банковских продуктов.

Список использованных источников

1. Статистические методы анализа в биологии и медицине – Беспалов А.Ф., Беляев А.Н // ИФМиБ: Казань.
2. Aurélien Géron Hands-on Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow // O'Reilly Media: Inc., 1005 Gravenstein Highway North, Sebastopol. – CA 95472. – 2019 Second Edition. – С. 200-201.
3. Документация Scikit-learn. [Электронный ресурс]. – URL: https://scikitlearn.org/stable/modules/generated/sklearn.ensemble.RandomForestClassifier.html
4. Андреас Мюллер, Сара Гвидо Введение в машинное обучение с помощью Python. Руководство для специалистов по работе с данными – М: 2016. – 2017. – С. 100-106, 147-180.

АРХИТЕКТУРА СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО ОЦЕНКЕ РАЗВИТИЯ НАУЧНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ

Солиев И.Б.
Томский политехнический университет, ОИТ ИШИТР, аспирант гр. А1-36,
e-mail: ibs2@tpu.ru

Аннотация

Предложена архитектура компьютерной системы поддержки принятия решений, позволяющая на основе собранных баз данных определить приоритетные научные направления, и выявлять новые тенденции.

Ключевые слова: система поддержки принятия решений, анализ данных, прогресс исследований, научные направления, стратегическое планирование.

Введение

В современном мире науки и технологий важность стратегического планирования исследований и разработок неоспорима. Эффективное распределение ресурсов, выбор приоритетных направлений для финансирования и поддержки зависят от точности и оперативности оценки развития научных направлений. Научно-исследовательские работы по проектированию СППР играют важную роль в этом улучшении, поскольку научные исследования по проектированию исследования могут вовлечь промышленность и специалистов в интеллектуально важные проекты. В данной работе актуальность определяется потребностью в систематизации больших объемов научных данных и выработке на их основе обоснованных прогнозов. Целью работы является создание архитектуры системы поддержки принятия решений, которая позволит ученым, управленцам и исследователям принимать взвешенные решения о развитии научных направлений. Новизна заключается в применении современных алгоритмов обработки данных и машинного обучения для повышения точности прогнозов.

Описание алгоритма

Архитектура системы поддержки принятия решений (СППР) по оценке развития научных направлений представляет собой сложную информационную и аналитическую структуру, предназначенную для обработки больших объемов данных, их анализа и предоставления рекомендаций для различных заинтересованных сторон, включая научные учреждения, правительственные органы, частных инвесторов и исследователей [1].

Таблица 1

Компоненты архитектуры СППР

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ КОМПОНЕНТЫ АРХИТЕКТУРЫ СППР	
Модуль сбора и предварительной обработки данных	Автоматический сбор данных из различных источников, таких как научные публикации, патенты, научные журналы, базы данных исследований и разработок, а также социальные сети и новостные потоки, где обсуждаются научные темы. Эти данные могут включать текст, изображения, аудио и видеоматериалы, а также структурированные данные, например, результаты экспериментов или статистику финансирования. Предварительная обработка включает очистку данных, их нормализацию, а также их классификацию и аннотирование с использованием методов машинного обучения и естественной обработки языка [2].
Модуль аналитики и обработки данных	Модуль включает в себя алгоритмы машинного обучения, статистический анализ и моделирование, которые применяются к собранным данным для выявления тенденций, закономерностей и взаимосвязей. Он может использовать различные подходы, включая предиктивную аналитику, кластерный анализ, сетевой анализ и анализ временных рядов для оценки текущего состояния и потенциального развития научных направлений [2].
Модуль поддержки принятия решений	Основывается на результатах предыдущих модулей и включает инструменты для создания сценариев развития, оценки рисков и выработки оптимальных стратегий. Модуль может включать экспертные системы, системы, основанные на правилах, а также интеграцию с инструментами искусственного интеллекта для генерации рекомендаций [2].

Таблица 2

Алгоритм функционирования СППР

АЛГОРИТМ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СППР	
Инициализация системы	Запуск системы начинается с конфигурации параметров сбора данных и определения целей анализа. Это включает настройку фильтров данных, определение ключевых слов, научных областей и задач, которые система должна решать [3].
Сбор данных	Система автоматически собирает данные из предварительно определенных источников, используя средства веб-скрапинга, API доступа к базам данных и другие методы сбора информации [3].
Предварительная обработка данных	Собранные данные очищаются от шума, дубликатов и несущественной информации. Производится их структурирование и аннотация с помощью алгоритмов машинного обучения для дальнейшего анализа [3].
Анализ данных	С помощью статистических методов, алгоритмов машинного обучения и моделей, данные анализируются на предмет выявления закономерностей и трендов в развитии научных направлений. Анализ может включать оценку цитируемости, коллабораций между исследователями, распределение финансирования и другие параметры [3].
Прогнозирование и моделирование	На основе исторических данных и текущих тенденций система строит прогнозы развития научных направлений. Моделирование различных сценариев помогает оценить потенциальные риски и возможности [3].
Визуализация данных	Результаты анализа и прогнозов представляются в виде интерактивных диаграмм, карт и отчетов для удобства интерпретации и принятия решений [3].
Поддержка принятия решений	Система предоставляет рекомендации и стратегические советы на основе сценарного анализа, оценки рисков и оптимизации. Это может включать предложения по фокусировке на определенных областях исследований, инвестициях в научные проекты или разработке новых политик [3].
Итерация и обучение	Система постоянно обновляется с новыми данными, что позволяет улучшать алгоритмы и уточнять модели. Обратная связь от пользователей и экспертов используется для корректировки и улучшения процессов СППР [3].

Таблица 3

Технологические аспекты реализации СППР

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РЕАЛИЗАЦИИ СППР	
Cloud services	Использование облачных сервисов для масштабирования ресурсов и обеспечения высокой доступности системы [4].
Big Data	Применение технологий больших данных (Big Data) для обработки и хранения большого объема разнообразной информации [4].
UI/UX Interface	Разработка пользовательского интерфейса (UI/UX), который обеспечивает легкость использования и понимания системы пользователями разного уровня [4].

Архитектура системы поддержки принятия решений представлена на рис. 1.

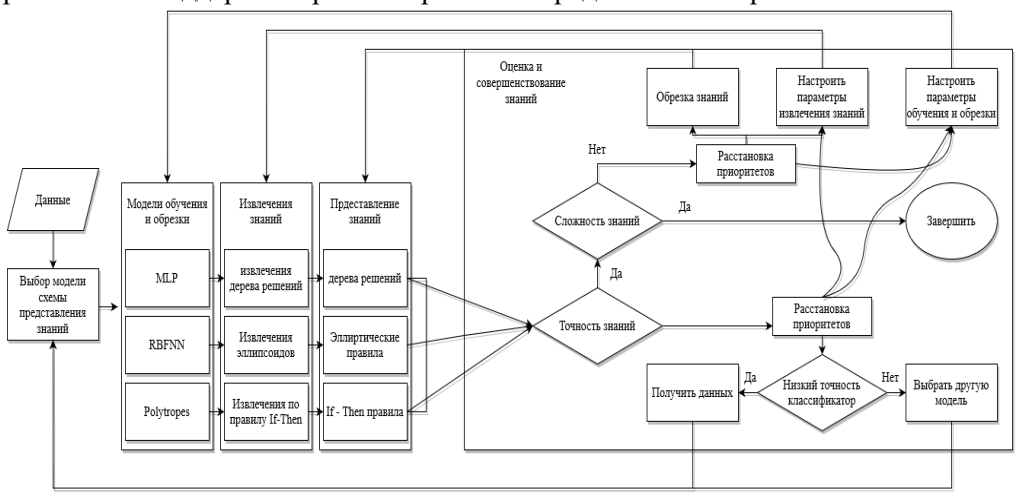


Рис. 1. Архитектура системы поддержки принятия решений

При первоначальном выборе модели классификатора следует учитывать размерность классифицируемого набора данных. Наборы данных малой размерности могут обрабатываться RBFNN (радиально базисная нейронная сеть) [5]. Для случаев с десятью или меньшими входными размерностями, можно построить линейный выпуклый классификатор многогранников (или основанный на много векторном методе древовидный классификатор) и применить разработанный метод извлечения правил, основанный на оптимизации. Наконец, двоичное дерево решений по классификации может быть извлечено из ИНС, независимо от числа входных размерностей. Кроме того, нет никаких теоретических ограничений для применения алгоритма извлечения дерева решений к RBFNN. Но, в любом случае, согласно теорему, не может быть единой классификационной модели, одинаково хорошо работающей на всех видах наборов данных. Таким образом, прямой ИНС не может быть лучшим классификатором во всех случаях; поэтому могут использоваться классификаторы RBFNN и многогранники.

Модели подготовки и обучения. Подготовка моделей выходит за рамки настоящего документа, однако в рамках извлечения дерева решений из многослойного полностью подключенного ИНС было разработано сокращение модели. Тем не менее, сети RBFNN (в эллиптическом пути извлечения правил) можно сократить с помощью разработанного алгоритма [6]. Сокращение модели является первым шагом, на котором можно контролировать сложность извлеченных знаний. Будет использоваться более агрессивная обрезка, меньшее дерево решений будет извлечено. Менее сложные правила / знания означают более понятную и менее точную – в зависимости от сценария использования знаний, агрессивное сокращение может быть желательным или нет.

После выполнения модели обучения можно провести этап извлечения знаний. Многослойные ИНС могут быть представлены как двоичная классификация дерево решений, классификатор RBFNN можно перевести в эллиптический классификатор (Кроме того, нет никаких теоретических ограничений для применения метода извлечения дерева решений, но никаких экспериментов еще не проводилось). В конце концов, If – Then правила можно извлечь из фрагментарного линейного классификато-ра [7].

Оценка и совершенствование знаний. Заключительный этап, который следует выполнить, – оценка полученного знания и улучшение потенциальных проблем. На рис. 2 используется такая формулировка, как «точность слишком низка», «знание слишком сложно» - «мы должны остановиться здесь и описать корни такого неофициального описания. Как обычно, конечные цели стимулируют процесс, извлечения знаний, если требуется понимание модели (например, как именно конкретный классификатор принимает решение об отказе в предоставлении кредита) можно предположить, что меньшее число правил имеет большее значение; таким образом, падение точности модели приемле-мо [8]. Допустимая величина падения точности также относится к конкретному случаю. В одном случае допустимо снижение точности классификации на 10 %, а в других - снижение на 2 %. То же самое относится и к сложности знаний - является ли она сложной или не зависит от субъективного суждения экспертов по доменам. Первым шагом в оценке и уточнении является проверка эффективности классификации. Если эффективность классификации является слишком низкой, существует несколько вариантов: во-первых, параметры извлечения знаний могут корректироваться; это применимо к процедуре извлечения правила Если-тогда, поскольку она имеет порог глубины рекурсии и применяется к процедуре извлечения эллиптического правила, так как она может иметь порог для подсчёта извлечённых эллипсоидов. Оба порога могут быть увеличены, чтобы получить больше грубых правил. Если это не так, то параметры обрезки можно ослабить, а обрезку повторить (с последующим извлечением знаний).

Если процедура обрезки является чрезмерной, точность модели снижается слишком сильно. Наконец, если предыдущие шаги не помогают, то саму модель следует переучивать, но только если мы увидим, что разница между точностью классификатора и точностью знания невелика, Таким образом, получив более эффективный классификатор, мы можем получить более эффективные знания (с точки зрения классификации). В случаях, когда эффективность знаний является хорошей, но знания не понятны, то есть слишком сложны - существует несколько вариантов. Во-первых, знания обрезка может быть выполнена. В случае дерева решений по классификации могут применяться стандартные существующие подходы к сокращению дерева решений. В случае If-Then или эллиптических правил, ручной выбор наименее важных правил должен выполняться с последующим устранением. Наиболее очевидными критериями для наименее важного правила могут быть либо подсчет охватываемых учебных проб данных, размер района, охватываемого правилом, либо сочетание обоих критериев [9].

Если такое сокращение знаний не удается, то либо параметры извлечения знаний следует изменить на более строгие, или обрезка сама должна быть настроена для удаления большего количества нейронов (или получение меньшего числа многогранников). Наконец, если ничего не помогает, то саму модель следует переобучить; конечно, ее следует упростить, с тем чтобы мы извлекали менее сложные знания.

Альтернативный курс действий должен быть выполнен в случае, если предыдущие шаги не принесли результатов. Альтернативой является оценка эффективности модели в отношении входных данных если имеется только конкретный небольшой точность входного пространства данных, который плохо классифицирован, то только для этого конкретного региона можно обучить другой классификатор и извлечь знания для этого подмножества данных. Если это не так, то весь классификатор следует отбросить и ввести новый цикл модельной подготовки, сокращение, извлечение знаний и проведение оценки.

Заключение

Архитектура системы поддержки принятия решений, описанная в данной работе, представляет собой важный инструмент для современной науки. Ее эффективное функционирование обеспечивает точность аналитических данных, способствующих принятию обоснованных решений в области науки и технологий. Развитие и дальнейшее совершенствование подобных систем станет ключевым фактором в успешном развитии научных направлений и технологических инноваций в будущем.

Список использованных источников

1. Alavi M., & Joachimsthaler E.A. Revisiting DSS implementation research: A meta-analysis of the literature and suggestions for researchers // MIS Quarterly. – 1992. – 16(1). – P. 95–116.
2. Adkins M., Burgoon M. and Nunamaker J.F. Using Group Support Systems for Strategic Planning with the United States Air Force // Decis Support Syst. – 2003. – Vol. 34(3).
3. Burstein F., & Carlsson S.A. Decision Support through Knowledge Management. In F. Burstein & C.W. Holsapple (Eds.), Decision support systems handbook. Berlin: Springer-Verlag. – 2008. – P. 103–120
4. Eierman M.A., Niederman F., & Adams C. DSS theory: A model of constructs and relationships // Decision Support Systems. – 1995. – 14(1). – P.1-26.
5. Braun R.L., & Davis H.E. Computer-assisted audit tools and techniques: Analysis and perspectives // Managerial Auditing Journal. – 2003.
6. Alles M., & Gray G. The use of CAATTs in auditing financial statements: Implications for auditing practice and education // Journal of Accounting Education. – 2016. – 36. – P.1–17.
7. Manita R., Berrada A., & El Amrani El Idrissi, N. The impact of information technology on audit quality: A literature review // Journal of Accounting and Taxation. – 2020. – Vol. 12(1). – P. 1–13.
8. Tiberius V., & Hirth M. The role of information technology in enabling open innovation: Complementing absorptive capacity // Journal of Business Research. – 2019. – Vol. 94, – P. 203–215.
9. Andrey Bondarenko, Methodology for Knowledge Extraction from Trained Artificial Neural Networks // Information Technology and Management Science. – 2018. – Vol. 21. – P. 6–14.

ДИФФУЗИОННОЕ РАЗРЕШЕНИЕ КОРЕФЕРЕНЦИЙ

Хуснутдинов Э.Р.[1], Михайловский Н.Э.[2]
[1]Томский государственный университет, Высшая IT Школа, 972001, ed.khusnutdinov@gmail.com
[2]Томский государственный университет, Высшая IT Школа / ООО «НТР»,
e-mail: nickm@ntr.ai

Аннотация

Данная работа представляет новый подход к решению задачи разрешения кореференций (Coreference resolution), основанный на регрессии с помощью низкоразмерной диффузии, который может быть адаптирован к другим задачам структурного предсказания.

Ключевые слова: LLM, diffusion models, coreference resolution

Введение

Разрешение кореференций (Coreference resolution, [1]) – классическая задача в области обработки естественного языка (Natural Language Processing, NLP), которая заключается в выделении всех упоминаний одного и того же объекта в тексте. Разрешение кореференций — сложная задача, поскольку требует хорошего понимания контекста и способности распознавать сложные взаимосвязи между словами и фразами. Однако эта задача имеет решающее значение во многих приложениях, таких, как поиск информации [2], обобщение текста [3], ответы на вопросы [4], анализ настроений [5] и машинный перевод [6]. На рис. 1 присутствует два объекта: *студенты* и *фильм*, первый упоминается три раза (включая само название объекта), второй – два.

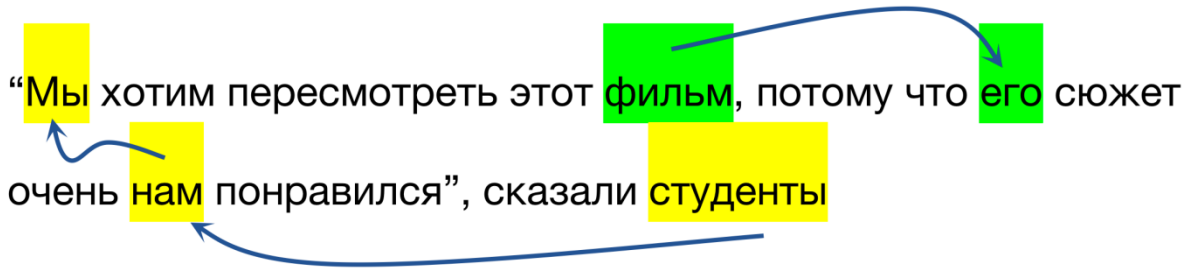


Рис. 1. Пример кореференций

Например, в недавних работах кореференции разрешаются с помощью авторегрессионного структурного предсказания [7, 8], а также через классификацию пар с использованием мультиэкспертной системы, разделяющей кореферентные пары на 6 типов [9]. Добровольский [10] рассматривает кореферентные связи между словами вместо промежутков, что снижает сложность модели кореференции до $O(n^2)$ и позволяет ей учитывать все потенциальные упоминания, не отсекая ни одного из них. Бонэ с соавторами [11] предложили принципиально иной подход, который использует парадигму преобразования текста в текст (seq2seq) для совместного прогнозирования упоминаний и ссылок. Модель на основе T5 [18] принимает одно предложение в качестве входных данных и выводит действие, соответствующее набору кореферентных связей, включающих это предложение в качестве выходных данных.

В текущей работе предлагается новый подход к разрешению кореференций с помощью диффузионного подхода, хорошо показавшего себя в области компьютерного зрения. Проверка качества разработанного подхода производилась на англоязычной части датасета Ontonotes [12] с использованием устоявшихся для решаемой задачи метрик B-cube, CEAFe и MUC [13].

Целью работы является демонстрация применимости основанного на диффузии подхода для решения задачи разрешения кореференций.

Языковые модели

Языковая модель – это статистическая модель, которая оценивает вероятность последовательностей токенов (например, слов). В основе работы языковых моделей лежит идея о том, что вероятность слова в тексте зависит от окружающих слов [14].

В данной работе используется языковая модель из класса BERT-подобных [15], которые при предсказании вероятностей токена (например, слова) учитывают не только контекст до токена, но и после. Используемая модель благодаря предварительному обучению на большом объеме данных обладает полезным свойством – векторные представления токенов текста на выходе из модели (эмбеддинги) получаются достаточно информативными, чтобы можно было в дальнейшем использовать их для задач анализа текста.

Диффузионные модели

Помимо BERT, в данном исследовании используется диффузионный алгоритм обучения модели [16], который особенно хорошо показал себя в работе с изображениями, а в последние несколько лет успешно применяется и в широком спектре задач NLP. Идея диффузионных моделей заключается в постепенном наложении шума на исходные данные, и выучивании обратной траектории, когда модель должна восстановить из зашумленных данных исходные. Тогда после обучения модель станет способна из случайного шума за t шагов генерации восстановить пример из целевого распределения.

Данные

В данной работе для обучения и тестирования модели используется набор данных Ontonotes 5.0 [12]. Основой набора являются различные тексты: новости, веб-блоги, расшифровки телефонных разговоров, радиовещаний и ток-шоу, на трех языках: английском, китайском, арабском. Также для всех текстов имеется структурная информация: о сущностях (для распознавания именованных сущностей), об упоминаниях и их связях (для разрешения кореференций) и др. В данной работе рассматривается только англоязычная часть данных, вся дальнейшая информация касается только ее.

На самом верхнем уровне данные разделяются по документам, эта смысловая единица представляет собой набор всех текстов одного конкретного телефонного разговора, радиоэфира и т.д. Дальше каждый документ разделен по предложениям, каждое предложение разделено по словам. Структурная информация о кореференциях для каждого предложения представлена в виде списка с промежутками упоминаний (индексы начального и конечного слова) с указанием кластера, к которому они относятся. Кластер ограничен конкретным документом, поскольку в рамках этой смысловой единицы могут упоминаться некоторых объекты как в первом предложении, так и в последнем.

Исходно, данные разделены на обучающую, тестовую и валидационную части в соотношении 1940 : 222 : 222 документа. Сводная статистика датасета представлена в таблице 1.

Таблица 1

Статистика для Ontonotes (eng.)

	Кол-во предложений в документе	Длина предложения в словах
Среднее	40	17
Медиана	15	14
75 перцентиль	41	23
90 перцентиль	83	34

Поскольку ключевой частью данных является разметка упоминаний, хочется понимать, насколько протяженными могут быть кластеры, то есть как далеко (в кол-ве предложений) друг от друга в документе находятся первое и последнее упоминание. Если это расстояние насколько большое, что промежуток предложений с первого до последнего упоминания не вместится в ограниченный контекст языковой модели, явным образом связать эти упоминания не представляется возможным.

Распределение протяженности кластеров между предложениями (от первого упоминания до последнего) для тренировочной части данных представлено на рисунке (*Рис. 2. Распределение размера кластеров*). Стоит отметить, что минимальная протяженность кластера 0, поскольку все упоминания объекта могут быть внутри одного предложения, максимальный размер ограничен количеством предложений в документе.

На первой гистограмме данные включают размер кластера 0, на второй – нет.

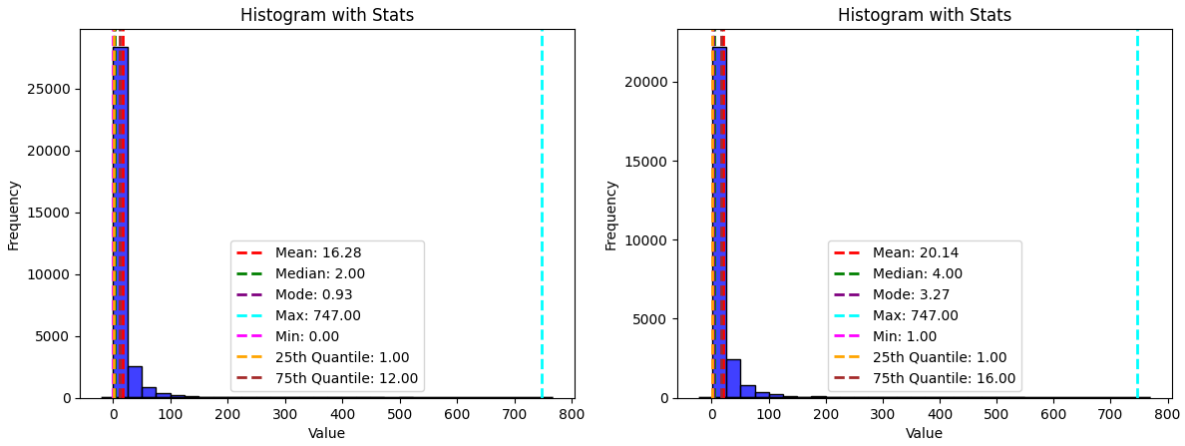


Рис. 2. Распределение размера кластеров

Подход к разрешению кореференций

Данная работа вдохновлена недавней статьей DiffusionNER [17], посвященной решению задачи распознавания именованных сущностей (англ. named entity recognition, NER) с использованием диффузии. Аналогично подходу вышеуказанной статьи к распознаванию именованных сущностей, мы рассматриваем задачу разрешения кореференций как кластеризацию отрезков последовательных токенов в тексте. Мы сначала выделяем отрезки токенов, которые могут представлять собой упоминания, а потом связываем некоторые из них.

Механизм извлечения границ отрезков упоминаний происходит с использованием диффузии. При обучении формируется матрица $2 \times N$, где N – гиперпараметр максимального количества упоминаний, которые модель может предсказать в тексте (можно брать с запасом, чтобы увеличить шансы найти все упоминания), а пара значений является нормализованными индексами первого и последнего токена реального упоминания. Далее матрица зашумляется, как в классическом диффузионном подходе, и вместе с эмбеддингом текста параллельно передается в две полносвязные головы, которые восстанавливают из полученных данных исходный индекс первого (первая голова) и последнего (вторая голова) токена упоминания, путем предсказания распределения вероятностей границы упоминания по всем токенам текста. В качестве функции ошибки используется *CrossEntropyLoss*.

При инференсе модели на вход головам подается уже гауссовский шум и эмбеддинг текста, на выходе после нескольких диффузионных итераций самые вероятные значения из двух распределений считаются границами начала и конца упоминания, и так для каждой из N пар.

Для предсказания связываний пар упоминаний было проверено два подхода: классификация найденных пар и предсказание пар середин упоминаний. В первом случае найденные упоминания формировались в матрицу “все-со-всеми” и производилась бинарная классификация пар. Во втором случае использовался подход из предсказания границ упоминаний, только теперь предсказывалась пара из серединных токенов, которые связывали упоминания, этот вариант в применении вместе с извлечением границ представлен на рисунке (*Рис. 3. Разрешение кореференций*).

Здесь представлены уже извлеченные из предсказанных распределений границы упоминаний и связывания середин упоминаний. Через границы определяются промежутки упоминаний, через середины, попавшие в эти промежутки упоминания связываются. Поскольку при обработке одного текста предсказывается множество границ и связываний середин, получается связать множество всех упоминаний одного объекта (возможно транзитивно), аналогично происходит для всех других объектов.

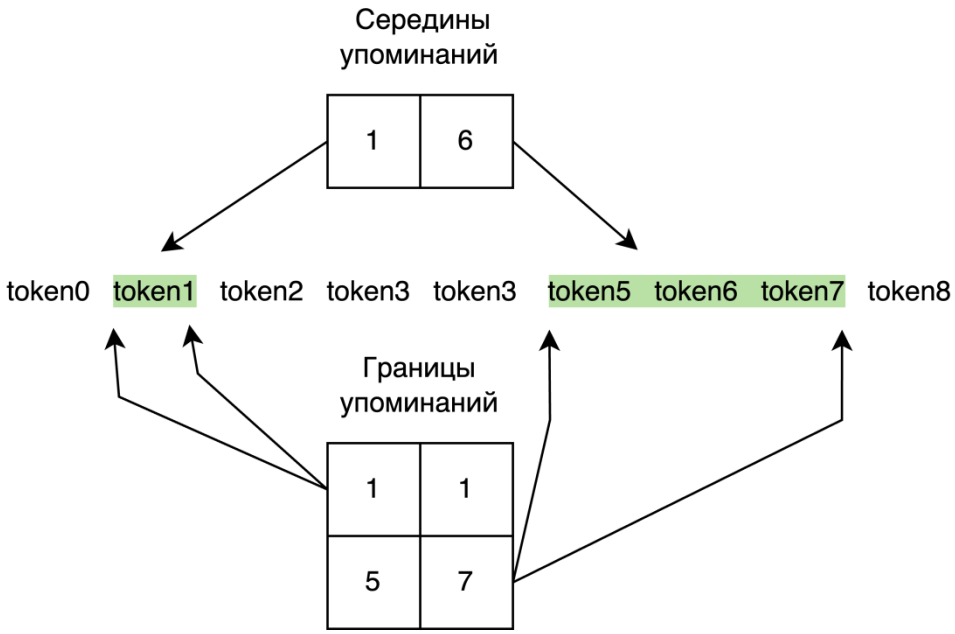


Рис. 3. Разрешение кореференций

Обучение для связывания производилось независимо от предсказания границ упоминаний, также с использованием *CrossEntropyLoss*. Во время инференса для связывания выбирались те предсказанные упоминания, в границы которых попадали предсказанные середины.

Как следует из раздела *Данные*, протяженность кластера может быть достаточно большой, поэтому вместить все предложения в контекст модели не представляется возможным. Чтобы иметь возможность извлекать длинные цепочки кореференций, предлагается обрабатывать текст со скользящим окном, тогда по свойству транзитивности можно восстанавливать связи длиннее максимального контекста модели, тем самым оставляя возможность для идеального предсказания кластера. Однако, если разрыв между упоминаниями больше размера окна, такие цепочки уже не представляется возможным восстанавливать и один реальный кластер упоминаний в предсказании разделяется на несколько.

Таким образом, идея данной работы состоит в построении унифицированного подхода для задач предсказания структуры, поскольку позволяет локализовывать объекты, связывать их и производить классификацию связей и локализаций.

Задача о назначениях

Поскольку модель предсказывает N пар как для локализаций, так и для связываний, в то время как реальное количество упоминаний и связываний в тексте отличается и имеет порядок отличный от порядка в предсказании, для вычисления ошибки необходимо предварительно сопоставить предсказания и правильные ответы и их количество должно совпадать.

Для одинакового количества значений правильные ответы дублируются до N штук. Для сопоставления пар решается «Задача о назначениях», которая является оптимизационной, где требуется найти наилучшее соответствие между набором ресурсов и набором задач. На примере работника и заказа, задача состоит в том, чтобы определить, какому работнику (ресурсу) назначить выполнение какого заказа (задачи), чтобы оптимизировать определенный критерий, такой как время выполнения, затраты или качество работы, при условии, что одному работнику назначается только один заказ и наоборот. Эта задача имеет алгоритмическое решение, поэтому в работе используется готовая имплементация алгоритма нахождения оптимального назначения.

Сопоставление оптимизируется исходя из матрицы расстояний от предсказанных левых и правых границ до реальных, которое вычисляется как разность индексов токенов, а также добавляется вероятность предсказанного класса. Аналогично, матрица расстояний считается для связываний середин упоминаний.

Метрики

Мертики вычислялись как для локализаций, так и для связываний упоминаний. Предсказания модели выполнялись в пределах окна в 4 предложения без наложения окон. В качестве LLM в данной работе использован bert-large-cased с приблизительно 340 миллионами параметров.

Для оценки качества решения задачи Coreference resolution взяты широко распространенные для данной задачи метрики B-cube, CEAFe и MUC [13]. Если есть предсказанные (*Pred*) и реальные (*True*) кореференции, то описанные выше метрики можно интерпретировать как привычные метрики Precision и Recall. Например, для MUC Precision = MUC(Pred, True), Recall = MUC(True, Pred), аналогично для других двух метрик. Далее из каждой пары Precison - Recall вычисляется F1-score.
В качестве общей оценки качества используется усредненный F1-score по трем метрикам, именно он представлен в таблице (Таблица 2: *Метрики экспериментов*). Так как метрики B-cube, CEAFe и MUC представляют собой некоторую меру качества кластеризации, они учитывают только точные совпадения границ локализаций, в противном случае локализация (т.е. пара значений из двух индексов токенов) считается, в терминах графа, другой вершиной. В таблице представлены результаты качества локализации, которые аналогичны локализации сущностей в задаче NER.

Таблица 2

Метрики экспериментов

	LingMessCoref [9]	Diffusion Coreference Resolution. Pair coreference prediction	Diffusion Coreference Resolution Coreference centers prediction
связывание Precision	0.87	0.44	0.60
связывание Recall	0.75	0.60	0.56
связывание F1	0.79	0.41	0.56
локализация Precision		87.84	86.77
локализация Recall		76.52	76.27
локализация F1		81.79	81.18

Также производились попытки восстановления протяженных кореференций через обработку со скользящим окном, но их качество было заметно ниже результатов в пределах окна в 4 предложния.

Заключение

В данной работе показана способность диффузионного подхода качественно локализовывать упоминания а также с некоторой точностью связывать найденные упоминания посредством предсказания середин пар упоминаний. Можно сделать вывод, что подобный подход требует дальнейшего развития и изучения.

В качестве возможных исследований имеет смысл исследовать альтернативные более точные способы связывания упоминаний, например посредством описанного в работе подхода через предсказание пары индексов токенов. Возможно, комбинация подхода к локализации упоминаний из данной работы и предсказания связываний для пар упоминаний как в LingMess [9] позволит достичь сопоставимых с SOTA результатов.

Также может иметь смысл разработка несколько иного подхода к вычислению метрик B-cube, CEAFe и MUC с учетом неточного совпадения границ упоминаний, например, некоторая комбинация с метрикой IoU.

Список использованных источников

1. Ng V. Supervised Noun Phrase Coreference Research: The First Fifteen Years // In Proceedings of the 48th annual meeting of the association for computational linguistics. - Uppsala: Association for Computational Linguistics. – 2010. – С. 1396–1411.

2. Brack A. et al. Coreference resolution in research papers from multiple domains // Advances in Information Retrieval: 43rd European Conference on IR Research, ECIR 2021, Virtual Event, March 28–April 1, 2021, Proceedings, Part I 43. – Springer International Publishing. – 2021. – С. 79-97.

3. Liu Z., Shi K., Chen N.F. Coreference-aware dialogue summarization // arXiv preprint – arXiv:2106.08556. – 2021.
4. Morton T.S. Using coreference for question answering //Coreference and Its Applications. – 1999.
5. Kobayashi H., Malon C. Analyzing Coreference and Bridging in Product Reviews //Proceedings of the Fourth Workshop on Computational Models of Reference, Anaphora and Coreference. – 2022. – C. 22-30.
6. Stojanovski D., Fraser A. Coreference and coherence in neural machine translation: A study using oracle experiments //Proceedings of the Third Conference on Machine Translation: Research Papers. – 2018. – C. 49-60.
7. Liu T., Jiang Y.E., Monath N., Cotterell R., Sachan M. Autoregressive Structured Prediction with Language Models // Findings of the Association for Computational Linguistics: EMNLP 2022. - Abu Dhabi: Association for Computational Linguistics. – 2022. – C. 993–1005.
8. Bolshakov V, Mikhaylovskiy N. Pseudo-Labelling for Autoregressive Structured Prediction in Coreference Resolution // Proceedings of the International Conference Dialogue 2023
9. Otmazgin S., Cattan A., Goldberg Y. LingMess: Linguistically Informed Multi Expert Scorers for Coreference Resolution // Proceedings of the 17th Conference of the European Chapter of the Association for Computational Linguistics. - Dubrovnik: Association for Computational Linguistics, 2023. – C. 2752–2760.
10. Dobrovolskii V. Word-level coreference resolution // Proceedings of the 2021 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing, – C. 7670–7675, Online and Punta Cana, Dominican Republic. Association for Computational Linguistics.
11. Bohnet B., Alberti C., Collins M. Coreference Resolution through a seq2seq Transition-Based System // Transactions of the Association for Computational Linguistics. – 2023. – T. 11. – C. 212-226.
12. Towards Robust Linguistic Analysis using OntoNotes / S. Pradhan, A. Moschitti, N. Xue [и др.] // Proceedings of the Seventeenth Conference on Computational Natural Language Learning . – Sofia, Bulgaria : Association for Computational Linguistics. – 2013. – C. 143–152.
13. Scoring Coreference Partitions of Predicted Mentions: A Reference Implementation / S. Pradhan, X. Luo, M. Recasens [и др.] // Proceedings of the 52nd Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics (Volume 2: Short Papers) . – Baltimore, Maryland : Association for Computational Linguistics, – 2014. – C. 30-35.
14. Z. Harris. Distributional structure // Word, – №10(23), – 1954. – C. 146-162.
15. BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding / J. Devlin, M.W. Chang, K. Lee, K. Toutanova // Proceedings of the 2019 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies, Volume 1 (Long and Short Papers). – Minneapolis, Minnesota : Association for Computational Linguistics. – 2019. – C. 4171–4186.
16. Ho, J. Denoising diffusion probabilistic models / J. Ho, A. Jain, P. Abbeel // Proceedings of the 34th International Conference on Neural Information Processing Systems. – Red Hook NY US : Curran Associates Inc. – 2020. – C. 6840-6851. – ISBN 9781713829546.
17. DiffusionNER: Boundary Diffusion for Named Entity Recognition / Y. Shen, K. Song, X. Tan [и др.] // Proceedings of the 61st Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics (Volume 1: Long Papers) . – Toronto, Canada : Association for Computational Linguistics. – 2023. – C. 3875–3890.
18. Raffel C., Shazeer N., Roberts A., Lee K., Narang S., Matena M., Zhou Y., Li W., and Peter J. Liu. Exploring the limits of transfer learning with a unified text-to-text transformer // J. Mach. Learn. Res. 21. 1. – Article –140 – 2020.

MACHINE LEARNING APPROACHES FOR EQUIPMENT FAILURE PREDICTION AND PREDICTIVE MAINTENANCE: A COMPREHENSIVE REVIEW

Ayitha Krishna Likhit
Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russian Federation.
Division for Information Technology,
(8PM2I), ak03@tpu.ru

Abstract

This comprehensive review explores the application of machine learning techniques in predicting equipment failures and facilitating predictive maintenance strategies. Drawing from recent literature and case studies, the paper examines various machine learning algorithms and methodologies employed in this domain. Key findings highlight the effectiveness of machine learning models in pre emptively identifying potential equipment failures, thereby enhancing maintenance practices and minimizing downtime. Implications for industries reliant on machinery and suggestions for future research directions are discussed.

Keywords: machine learning, predictive maintenance, equipment failure prediction

Introduction

This paper aims to establish the significance of machine learning in equipment failure prediction and predictive maintenance, highlighting practical implications and stakeholders' benefits. It will conduct a comprehensive literature review to identify gaps and limitations, delineating clear objectives and scope. Methodology insights, including dataset selection and machine learning algorithms, will be provided. Results will be systematically presented with visual aids, and the discussion will contextualize findings within predictive maintenance practices. Finally, the conclusion will summarize key findings and suggest future research direction.

Description of the Algorithm

1. Getting Set-Up
   Install relevant Python libraries, import necessary libraries, and import data from GitHub.
2. Data Exploration
   Examine the dataset size: 307,751 rows and 16 columns, with only 421 failures observed.
3. Data Transformations and Feature Engineering
   Transform data for machine learning by creating running summaries of sensor values, crucial for predicting equipment failure.
4. Dealing with the Small Number of Failures
   Expand the failure window, create testing, training, and validation groupings, and apply Synthetic Minority Over-sampling Technique (SMOTE) to balance the training data.
5. More Data Transformation and Feature Engineering
   Convert categorical variables into binary dummy variables to suit the XGBT model, which doesn't handle categorical fields directly.
6. Building the Model on the Balanced Training Dataset
   Remove redundant categorical variables represented by dummy variables.

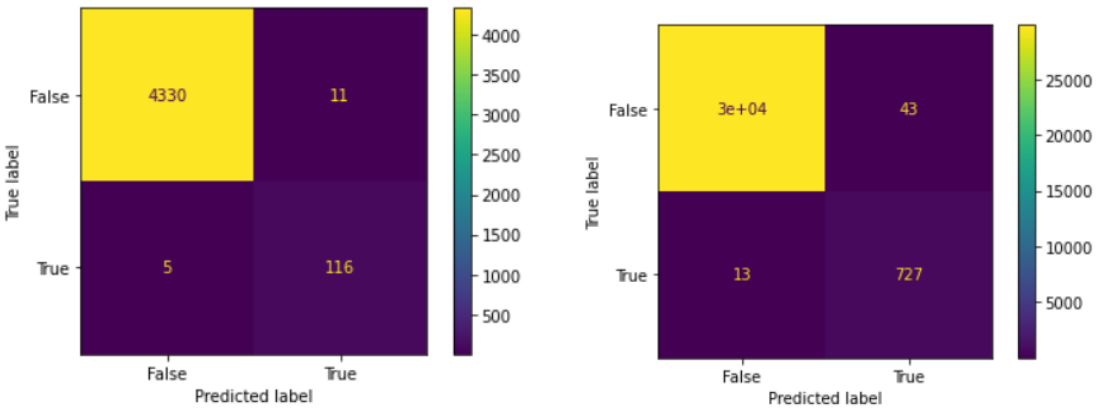


Fig. 1. Confusion matrices: Y axis as True label; X axis as Predicted label.
a) x_test, y_test confusion matrix; b) x_df, y_df confusion matrix

7. Model Evaluation

- Evaluate the Model Metrics:

Assess model performance using AUC and accuracy metrics.

- Confusion Matrix Evaluation:

Analyze the confusion matrix to understand model predictions.

- Heuristics Definition:

Define false positives, true positives, false negatives, and true negatives.

- Refinement and Validation:

Eliminate redundant failure signals; identify machine IDs, and dates of failure signals.

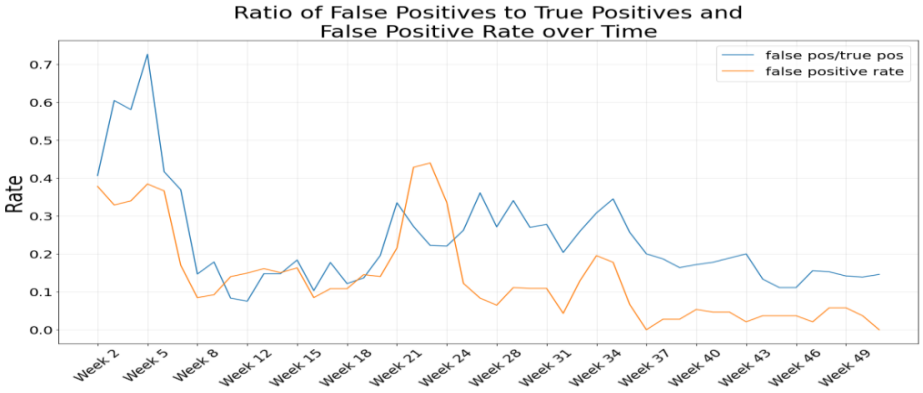


Fig. 2. Ratio of False Positives to True Positives and False Positive rate over Time

Create a realistic confusion matrix by incorporating the economics of the problem.
Fine-tune and validate the solution to ensure effectiveness and reliability.

Table 1

Confusion matrix incorporated by economics of problem

Maintenance Scenario	**Number of Incidents**	**Cost per Incident**	**Total Cost**
Unnecessary Maintenance	9	$ 1,500	$ 13,500
Timely and Appropriate Maintenance	27	$ 7,500	$ 202,500
Machine Runs to Failure	385	$ 30,000	$ 11,550,000
Total	421	$ 27,948	$ 11,766,000

Validating the solution and finally get cost reduction as you can compare in table 2.

Table 2

Validating the solution: cost reduction

	TOTAL COST	**WELLS**	**AVERAGE_COST**	**LIFT**
MODELING_GROUP				
TESTING	3738000	149	25087.248322	2860.751678
TARINING	1293000	146	8856.164384	19091.835616
VALIDATION	3072000	126	24380.952381	3567.047619

Literature Review

The literature review critically assesses recent studies and developments in machine learning for equipment failure prediction and predictive maintenance. It synthesizes findings from a variety of sources, including academic journals, conference papers, and industry reports. Key themes explored include the selection of appropriate features for predictive modeling, the comparative performance of different machine learning algorithms, and the integration of predictive maintenance systems into existing workflows. Gaps in the literature are identified, such as the need for standardized datasets and benchmarks, as well as the challenges associated with real-time implementation of predictive maintenance strategies.

Methodology

This section outlines the methodology employed to conduct the literature review and analyze the findings. A systematic approach was adopted to identify relevant research articles and case studies through database searches and citation tracking. Criteria for inclusion/exclusion of studies were established, focusing on relevance to the topic, publication year, and methodological rigor. Data extraction techniques were utilized to extract key insights and synthesize the literature into coherent themes and trends. Limitations of the methodology, such as potential biases in study selection and data extraction, are also acknowledged.

Results

The results section presents an overview of the key findings from the literature review. It highlights the efficacy of machine learning models in predicting equipment failures across various industries, including manufacturing, energy, and transportation. Commonly employed algorithms, such as support vector machines, random forests, and neural networks, are discussed in terms of their predictive accuracy and computational efficiency. Additionally, case studies illustrating successful implementation of predictive maintenance strategies are presented, along with insights into factors influencing their effectiveness.

Discussion

The discussion section interprets the results in the context of the research objectives and broader implications for industry and academia. It addresses the challenges and opportunities associated with integrating machine learning into existing maintenance practices, including data accessibility, model interpretability, and organizational readiness. Furthermore, the potential impact of emerging technologies, such as Internet of Things (IoT) sensors and edge computing, on predictive maintenance capabilities is explored. Recommendations for future research focus on addressing knowledge gaps and refining methodologies to enhance the predictive accuracy and scalability of machine learning models in real-world applications.

Conclusion

Now we have everything we need to examine the effectiveness of the model. Maintenance currently costs the firm about 27,948 dollars per machine in the current data set. In the validation data set, the cost per machine is 24,380. In the testing data set it is 25,087 dollars. A predictive maintenance solution will lower the cost per machine by about 3,567 dollars per machine in the validation set and about 2,860 dollars in the testing data set. To be conservative, we should probably take the lower of the testing and validation data sets, so let's use 2,860 as a lift over the BAU metric. The lift multiplied by 421 machines equates to 1.204 million in savings or about a 10 % reduction in total expenses.

References

1. Machine Learning for Equipment Failure Prediction and Predictive Maintenance (PM) Shad Griffin Jul 25, – 2020. – URL:https://medium.com/swlh/machine-learning-for-equipment-failure-prediction-and-predictive-maintenance-pm-e72b1ce42da1

2. A Review on Machine Learning Techniques for Predictive Maintenance in Industry 4.0 – URL: https://www.researchgate.net/publication/370425575_A_Review_on_Machine_Learning_Techniques_for_Predictive_Maintenance_in_Industry_40

3. Machine Learning for Predictive Maintenance: A Detailed Review. – URL: https://astconsulting.in/artificial-intelligence/machine-learning-for-predictive-maintenance-a-detailed-review/

КОНВЕЙЕР ОБРАБОТКИ ДАННЫХ НАУЧНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ГРАФА СЕМАНТИЧЕСКОГО СХОДСТВА

Ушаков С.Н.
Томский политехнический университет, ИШИТР, гр. А1-39, e-mail: wowman9721@gmail.com

Аннотация

В работе предлагается метод построения конвейера для обработки данных научных публикаций с целью возможности их аннотирования методами машинного обучения и построения семантических графов сходства.

Ключевые слова: граф, конвейер, парсинг, TF-IDF, API

Введение

В современном информационном обществе объем научной литературы неуклонно растет, при этом ученые и специалисты сталкиваются с задачей извлечения ценной информации из этого огромного объема данных. Однако, доступность информации не всегда означает ее усвоение и использование в полной мере [1]. Именно поэтому разработка методов для эффективного извлечения знаний из научных публикаций и оценка их сходства становится важной и актуальной задачей. Анализ научных статей и выявление их сходства имеет ряд важных применений в научном и инженерном сообществе. Это может включать в себя автоматическое создание обзоров литературы, выявление тенденций в исследованиях, выявление потенциальных коллабораций между учеными и многое другое [2]. Кроме того, с ростом объема научной информации становится все более сложно ориентироваться в множестве публикаций и определять наиболее релевантные исследования по конкретной теме.

Целью данной работы является разработка алгоритма для конвейера обработки данных научных публикаций с целью возможности дальнейшего их аннотирования и построения семантических графов сходства.

Описание построения конвейера обработки данных

Конвейер обработки данных научных публикаций включает в себя следующие шаги:

1. Поиск научных публикаций по ключевым словам.
2. Парсинг найденных публикаций и извлечение содержимого аннотаций
3. Оценка сходства публикаций по аннотациям и по всему содержанию

На рис. 1 изображена схема предложенного конвейера для обработки данных научных публикаций.

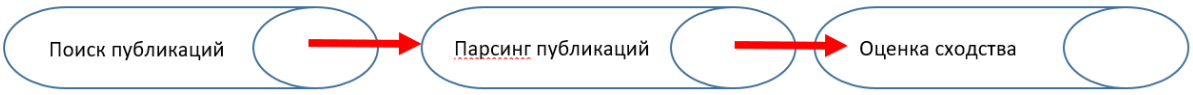


Рис. 1. Схематичное представление конвейера обработки данных научных публикаций

Поиск научных публикаций осуществляется по ключевым словам из специального датасета по синтезу материалов. Для реализации поиска научных публикаций использовалась площадка Google Scholar, которая имеет API в качестве Python-библиотеки под названием scholarly. После выполнения поиска scholarly возвращает результаты в виде объектов Python, которые можно анализировать и обрабатывать для извлечения необходимой информации. Таким образом, каждый результат найденных с помощью scholarly публикаций включает в себя: название статьи, имена авторов, год публикации, количество цитирований и URL-адрес, по которому можно обратиться к данной публикации. Результаты автоматического поиска с помощью библиотеки scholarly представлены на рис. 2.

```
Title: Synthesis of single-phase high-entropy carbide powders
Author: L Feng, WG Fahrenholtz, GE Hilmas, Y Zhou
Publication Year: N/A
Citation Count: 188
URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S135964621830678X

Title: High-entropy carbide ceramics: A perspective review
Author: Z Wang, ZT Li, SJ Zhao, ZG Wu
Publication Year: N/A
Citation Count: 31
URL: https://link.springer.com/article/10.1007/s42864-021-00085-7

Title: High-entropy carbide: A novel class of multicomponent ceramics
Author: J Zhou, J Zhang, F Zhang, B Niu, L Lei, W Wang
Publication Year: N/A
Citation Count: 321
URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0272884218321576

Title: High entropy carbide ceramics from different starting materials
Author: XF Wei, JX Liu, F Li, Y Qin, YC Liang
Publication Year: N/A
Citation Count: 168
URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0955221919302304

Title: Phase stability and mechanical properties of novel high entropy transition metal carbides
...
Publication Year: N/A
Citation Count: 24
URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0955221921002538
```

Рис. 2. Результат автоматического поиска научных публикаций

Процесс парсинга осуществляется путем разбиения публикации на заголовки и извлечения метаданных раздела «Abstract». Результат парсинга представлен на рис. 3.

```
Abstract
Chemical vapor deposition (CVD) is a vacuum deposition method used to produce high-quality and high-performance solid
materials. The process is often used in the semiconductor industry to produce thin films. Microfabrication processes widely
use CVD to deposit materials in various forms, including monocrystalline, polycrystalline, amorphous, and epitaxial. These
materials include silicon (dioxide, carbide, nitride, oxynitride), carbon (fiber, nanofibers, nanotubes, diamond, and graphene),
fluorocarbons, filaments, tungsten, titanium nitride, and various high-k dielectrics. Chemical deposition takes advantage of
the chemical reaction where the product self-assembles and deposits on a suitable substrate. Chemical deposition is com-
monly used for generating thin nanostructured blend films of crystalline inorganic materials, such as ZnS, CuSe, InS, CdS,
etc. Depending on the deposition conditions, several terms have been used, such as chemical bath deposition, CVD, and
ECD. Depending on the material and the deposition conditions, different surface morphologies have been obtained, from
nanopins to nanotubes to nanorods. Reagents in sedimentary reactions are usually water-soluble ionic compounds. When
these compounds are dissolved in water, they separate from each other to form anion and cation ions. If a cation of one com-
pound forms an insoluble compound with an anion of another compound, precipitation occurs. Applications of this method
include the removal of heavy metals and anions from wastewater, reducing water hardness, and metal recovery. Synthesis
processes occur by chemical deposition based on deposition reactions (substitution), co-precipitation, oxidation-reduction,
thermolysis, hydrolysis, polymerization, and condensation. The control of various variables in a synthetic system plays an
important role in controlling particle size and morphology. The products of sedimentary processes under various synthetic
conditions range from coarse crystals to nanostructured colloidal particles. Co-precipitation chemical methods allow the
synthesis of metal nanoparticles, metal oxides, as well as many metal semiconductor compounds. Also, a wide range of
properties and characteristics can be achieved by changing the synthesis conditions. The basis of these methods is the prepa-
ration of products from soluble precursors using different systems such as electrochemical equipment, microwave radiation,
ultrasound, and high-energy beams.
```

Рис. 3. Результат парсинга

Результаты оценки сходства

Для оценки сходства публикаций были использованы метрики TF-IDF, расстояние Джакара и косинусное сходство [3-4]. Оценка осуществлялась по сходству Abstract и по всему содержанию публикаций. В таблице 1 представлены результаты оценки сходства по аннотациям.

Таблица 1

Результаты сходства по Abstract

TF-IDF	Косинусное расстояние	Расстояние Джакара
0.51	0.31	0.32

По результатам 1 можно сделать вывод, что сходство между аннотациями доекументов, оцененное с использованием TF-IDF, наибольшее (0.51), что может указывать на значительное пересечение важных терминов или фраз в этих документах с учетом их веса и значимости в контексте всей коллекции аннотаций документов. Косинусное расстояние ближе к 1 (0.31), что указывает то, что направления векторов TF-IDF для этих документов достаточно близки друг к другу, что может быть

связано с более схожими темами или контекстом этих аннотаций. Расстояние Жаккара показывает, что в текстах аннотаций есть определенное пересечение по используемым терминам, но в большинстве своем они уникальны, что может говорить о различных экспериментах, описанных в данных публикациях. В таблице 2 представлены результаты сходства по полному содержанию научных публикаций.

Таблица 2

Результаты сходства по полному содержанию

TF-IDF	Косинусное расстояние	Расстояние Джакара
0.44	0.29	0.28

Результаты таблицы 2 указывают на то, что внутри текстов статей существует больше уникальных слов или концепций, что снижает степень сходства на уровне TF-IDF. Значение косинусного сходства также ниже, чем при анализе аннотаций, что указывает на более высокое сходство в содержании абстрактов, чем в полном тексте публикаций. Сходство Жаккара также ниже, чем при анализе абстрактов, но ближе к косинусному расстоянию. Это может указывать на более высокое пересечение используемых терминов внутри текстов статьи по сравнению с анализом только абстрактов.

Заключение

В результате работы был предложен конвейер обработки данных научных публикаций для возможности дальнейшего аннотирования с целью проектирования различных баз знаний и построения семантических графов сходства. С помощью данной методики было проанализировано около 300 статей по различным тематикам одного направления. В качестве направления для анализа был выбран синтез материалов.

В результате значительное отличия результатов сходства можно сделать вывод, что анализируемые публикации достаточно близки по тематикам исследований, но значительно различаются по предлагаемым методикам и используемым технологиям.

Список использованных источников

1. Jones, K.S. A statistical interpretation of term specificity and its application in retrieval / K.S. Jones // Journal of Documentation. – 2021. – Vol. 60(5). – P. 493-502.

2. Воронцов К.В. Многокритериальные и многомодальные вероятностные тематические модели коллекций текстовых документов / К.В. Воронцов, А.А. Потапенко, А.И. Фрей, М.А. Апишев, Н.В. Дойков, А.В. Шапулин, Н.А. Чиркова // 10-я Междунар. конф. ИОИ-2022: Тезисы докладов. – 2022. – С. 198.

3. Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетики / К. Шеннон; пер. с англ. – М.: Иностранная литература, –2020. – С. 669–686. (Shannon C.E. Prediction and entropy of printed English. BSTJ –1951; – V. 30(1) – P. 50-64)

4. Царьков С.В. Автоматическое выделение ключевых фраз для построения словаря терминов в тематических моделях коллекций текстовых документов / С.В. Царьков // Естественные и технические науки. – 2021. – № 6. – С. 456-464. – ISSN 1684-2626

ОБУЧЕНИЕ МОДЕЛЕЙ СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ YOLOv5 и YOLOv7 ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ МУЛЬТИКЛАСИФИКАЦИИ ОБЪЕКТОВ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ

Тятюшкин И.М. [1], *Кравченко А.А.* [2]
[1]*Томский политехнический университет, ИШИТР, студент гр. 8И11, imt12@tpu.ru,*
[2]*Томский политехнический университет, ИШИТР, студент гр. 8И11, aak310@tpu.ru*

Аннотация

В работе проводится сравнительный анализ результатов обучения и валидации моделей сверточных нейронных сетей YOLOv5 и YOLOv7 для решения задач мультиклассификации летающих объектов на изображениях.

Ключевые слова: сверточная нейронная сеть YOLO, обучение и валидация нейронных сетей, мультиклассификация летающих объектов на изображениях

Введение

Из-за быстрого роста объема визуальной информации, генерируемой ежедневно, автоматическое распознавание объектов на изображениях становится все более востребованным направлением исследований в области компьютерного зрения и машинного обучения. Одной из наиболее важных задач в этом направлении является классификация нескольких объектов на изображении, принадлежащих нескольким классам (задача мультиклассификации объектов). Модели свёрточных нейронных сетей (СНС) являются одними из наиболее эффективных моделей для решения задач обнаружения и классификации объектов на изображениях. Однако решение задачи мультиклассификации объектов с заданной точностью с помощью таких моделей является весьма нетривиальной задачей, особенно на этапах обучения и валидации используемых моделей СНС[1].

В последние годы были разработаны различные модели СНС. Для решения задач мультиклассификации подвижных объектов наиболее подходящим из современных моделей СНС является класс моделей YOLO (You Only Look Once), поскольку модели этого класса позволяют выполнять распознавание объектов в реальном времени [1, 1]. Для исследователей, решающих задачи мультиклассификации подвижных объектов, большой интерес представляют перспективные модели YOLOv5 и YOLOv7, входящие в класс YOLO.

Целью данной работы является определение по результатам обучения и валидации наиболее эффективной модели СНС из исследуемых моделей YOLOv5 и YOLOv7 при решении задачи мультиклассификации летающих объектов на изображениях. Полученные результаты могут быть использованы при разработке систем компьютерного зрения, способных решать сложные задачи мультиклассификации летающих объектов.

Модели СНС YOLOv5 и YOLOv7

Класс моделей YOLO является сегодня одним из наиболее популярных и современных классов СНС для решения задач обнаружения и классификации объектов на изображениях. Модели СНС этого класса, как и другие модели СНС с одноэтапной архитектурой, анализируют изображение за один проход (одномоментно выполняются этапы обнаружения, локализации и классификации объектов), что значительно повышает скорость анализа изображения. При этом такие модели СНС обладают весьма высокими показателями по точности детектирования объектов[1-3]. Кратко рассмотрим две наиболее перспективные модели из класса YOLO - YOLOv5 и YOLOv7.

YOLOv5 - это модель СНС, разработанная для решения задач распознавания объектов в реальном времени. Эта модель основана на архитектуре YOLOv4, но имеет ряд улучшений, которые позволяют увеличить точность и скорость распознавания объектов[4,5]. Архитектура YOLOv5 (Рис. 1) состоит из трех основных компонентов: backbone, neck и head. Backbone - это основная часть модели, которая отвечает за извлечение признаков объектов на изображении. В модели YOLOv5 в качестве backbone используется модель CSPDarknet53, которая является улучшенной версией модели Darknet53[4]. Neck - это часть модели, которая отвечает за объединение признаков объектов из различных слоев backbone. В YOLOv5 в качестве компоненты neck используется модуль FPN (Feature Pyramid Network), который позволяет объединять признаки из различных масштабов изображения.Head - это часть модели, которая отвечает за выдачу конечного результата – обнаружение

и классификацию объектов на изображении. В YOLOv5 в качестве head используется модуль модели YOLOv3, который позволяет определять координаты и классы объектов на изображении[5].

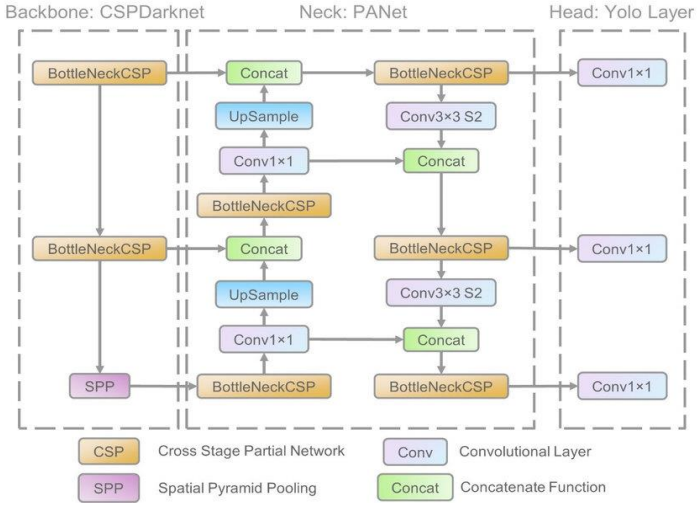


Рис. 1. Архитектура модели YOLOv5

Модель YOLOv7 - это модель СНС, разработанная для решения задач классификации объектов с высокой точностью[6]. Она также основана на архитектуре YOLOv4, но имеет ряд улучшений, которые позволяют увеличить точность классификации объектов на изображениях с высоким разрешением. Архитектура YOLOv7 состоит из трех основных компонентов: backbone, neck и head. Backbone - это основная часть модели, которая отвечает за извлечение признаков изображения. В YOLOv7 в качестве backbone используется модель EfficientNet, которая является высокоэффективной моделью для извлечения признаков изображения.Neck - это часть модели, которая отвечает за объединение признаков из различных слоев backbone. В модели YOLOv7 в качестве компоненты neck используется модуль BiFPN (англ.Bi-directional Feature Pyramid Network), который позволяет объединять признаки из различных масштабов изображения в двух направлениях. Head - это часть модели, которая отвечает за выдачу конечного результата - обнаружение и классификацию объектов на изображении. В YOLOv7 в качестве head используется модуль YOLOv4, который позволяет определять координаты и классы объектов на изображении.

Как следует из описания моделей, обе они имеют схожую архитектуру, но имеют особенности, которые позволяют им эффективно решать задачи обнаружения и классификации объектов в реальном времени и выполнять это с высокой точностью классификации.

Постановка задачи исследований

Необходимо решить задачу мультиклассификации летающих объектов четырех классов на изображениях. Для ее решения предлагается использовать две перспективные модели СНС класса YOLO: модели YOLOv5 и YOLOv7. Каждая из этих моделей, в свою очередь, является семейством моделей, отличающихся друг от друга, в первую очередь, числом сверточных слоев.

Целью исследования является проведение сравнительного анализа точности классификации объектов и скорости вычисления (обучения) двух моделей из каждого из этих семейств моделей YOLOv5 и YOLOv7 на этапах их обучения и валидации при решении задачи мультиклассификации летающих объектов на изображениях. Необходимо оценить точность классификации таких объектов по известным метрикам, а также время, необходимое для анализа одного изображения (время вычисления модели) для каждой из моделей.

При проведении исследования используются известные метрики оценки точности классификации объектов на изображениях, такие как Precision, Recall, AP0.5 для каждого класса (средняя по всем классам точность mAP0.5) и AP0.5:0.95 (средняя по всем классам mAP0.5:0.95) [1]. Также оценивается время, необходимое для анализа изображений в случае каждой модели. После этого необходимо сравнить полученные результаты и сделать выводы. В итоге определяется наиболее эффективная на этапах обучения и валидации модель СНС класса YOLO для решения задачи мультиклассификации летающих объектов.

Для проведения исследования был сформирован набор данных - датасет, содержащий размеченные и исходные изображения летающих объектов четырех классов: Птица (bird), Беспилотный летательный аппарат (БПЛА) вертолетного типа (helicopter-type_uav), БПЛА самолетного типа (aircraft-type_uav) и Неизвестный объект (unknown). В качестве неизвестных объектов на изображениях могут быть самолеты, вертолеты, воздушные шары и т.п. Датасет состоит из 15200 изображений размером 416x416 пикселей. В нем 70 % от общего объема составляют изображения обучающей выборки, 20 % - валидационной и 10 % - тестовой выборки. Изображения были выбраны таким образом, чтобы на них присутствовали как одиночные объекты, так и несколько объектов разных классов.

Обучение и валидация моделей YOLOv5 и YOLOv7

Обучение и валидация этих моделей СНС проводились с использованием фреймворка PyTorch [1, 2]. В качестве среды обучения использовался Kaggle Kernels, который предоставляет ограниченный, но бесплатный доступ к вычислительным ресурсам с возможностью обучать модели СНС на двух графических процессорах Tesla T4. Так как организация – владелец вычислительной среды накладывает определенные ограничения на время сеанса и используемые вычислительные единицы, обучение каждой модели проходило для 10 эпох.

Модели семейства YOLOv5

Было выбрано две модели из семейства YOLOv5 для обучения – YOLOv5s и YOLOv5x. Эксперименты показали, что обучение модели YOLOv5s в течение 10 эпох заняло 1.829 часа, что соответствует примерно 0.43 секунды на анализ одного изображения. Соответственно, обучение модели YOLOv5x в течение 10 эпох заняло 1.847 часа, что соответствует примерно 0.44 секунды на анализ одного изображения из обучающей выборки. Видим, что модель YOLOv5x вычисляется несколько дольше, чем модель YOLOv5s. На наш взгляд, это связано, в первую очередь, с тем, что обучающая выборка используемого размера с изображениями небольшого размера (416x416 пикселей) не может полностью загрузить графический ускоритель и тогда общая длительность процесса обучения определяется ресурсами процессора, который подготавливает данные для обучения и является в данном случае «узким горлышком».

Во время обучения получены оценки точности классификации летающих объектов на изображениях по четырем выбранным метрикам. Результаты представлены на рис. 2 в виде графиков зависимостей значений этих метрик от количества эпох обучения для каждой из моделей СНС. Следует отметить, что даже при небольшом числе эпох точность классификации объектов весьма высока.

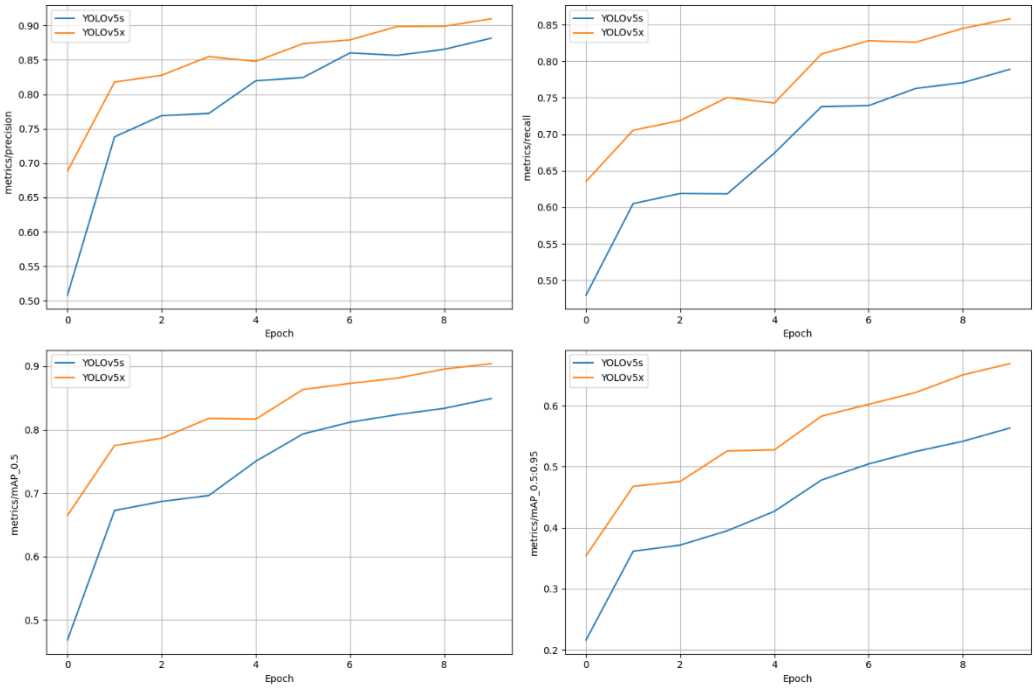


Рис. 2. Графики зависимости значений метрик от числа эпох обучения

Как можно видеть из графиков, модель YOLOv5x дает более высокую точность классификации по всем метрикам, чем модель YOLOv5s.

В таблице 1 приведены результаты валидации этих моделей. Голубым цветом показаны значения метрик для модели YOLOv5s, а оранжевым - полученные с помощью модели YOLOv5x. Из анализа этих результатов следует, что, как и на обучающей выборке, точность классификации летающих объектов по всем метрикам на валидационной выборке с помощью модели YOLOv5x выше, чем в случае использования модели YOLOv5s. Причем это имеет место для всех классов объектов.

Таблица 1

Точность классификации объектов по классам, полученная на валидационной выборке

	Precision	Recall	AP0.5, mAP0.5	AP0.5:0.9 mAP0.5:0.95
all	***0.853 / 0.897***	***0.840 / 0.890***	***0.877 / 0.923***	***0.566 / 0.667***
bird	***0.841 / 0.890***	***0.771 / 0.830***	***0.817 / 0.887***	***0.548 / 0.675***
helicopter-type_uav	***0.826 / 0.860***	***0.833 / 0.905***	***0.877 / 0.914***	***0.515 / 0.598***
aircraft-type_uav	***0.942 / 0.966***	***0.927 / 0.949***	***0.960 / 0.971***	***0.697 / 0.795***
unknown	***0.802 / 0.872***	***0.830 / 0.876***	***0.855 / 0.919***	***0.505 / 0.602***

Также по результатам валидации моделей можно сказать, что наиболее хорошо моделям из семейства YOLOv5 удается обнаруживать и классифицировать БПЛА самолетного типа. Возможно, это связано с их хорошо отличимыми признаками, такими как геометрия фиксированного крыла и т.п.

Модели семейства YOLOv7

Из семейства YOLOv7 также было выбрано две модели для обучения – YOLOv7 и YOLOv7x. Экспериментальным путем были получены следующие результаты: обучение модели YOLOv7 заняло 4.8 часа на 10 эпох, что соответствует примерно 1.14 секунды на анализ одного изображения, с другой стороны, модель YOLOv7x обучалась 5 часов для 10 эпох, это соответствует примерно 1.19 секунды на анализ одного изображения. Разница во времени обучения этих моделей осталась, как и в случае моделей семейства YOLOv5, незначительной. Это обусловлено той же причиной, что и при обучении моделей семейства YOLOv5: процессор не успевает подготавливать достаточно данных для обучения модели на графических ускорителях Tesla T4.

При обучении этих моделей также были получены оценки точности классификации объектов на изображениях по четырем выбранным метрикам. Результаты представлены на рис. 3 в виде графиков зависимостей значений этих метрик от количества эпох обучения для каждой из моделей СНС. Следует отметить, что даже при небольшом числе эпох точность классификации объектов весьма высока.

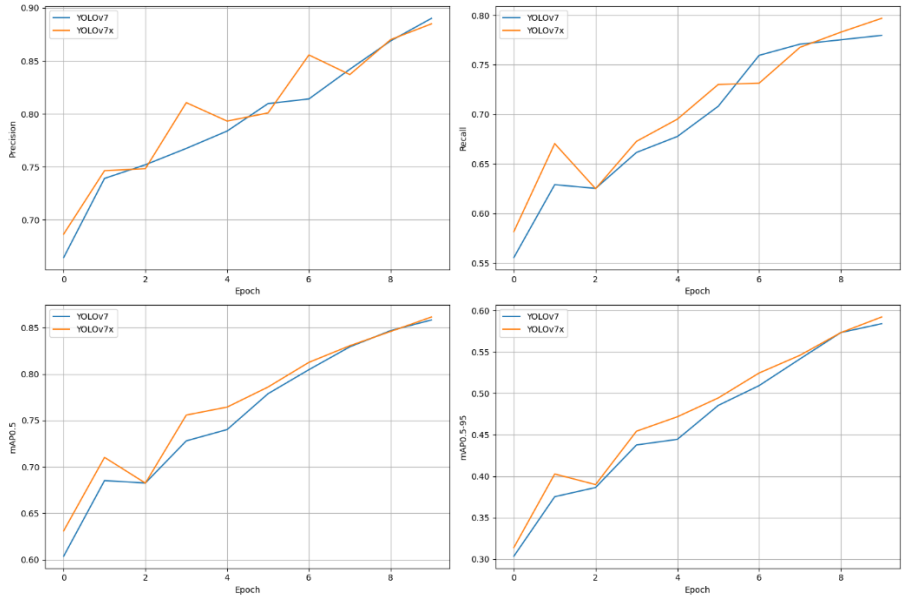


Рис. 3. Графики зависимости значений метрик от числа эпох обучения

Из графиков на рисунке 3 следует, что модель YOLOv7x показывает лучшие результаты, чем модель YOLOv7. Однако разница получилась небольшой, если сравнивать с разницей результатов по точности классификации объектов моделями семейства YOLOv5. Это объясняется выбранными для исследований из семейств моделями: отличие архитектуры моделей YOLOv5s и YOLOv5x по числу сверточных слоев значительнее, чем это имеет место по числу таких слоев в архитектуре моделей YOLOv7 и YOLOv7x.

В таблице 2 приведены результаты валидации этих моделей. Голубым цветом показаны значения метрик для модели YOLOv7, а оранжевым - полученные с помощью модели YOLOv7x. Из анализа этих результатов следует, что, как и на обучающей выборке, точность классификации летающих объектов на валидационной выборке примерно одинаковая для этих моделей.

Таблица 2

Точность классификации объектов по классам, полученная на валидационной выборке

	Precision	Recall	AP0.5, mAP0.5	AP0.5:0.9 mAP0.5:0.95
all	***0.890 / 0.885***	***0.780 / 0.797***	***0.858 / 0.861***	***0.584 / 0.592***
bird	***0.860 / 0.852***	***0.674 / 0.680***	***0.758 / 0.752***	***0.550 / 0.543***
helicopter-type_uav	***0.915 / 0.904***	***0.875 / 0.883***	***0.928 / 0.925***	***0.671 / 0.677***
aircraft-type_uav	***0.925 / 0.942***	***0.820 / 0.835***	***0.917 / 0.929***	***0.671 / 0.651***
unknown	***0.860 / 0.843***	***0.749 / 0.790***	***0.830 / 0.840***	***0.491 / 0.497***

Также по результатам валидации этих моделей можно сказать, что наиболее хорошо им удается обнаруживать и классифицировать БПЛА вертолетного типа. Этим они отличаются от моделей семейства YOLOv5, которые лучше распознают БПЛА самолетного типа.

Заключение

В данной работе было проведено исследование процессов обучения и валидации четырех моделей СНС из семейств YOLOv5 и YOLOv7 при решении задачи мультиклассификации летающих объектов на изображениях. Для обучения и валидации этих моделей использовался датасет, содержащий изображения летающих объектов четырех классов на 15200 изображений размером 416x416 пикселей.

По результатам обучения и валидации моделей семейства YOLOv5 можно сказать, что модель YOLOv5x значительно точнее решает задачи мультиклассификации летающих объектов, чем YOLOv5s при сравнительно близком времени на обучение. Таким образом, можно сделать вывод о том, что при обучении моделей семейства YOLOv5 на датасетах, которые не могут обеспечить полную загрузку графического ускорителя (используются малые по размерам изображения), предпочтительнее будет использовать модель YOLOv5x, так как сравнительно за такое же время можно получить значительно лучшие по точности классификации результаты обучения.

Результаты по времени обучения моделей семейства YOLOv7 получились похожими на результаты для семейства моделей YOLOv5, поскольку датасет для обучения и валидации использовался тот же – получили ту же проблему: графический ускоритель простаивает, так как не получает достаточного количества данных для полной загрузки. То есть, по времени обучения выбранные модели семейства YOLOv7 близки. Более того, отличия по точности классификации объектов на обучающей и валидационной выборках незначительны, но в пользу модели YOLOv7x. Таким образом, при работе с датасетами такого размера также будет предпочтительнее модель YOLOv7x.

При сравнении по времени обучения старших моделей YOLOv5x и YOLOv7x этих семейств лучшей является модель YOLOv5x. Однако о точности классификации летающих объектов с помощью этих моделей однозначный вывод сделать пока нельзя, поскольку требуются дополнительные результаты обучения моделей при значительно большем числе эпох. При сравнении младших моделей семейств по точности классификации получаем примерно одинаковые результаты при значительно более долгом обучении модели YOLOv7, что делает модель YOLOv5s предпочтительнее.

В итоге можно считать, что выбранные четыре модели из семейств YOLOv5 и YOLOv7 способны решать задачу мультиклассификации летающих объектов на изображениях. При этом модели из семейства YOLOv5 обучаются значительно быстрее, чем модели семейства YOLOv7. Однако

окончательный выбор модели зависит от конкретной решаемой задачи мультиклассификации и требований к точности классификации летающих объектов.

Результаты данного исследования могут быть использованы при разработке систем компьютерного зрения, предназначенных для решения задач мультиклассификации летающих объектов на изображениях.

Список использованных источников

1. Alzubaidi L., Zhang J., Humaidi A.J., Al-Dujaili A., Duan Y., Al-Shamma O., Santamaría J., Fadhel M.A., Al-Amidie M., Farhan L. Review of deep learning: Concepts, CNN architectures, challenges, applications, future directions // Journal of big Data. – 2021. – Vol. 8. – No. 1. – P. 53.
2. Свёрточная нейронная сеть // Хабрахабр. – URL: https://habr.com/ru/articles/309508/ (дата обращения: 15.03.2024).
3. Как работает Object Tracking на YOLO и DeepSort // Хабрахабр. – URL: https://habr.com/ru/articles/514450/ (дата обращения: 15.03.2024).
4. ULTRALYTICS // YOLOv5 // Документация. – URL: https://docs.ultralytics.com/models/yolov5/
5. GITHUB // YOLOv5 in PyTorch > ONNX > CoreML > TFLite // Репозиторий. – URL: https://github.com/ultralytics/yolov5 (дата обращения: 15.03.2024).
6. ULTRALYTICS // YOLOv7 // Документация. – URL: https://docs.ultralytics.com/models/yolov5/
7. GITHUB // Implementation of paper - YOLOv7: Trainable bag-of-freebies sets new state-of-the-art for real-time object detectors // Репозиторий. – URL: https://github.com/WongKinYiu/yolov7 (дата обращения: 11.03 2024).
8. Знакомимся с методом обратного распространения ошибки // Хабрахабр. – URL: https://habr.com/ru/companies/otus/articles/483466/ (дата обращения: 15.03.2024).
9. KAGGLE // Datasets // Сайт. – URL: https://www.kaggle.com/datasets (дата обращения: 20.03.2024).

СЕГМЕНТАЦИИ ТЕКСТА ДОРЕВОЛЮЦИОННЫХ ГАЗЕТ С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕЙРОСЕТЕВОЙ МОДЕЛИ YOLO

Ломтев И.К. [1], *Кайда А.Ю.* [2]
1 ТПУ, ИШИТР, гр. 8К13, e-mail: ikl4@tpu.ru
2 ТПУ, ОИТ, ст. преподаватель, e-mail: ayk13@tpu.ru

Аннотация

Исследование направлено на поиск инструмента, основанного на нейронных, сетях, для сегментации текста газет.

Ключевые слова: нейронные сети, компьютерное зрение, NLP

Введение

Сегментация текста на изображениях является важной задачей в области компьютерного зрения и обработки изображений. Особенно важно решение этой задачи для газет и журналов, где текст часто представлен в различных форматах и стилях. Сегментация текста на изображениях является важным этапом для различных приложений, таких как оптическое распознавание символов (OCR), анализ структуры документа, извлечение информации и другие. Однако, сегментация текста на изображениях газет представляет собой сложную задачу из-за разнообразия шрифтов, размеров текста, стилей и сложной структуры страниц.

Существующие методы сегментации текста на газетах часто сталкиваются с проблемами, такими как недостаточная точность и непригодность для обработки разнообразных и сложных изображений. В этой статье рассматривается проблема автоматической сегментации текста на страницах газет с использованием технологий машинного зрения.

Использование стандартных инструментов

Начальным этапом исследования подходов к сегментации текста было рассмотрение стандартных инструментов машинного зрения, таких как OpenCV и Tesseract. Эти библиотеки предлагают функционал для обнаружения и выделения контуров текста на изображениях. Однако при использовании этих инструментов были обнаружено, что полученные результаты не полностью удовлетворяют требованиям. В связи с этим возникла необходимость искать более эффективные и точные методы сегментации текста.

```python
import cv2
import pytesseract
from PIL import Image, ImageDraw
```

```python
image = cv2.imread(r"datasets\bw-1.png")

# Применение порогового преобразования для выделения текста
_, thresh = cv2.threshold(image, 150, 255, cv2.THRESH_BINARY_INV)

# Применение OCR с помощью Tesseract с получением ограничивающих рамок
boxes = pytesseract.image_to_boxes(thresh)

# Отображение ограничивающих рамок на изображении
for b in boxes.splitlines():
    b = b.split()
    # Отрисовка прямоугольника вокруг каждой буквы/слова
    x, y, w, h = int(b[1]), int(b[2]), int(b[3]), int(b[4])
    cv2.rectangle(image, (x, y), (w, h), (255, 0, 0), 2)

# Отображение изображения с ограничивающими рамками
image_pil = Image.fromarray(image)
image_pil.show()
```

Рис. 1. Код для выделения области текста

Большинство стандартных инструментов машинного зрения обладают ограниченной способностью к распознаванию текста на изображениях, особенно при работе с текстом в сложных условиях освещения, смазывания или размытия. Это может привести к ошибкам в выделении контуров текста и неправильному определению границ слов или фраз.

Помимо этого, традиционные методы сегментации текста могут оказаться неэффективными при работе с текстом на старых или нестандартных шрифтах, а также при наличии шума или других искажений на изображении.

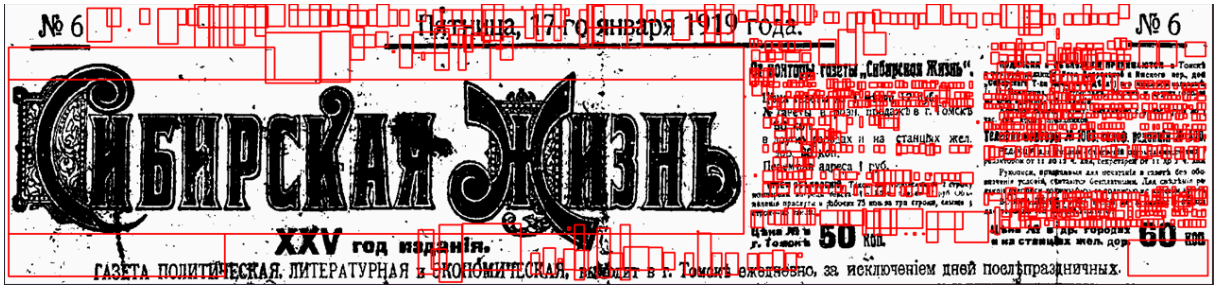


Рис. 2. Текст с выделенными сегментами

В результате было принято решение о необходимости исследования более продвинутых и точных методов сегментации текста, которые могут обеспечить более надежное и точное выделение текста на изображениях, учитывая разнообразные условия и характеристики текста.

Поиск существующих решений

В ходе решения этой проблемы был обнаружен на GitHub репозиторий, содержащий инструмент, способный выделять границы текста на страницах газет XIX-XX веков. Описанный инструмент обладает способностью адаптироваться к особенностям структуры и форматирования текста, характерным для газетных изданий того времени. Это включает в себя учет различных шрифтов, размеров текста, форматов колонок и изображений, а также прочих факторов, характерных для печатных материалов конкретной эпохи.

Использование такого инструмента может существенно упростить процесс анализа и извлечения информации из дореволюционных газет, что, в свою очередь, способствует расширению возможностей исследования в области истории, культурного наследия и социальных исследований.

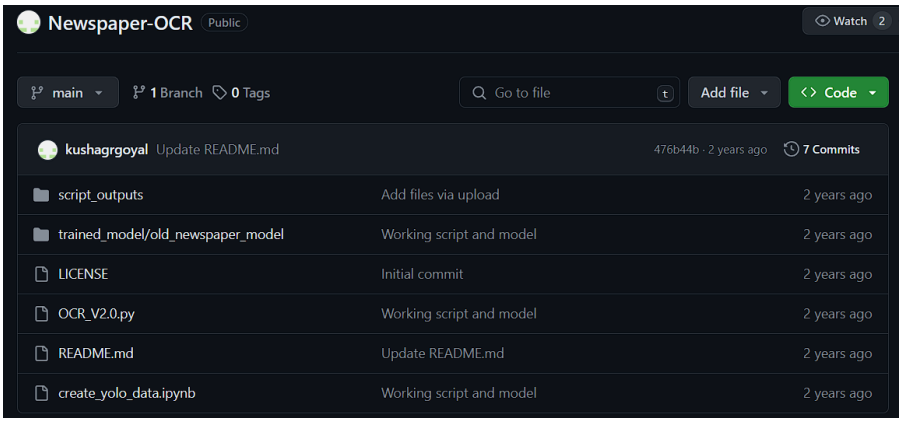


Рис. 3. Страницы репозитория на GitHub

Данный подход основан на применении модели YOLOv5L, которая является сверточной нейронной сетью, предназначенной для обработки матриц изображений. Автор данного инструмента выбрал модель YOLOv5L из-за её простоты в обучении и высокой эффективности. В ходе обучения модели использовался датасет "Newspaper Navigator", содержащий множество изображений газет с размеченными контурами текста и их координатами. Этот датасет обеспечил модель достаточным объемом данных для обучения и значительно улучшил её способность к выявлению текста на изображениях газет.

Для работы с моделью использовалась библиотека PyTorch, которая является одной из самых известных и широко используемых библиотек машинного и глубокого обучения с открытым исходным кодом.

Для улучшения производительности модели также применяются техники предварительной обработки изображений, такие как аугментация данных, нормализация и фильтрация шума. Это помогает улучшить точность и обобщающую способность модели на разнообразных данных.

Результатом этого подхода является инструмент, способный эффективно извлекать текст из газетных изображений, что облегчает дальнейшую обработку и анализ текстовой информации. Это имеет важное значение для исследования исторических данных и культурного наследия, а также для решения практических задач, связанных с архивированием и доступом к информации из старых газет.

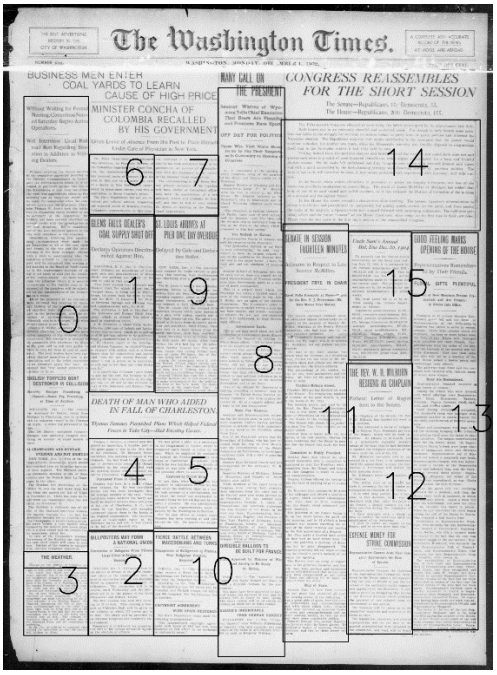


Рис. 4. Пример работы модели

Заключение

В ходе исследования был обнаружен инструмент, способный высокоэффективно сегментировать текст на изображениях газет, что в значительной степени упрощает последующую обработку и анализ текстовой информации, содержащейся на страницах печатных изданий. Это открывает новые перспективы в области автоматизации анализа текста и может стать важным инструментом для библиотек, архивов и исследовательских проектов.

Этот инструмент представляет собой значимое научное достижение, поскольку решает проблему извлечения информации из исторических газет, которые часто содержат ценные данные для исследований в различных областях, включая историю, культуру и социальные науки. Применение данного инструмента может существенно ускорить процесс анализа и обработки огромного объема текстовых данных, что позволяет исследователям и архивариусам сосредоточиться на более глубоком анализе и интерпретации результатов, а также облегчает доступ к информации для широкого круга пользователей.

Таким образом, этот инструмент имеет потенциал стать ценным инструментом в области обработки текста, способствуя улучшению эффективности исследований и расширению возможностей анализа исторических текстовых материалов.

Список литературы

1. Репозиторий kushagrgoyal // github.com [Электронный ресурс]. – URL: https://github.com/kushagrgoyal/Newspaper-OCR/tree/main (дата обращения: 25.11.2023)

2. Васильев Ю.В. «Обработка естественного языка. Python и spaCy на практике» // Питер, – 2021. – С. 22–100. (дата обращения 19.11.2023)

3. Vinotheni Coumar. Deep Learning-Based Text Segmentation in NLP Using Fast Recurrent Neural Network with Bi-LSTM // researchgate.net [Электронный ресурс] – URL: https://www.researchgate.net/publication/355348611_Deep_Learning_Based_Text_Segmentation_in_NLP_Using_Fast_Recurrent_Neural_Network_with_Bi-LSTM(дата обращения: 05.11.2023)

4. Брайан Макмахан, Делип Рао "Знакомство с PyTorch: глубокое обучение при обработке естественного языка" // Справочные издания. – Питер, – 2020. – С. 47–203. (дата обращения 25.10.2023)

5. Репозиторий RepML // github.com [Электронный ресурс]. – URL: mibo8/RepML https://github.com/mibo8/RepML?ysclid=lu8chsdkm6535385277 (github.com)

ДЕТЕКТИРОВАНИЕ УРОВНЕЙ ПОДДЕРЖКИ И СОПРОТИВЛЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЛОКА АВТОМАТИЧЕСКОЙ ГЕНЕРАЦИИ ПРИЗНАКОВ

Хайров М.А.[1], Спицын В.Г.[2]
1 НИ ТПУ, ИШИТР, А2-39, e-mail: mah9@tpu.ru
2 НИ ТПУ, ИШИТР, ОИТ, профессор, e-mail: spvg@tpu.ru

Аннотация

В работе исследуется прогнозирование динамики цен фондового рынка на основе уровней поддержки и сопротивления с использованием глубокого обучения. В результате работы удалось создать классификатор с высокой точностью благодаря применению блока автоматической генерации признаков на основе каузальных свёрток. В работе показано, что значимые признаки для прогнозирования уровней поддержки и сопротивления могут быть получены при помощи линейных преобразований данных по ценам и объёмам.

Ключевые слова: market quote data, deep learning, causal convolution, уровни поддержки, уровни сопротивления.

Введение

В академической литературе представлены сведения об эффективности моделирования динамики цен фондовых рынков при помощи моделей глубокого обучения [1, 2]. В качестве показателя динамики цен во многих работах используется направление движения средней цены. Такой показатель прост в имплементации и понятен для восприятия, но это не единственный способ описания динамики цен на рынке. На практике на протяжении нескольких десятилетий [3] применяется такие индикаторы как уровни поддержки и сопротивления (также локальные уровни цен), которые известны своей способностью влиять на направление движения трендов цен [3]. Однако, несмотря на их практическую значимость, механизмы формирования этих уровней до сих пор недостаточно изучены [4].

В данной работе исследуется использование уровней поддержки и сопротивления (локальных уровней цены) в качестве показателя динамики цен. Предсказание уровней поддержки и сопротивления может быть полезно инвесторам или финансистам для оценки инвестиционной привлекательности актива и финансовым инженерам или трейдерам для использования торговых стратегий.

В работе показано, что значимыми признаком для прогнозирования уровней поддержки и сопротивления могут быть получены при помощи линейных преобразований данных по лучшим ценам на покупку и продажу и их объёмам.

Целью работы являлась разработка алгоритма для предсказания уровней поддержки и сопротивления, способного генерировать релевантные признаки на основе данных лучших цен на покупку и продажу активов и их объёмов.

Данные и их подготовка

Для моделирования экспериментов были отобраны данные NBBO по четырём активам AAPL, MSFT, GE и AMZN за период с 26.01.2023 по 17.02.2023 (18 дней). Такие данные содержат лучшие цены на покупку $a(t)$ и продажу $b(t)$ активов, а также их объёмы - $v_a(t)$ и $v_b(t)$.

В обучающую выборку вошли первые 12 дней (с 26.01.2023 по 09.02.2023), для валидационной и тестовой выборок было выделено по 3 (10.02.2023-14.02.2023 и 15.02.2023-17.02.2023 соответственно).

Для обучения тестов и валидации были отобраны исторические данные только в пределах часов осуществления торговли (с 9:30 до 16:00 GMT-5).

К признакам к каждому из дней по-отдельности была применена процедура стандартизации при помощи z-score (1), статистики для стандартизации (средние значения μ и стандартные отклонения σ) каждого признака в рамках одного дня рассчитывались по 5 предшествующим дням [2, 5]

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma}, \quad (1)$$

Разметка данных

Задача предсказания уровней поддержки и сопротивления была сведена к классификации. В датасет попали следующие классы:

1. уровень поддержки;
2. уровень сопротивления;
3. нейтральное наблюдение (класс).

Определения уровней поддержки и сопротивления использовались аналогичные тем, что использовались в [6]:

$$R = \max(m(t-T), m(t-T+1), \ldots, m(t+T)) \pm \pi\,, \quad (2)$$

$$S = \min(m(t-T), m(t-T+1), \ldots, m(t+T)) \pm \pi\,, \quad (3)$$

$$m(t) = \frac{a(t)+b(t)}{2}\,, \quad (4)$$

где T – размер окна поиска; π - наименьшее возможное приращение цены; $m(t)$ – средняя цена.

В качестве примеров для обучения моделей использовались только наблюдения, которые соответствовали образованию новых уровней поддержки и сопротивления. Такие уровни поддержки/сопротивления соответствуют двум случаям: (i) – началу времени торговли, когда наблюдаемый уровень поддержки/сопротивления является первым зарегистрированным с момента начала торговых часов; (ii) – появлению более актуального уровня поддержки/сопротивления (актуальность обусловлена интервалом $[t-T; t+T]$, который задаёт скользящее окно). Параметр T имел фиксированное значение, равное 100 наблюдениям.

В примеры нейтрального класса вошли случайные наблюдения, которые не являлись ни уровнями поддержки, ни сопротивления.

Разработка классификаторов

Входной тензор имеет вид $\mathbf{X} = [x_1, x_2, \ldots, x_i, \ldots x_{100}]^T \in \mathbb{R}^{100\times 4}$, где $x_i = [a_i, v_{a,i}, b_i, v_{b,i}]$. Значение 100 соответствует количеству наблюдений, используемых для осуществления предсказаний, а 4 – количеству признаков.

Для осуществления автоматической генерации признаков используется каскад одномерных каузальных свёрток (от англ. *causal convolutions*) [7] на подобии того, что было использовано в работе Тсантекидеса и др. [8]. Особенность каузальной свёртки заключается в том, что каждый i-ый элемент выходной последовательности зависит только от предшествующих j-ых элементов входа ($j \le i$). Каузальность свёрток обеспечивается за счёт каузального паддинга.

Блок генерации был совмещён в отдельном порядке с такими базовыми архитектурами как *Long short-term memory* (*LSTM*), многослойный персептрон (*MLP, Multilayer Perceptron*) и логистическая регрессия. Также для контрастного анализа были обучены модели без использования свёрточных блоков по генерации признаков.

На рис. 1 представлены архитектуры моделей *CNN-LSTM*, *CNN-MLP* и *CNN-LM*. Модели без использования блока автоматической генерации признаков имели схожую архитектуру. Единственное отличие состояло в том, что для CNN-LSTM, CNN-MLP, CNN-LM и LSTM ввод имел размерность/формат (100, 4), для моделей MLP и LM использовался формат ввода (100×4).

В качестве функции активации в многослойном персептроне применялась функция ReLU. В финальной версии блоков генерации признаков на выходе слоёв каузальных свёрток не были задействованы функции активации, т.к. в результате экспериментов с различными функциями активации лучший результат был достигнут на блоках свёртки без функций активации.

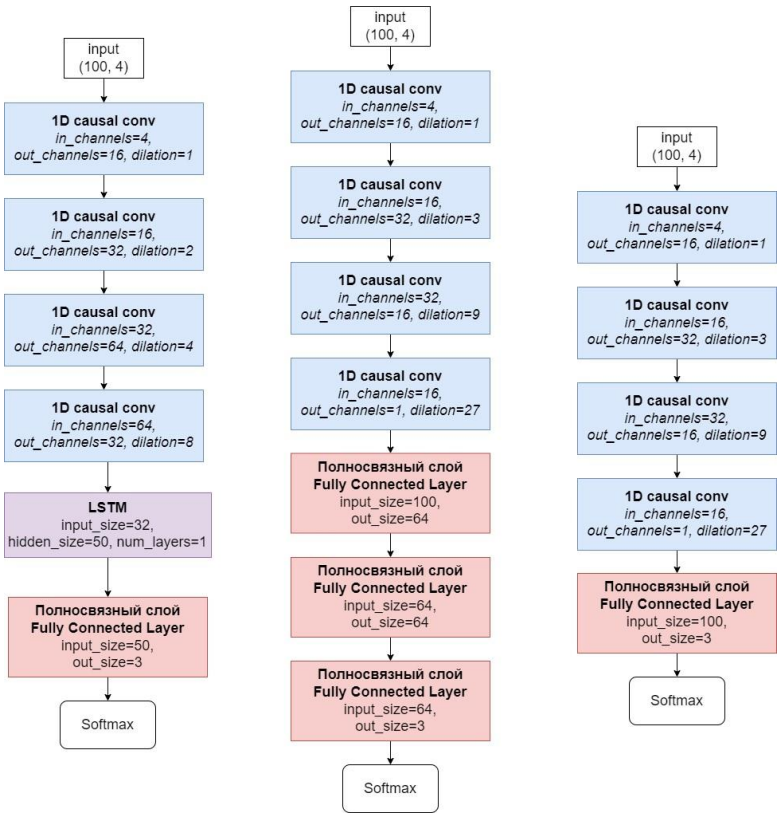


Рис. 1. Архитектуры моделей:
слева – CNN-LSTM; по середине – CNN-MLP; справа - CNN-LM

Результаты

В таблице ниже представлены метрики качества, которые были получены на тестовой выборке. Отсюда видно, что блок генерации позволил значительно улучшить качество предсказаний для LSTM и многослойного персептрона.

Таблица 1

Результаты тестов

Модель	*Accuracy*	*Precision*	*Recall*	*F1-Score*
LM	56.65	55.67	56.65	55.86
MLP	58.91	57.57	58.10	57.77
LSTM	59.94	60.71	59.94	59.96
CNN-LM	54.20	53.69	54.20	53.86
CNN-MLP	65.10	63.57	63.45	63.50
CNN-LSTM	**71.00**	**71.46**	**71.00**	**71.18**

На рис. 2 представлены матрицы ошибок для моделей *CNN-LSTN*, *CNN-MLP* и *CNN-LM*. Здесь видно, что наиболее проблемным классом является нейтральный класс. Отсюда можно предположить, что определение нейтрального класса включает в себя наблюдения с самой различной динамикой предшествующих и последующих наблюдений. Вероятно, включение дополнительных условий для вхождения наблюдения в нейтральный класс позволит улучшить результаты предсказаний.

Тот факт, что между слоями свёртки не было использовано никаких функций активации, может означать, что для предсказания уровней поддержки и сопротивления существуют некоторые значимые признаки, которые могут быть получены при помощи линейных преобразований (например, такие как скользящие средние).



Рис. 2. Матрицы ошибок:
а – CNN-LSTM; б – CNN-MLP; в – LSTM

Заключение

В результате работы удалось получить модели с высокой предсказательной способностью для финансовых данных. Достичь этих результатов позволил блок по автоматической генерации признаков на основе каузальных свёрток. Возможно, уточнение определения нейтрального класса позволит улучшить качество предсказаний.

Было показано, что для прогнозирования уровней сопротивления и поддержки могут быть использованы некоторые признаки, полученные при помощи линейных преобразований из данных по лучшим ценам на покупку и продажу и их объёмов.

В следующих работах планируется доработать определения нейтрального класса и проверить практическую значимость используемых методов при помощи симуляции биржевой торговли.

Список использованных источников

1. Justin Sirignano and Rama Cont. Universal features of price formation in financial markets: Perspectives from deep learning. SSRN Electronic Journal. – 2018.

2. Zhang Z., Zohren S. and Roberts S. DeepLOB: Deep Convolutional Neural Networks for Limit Order Books // IEEE Transactions on Signal Processing. – 2019. – Vol. 67, No. 11. – P. 3001-3012. Doi: 10.1109/TSP.2019.2907260

3. Osler C. L. Support for resistance: technical analysis and intraday exchange rates // Economic Policy Review. – 2000. – Т. 6. – №. 2.

4. Chung K., Bellotti A. Evidence and Behaviour of Support and Resistance Levels in Financial Time Series // arXiv preprint –arXiv:2101.07410. – 2021.

5. Ntakaris A., Magris M., Kanniainen J., Gabbouj M., Iosifidis A. Benchmark dataset for mid-price forecasting of limit order book data with machine learning methods // Journal of Forecasting. – 2018. – Vol. 37, No. 8, – P. 852-866.

6. Хайров М.А. Предсказание уровней поддержки и сопротивления цен на фондовом рынке при помощи LSTM // Перспективы развития фундаментальных наук: сборник трудов XX Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых: в 7 т., Томск, 25–28 апреля 2023 - Томск: ТПУ, 2023 – Т. 7. – С. 148-150

7. Oord A. et al. Wavenet: A generative model for raw audio //arXiv preprint arXiv:1609.03499. – 2016.

8. Tsantekidis A. et al. Using deep learning for price prediction by exploiting stationary limit order book features //Applied Soft Computing. – 2020. – Т. 93. – С. 106401.

СОЗДАНИЕ КЛАСТЕРА ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ПЕРСОНАЛЬНЫХ КОМПЬЮТЕРОВ В УЧЕБНОЙ АУДИТОРИИ

Кривошеев Н.А. [1], *Кузнецов А.В.* [2], *Спицын В.Г.* [3]
[1] *Томский политехнический университет, гр. А0-39, аспирант, e-mail: nikola0212@mail.ru*
[2] *Томский политехнический университет, ИШИТР, ассистент, e-mail: akuznetsov@tpu.ru*
[3] *Томский политехнический университет, ИШИТР, профессор, spvg@tpu.ru*

Аннотация

В данной работе рассматривается реализация кластера для обучения алгоритмов искусственного интеллекта на основе персональных компьютеров в учебной аудитории. Рассмотрен процесс реализации и подходы к решению проблемы низкой скорости Ethernet соединения между персональными компьютерами, которая связанна с особенностями архитектуры кластера. Проведены программная реализация, анализ и сравнение реализованных подходов. Анализ реализованных алгоритмов производится на основе обучения нейронной сети на задаче семантической сегментации изображений.

Ключевые слова: машинное обучение, кластер, сжатие градиентов.

Введение

Одной из основных проблем, с которой сталкиваются специалисты по машинному обучению является нехватка вычислительных ресурсов при обучении нейросетевых алгоритмов и предварительной подготовке выборок данных. Данная проблема возникает при коммерческой разработке, у научно-исследовательских групп, в учебном процессе при обучении студентов.

Использование нескольких GPU является распространённым подходом. В своей работе Алекс Крижевский [1] использует 8 GPU NVIDIA K20 для тестирования предложенного алгоритма ускорения обучения нейронных сетей. В работе [2] использовалось два варианта с 8 GPU NVidia Tesla K20Xm и 24 серверами по 2 GPU K20Xm подключенными через Infiniband.

По представленным примерам видно, что кластера из нескольких GPU используются для решения различных задач машинного обучения. В представленных работах разработаны различные подходы, позволяющие увеличить скорость обучения нейронных сетей на основе нескольких GPU.

Зачастую кластера с несколькими видеокартами являются малодоступными. В данной работе рассматривается реализация кластера для разработки алгоритмов машинного обучения на основе персональных компьютеров в учебной аудитории.

Аналогичные работы

Был проведен анализ ранее опубликованных работ, в которых были рассмотрены подходы позволяющие увеличить скорость обучения нейронных сетей с использованием нескольких GPU. Данные подходы могут быть использованы для реализации распределенных вычислений на нескольких персональных компьютерах.

В работе Алекса Крижевски [1] рассматривается подход, основанный на смешивании параллелизма данных и параллелизма моделей. Для обучения сверточных слоев используется подход на основе параллелизма данных, а для обучения полносвязных слоев используется подход на основе параллелизма моделей. Данный подход протестирован на задаче классификации изображений ImageNet и позволил ускорить обучение в 6.25 раз на 8 GPU.

В работе [2] рассматривается подход на основе параллелизма данных, в процессе передачи градиентов между устройствами, производится квантование градиентов до 1 бита. Данный подход является одним из наиболее популярных, модификация данного подхода используется в следующей рабо-те [3].

Идея передачи градиентов нейронной сети в типе данных, который использует меньшее количество бит, применяется в данной работе при передаче градиентов между персональными компьютерами.

В результате проведенного анализа были найдены подходы позволившие реализовать обучение нейронных сетей с использованием нескольких персональных компьютеров.

Характеристики оборудования

Для реализации данной работы используются персональные компьютеры в 402 учебной аудитории 10 корпуса Томского политехнического университета. В реализации данной работы используется 6 из 12 персональных компьютеров, т.к. остальные не были настроены к моменту написания данной работы.

Характеристики персональных компьютеров представлены ниже:

- CPU: AMD Ryzen 5 3600X 6-Core.
- GPU: NVIDIA GeForce GTX 1650 SUPER.
- RAM: 16 Гб.
- OS: Windows 10.

Передача данных между персональными компьютерами производится на основе Gigabit Ethernet. Скорость передачи данных составляет 1 Гбит/с (125 Мегабайт в секунду).

Параллельное распределение данных

В данной работе рассматривается подход, основанный на параллельном распределении данных. Данный подход заключается в распределении нескольких обучающих примеров (относящихся к одному мини-пакету) между вычислительными устройствами, на каждом вычислительном устройстве находится копия нейронной сети. В процессе обучения градиенты или весовые параметры, вычисленные на основе переданных примеров, синхронизируется между вычислительными устройствами.

Например, при решении задачи семантической сегментации спутниковых снимков на основе 4 вычислительных устройств, зададим размер мини-пакета равный 32 изображения. Далее каждое вычислительное устройство получает 8 изображений из мини-пакета и вычисляет градиент для весовых параметров нейронной сети. Затем происходит передача полученных градиентов на основное вычислительное устройство (сервер) для последующей синхронизации. Полученные на сервере градиенты синхронизируются и отправляются на остальные вычислительные устройства. На основе полученных градинтов происходит изменение весовых параметров. Приведенный алгоритм повторяется до окончания обучения нейронной сети.

Программная реализация

Для реализации кластера на основе нескольких персональных компьютеров была предпринята попытка реализации с использованием библиотек TensorFlow и PyTorch. Данные библиотеки позволили провести обучение нейронных сетей на одном персональном компьютере, но не позволили реализовать вычислительный кластер на основе нескольких персональных компьютеров с операционной системой Windows.

В результате оценки объема требуемых исследований для устранения некорректной работы библиотеки было принято решение изучить возможность реализации другим методом. При обзоре возможных подходов был найден хорошо зарекомендовавший себя и документированный интерфейс сокетов Беркли.

Для тестирования вычислительного кластера была разработана собственная программная реализация, представленная на сайте [4]. Данная программа реализована на основе библиотеки PyTorch и предназначена для синхронизации нейросетевых моделей и градиентов библиотеки PyTorch между вычислительными устройствами.

Алгоритм распределенного обучения нейросетевых моделей

Алгоритм обучения нейронных сетей на основе распределения данных состоит из следующих шагов:

1. Предварительное распределение данных для обучения между вычислительными узлами.
2. Инициализация нейронной сети на сервере.
3. Распределение копии нейронной сети между вычислительными узлами.
4. Вычисление градиента ошибки для весовых параметров нейронной сети на вычислительных узлах и сервере. В данной реализации сервер участвует в процессе вычислений.
5. Синхронизация полученных градиентов на сервере.

6. Распределение полученных градиентов между вычислительными узлами.
7. Повторяем шаги 4-6 до окончания обучения нейронной сети.

Критериями остановки обучения нейронной сети могут выступать: заданное количество итераций, достижение необходимой точности работы нейронной сети, увеличение ошибки на тестовой выборке.

Выбор задачи для тестирования алгоритмов

Для тестирования реализованных алгоритмов была выбрана задача, связанная с семантической сегментацией снимков дистанционного зондирования земли.

Задача семантической сегментации и сверточная нейронная сеть были выбраны в связи с малыми размерами сверточных нейронных сетей (меньшее количество весовых параметров) и относительно большими объемами вычислений, что позволяет снизить объемы передаваемых данных по Ethernet между вычислительными устройствами.

Целью данной работы является оценка возможности реализации кластера на основе персональных компьютеров, в данной работе не преследуется цель повышения качества сегментации объектов на изображении. В связи с поставленной целью, для реализации и тестирования была выбрана нейронная сеть U-Net. U-Net является наиболее простой и распространённой архитектурой нейронной сети для семантической сегментации изображений.

Выборка данных

В данной работе используется выборка данных Vaihingen. Данный набор содержит снимки дистанционного зондирования города Файхинген в Германии, которые были получены Немецкой ассоциацией фотограмметрии и дистанционного зондирования.

Набор данных содержит 157 изображений размером 512x512 пикселей. Набор данных был разделен на обучающую и тестовую выборки, обучающая выборка содержит 127 изображений, тестовая выборка содержит 30 изображений. Сегментация проводится на основе следующих 6 классов: здания, низкая растительность, деревья, автомобили, непроницаемые поверхности, водные объекты.

Примеры изображений из выборки данных Vaihingen представлены ниже:

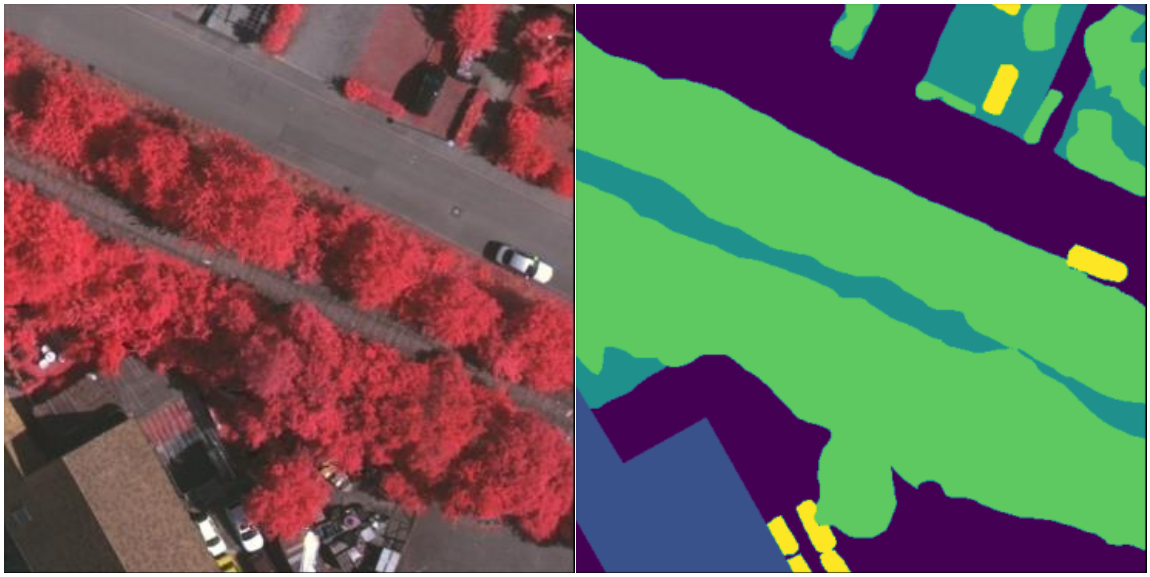


Рис. 1. Исходное изображение – слева. Сегментированное изображение – справа

Топологии тестируемых нейронных сетей

Для тестирования алгоритмов была выбрана топология нейронной сети небольшого размера (8,74 Мегабайт). Архитектура данной нейронной сети представлена ниже:

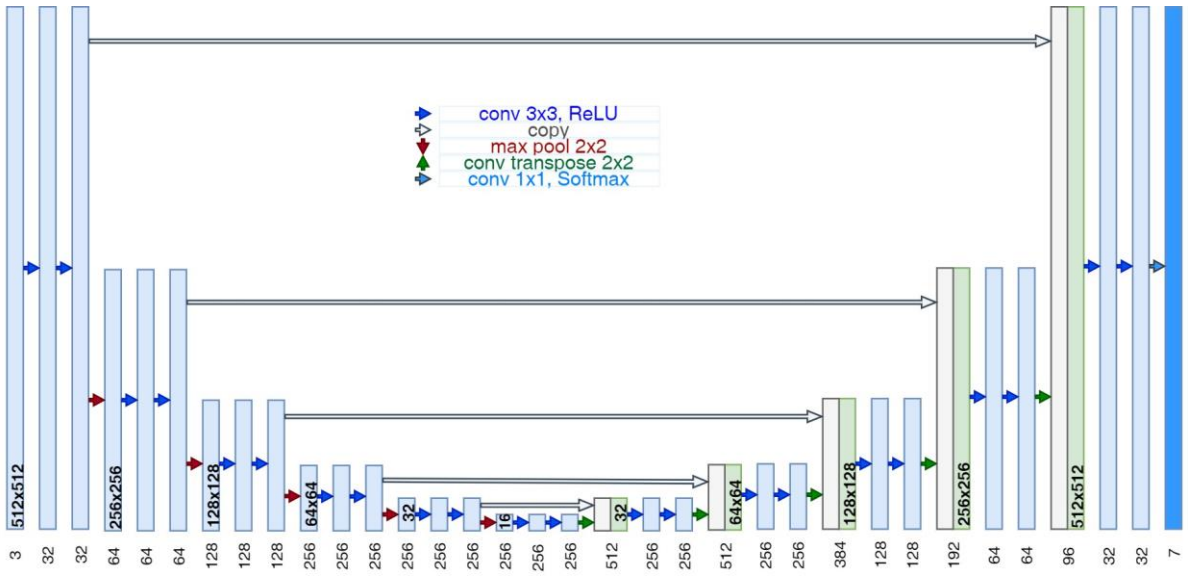


Рис. 2. Топология нейронной сети U-Net

Было проведено тестирование различных архитектур нейронных сетей. Увеличение количества нейронов в два раза не привело к увеличению точности U-Net на данной выборке данных. Изменение топологии нейронной сети и тестирование являются целью дальнейшей работы, но не рассматриваются в данной работе.

Влияние размера мини-пакета в выборке данных на качество обучения

Одним из подходов, позволяющим ускорить обучение нейронных сетей является обучение нейронных сетей с использованием мини-пакета. Увеличение размера мини-пакета позволяет уменьшить количество передач данных между устройствами или использовать большее количество вычислительных устройств, что позволяет ускорить обучение нейронных сетей.

Было проведено тестирование данного подхода на 1 ПК. Данное тестирование позволяет выбрать оптимальный размер мини-пакета для обучения на заданном количестве персональных компьютеров и проверить корректность работы реализованной программы.

Результаты тестирования представлены на изображении ниже.

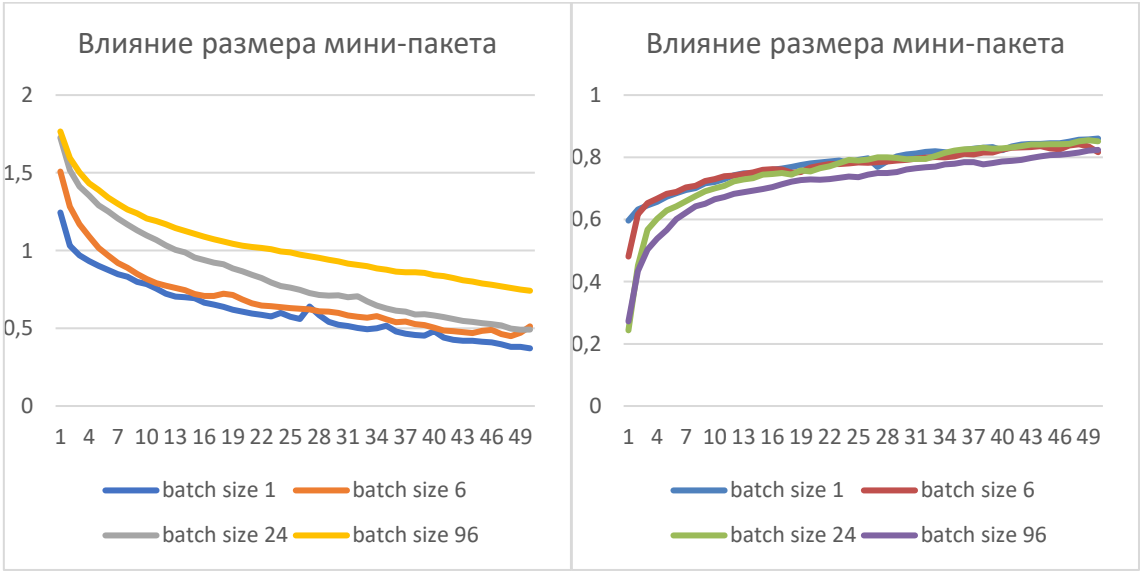


Рис. 3. Влияние размера мини-пакета на качество обучения

По представленным графикам видно, что увеличение размера мини-пакета приводит к значительному замедлению обучения нейронной сети на первых эпохах обучения, но постепенно разница в качестве обучения сокращается. Решение представленной проблемы рассматривал Алекс Крижевский [1], но данная модификация не использовалась в реализации данной работы.

Для достижения точности 0.5 с размером мини-пакета равным 1, потребовалось 32 эпохи. Для достижения точности 0.5 с размером мини-пакета равным 24, потребовалось 48 эпох. Таким образом, можно сделать вывод, что при использовании мини-пакета равного 24, можно значительно ускорить обучение нейронной сети.

По представленным результатам видно, что увеличение размера мини-пакета до 96 обучающих примеров приводит к значительному снижению скорости обучения. Данный размер мини-пакета может быть использован при обучении нейронной сети на большем количестве компьютеров, чем использовалось в данной работе.

На основе проведенного анализа, в дальнейшей работе применяется размер мини-пакета равный 24 обучающих примера. Данный размер пакета не требует частых передач градиентов, как при использовании мини-пакета равного 6 обучающих примеров.

При использовании размера мини-пакета равного 24, нейронная сеть достигает требуемой точности в 80% на тестовой выборке за 36 эпох. Данный результат является одним из лучших в проведенных тестах, так лучшим результатом является 31 эпоха с использованием размера мини-пакета равного 6 обучающих примеров.

Подходы к сжатию градиентов при передаче данных

Одной из основных проблем при обучении нейронной сети на нескольких вычислительных устройствах является низкая скорость передачи данных между вычислительными узлами. Так при объединении нескольких персональных компьютеров в кластер, скорость передачи данных между двумя компьютерами будет составлять 125 мегабайт в секунду.

Данная проблема рассматривается во многих работах [2, 3] при обучении нейронных сетей на кластерах. В результате проведенного анализа были рассмотрены различные подходы к решению данной проблемы:

1. Увеличение размера мини-пакета в процессе обучения нейронной сети.
2. Передачи градиентов в типе данных, использующем меньшее количество бит.
3. Передача градиентов по порогу, если размер накопленного градиента превышает заданный порог.
4. Сжатие градиентов на основе архивации байтов.

В данной работе используется подход на основе сжатия градиентов на основе архиватора байтов, но данный подход не был найден в процессе анализа аналогичных работ. Планируется дальнейший аналитический обзор данных подходов.

Было проведено тестирование подходов, основанных на увеличении размера мини-пакета, передача градиентов в типе данных с меньшим количеством бит и сжатием градиентов на основе архиватора.

Преобразование градиентов в тип данных int8

В данной работе рассмотрен подход на основе преобразования градиентов из типа данных float32 в тип данных int8. Данный подход позволяет сжать градиенты в 4 раза, что позволяет значительно ускорить скорость передачи данных между устройствами по сети Ethernet.

Преобразование градиентов в типе данных float32 в тип данных int8 приводит к потере десятичной части градиента. Для решения данной проблемы проводится нормализация градиентов.

В данной работе нормализация заключается в поиске максимального градиента по модулю. Далее все градиенты делятся на найденное максимальное значение градиента, что позволяет привести значения градиентов к интервалу от -1 до 1. Чтобы преобразовать градиенты к целочисленному интервалу все градиенты умножаются на 127, таким образом значения градиентов находятся в интервале от -127 до 127. Далее применяется преобразование типа данных градиентов из float32 в тип данных int8.

Обратное преобразование сжатых градиентов производится на основе применения противоположных операций в обратном порядке. Применяется деление градиентов на 127, далее градиенты делятся на максимальное значение градиента.

Данная нормализация позволяет преобразовать градиенты в тип данных int8, но приводит к потере точности градиента. Влияние, данное подхода на качество обучения нейронной сети, было протестировано и описано ниже.

Сжатие градиентов в типе данных int8

В данной работе рассматривается подход, основанный на сжатии градиентов на основе сжатия байтов без потерь. Данная модификация заключается в преобразовании градиентов в байтовый вид. Далее полученный набор данных сжимается архиватором в оперативной памяти.

Для реализации сжатия байтов была использована библиотека Python mgzip, данная библиотека поддерживает сжатие и распаковку с использованием нескольких ядер центрального процессора. Среднее время сжатия градиентов нейронной сети в типе данных int8 составляет 0.0067 секунды.

Данная модификация позволила сжать градиенты нейронной сети в 52 раза, что позволяет ускорить передачу данных между персональными компьютерами.

Результаты тестирования на основе передачи градиентов в типе данных float32

Было проведено обучение и тестирование нейронной сети U-Net на выборке данных Vaihingen. Обучение проводилось на 1 и 6 персональных компьютерах. Градиенты нейронной сети передавались в типе данных float32 без изменений. Обучение нейронной сети проводилось в течение 50 эпох на каждой машине (суммарно 300 эпох на 6 компьютерах).

Результаты точности обучения нейронной сети представлены на графике ниже.

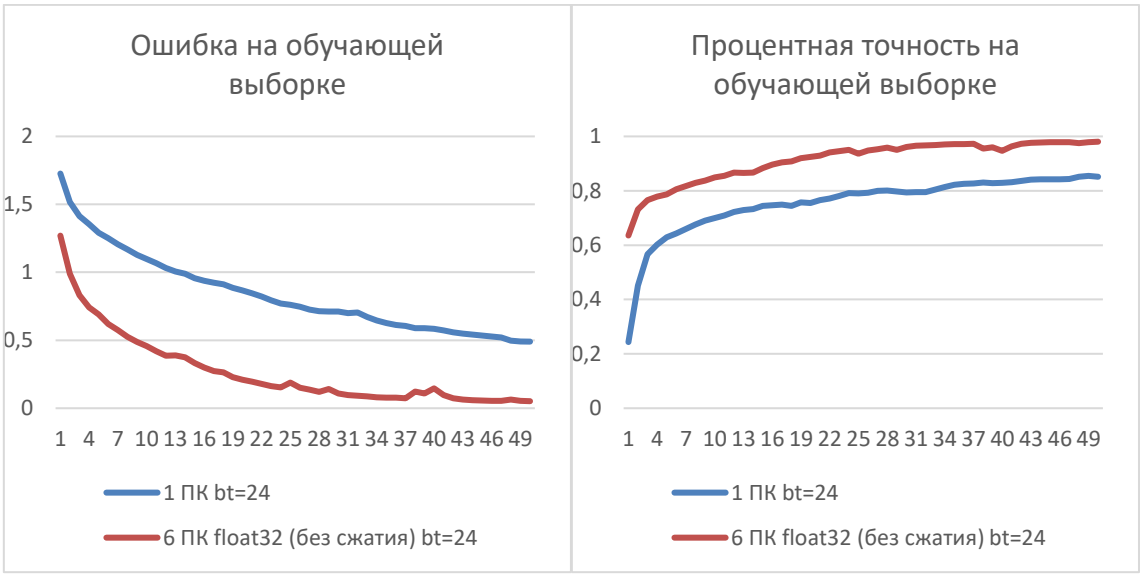


Рис. 4. Точность работы нейронной сети, обученной на 1 ПК и на 6 ПК

Результаты времени обучения представлены в таблице ниже.

Таблица 1

Время обучения на 1 ПК и 6 ПК на основе передачи градиентов в типе данных float32

	1 ПК	6 ПК
Среднее время на 1 эпоху	34.63 (сек.)	96.996 (сек.)
Время синхронизации	-	68.7 (сек.)

По полученным результатам на рисунке 1 видно, что для обучения нейронной сети на 6 ПК потребовалось меньшее количество эпох. Так ошибка равная 0,5 на 1 ПК была получена на 48 эпохе, а соответствующая ошибка на 6 ПК была получена на 9 эпохе. Таким образом, на обучение нейронной сети на 6 ПК потребовалось в 5 раз меньшее количество эпох.

На обучающей выборке точность 80 % на 1 ПК была достигнута на 28 эпохе, а соответствующая точность на 6 ПК была достигнута на 6 эпохе. Таким образом, для обучения нейронной сети на 6 ПК потребовалось в 4,5 раза меньшее количество эпох.

Для обучения нейронной сети на 1 ПК для достижения точности 80 % потребовалось около 970 секунд, а для достижения соответствующей точности на 6 ПК потребовалось 582 секунды. Таким образом, фактическое ускорение обучения составляет 1,7 раза.

На основе результатов, представленных в таблице 1, можно сделать вывод, что для обучения нейронной сети на 1 эпохе на 6 ПК требуется в 2,8 раза большее количество времени (1 эпоха на 6 ПК равноценна 6 эпохам на 1 ПК). Для обучения на 6 эпохах на 1 ПК требуется 208 секунд. Таким образом, вычисления были ускорены в 2.14 раза.

Результаты тестирования на основе передачи градиентов в типе данных float16 и int8

На основе результатов, представленных в таблице 1, можно сделать вывод, что одной из основных проблем обучения нейронной сети на 6 ПК является объем передаваемых данных по сети Ethernet. Уменьшение объема передаваемых данных градиентов по сети Ethernet является ключевым фактором, влияющим на ускорение обучения нейронной сети. Было проведено обучение нейронной сети на 6 ПК с разными вариантами сжатия градиентов:

- Передача градиентов в типе данных float16;
- Передача градиентов в типе данных int8;
- Передача градиентов в типе данных int8 со сжатием байтов.

Результаты точности обучения нейронной сети представлены на графике ниже.

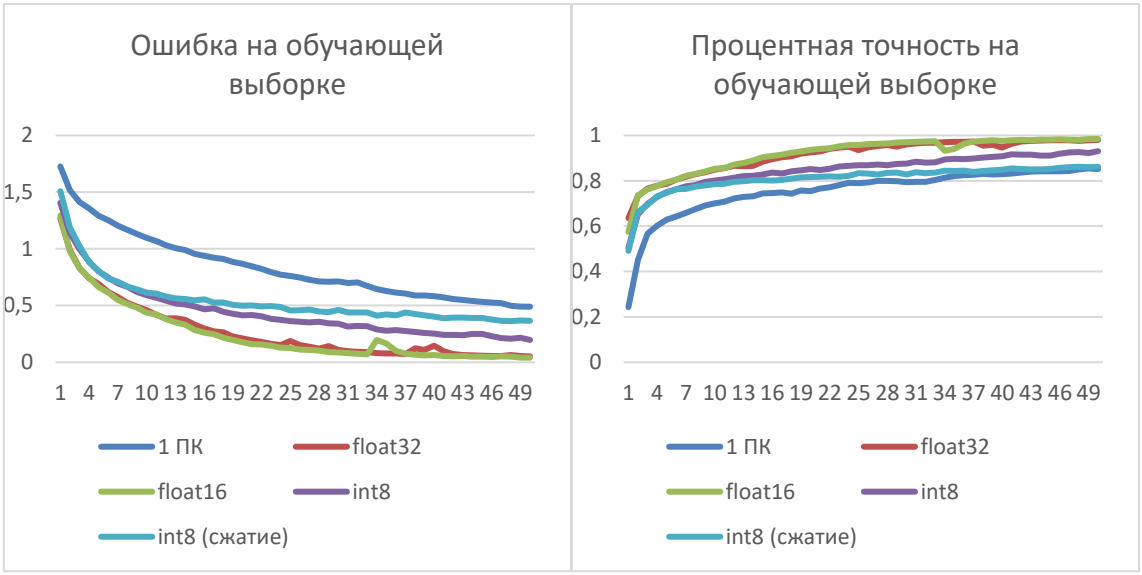


Рис. 5. Тестирование вариантов сжатия градиентов

Результаты времени обучения представлены в таблице ниже.

Таблица 2

Время обучения на 6 ПК на сжатия градиентов при передаче данных

	float32	float16	int8	int8 (сжатый)
Среднее время на 1 эпоху	96.996 (сек.)	67.51 (сек.)	52.57 (сек.)	43.62 (сек.)
Сжатие градиентов НС	x1	x2	x4	x208
Время синхронизации	68.7 (сек.)	40.6 (сек.)	21.5 (сек.)	17 (сек.)
Размер нейронной сети	8.33 Мбайт	4.16 Мбайт	2.08 Мбайт	0.04 Мбайт

По представленным данным на рис. 2 видно, что при изменении типа данных с float32 на float16, при передаче градиентов точность обучения нейронной сети не изменилась. Однако по результатам, представленным в таблице 2 видно, что время необходимое на одну эпоху сократилось на 30 %.

По результатам, представленным на рис. 2 и в таблице 2 видно, что передача градиентов в типе данных int8 с использованием сжатия байтов позволяет ускорить обучение в 2 раза. Однако при данном подходе int8 происходит значительная потеря качества обучения нейронной сети. Для решения данной проблемы существует множество подходов, один из которых представлен в следующей ста- тье [2].

Нейронная сеть на 6 ПК обучается значительно быстрее чем на 1 ПК. Так в типе данных int8 с использованием сжатия байтов на 1 эпоху на 6 ПК требуется 43.6 секунд. Для обучения на 6 эпохах на 1 ПК требуется 208 секунд. Таким образом, вычисления были ускорены в 4.76 раза.

По полученным результатам видно, что проанализированные подходы позволили сжать нейронную сеть в 208 раз. Увеличение точности нейронной сети, обученной на основе сжатия градиентов, является целью дальнейшей работы.

Заключение

В данной работе был проведен анализ подходов, позволяющих увеличить скорость обучения нейронной сети с использованием нескольких GPU. Проведены реализация и тестирование подходов, основанных на увеличении размера мини-пакета, сжатии градиентов на основе типа данных и сжатие градиентов в байтовом виде.

По полученным результатам можно сделать вывод, что использование нескольких персональных компьютеров позволяет значительно ускорить обучение нейронных сетей на задаче семантической сегментации изображений, на основе применения нескольких персональных компьютеров. Так объединение подходов на основе сжатия градиентов в тип данных int8 и сжатие градиентов в байтовом виде позволило сжать нейронную сеть в 208 раз.

На основе проведенного тестирования видно, что сжатие градиентов нейронной сети приводит к потере качества обучения. В дальнейшем планируется реализация и тестирование подходов, решающих проблему потери качества обучения нейронной сети.

Список использованных источников

1. Alex Krizhevsky «One weird trick for parallelizing convolutional neural networks». – 2014.

2. Seide F., Fu H., Droppo J., Li G. and Yu D. «1- bit stochastic gradient descent and its application to dataparallel distributed training of speech dnns» // Fifteenth Annual Conference of the International Speech Communication Association. – 2014.

3. Yujun Lin Deep «Gradient Compression: Reducing the Communication Bandwidth for Distributed Training», 2017.

4. «Программная реализация». – URL: https://github.com/NikolayKrivosheev/Distributed-deep-learning-on-personal-computers

АЛГОРИТМЫ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В УСКОРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКЕ

Волков М.И.[1], Каргина П.С.[2], Шкитов Д.А.[3]
[1]Томский политехнический университет, ИШФВП, А3-05, miv5@tpu.ru
[2]Томский политехнический университет, ИЯТШ, 0БМ21, psk22@tpu.ru
[3]Томский политехнический университет, ИШФВП, к.ф.–м.н., shkitovda@tpu.ru

Аннотация

В данной работе рассмотрены примеры применения алгоритмов машинного обучения к задачам диагностики пучков заряженных частиц, оптимизации работы ускорителя и обнаружения аномалий.

Ключевые слова: виртуальная диагностика пучка, обнаружение аномалий, полносвязные нейронные сети, Isolation Forest, Bagged Decision Trees.

Введение

Машинное обучение нашло широкое применение в обработке данных и анализе результатов экспериментов в физике высоких энергий [1-3]. Алгоритмы машинного обучения обучаются на больших объёмах данных и работают эффективнее, чем традиционные методы анализа данных. В физике высоких энергий алгоритмы используются для распознавания частиц, определения траекторий их движения, классификации событий и во многих других задачах. В зависимости от способа обучения различают: обучение с учителем, обучение без учителя и обучение с подкреплением. К числу задач, которые способны решить алгоритмы машинного обучения, можно отнести задачи регрессии, кластеризации, сегментации, шумоподавления, генерации искусственных данных и т. д.

В настоящее время планируется строительство новых электронных ускорителей в России, (не говоря о строящейся в настоящее время установке СКИФ). Например, обновление источника синхротронного излучения КИСИ в Москве, строительство источника синхротронного излучения СИЛА в Подмосковье и РИФ во Владивостоке, источника комптоновского излучения в Сарове. В связи с этим возникает необходимость использования методов и средств диагностики параметров пучков заряженных частиц, которые ранее в России практически не были востребованы.

Одной из существенных проблем по использованию машинное обучения в ускорительной технике является проблема набора качественных данных. В ускорителе частиц достаточно много параметров, которые способны повлиять на выходной пучок. Выбор, настройка и измерение необходимых параметров является достаточно сложной задачей. Помимо этого, для обучения алгоритма и дальнейшего прогнозирования параметров ускорителя требуется большое количество данных (в случае использования обучения с учителем). В связи с этим для успешного применения алгоритмов машинного обучения в ускорительной технике требуется накопить и проанализировать определённый опыт по применению этих алгоритмов в этой сфере.

Целью данной работы является проведение обзора основных способов применения алгоритмов машинного обучения в ускорительной технике. В данной работе рассмотрены примеры применения алгоритмов машинного обучения к задачам диагностики пучков ускорителей, оптимизации работы ускорителя и обнаружения аномалий.

Основная часть

На данный момент настройка многих ускорителей и получение пучка с заданными параметрами до сих пор происходит вручную. В связи с этим необходимы инструменты по автоматической настройке пучка. Ускорители частиц всегда производят большие объёмы данных со сложными взаимосвязями, а машинное обучение полезно для поиска сложных правил, скрытых в таких данных [4, 5]. Поэтому машинное обучение должно хорошо подходить для ускорителей частиц, и благодаря применению этого инструмента уже достигнуто множество положительных результатов. Зная параметры работы ускорителя в определенный момент времени, мы можем получать параметры исследуемого пучка без остановки ускорителя в реальном времени. При правильной реализации это позволяет облегчить управление ускорителем, автоматизировать и оптимизировать весь процесс его настройки.

Это так же позволяет проводить, так называемую, виртуальную диагностику пучка заряженных частиц, поскольку параметры работы ускорителя связаны с пучком и его характеристиками. Виртуальная диагностика может помочь в случае, если прямое измерение может иметь разрушительные последствия для работы или в местах, где невозможно разместить физические приборы [4].

В работе [5] алгоритмы машинного обучения используют в качестве средства для виртуальной диагностики и настройки положения пучка в источнике рентгеновского излучения на основе томсоновского рассеяния, расположенного в университете Цинхуа, который представляет из себя экспериментальную платформу для получения и применения электронных пучков высокой интенсивности. Цель работы [5] состояла в том, чтобы спрогнозировать положение пучка до и после экспериментальной камеры с помощью регрессионной модели, основанной на данных. В работе авторами использованы модели для классификации и регрессии. Модель классификации использовалась для оценки того, будет ли пучок потерян при определенном наборе параметров, и для получения действительного комбинированного диапазона параметров. В качестве модели для классификации использовалась модель Bagged Tree Classification. Эта модель базировалась на более простом алгоритме дерева решений и представляет его сильную модификацию. В качестве признаков одного события для классификации использовались 20 изменяемых параметров ускорителя, которые наиболее сильно влияют на характеристики выходного пучка. Сами данные получены при случайных изменениях этих признаков (диапазоны изменения этих параметров заданы), поскольку варьирование признаков между собой привело бы к огромным временным затратам только на сбор данных. Точность модели для классификации составила 95 %, площадь под ROC-кривой (метрика AUC) составила 0.98. Обученная модель позволяла предсказать, приведет ли данная комбинация настроек к потере пучка, что может значительно ускорить процесс сбора данных и может использоваться в качестве процессе управления ускорителем.

Модель для регрессии использовалась для прогнозирования положения пучка. В качестве алгоритма машинного обучения выбрана полносвязная нейронная сеть [5]. В качестве входных данных использовались 20 независимых параметров (которые использовались при классификации) и данные с первых двух мониторов положения пучка. В качестве выходных данных использовались измерения с 3-го и 4-го мониторов положения пучка. Архитектура нейронной сети состояла из 3 скрытых слоев с 256 нейронами (в качестве функции активации выбрана tanh). Данные были случайно разделены на три выборки: обучающие (70 %), валидационные (15 %) и тестовые (15 %). Скорость обучения изначально установлена на уровне 0.001, а затем снижалась снижалась с определенной скоростью. Размер батча равен 1000. Для модели регрессии в качестве метрики использован корень из среднеквадратичной ошибки (RMSE). Вид модели представлен на рис. 1 [5].

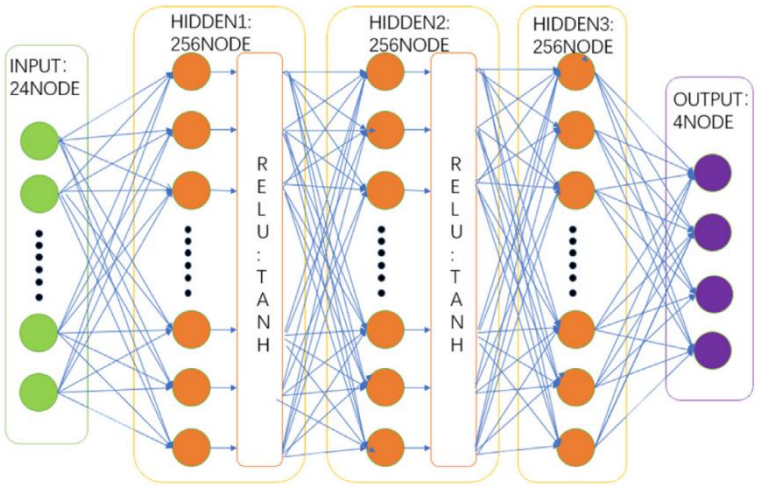


Рис. 1. Архитектура нейронной сети для регрессии

Точность регрессии по метрике RMSE составила 0.1313 мм на обучающей выборке, 0.1286 мм на валидационной выборке и 0.1263 мм на тестовой выборке. Результаты, полученные на проверочном

наборе, близки к результатам, достигнутым на обучающем наборе, что указывает на отсутствие переобучения.

Другим примерами реализации виртуальной диагностики являются исследования по диагностике продольного фазового пространства на основе алгоритмов машинного обучения на установке FACET-II и источнике когерентного света Linac (LCLS) [6]. В качестве инструмента машинного обучения использовалась полносвязная нейронная сеть прямого распространения с тремя скрытыми слоями (количества нейронов в скрытых слоя: 200, 100, 50). В качестве функции активации использована relu. Для оценки модели использовалась метрика score [6]. Среднее значение данной метрики составило 0.68±0.16. В качестве данных для обучения выступало огромное количество данных по моделированию, которые представляли изменение в распределении продольного фазового пространства от различных параметров ускорителя. Помимо этого, использованы данные из существующих измерений LCLS. Полученная модель продемонстрировала хорошее согласие между прогнозом и смоделированными и измеренными изображениями продольного фазового пространства.

Еще одним примером является исследование корреляций между размером пучка и изображениями из многощелевой системы визуализации, направленное на повышение точности мониторов положения пучка (BPM) с использованием нейронных сетей на Шанхайской установке синхротронного излучения (SSRF) [4].

Свёрточные нейронные сети (CNN) применялись в FAST на изображениях во время проведения операций с пучком [4]. Комбинация CNN и нейронных сетей прямого распространения дала многообещающие результаты для прогнозирования параметров пучка на смоделированных наборах данных. В качестве входных данных модели использовались результаты моделирования и некоторые другие параметры. На выходе модель позволила предсказывать параметры выходного пучка.

Используя измеряемые параметры ускорителя, можно автоматизировать работу ускорителя и оптимизировать параметры выходного пучка. Примером реализации такой оптимизации является применение методов интеллектуального управления для максимизации средней энергии импульса в лазерах на свободных электронах. Разработанные методы позволили настроить до 105 компонентов одновременно, основываясь только на измерениях средней зашумленной энергии сгустка [4].

При работе ускорителя необходимо следить за исправностью работы его оборудования. Выход оборудования из строя можно обнаружить по его показаниям. Обнаруживая аномальные показания приборов, которые не соответствуют ожидаемым паттернам, можно выявить неисправное оборудование. Аномалии могут обнаруживаться через задачу классификации (обучение с учителем), кластеризации (обучение без учителя) и др.

Примером работы алгоритма с обучением без учителя по обнаружению аномалий является обнаружение неисправных мониторов пучка на Большом адронном коллайдере (БАК) [4, 7, 8]. Проблема заключалась в том, что обнаружение неисправных мониторов пучка не являлось тривиальной задачей, поскольку не все причины появления аномалий BPM были известны. Из-за этого до применения машинного обучения определением неисправных мониторов пучка занимались люди, что требовало значительное количество времени. В качестве алгоритма по выявлению неисправных мониторов авторами был выбран Isolation Forest (IF) [4], который представлял алгоритм на основе дерева решений. В качестве данных для обучения использовались данные для моделирования, в которых заранее известны исправные и неисправные мониторы пучка. Поскольку сведения о фактических дефектных BPM недоступны, оценку алгоритмов очистки выполняли на результатах моделирования, в котором фактические дефектные BPM были известны и могли использоваться в качестве маркированных данных для оценки производительности алгоритма. К минусам алгоритма IF можно отнести то, что некоторые мониторы были ошибочно классифицированы как неисправные (что не сильно важно для БАК, но может оказаться критично для небольших ускорителей с малым количеством BPM).

Заключение

В ходе проведённого обзора установлено, что алгоритмы машинного обучения применяются в ускорительной технике в качестве инструментов для диагностики пучка, обнаружения неисправного оборудования (например, мониторов положения пучка), оптимизации параметров выходного пучка и частичной автоматизации работы ускорителя.

Наличие виртуальной диагностики пучка позволяет осуществлять ряд определенных операций с пучком без прекращения работы ускорителя (в отличие от разрушающих методов). Оптимизация

работы ускорителя с использованием алгоритмов машинного обучения уменьшит время настройки ускорителя и позволит сократить время его запуска. Обнаружение аномалий в крупном ускорительном комплексе облегчает управление ускорителем.

Наиболее часто встречающимися в литературе алгоритмами по машинному обучению являются различные модификации алгоритма дерева решений (Boosted Decision Trees, Bagged Decision Trees, Isolation Forest Tree и др.) и нейронные сети (CNN, GAN, RNN и т.д.) [3-5]. Среди нейронных сетей наиболее часто применяются полносвязные нейросети с несколькими скрытыми слоями.

Основным ограничением применения алгоритмов машинного обучения в ускорительной физике являются необходимость объёма данных, которые важны для работы алгоритма (в случае использования алгоритмов обучения с учителем). Помимо большого количества данных необходимо наличие приборов, позволяющих измерять независимые (но коррелирующие друг с другом) параметры ускорителя, изменение которых влияет на характеристики пучка. В отличие от других областей применения машинного обучения, в ускорительной технике такие наборы данных возможно собрать не только экспериментальным путём, но и с использованием моделирования. Если результаты экспериментальных данных согласуются в достаточной степени с результатами моделирования, то результаты моделирования можно использовать для обучения алгоритма машинного обучения. Это сильно облегчает сбор обучающих наборов данных, но появляется зависимость точности предсказания алгоритма от точности моделирования. Однако, такое высокоточное моделирование, как правило, доступно лишь на больших ускорительных комплексах. В связи с этим применение алгоритмов машинного обучения для многих ускорителей требует проведения модернизации оборудования и автоматизации сбора данных.

Следует отметить, что потенциально возможно применение алгоритмов машинного обучения для управления, оптимизации работы микротрона ТПУ, а также для диагностики параметров электронного пучка. Для этого необходимо автоматизировать процесс сбора данных с детекторов и собрать обучающий набор необходимых размеров.

Список использованных источников

1. Aaij R., Abdelmotteleb A.S.W., Abellan Beteta C. Observation of the decay $B_s^0 \to D^{*\pm}D^{*\mp}$ // Phys. Rev. Lett. – 2016. – Vol. 117. – № 261801.

2. Aaij R., Abellán Beteta C., Ackernley T. Measurement of CP violation in the decay $B^+ \to K^+\pi^0$, Observation of the decay // Phys. Rev. Lett. – 2021. – Vol. 126. –№ 091802.

3. Albertsson K., Gleyzer S., Hoecker A. Toolkit for Multivariate Data Analysis with ROOT : users guide. – Текст: электронный // Journal of High Energy Physic. – 2023. – URL: https://root.cern.ch/download/doc/tmva/TMVAUsersGuide.pdf (дата обращения: 22.03.2024).

4. Fol E., Coello de Portugal J.C., Franchetti G. Application of Machine Learning to Beam Diagnostic // in Proc. 39th Free Electron Laser Conf. (FEL'19). – 2019. – P. 311–317.

5. ShaoHong G., WenHui H., Chuang Ye S. Multivariable virtual diagnostics and tuning of beam positioning using machine learning // Nuclear Inst. and Methods in Physics Research, A. – 2023. – Vol. 1052. – № 168245.

6. Emma C., Edelen A., Hogan M.J. Machine learning-based longitudinal phase space prediction of particle accelerators // Phys. Rev. Accel. Beams. – 2018. – Vol.21. – № 112802.

7. Fol E., Tomás R., Coello de Portugal J. Detection of faulty Beam Position Monitors // ICFA Beam Dynamics Mini-Workshop: Machine Learning Applications for Particle Accelerators. – 2018. – № 51.

8. Fol. E., Coello de Portugal J.M., Tomás R. Unsupervised Machine Learning for Detection of Faulty Beam Position Monitors // Proc. IPAC. – 2019. – Vol. 19 – P. 2668–2671.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНВЕЙЕРА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ИЗВЛЕЧЕНИЯ НАРРАТИВОВ ИЗ ТЕКСТОВЫХ ДАННЫХ НА ПРИМЕРЕ ОТКРЫТЫХ ИСТОЧНИКОВ TELEGRAM-КАНАЛОВ

Пройдаков М.К.
Томский политехнический университет, ИШИТР, студент гр. 8ИМ2М, e-mail: mkp3@tpu.ru

Аннотация

В работе рассматривается задача автоматизированного извлечения нарративов из текстовых данных для последующего проблемно-ориентированного анализа. Описано формализованное представление нарратива и архитектура конвейера обработки данных для его извлечения, включая используемые на различных этапах обработки AI-методы и технологии.

Ключевые слова: автоматизированное извлечение нарратива, конвейер данных, NLP.

Введение

В русском языке слово «нарратив» является заимствованным и происходит от латинского narrare - рассказывать, являясь родственным латинскому gnarus - знать. Таким образом, уже в этимологии этого понятия зафиксирована идея перевода имеющегося "знания" в "рассказывание". Рассказывая, человек не только прослеживает последовательность событий, но и интерпретирует, познает окружающую действительность и самого себя [1].

Нарратив является одним из наиболее универсальных видов речевого взаимодействия, играет важную роль в нашей жизни, формируя представления о мире, о себе и о других людях, а также занимает важное место в процессах осмысления и передачи человеческого опыта.

Нарратив предстает как окно в индивидуальный человеческий опыт, выраженный через повествование, историю. В условиях межкультурной коммуникации нарратив становится носителем национально-культурной специфики, отождествляя говорящего с определенной лингвокультурной общностью [2].

Автоматизированное извлечение нарративов позволит обрабатывать гораздо большее количество данных, нежели ручной способ, что важно для таких областей как маркетинг и реклама (отзывы потребителей, комментарии в социальных сетях и других источниках), социальные и гуманитарные науки (анализ литературных произведений, исторических документов, интервью и т. д.), медицина и здравоохранение (психотерапия, форумы пациентов и др.), образование и обучение (учебные материалы, студенческие работы).

Целью проекта являлось проектирование конвейера данных, который предоставил бы возможность автоматизированного извлечения нарратива.

Основная часть

Существует огромное количество дефиниций нарратива. В данной статье будет использоваться следующее определение: нарратив – монолог-повествование, рассказ о каком-либо произошедшем ранее событии [3].

Для извлечения нарратива из текста необходимо определить составляющие его части. У. Лабов выделял шесть элементов структуры нарратива, каждый из которых несет определенную функциональную нагрузку:

1. Краткое изложение для слушателя существа происходящих событий, о которых пойдет речь.
2. Ориентация слушателя относительно времени, места, ситуации, участниках событий.
3. Передача последовательности событий (что случилось).
4. Оценка значимости и смысла действий, выражение отношения рассказчика к событиям и действиям.
5. Разрешение ситуации (что случилось в конце концов).
6. Кода, возвращающая к настоящему времени [4].

Исходя из вышеописанного, были определены основные составляющие аспекты нарратива, необходимые для извлечения из текста:

1) тема;
2) действующие лица;
3) временная линия;
4) события;
5) мнение автора.

Для решения подзадач извлечения нарративов необходимо использовать обработку естественного языка. Обработка естественного языка (Natural Language Processing, NLP) – это область искусственного интеллекта, которая занимается взаимодействием между компьютерами и естественными языками (языками, которыми говорят люди).

Для решения задачи извлечения нарратива был спроектирован конвейер данных (Data Pipeline) – набор элементов обработки данных, соединенных последовательно, где выход одного элемента является входом следующего [5]. Попадая в модуль (который является набором методов обработки естественного языка), данные подвергаются изменению, переходя от модуля к модулю, пока не завершатся все необходимые преобразования, после чего готовые данные доставляются конечному пользователю. Схема конвейера данных изображена ниже на рис. 1.

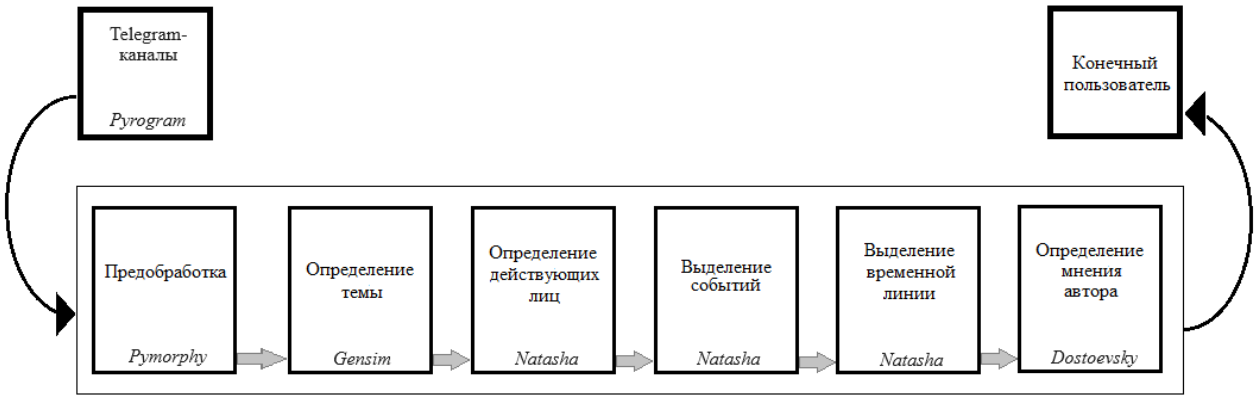


Рис. 1. Схема конвейера данных

В общем случае конвейеры данных состоят из трех основных компонентов: источника, одного или нескольких этапов обработки и пункта назначения.

В спроектированном нами конвейере источником данных являются Telegram-каналы. Для получения данных из каналов используется библиотека Pyrogram.

Сырые данные попадают в модуль предобработки, где подвергаются первой трансформации. Поскольку алгоритмы машинного обучения не могут работать с текстом на естественном языке, для работы с ним нужна предварительная подготовка текстов. Предобработка текста переводит текст на естественном языке в формат удобный для дальнейшей работы. Предобработка состоит из различных этапов, которые могут отличаться в зависимости от задачи и реализации. Первым этапом подготовки текста является его нормализация, которая заключается в приведении текстов к одному регистру, удалении знаков пунктуации, чисел и пробельных символов. Это необходимо для стандартизации методов обработки текста. Затем следует этап токенизации, который включает разбиение длинных строк на более короткие, обычно по словам. После токенизации происходит удаление стоп-слов, то есть слов, не несущих смысловой нагрузки, таких как союзы, предлоги и связки [6]. Далее идет процесс лемматизации, который приводит слова к их словарной форме (лемме). Для предварительной обработки текста использовалась библиотека Pymorphy.

Следующим модулем является модуль определения темы. Для определения темы была использована библиотека Gensim. Используя латентное размещение Дирихле (Latent Dirichlet Allocation, LDA), вероятностную модель, которая предполагает, что каждый документ в коллекции представляет собой смесь различных тем, а каждая тема представляет собой распределение слов, LDA ищет такие темы и их распределение в документах, чтобы объяснить наблюдаемые данные.

Модуль определения действующих лиц использует распознавание именованных сущностей (Named Entity Recognition, NER) – процесс обнаружения и классификации именованных сущностей в тексте. В данном модуле задача NER заключается в том, чтобы определить находится ли слово или группа слов в тексте в предопределенных категориях (персоналии, организации, локации и т. д.). Распознавание именованных сущностей реализовано средствами библиотеки Natasha.

Выделение событий из текста происходит с помощью определения части речи слов в тексте с помощью морфологического анализа, и извлечения отношений – извлечения информации (Information Extraction) о событиях путем выявления отношений между сущностями в тексте. Например, извлечение отношений «субъект-глагол-объект». Для этой задачи также была использована библиотека Natasha.

Модуль выделения временной линии использует упомянутое выше распознавание именованных сущностей, однако определяет находится ли слово в категориях дата, время и т.д.

Определение мнения автора является сложной задачей, устоявшихся решений для которой в настоящий момент не существует. В рамках нашего конвейера данных была использована библиотека Dostoevsky и её анализ тональности (Sentimental analysis) – определение тональности текста, то есть его эмоциональной окраски (позитивной, негативной или нейтральной).

В конце концов полностью преобразованные данные предоставляются конечному пользователю в виде JSON-файла. Формат JSON удобен для хранения получившихся данных, а также при необходимости дальнейшей работы пользователя с данными, например, для анализа получившихся результатов.

Заключение

На данном этапе реализации проекта результатами являются формализованное представление нарратива и спроектированная архитектура конвейера обработки данных. Следующим этапом является разработка конвейера.

Список использованных источников

1. Репьевская М.В. Подходы к изучению нарратива // Cyberleninka: сайт. – 2012. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/podhody-k-izucheniyu-narrativa.

2. Обдалова О.А., Левашкина З.Н. Понятие «наратив» как феномен культуры и объект дискурсивной деятельности // Cyberleninka: сайт. – 2019. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/ponyatie-narrativ-kak-fenomen-kultury-i-obekt-diskursivnoy-deyatelnosti.

3. Лапнина Е.В. Полный словарь лингвистических терминов. – Ростов-на-Дону : Феникс, 2010. – С. 225.

4. Евстигнеева Н.В., Обремко О.А. Модели анализ нарратива // Cyberleninka: сайт. – 2007. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/modeli-analiza-narrativa.

5. Data Engineering: ETL, ELT, Data Pipeline, Data Warehouse, Data Lakes, Data Marts // Иван Шамаев: сайт. – 2021. – URL: https://ivan-shamaev.ru/data-engineering-etl-pipeline-data-warehouse-datalake.

6. Акжолов Р.К., Верига А.В. Предобработка текста для решения задач NLP // Cyberleninka: сайт. – 2020. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/predobrabotka-teksta-dlya-resheniya-zadach-nlp.

ПРИМЕНЕНИЕ СРЕДСТВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ОБЗРАЗЦОВ КЕРНА

Денисов В.И.[1], Задорожных Е.А.[2]
[1] Томский политехнический университет, ИШИТР, гр. А2-39, vid3@tpu.ru
[2] Томский политехнический университет, ИЯТШ, гр. 0В02, eaz28@tpu.ru

Аннотация

В докладе проводится анализ работ по автоматизации исследования керна на основе обработки и интерпретации его изображений. Полученные данные позволяют разработать наиболее эффективный подхода к анализу изображений керна и на его основе решить задачу сегментации образцов керна на дневных изображениях.

Ключевые слова: сверточная нейронная сеть, U-Net, керн, автоматизация, машинное обучение.

Введение

Керн представляет из-за себя некоторый объем горной породы, обычно в виде образца цилиндрической формы. Именно на основе анализа керна устанавливаются значения характеристик пласта и выводятся зависимости, позволяющие строить гидродинамические модели месторождений, без которых сейчас немыслим сам процесс разработки недр [1].

При этом, сама работа по исследованию образцов керна, сопряжена с большим количеством монотонных однотипных операций. Поэтому автоматизация процесса исследования образцов керна на сегодняшний день является одной из важнейших задач цифровизации керна.

В общем случае процесс автоматизации можно представить в виде последовательности следующих этапов:

- анализ существующих подходов к исследованию образцов керна и формирование на их основе наиболее эффективного подхода, а также требований к нему;
- сегментация образцов керна на дневных изображениях;
- сегментация образцов керна на ультрафиолетовых изображениях;
- сегментация ультрафиолетового свечения;
- определение нефтенасыщеных интервалов на изображения керна с использованием дневных и ультрафиолетовых фотографий.

Анализ методов исследования изображений керна

К настоящему времени существует большое количество работ, в которых в той или мере рассмотрены методы автоматизации исследований образцов керна. Остановимся более подробно на основных работах с целью определения преимуществ и недостатков различных подходов.

1. Применение вероятностной нейронной сети (PNN)

Данный подход к исследованиям изображений керна был применен А.К. Пателем в работе «Computer vision-based limestone rock-type classification using probabilistic neural network» [2]. В статье описывается процесс автоматизации описания, анализа и классификации типов известняковых пород на основе вероятностной нейронной сети. Ценность рассматриваемой работы заключается в том, что автор отходит от наиболее часто используемой в подобных работах сверточной нейронной сети и применяет PNN. Сама архитектура предложенной автором методологии изображена на рис. 1.

Стоит отметить, что автором в данной работе использовались унифицированные входные данные, собранные одним исследователем в едином виде. Кроме того, отсутствует анализ применения нейронной сети на реальных геологических образцах со сложными структурными и текстурными особенностями.

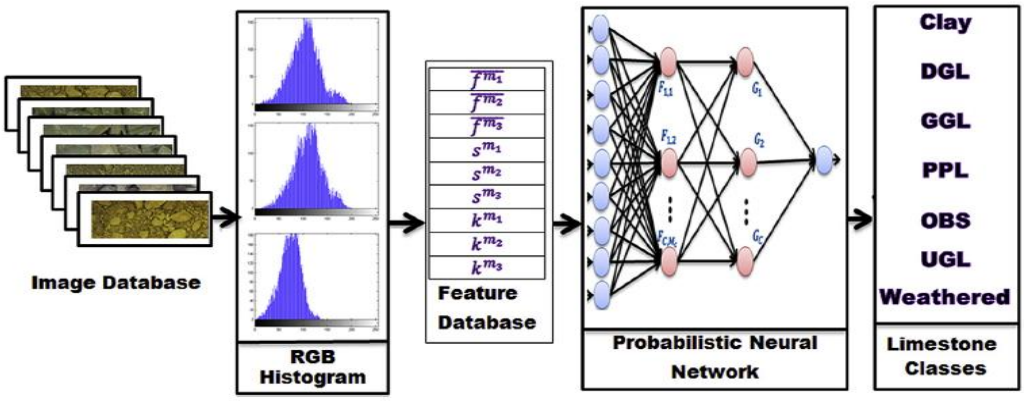


Рис. 1. Методология системы в работе «Computer vision-based limestone rock-type classification using probabilistic neural network» [2]

В заключении своей работы автор упоминает об этом, он говорит, что основным ограничением данного исследования является то, что использовались цельные куски горных пород, в которые были вкраплены более мелкие образцы. Таким образом, алгоритм будет работать корректно, только тогда, когда тип породы всех мелких включений в образце одинаков.

Автор также отмечает, что данная проблема может быть нивелирована путем сегментации изображения – тогда алгоритм и классификация будут применяться к отдельным включениям в данном изображении.

2. Ручное сопоставление матриц цветовых схем с характеристиками породы

И.И. Хасанов выпустил ряд работ [3]–[8], посвященных полуавтоматической обработке фотографий керна горных пород. Изображение преобразуется в матрицы в различных цветовых схемах (RGB или HSL), после чего каждому классу цвета оператором присваивается та или иная характеристика породы (пористость, проницаемость и т.д.), присущая этому цвету, и ее литотип. Далее исследуются вариации параметров отдельных цветов и гистограммы распределения этих цветов. Исследование предусматривает обработку изображений, полученных как при дневном свете, так и при ультрафиолетовом. Недостатком работы является необходимость активного привлечения к работе специалиста-геолога с программными инструментами, только лишь ускоряющими его работу.

3. Применение сверточной нейронной сети (CNN)

Е. Барабошкин, А. Ивченко, Л. Исмаилова и др. в работе «Литологическая интерпретация фотографий керна на основе компьютерного анализа» [9] приводят результаты исследования, целью которого было создание алгоритма, позволяющего показать тип породы образца керна. Одна из особенностей работы заключается в сегментация изображения с заданным шагом. Для каждого полученного сегмента вычисляется вероятность, согласно которой выбранная часть образца керна соотносится с той или иной породой (см. рис. 2). Кроме того, если возможно, определялись дополнительные параметры (нефтенасыщенность, пористоть, проницаемость) для данного сегмента керна.

Для обработки изображений используется библиотека OpenCV [10]. Также в работе применяется алгоритм Dropout [11], который позволяет увеличить точность модели за счет уменьшения влияния переобучения. Производились различные эксперименты с глубиной сети, количеством нейронов на слоях, функциями распространения ошибок, размеров изображений. Сеть показала 84% точности работы в пределах одного класса при размере изображений 128x128 пикселей при равномерном распределении количества образцов.

Для обучения нейронной сети было использовано 800 изображений, приведённых к размеру 512x512 пикселей, изначально составляющих 6 классов. В дальнейшем количество классов было уменьшено до 4, так как класс разрушенных пород и не разрезанного керна определялись верно, только с точки зрения геологии (тип породы верен) и не верно, с точки зрения машины (класс разрушенный керн не верно, определён как порода). Количество материалов по классам очень неравномерно: 335 образцов для аргиллита, 43 – для песчаника. Результаты показали до 96 % точности и 98 % полноты.

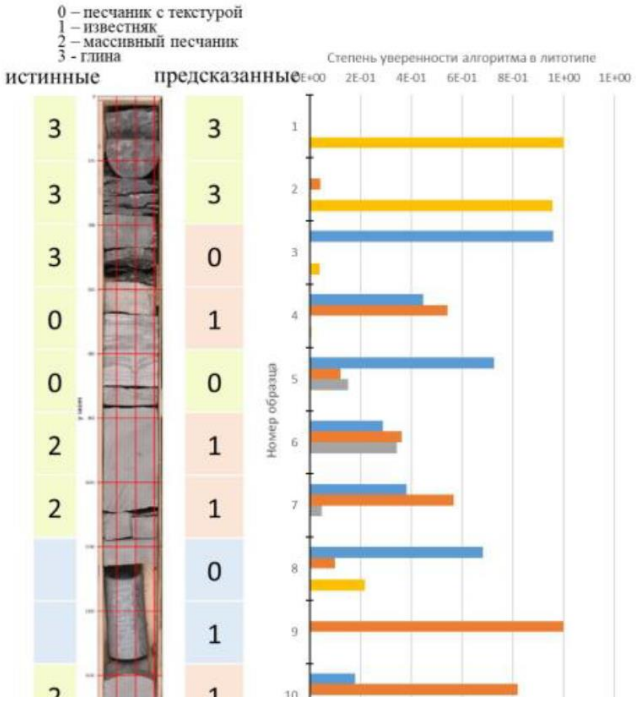


Рис. 2. Пример сегментации образца и определения породы сегмента [9]

Однако на некоторых классах (известняк, 124 образца) результаты упали до 42% точности.

На основании полученных данных сделан вывод о возможности использования нейронной сети для определения литотипов образцов керна. В тоже время, полученный продукт имеет определенные недостатки: небольшая обучающая выборка, неравномерность количества литотипов в обучающей выборке, сеть обрабатывает лишь 4 класса пород, низкая точность предсказаний для определенных классов пород, нейросеть работает с большой точностью лишь при соблюдении ряда обязательных условий. Отдельно стоит упомянуть, что данная сеть выполняет описание керна не послойно, а с заданным шагом, что сильно влияет на результаты.

В работе «Автоматическое определение породы по фотографиям керна методами машинного обучения» [1] С. Дьячковым и др. определялась принадлежность слоев керна к одному из 4 типов пород: песчаники, алевролиты, аргиллиты, угли.

Для каждого слоя из исходного описания брались отметки кровли и подошвы слоя. Далее в рамках одного слоя из изображения последовательно вдоль ствола керна нарезались окна размером 5×5 см с фиксированным шагом смещения для каждого названия породы. Это позволило уменьшить ошибку, возникающую из-за неравномерного распределения пород в обучающей выборке посредством уменьшения шага для менее встречающейся породы в выборке.

В данной работе проводилось сравнение эффективности применения различных подходов для решения поставленной задачи, а именно использовались следующие архитектуры предобученных сверточных нейронных сетей: SqueezeNet1.1, DenseNet121, DenseNet161, Inception-v3, ASNetLarge, PNASNet5Large, ResNet18, ResNet34, ResNet152, ResNeXt101 64×4d, ResNeXt101 32×4d, SENet154, VGG13, VGG16bn, VGG19bn; применялась технология на ансамбле слабых классификаторов по данным графических идентификаторов. Для реализации данного подхода были использованы две свободно распространяемые библиотеки: Scikit-Image для извлечения графических идентификаторов по окнам и XGBoost для построения модели классификации.

По результатам работы авторами был сделан вывод, что обе модели показали достаточно высокую точность и могут быть применены на практике. Однако модель на основе сверточных нейронных сетей более чувствительна к неявным признакам, которые сложно извлечь, используя известные графические идентификаторы.

Таким образом, проведенный анализ работ по исследованию изображений керна показал:

- одним из основных недостатков предложенных подходов является неравномерность обучающей выборки: при определении типа породы по цветности обучающая выборка состоит из пород преимущественно одного или нескольких литотипов, или и вовсе анализируются не все литотипы; выборка же по остальным литотипам искусственно увеличена;

- в большинстве работ авторы никак не используют изображения образцов керна в ультрафиолетовом свете, хотя ультрафиолетовое свечение позволяет выделить на изображениях нефтенасыщенные участки; выделение таких участков позволит в дальнейшем произвести расчеты нефтенасыщенности и сделать вывод о наличии флюида на том или ином интервале;

- почти все рассмотренные работы сосредоточены на том, чтобы определить тип породы, причем чаще всего на основании цветности. Однако стоит взять во внимание, что съемка без наличия палитры может дать искажения в части цветом, тогда такие изображения будут недостоверными с точки зрения

определения литотипа по цветности. Кроме того, цветность пород ввиду различных явлений может отличаться, что также не увеличивает достоверность результатов такого метода;

- в некоторых работах при определении типа породы используют либо фиксированный, либо настраиваемый шаг по изображению керна; при таком методе, если в диапазоне одного шага будет находиться несколько пород, система не сможет выделить обе, а велик шанс, что и вовсе даст неточный результат;

- часть из рассмотренных решений не позволяют производить полную автоматизацию, а лишь упрощают в некоторой степени работу специалиста-геолога.

Описание предложенного алгоритма сверточных нейронных сетей и результаты сегментации образцов керна на изображениях в дневном свете

На основании выше приведенного анализа, было принято решение использовать сверточные нейронные сети с архитектурой U-Net. Архитектура сети U-Net приведена на рис. 3.

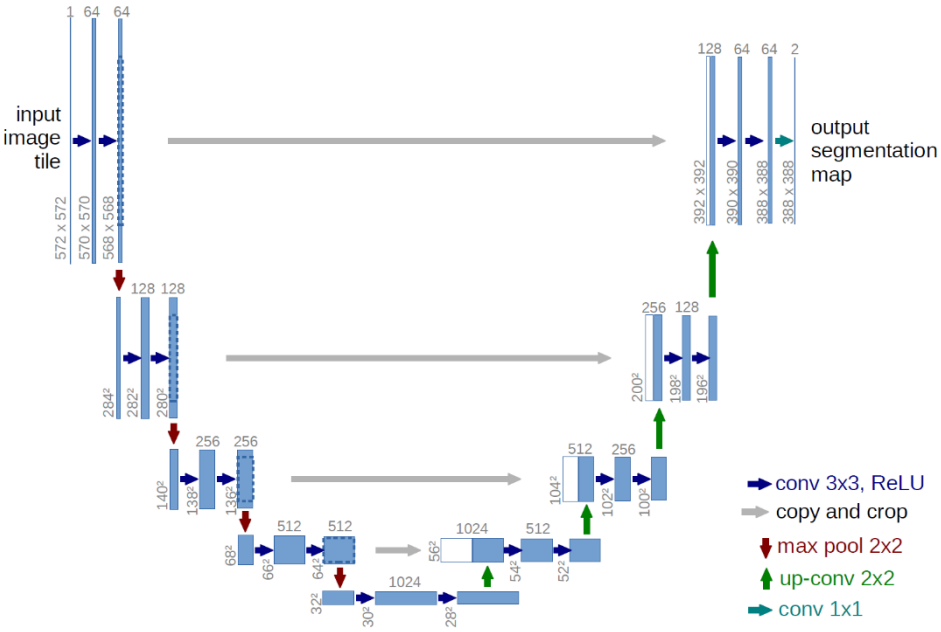


Рис. 3. Архитектура сети U-Net [12]

Она состоит из сужающегося пути (слева) и расширяющегося пути (справа). Сужающийся путь — типичная архитектуре сверточной нейронной сети. Он состоит из повторного применения двух сверток 3×3, за которыми следуют ReLU и операция максимального объединения (2×2 степени 2) для понижения разрешения [12].

При этом были сформулированы следующие требования к проведению вычислительного эксперимента: использовать ультрафиолетовые фотографии для более полного анализа; выбирать изображения более высокого качества, чем в аналогичных работах для достижения более точного результата; применять алгоритм Dropout, а также использовать более широкий класс пород на скважинах, с которых отбирается керн.

Чтобы избежать проблем с неоднородными образцами [2, 9], корректного наложения ультрафиолетовых фотографий для дальнейших расчетов, а также более эффективного обучения и работы дальнейших моделей первым этапом предложенного алгоритма было решено выполнить сегментацию образцов керна на дневных изображениях. На рис. 4 приведены результаты сегментации образцов керна на изображениях в дневном свете с применением сверточных нейронных сетей на архитектуре U-Net.

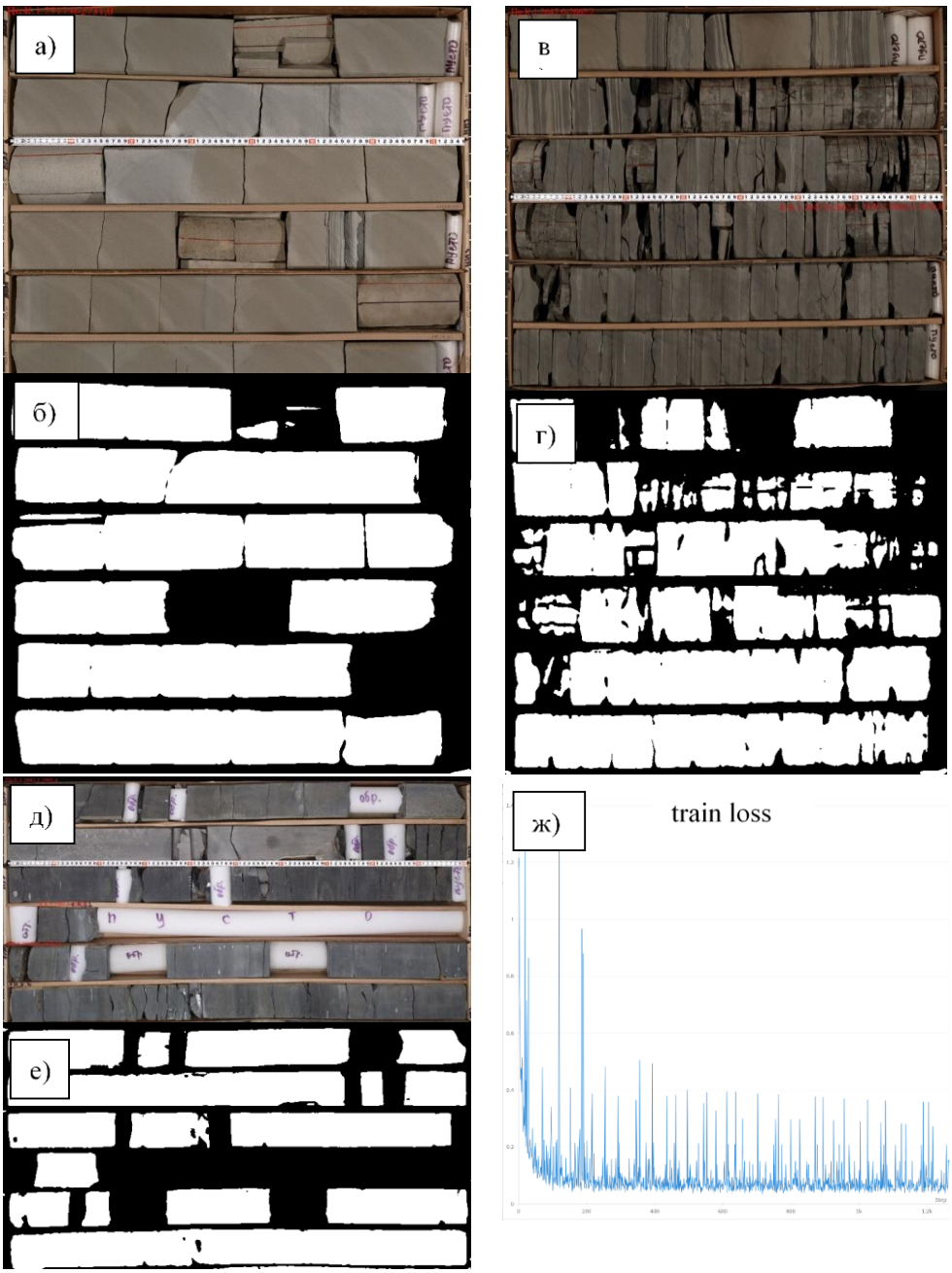


Рис. 4. Примеры сегментации керна на архитектуре U-Net:
а, в, д – исходные изображения керна; б, г, е – предсказанные маски; ж – функция потерь

На рис. 4 фрагменты а, в, д представляют из себя исходные изображения с образцами керна, а фрагменты б, г, е – маски, предсказанные обученной моделью. Стоит отметить, что на текущий момент модель обучалась на датасете, состоящем в основном из цельной правильной формы образцов керна, что заметно по фрагменту в и г, где модель показала неточные результаты из-за сильной раздробленности образца. Данный фактор говорит о необходимости увеличения датасета в сторону образцов с неправильной формой и большей расчлененностью.

Фрагмент *ж* представляет собой функцию потерь, которая позволяет наглядно показать эффективность обученной модели.

Заключение

В работе был проведен анализ существующих подходов к исследованию образцов керна. Были отмечены основные преимущества и недостатки каждого из них и на основании сделанных выводов разработан план и требования к проведению дальнейшего исследования образцов керна средствами машинного обучения.

В результате с применением сверточной нейронной сети на архитектуре U-Net была обучена модель для решения задачи сегментации образцов керна на дневных изображениях и приведены результаты работы модели.

В дальнейшем планируется проведение сравнения работы модели на основе архитектуры U-Net с другими архитектурами, расширения обучающей выборки для улучшения качества сегментации на неоднородных образцах породы, а также решение задач сегментации образцов керна на ультрафиолетовых изображениях и ультрафиолетового свечения, определения нефтенасыщенных интервалов.

Список использованных источников

1. С.М. Дьячков, О.А. Ядрышникова, Д.В. Поляков [и др.] Автоматическое определение породы по фотографиям керна современными методами машинного обучения // Вестник Тюменского государственного университета. Физико-математическое моделирование. Нефть, газ, энергетика. – 2021. – Т. 7. – № 4(28). – С. 181-198.
2. Patel A.K., Snehamoy C. Computer vision-based limestone rock-type classification using probabilistic neural network // Geoscience Frontiers. – 2016. – № 7. – С. 53–60.
3. Хасанов И.И. Анализ цветности пород по цифровым изображениям керна // Геология нефти и газа. – 2014. – № 5. – С. 33–39.
4. Постников А.В., Хасанов И.И. Компьютерное моделирование структурно-текстурных особенностей пород // Материалы Балтийской школы-семинара «Петрофизическое моделирование осадочных пород, Петромодель 2015». Санкт-Петербург. 14-18 сентября. 2015.
5. Постников А.В., Постникова О.В., Оленова К.Ю., Сивальнева О.В, Хасанов И.И., Осинцева Н.А., Ганаева М.Р. Новые методические аспекты литологических исследований пород баженовской свиты // Нефтяное хозяйство. – 2015. – № 10. – С. 23–27.
6. Хасанов И.И. Методика количественной оценки цветности кернового материала и её практическое применение. // Материалы Балтийской школы-семинара «Петрофизическое моделирование осадочных пород, Петромодель 2013» – 2013.
7. Хасанов И.И. Применение компьютерного анализа цифровых изображений для исследования кернового материала (тезисы) // 17-я конференция по вопросам геологоразведки и разработки месторождений нефти и газа EAGE «Геомодель-2015». Геленджик. 7-10 сентября. – 2015.
8. Хасанов И.И., Пономарев И.А., Постников А.В., Осинцева Н.А. Методика количественной оценки емкостных параметров пород-коллекторов с применением цифровой обработки фотографий керна (тезисы) // 18-я конференция по вопросам геологоразведки и разработки месторождений нефти и газа EAGE «Геомодель-2016». Геленджик. 12-15 сентября. – 2016.
9. Ивченко А.В., Барабошкин Е.Е., Исмаилова Л.С. [и др.] Литологическая интерпретация фотографий керна на основе компьютерного анализа // Международная научная конференция «IEEE Northwest Russia Conference On Mathematical Methods In Engineering And Technology: MMET NW 2018». – Санкт-Петербург: СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2018. – С. 430–433.
10. OpenCV. Modules // Open-Source Computer Vision URL: https://docs.opencv.org/4.x/ (дата обращения: 27.09.2023).
11. Dropout - метод борьбы с переобучением нейронной сети // Введение в нейронные сети URL: https://proproprogs.ru/neural_network/dropout-metod-borby-s-pereobucheniem-neyronnoy-seti (дата обращения: 24.09.2023).
12. U-Net: нейросеть для сегментации изображений // Виды нейросетей URL: https://neurohive.io/ru/vidy-nejrosetej/u-net-image-segmentation/ (дата обращения: 20.03.2024).

СЕГМЕНТАЦИЯ ДЕРЕВЬЕВ ПИХТЫ НА ЗАШУМЛЕННЫХ СНИМКАХ С БПЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СВЕРТОЧНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ U-NET

Малкин А.Ю.
Томский политехнический университет, ИШИТР, гр. 8ВМ22, e-mail: malkin@tpu.ru

Аннотация

Решается задача сегментации зашумленных снимков крон пораженных уссурийским полиграфом деревьев пихты сибирской с помощью модифицированной модели сверточной нейронной сети (СНС) U-Net. Исследуется эффективность этой модели СНС при сегментации зашумленных снимков в случаях использования робастной функции потерь Коши и функции потерь Focal Loss. Выявлена зависимость точности классификации от амплитуды выбросов на зашумленных снимках для каждой из функций потерь.

Ключевые слова: сверточная нейронная сеть U-Net, пихта сибирская, беспилотный летательный аппарат, семантическая сегментация зашумленных снимков, робастная функция потерь Коши

Введение

В настоящее время актуальной является проблема раннего выявления хвойных деревьев, пораженных насекомыми-вредителями. Так, например, важно знать состояние здоровья деревьев кедра, пораженных союзным короедом, или деревьев пихты сибирской, заселенных уссурийским полиграфом. Для оперативного мониторинга хвойных лесов и выявления очагов размножения таких вредителей все чаще начинают применять беспилотные летательные аппараты (БПЛА), позволяющие получить снимки высокого разрешения [1]. Для анализа таких снимков путем семантической сегментации (попиксельной классификации) хвойных деревьев и определения степени их поражения (состояния здоровья) применяются сверточные нейронные сети (СНС) [2,3].

Снимки, получаемые с БПЛА, могут иметь шум, чаще всего в виде аномальных выбросов. Такие шумы приводят к искажению результатов анализа снимков, проводимого с помощью СНС. Поэтому для получения адекватных результатов семантической сегментации снимков необходимо при обучении СНС применять специальные функции потерь, устойчивые к выбросам на снимках, – робастные функции.

Целью данной работы является исследование эффективности модифицированной модели СНС U-Net при сегментации зашумленных снимков в случаях использования робастной функции потерь Коши и функции потерь Focal Loss. Полученные результаты исследований являются новыми.

Задача исследования модифицированной модели U-Net при сегментации зашумленных снимков деревьев пихты

Известно, что снимки хвойных лесов, получаемые с помощью установленной на БПЛА фото или кинокамеры, довольно часто имеют шумы в виде выбросов разной физической природы. Поэтому для получения адекватных результатов семантической сегментации таких снимков при использовании СНС необходимо при ее обучении применять специальные функции потерь, устойчивые к выбросам.

Ставится задача исследования эффективности модифицированной модели СНС U-Net [4] при сегментации зашумленных снимков в случаях использования робастной функции потерь Коши и функции потерь Focal Loss. Для проведения исследований необходимо использовать датасет, созданный по дешифрированным сотрудниками ИМКЭС СО РАН и ТПУ снимкам деревьев пихты сибирской, полученным с помощью БПЛА. В работе [3] на снимках определяются пять классов состояния пораженных уссурийским полиграфом деревьев пихты: «живые», «отмирающие», «свежий сухостой», «старый сухостой», «фон». Датасет включает фрагменты снимков с БПЛА и соответствующие этим фрагментам маски (получены в результате дешифрирования исходных снимков) размером 256x256 пикселей цветового пространства RGB. Он поделён на три выборки: обучающая (2004 фрагмента), валидационная (672 фрагмента) и тестовая (91 фрагмент).

Для выявления эффективности модифицированной модели U-Net при последовательном использовании функций потерь Focal Loss и Коши было произведено зашумление 24.4 % площади пикселей каждого фрагмента (16000 зашумленных пикселей) обучающей выборки. Пиксели для зашумления на фрагменте выбирались случайным образом с использованием генератора случайных

чисел с равномерным законом распределения. Амплитуда выброса определяет, во сколько раз увеличивается яркость зашумлённого пикселя относительно его предыдущего значения. На рис. 1 показан пример исходного фрагмента (без зашумления) и три фрагмента при различных амплитудах выбросов.



Рис. 1. Визуализация зашумления фрагмента снимка пихты: a – исходные данные; b – увеличение амплитуды яркости пикселя в 1,5 раза; c – увеличение амплитуды яркости пикселя в 2,0 раза; d – увеличение амплитуды яркости пикселя в 3,0 раза

Модифицированная модель U-Net

Для проведения исследований выбрана модификация классической полносвёрточной нейронной сети U-Net, обученной при различных функциях потерь. Выбор в пользу классической архитектуры U-Net как основы для модификации был сделан по причине её эффективности при работе с медицинскими изображениями [4]. Данная архитектура была модифицирована сотрудниками ТПУ для решения задачи семантической сегментации изображений крон хвойных деревьев [3]. Ключевыми изменениями являются:

- размер входного тензора составляет 256x256x3;
- свёртки не уменьшают размеры карт признаков;
- применяется пакетная нормализация (batch normalization);
- используется функция активации ELU;
- выходной тензор вычисляется 5 свёртками с фильтрами размером 1x1, что позволяет классифицировать пиксели 5 классов (четыре класса состояний пораженных уссурийским полиграфом деревьев пихты и фон).

Выбор робастной функции потерь

В работе [5] приводится исследование нескольких робастных функций потерь: Хьюбера, Эндрюса, Тьюки, Коши, Уэлша, Мешалкина и других. Исследование заключалось в определении эффективности этих функций потерь при решении задачи классификации набора одномерных данных «Ирисы Фишера» при наличии выбросов. Робастность функций потерь позволяет уменьшить влияние выбросов на величину потерь при обучении нейронной сети очередными данными, если они выбиваются из нормального распределения выборки.

Для обучения СНС была выбрана робастная функция потерь Коши по причине её широкой изученности в ряде других работ, подтверждающих её робастность [6, 7]. Из работы [5] следует, что функция Коши описывается следующим выражением:

$$\rho(z) = ln(\frac{1}{2} * (\frac{z}{\beta})^2 + 1), \quad (1)$$

где z – величина ошибки, β – свободный коэффициент. Производная функции Коши представлена формулой:

$$\rho'(z) = \frac{z}{\frac{z^2}{2} + \beta^2} \quad (2)$$

Из формулы (2) следует, что описываемая ею функция является непрерывной на множестве вещественных чисел $\mathbb{R}$, что позволяет использовать выражение (1) в качестве функции потерь в алгоритме обратного распространения ошибки при обучении СНС.

Для сравнительного анализа используется хорошо себя зарекомендовавшая функция потерь Focal Loss, описываемая следующим выражением [8]:

$$\rho(z) = -\alpha * (1-z)^{\gamma} * \ln(z), \tag{3}$$

где z – величина ошибки, α и γ – коэффициенты при функции Focal Loss.

Обучение и валидация СНС на зашумлённых снимках

С помощью байесовского алгоритма оптимизации выполняется поиск квазиоптимальных комбинаций гиперпараметров при обучении моделей СНС на выборке с различной амплитудой выбросов при зашумлении пикселей, занимающих 24.4% от площади каждого фрагмента. Количество таких комбинаций составляет 100. Исследуемыми гиперпараметрами являются: скорость обучения в диапазоне [10^{-4}; 10^{-2}], параметры β (для функции Коши) в диапазоне [3.0; 9.0], α и γ (для Focal Loss) в диапазоне [3.0; 9.0]. При обучении очередной модели на очередном наборе гиперпараметров берётся во внимание значение метрики mIoU, которая рассчитывается как среднее по значениям IoU для каждого из исследуемых классов деревьев:

$$IoU = \frac{TP}{TP + FP + FN}, \tag{4}$$

где TP – это истинно-положительные предсказания, FP – ложно -положительные предсказания, FN – ложно - отрицательные предсказания.

$$mIoU = \frac{1}{N}\sum_{C=1}^{N} IoU_c, \tag{5}$$

где N – число классов деревьев. Обучение моделей на очередном наборе гиперпараметров происходит до тех пор, пока не возникает переобучение модели, которое выражается в неувеличении метрики mIoU после 11 эпох обучения подряд.

Анализ результатов исследования моделей СНС, обученных на зашумлённых фрагментах

В результате обучения и валидации получены восемь моделей СНС: каждая из них обучалась со своим набором, представляющим из себя ту или иную функцию потерь (робастная функция Коши или Focal Loss), отсутствие или наличие зашумления обучающих фрагментов, а также различная амплитуда выбросов пикселей (увеличение яркости в 1.5, 2.0, 3.0 раза). Эти модели показали максимальное значение метрики mIoU на валидационной выборке (зашумление её не проводилось), их значения метрики mIoU на тестовой выборке (зашумление не проводилось) представлены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты исследования моделей СНС в случае функций потерь Коши и Focal Loss

Функция потерь	**Количество зашумлённых пикселей на обучающих фрагментах**	**Амплитуда выбросов**	**α**	**γ**	**β**	**mIoU на тестовой выборке**
Коши	0	0,0	-	-	4,356	**0,660**
Коши	16000	1,5	-	-	6,166	0,652
Коши	16000	2,0	-	-	6,065	0,635

Коши	16000	3,0	-	-	6,796	0,598
Focal loss	0	0,0	4,433	2,699	-	**0,670**
Focal loss	16000	1,5	6,460	8,809	-	0,628
Focal loss	16000	2,0	4,044	3,002	-	0,656
Focal loss	16000	3,0	5,886	7,324	-	0,570

Из таблицы 1 следует, что зашумление в 24.4 % от площади каждого из обучающих фрагментов приводит к уменьшению метрики mIoU на тестовой выборке, причем в случае модели, обученной с применением функции потерь Коши, падение метрики относительно модели, обученной на фрагментах без зашумления, составило от 0.008 до 0.062, а для модели с применением функции Focal Loss падение метрики mIoU составляет от 0.014 до 0.100 относительно модели, обученной на фрагментах без зашумления. Отсюда можно сделать вывод, что робастная функция потерь Коши даёт более высокие результаты сегментации зашумлённых снимков, чем функция потерь Focal Loss.

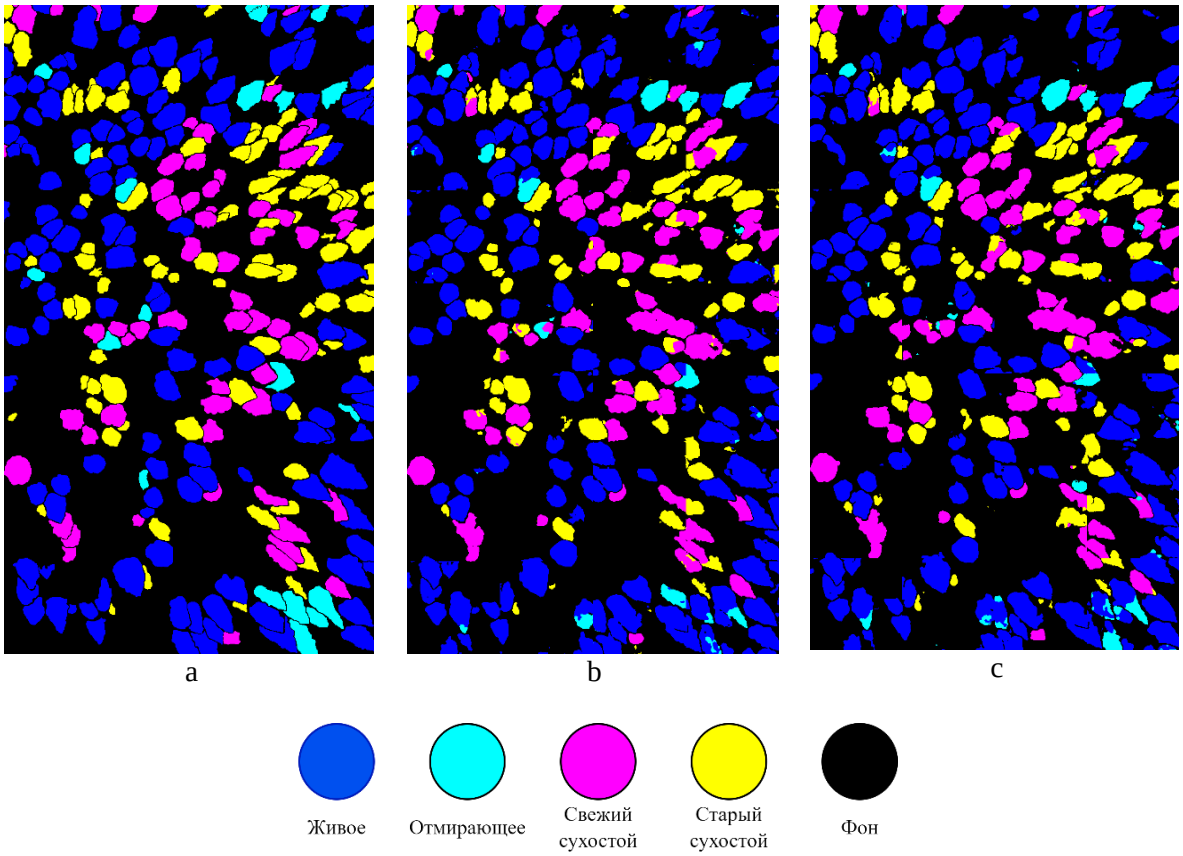


Рис. 2. Сегментация тестового снимка: a – эталонная разметка экспертами;
b – сегментация моделью СНС U-Net, обученной с применением функции потерь Коши;
c – сегментация моделью СНС U-Net, обученной с применением функции потерь Focal Loss

На рис. 2 представлены визуальные результаты сегментации тестового снимка крон пихты моделями СНС, обученными на зашумлённых фрагментах (амплитуда выбросов – 1.5 от яркости пикселя) с применением робастной функции потерь Коши и функции потерь Focal Loss. Видно, что классификация деревьев класса «Отмирающие», которые наименее представлены в датасете, выполняется хуже, чем для других классов деревьев. Это наблюдается для каждой функции потерь. При этом модель СНС, обученной с применением функции Коши, выполняет задачу лучше модели СНС, обученной с использованием функции потерь Focal Loss.

На рис. 3 представлены зависимости метрики mIoU, полученные на тестовой и валидационных выборках, от амплитуды выбросов яркости у пикселей на обучающих фрагментах. По этим результатам можно сделать два вывода: функция потерь Focal Loss позволяет обучить модель на данных без

зашумления с более высокой метрикой mIoU на тестовой выборке в сравнении с робастной функцией потерь Коши (0.670 против 0.660), а модели, обученные с применением функции потерь Focal Loss, демонстрируют, что значения метрик mIoU на тестовой выборке превышают таковые на валидационной выборке.

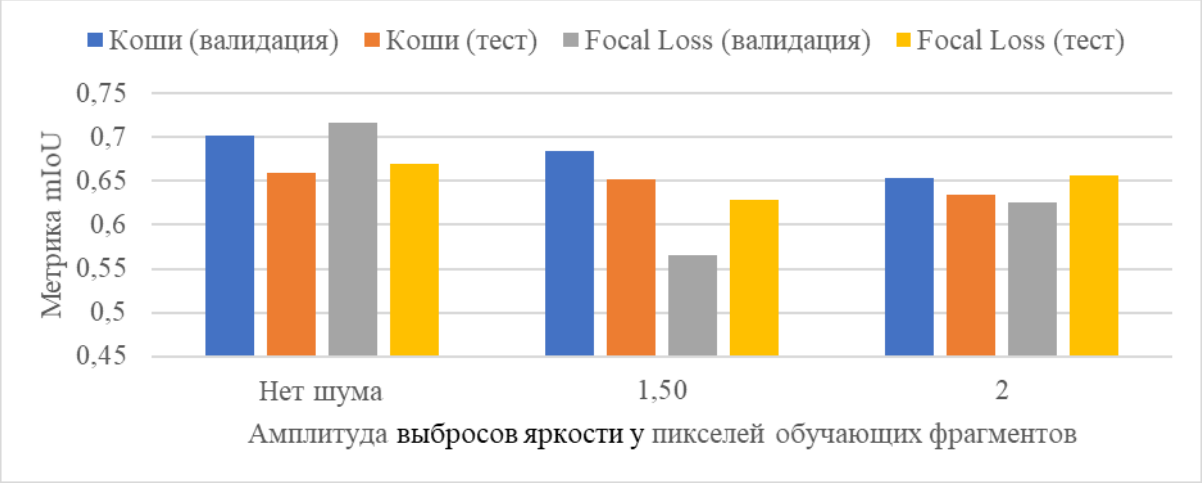


Рис. 3. Зависимость метрики mIoU на валидационной и тестовой выборках от амплитуды выбросов у пикселей фрагментов

Влияние зашумления выборок фрагментов на качество сегментации деревьев

Для исследования метрики mIoU на валидационной и тестовой выборках при зашумлении обучающей, валидационной, тестовой выборок в различных комбинациях используются модели СНС на основе U-Net, обученные с применением робастной функции потерь Коши и функции потерь Focal Loss. Происходит обучение, валидация, тестирование моделей, у которых сохранены весовые коэффициенты, полученные в ходе исследования влияния зашумления 24.4 % площади обучающих фрагментов с амплитудой выбросов 1.5 (таблица 1). На рис. 4 представлены значения метрики mIoU на валидационной и тестовой выборках, показанные моделями СНС, обученными с применением функции потерь Focal Loss и робастной функции потерь Коши для зашумления фрагментов различных вариантов выборок.

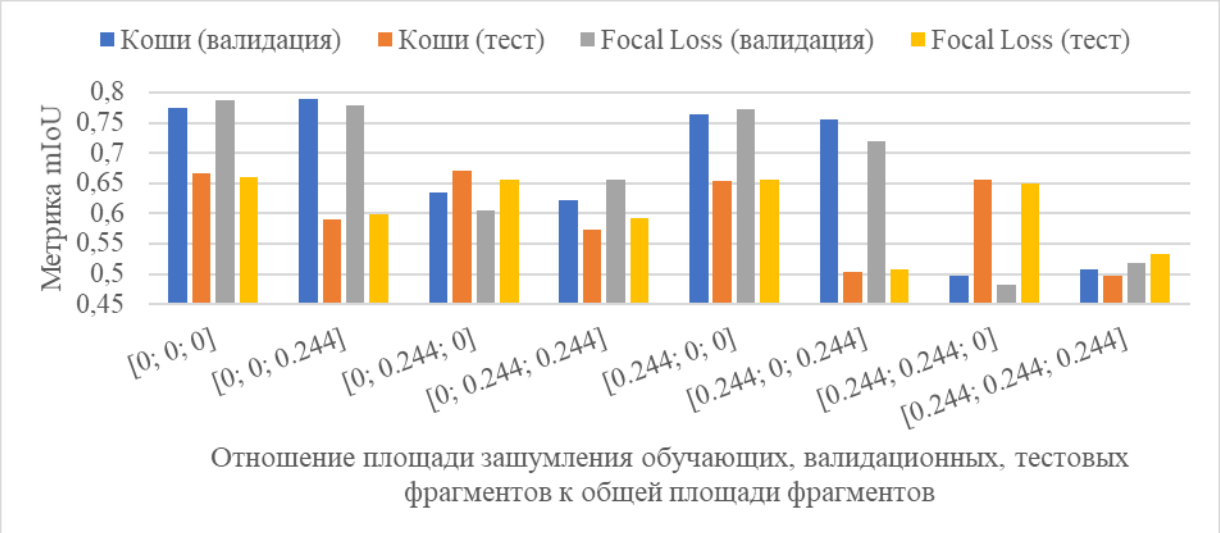


Рис. 4. Значения метрики mIoU для моделей СНС, обученных с применением функции потерь Коши и функции потерь Focal Loss, при различных комбинациях зашумления фрагментов из обучающей, валидационной, тестовой выборок

Из результатов, приведенных на рис. 4, следует, что наличие шума на обучающих фрагментах не приводит к сильному уменьшению метрики mIoU на валидационной и тестовой выборках, если фрагменты последних выборок не зашумлены. Однако при зашумлении фрагментов обучающей и валидационной выборок метрика mIoU на тестовой выборке уменьшается на 0.01, а при зашумлении фрагментов обучающей и тестовой выборок метрика mIoU для тестовой выборки уменьшается на 0.17. Наличие шума на фрагментах валидационной выборки не влияет на метрику mIoU на тестовой выборке и наоборот.

Заключение

Проведено исследование эффективности модифицированных моделей СНС U-Net, обученных с применением двух функций потерь: Коши и Focal Loss. В результате исследования было определено, что при зашумлении в 24.4 % от площади каждого фрагмента обучающей выборки качество сегментации фрагментов тестовой выборки моделью СНС, обученной с применением функции Коши, выше относительно модели СНС, обученной с применением функции потерь Focal Loss. Выявлена зависимость точности классификации крон деревьев от амплитуды выбросов на зашумлённых снимках: при увеличении амплитуды выбросов происходит уменьшение метрики mIoU.

В результате зашумления в 24.4 % от площади каждого фрагмента обучающей, валидационной и тестовой выборок и при амплитуде выбросов, равной 1.5 в различных комбинациях зашумленных выборок было установлено отсутствие зависимости метрики mIoU на тестовой выборке при зашумлении валидационной выборки и метрики mIoU на валидационной выборке при зашумлении тестовой выборки. Уменьшение метрики mIoU на тестовой (до 0.17) и валидационной (до 0.28) выборках происходит, если соответствующая выборка и обучающая выборка были зашумлены, причем этот результат не зависит от выбранной при обучении СНС функции потерь.

Список использованных источников

1. Денисов С.А., Домрачев А.А., Елсуков А.С. Опыт применения квадрокоптера для мониторинга возобновления леса // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2016. – № 4 (32). – С. 34–46. – DOI: 10.15350/2306- 2827.2016.4.34.
2. Shasha Lu: Examining the influencing factors of forest health, its implications on rural revitalization // ScienceDirect: сайт. – 2021. – URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S026483772032603X.
3. Керчев И.А., Маслов К.А., Марков Н.Г., Токарева О.С. Семантическая сегментация поврежденных деревьев пихты на снимках с беспилотных летательных аппаратов // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2021. – Т. 18. – №. 1. – С. 116–126.
4. Olaf Ronneberger, Philipp Fischer, Thomas Brox. U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation // arXiv: сайт. – 2015. – URL: https://arxiv.org/abs/1505.04597.
5. Сивак М.А. Робастное обучение нейронных сетей с простой архитектурой для решения задач классификации: диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук: 05.13.17. – Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск, – 2022 – 117 с.
6. Thamsanqa Mlotshwa, Heinrich van Deventer, Anna Sergeevna Bosman. Cauchy Loss Function: Robustness Under Gaussian and Cauchy Noise // arXiv: сайт. – 2023. – URL: https://arxiv.org/abs/2302.07238.
7. Xuelong Li, Quanmao Lu, Yongsheng Dong, Dacheng Tao. Robust subspace clustering by Cauchy loss function // arXiv: сайт. – 2019. – URL: https://arxiv.org/abs/1904.12274.
8. Tsung-Yi Lin, Priya Goyal, Ross Girshick, Kaiming He, Piotr Dollár. Focal Loss for Dense O
9. bject Detection // arXiv: сайт. – 2017. – URL: https://arxiv.org/abs/1708.02002.

ПОДТВЕРЖДЕНИЕ МАРКЕТИНГОВОЙ ГИПОТЕЗЫ С ПОМОЩЬЮ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА И МУЛЬТИКЛАССОВОЙ КЛАССИФИКАЦИИ

Панина В.В.
Томский политехнический университет, ИШИТР, 8ИМ21, e-mail: vvp39@tpu.ru
Научный руководитель: Е. А. Мирошниченко

Аннотация

Статья описывает получение, обработку и кластеризацию данных о пользователях сервиса Standuply. В статье представлено обучение мульти-классового классификатора. Результаты исследования могут быть полезны для подтверждения или опровержения маркетинговой гипотезы.

Ключевые слова: кластеризация, классификация, машинное обучение.

Введение

Сервис Standuply предназначен для автоматизации Agile-процессов компаний. В экосистеме продукта существует множество микросервисов, каждый из которых выполняет свою уникальную функцию: TODO-списки, интеграции с мессенджерами Slack и Microsoft Teams, функции ежедневного репортинга (Daily Report), а также многих других репортов из Agile-методологии (Planning Poker, Retrospective и т.д.) и т.д.. Управленческий состав компании стремится расширить воронку аквизиции для более широкого распространения продукта, получения новых пользователей и увеличения прибыли.

Отделом менеджеров была предложена маркетинговая гипотеза - «Разработка дополнительного приложения для интеграции в среду Atlassian Jira с функциональностью TODO-списков привлечет новых клиентов из сегмента крупного бизнеса, что приведет к увеличению выручки от продаж продукта».

В рамках исследовательской работы поставлены задачи анализа уже существующих пользователей и обучения модели с помощью методов машинного обучения для подтверждения или опровержения поставленной гипотезы. Разработка приложения для интеграции в Atlassian Jira уже завершена на этапе написания исследовательской работы и ведется сбор новых данных.

Подготовка данных

Данные об уже имеющихся пользователях хранятся в NoSQL базе данных MongoDB. NoSQL (Not Only SQL) – это широкий класс баз данных, который отличается от традиционных реляционных баз данных (SQL) тем, что не использует SQL для запросов и не использует табличную схему для хранения данных.

Пользователи нового приложения для интеграции – это пользователи, объединенные в группы - команды, состоящие в одном рабочем окружении в мессенджере Slack. У каждой команды может быть подписка на сервис; ограниченное число менеджеров, у которых есть доступ к управлению процессами компании через сервис личного кабинета; неограниченное число членов команды.

Количество менеджеров зависит от типа подписки и не зависит от количества членов команды.

На момент проведения исследовательской работы в базе данных содержится информация о более чем 30 000 пользователях, использующих функциональность TODO-списков. Были найдена информация о всех активных командах, в которых состоят эти пользователи. Данные собраны с помощью запросов к коллекциям базы данных и сформированы в .csv таблице, в которой содержится 7155 записей. Фрагмент таблицы представлен ниже.

Таблица 1

Фрагмент данных

Subscription	Managers_count	Team_size
free	3	11
free	3	106
free	3	24
standard	18	94
professional	3	48

Как видно, значения Subscription являются категориальными данными. Эти значения преобразованы в числовые:

Таблица 2

Фрагмент данных без категориальных данных

Subscription	Managers_count	Team_size
0	3	11
0	3	106
0	3	24
1	18	94
2	3	48

Также проведено масштабирование данных для нормализации диапазонов признаков по формуле

$$Z = \frac{(x-\mu)}{\sigma},$$

где

- Z - значение после масштабирования.
- x - исходное значение признака.
- μ - среднее значение признака (среднее значение выборки).
- σ - стандартное отклонение признака (рассчитывается автоматически с помощью библиотек языков программирования)

Получена итоговая таблица признаков.

Таблица 3

Фрагмент подготовленных данных

Subscription	Managers_count	Team_size
0	-0.130192	-0.190679
0	-0.130192	-0.141274
0	-0.130192	-0.183918
1	3.442524	-0.181318
2	-0.130192	-0.171437

Далее с помощью метода кластерного анализа K-Means (K-средних) была проведена кластеризации полученных данных для получения дополнительной информации о командах.

Количество кластеров считаем равным 3 (по гипотезе существуют 3 кластера: малый бизнес, средний бизнес и крупный бизнес).

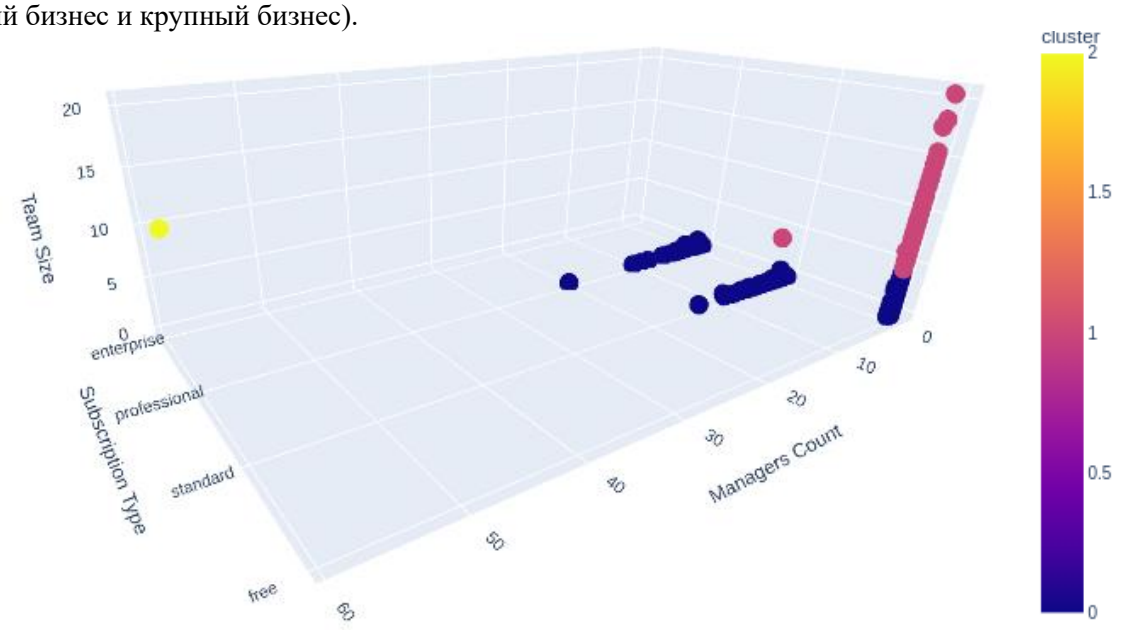


Рис. 1. Трехмерное представление данных (по кластерам)

Видно, что существует всего 1 команда из категории крупного бизнеса. Это команда компании EBay-Tech, в которой состоит 18 815 пользователей, тип подписки - Enterprise (самая дорогостоящая), количество менеджеров - 250.

Также визуализируем данные по типу подписки.

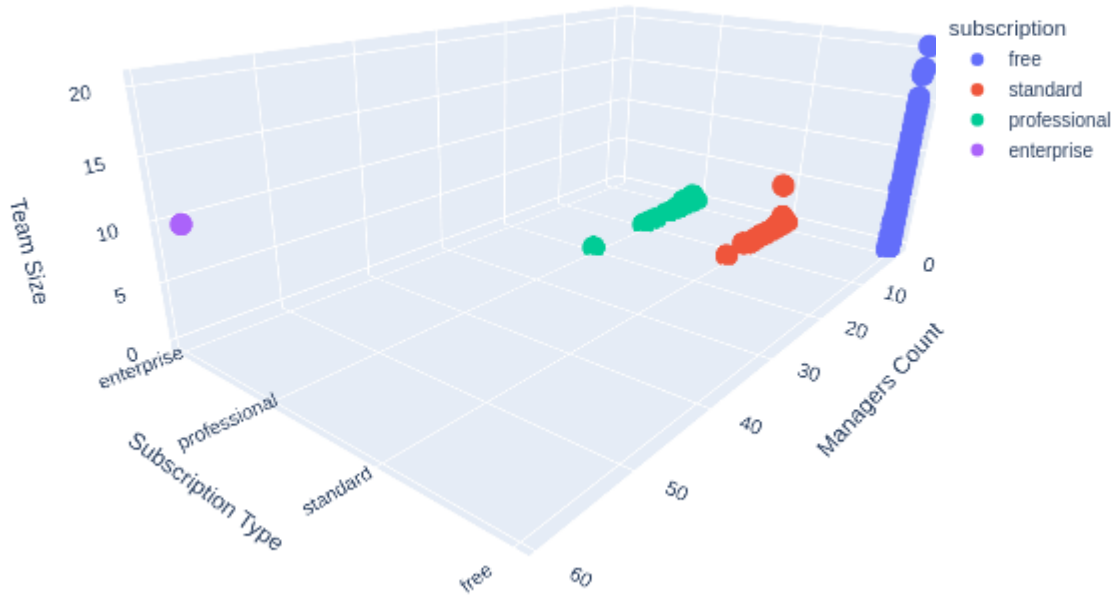


Рис. 2. Трехмерное представление данных (по типу подписки)

Видно, что продуктом пользуется большое количество команд в подпиской free (синий столбец). Количество членов таких команд может превышать 30 000, но эти команды по каким-либо причинам не используют продвинутую подписку. В таких командах до 5 менеджеров (для подписки free), которые могут управлять приложением с помощью личного кабинета. Разработка нового

приложения нацелена на привлечение клиентов с подписками professional и enterprise (зелёный и фиолетовый цвет точек на графике).

Далее полученные данные были разделены на обучающую и тестовую выборки (соотношение 70:30) для обучения мульти-классового классификатора, который будет применён в дальнейшем после развертывания приложения для Atlassian Jira и сбора данных о новых пользователях.

Обучение и результаты

Для обучения классификатора выбраны 3 модели классификаторов для того, чтобы оценить точности каждой модели и принять решение, с помощью какой модели классификатор обучать мульти-классификатор:

1. Logistic Regression – **это логистическая регрессия, которая используется** для бинарной классификации (когда нужно предсказать два класса) и многоклассовой классификации (когда нужно предсказать несколько классов, используя softmax функцию).
2. SVC – это метод опорных векторов (Support Vector Classifier), который может быть использован для бинарной и многоклассовой классификации. Он строит гиперплоскость в пространстве признаков, которая разделяет классы таким образом, чтобы расстояние от гиперплоскости до ближайших точек каждого класса было максимальным.
3. Random Forest Classifier – это случайный лес, который является ансамблевым методом машинного обучения, состоящим из нескольких деревьев решений. Он обучает каждое дерево на случайной подвыборке данных и затем принимает решение путем усреднения результатов всех деревьев.

Точность (Accuracy) – это метрика, которая показывает долю правильных прогнозов модели относительно общего числа примеров в тестовом наборе данных.

Она рассчитывается как:

$$Accuracy = \frac{\text{Количествоправильныхпрогнозов}}{\text{Общееколичествопримеровизтестовогонабора}}$$

Получены следующие значения для 3 моделей классификаторов:

Accuracy (Logistic Regression): 0.9993011879804332 или 99,93 %

Accuracy (SVM): 0.9993011879804332 или 99,93 %

Accuracy (Random Forest): 0.9986023759608665 или 99,86 %

По полученным данным можно сделать вывод, что модель работает очень точно. Для дальнейших шагов был использован метод логистической регрессии. Ниже представлены метрики, используемые для оценки производительности модели классификации.

1. Accuracy (Точность): это пропорция правильно классифицированных примеров ко всем примерам в тестовом наборе данных. Точность равна 0.9993, что означает, что примерно 99.93 % всех примеров были классифицированы правильно
2. Confusion Matrix (Матрица ошибок): это таблица, которая показывает количество верно и неверно классифицированных примеров для каждого класса (3 класс не отображен из-за недостатка данных, далее подробнее)

Таблица 4

Матрциа ошибок

	Истинный класс		
Предсказанный класс		1 класс	2 класс
	1 класс	2131	0
	2 класс	0	16

3. Precision (Точность): это пропорция правильно классифицированных положительных примеров ко всем примерам, классифицированным как положительные. Точность равна 0.9996, что означает, что примерно 99.96 % примеров, классифицированных как положительные, были на самом деле положительными.

4. Recall (Полнота): это пропорция правильно классифицированных положительных примеров ко всем истинным положительным примерам. Полнота равна 0.9583, что означает, что модель уловила около 95.83 % всех истинных положительных примеров.

5. F1 Score (F-мера): это гармоническое среднее между точностью и полнотой. Он учитывает и точность, и полноту, и вычисляется как средневзвешенное значение между ними. F1-мера равна 0.9781.

Важное замечание, что, несмотря на высокую точность модели, данных о 3 кластере (крупный бизнес) практически нет, в наборе данных всего 1 запись, которая соответствует этому значению. Также невозможно произвести кросс-валидацию из-за банального отсутствия требуемых данных. Модель высокоточно определяет данные из 1 и 2 кластеров, но для дальнейшего анализа новых пользователей этот подход не верен, ведь мы ожидаем увидеть пользователей из крупного бизнеса. В итоге такая модель подходит для опровержения гипотезы, а не подтверждения.

Как альтернативный вариант, можно рассмотреть обучение не мультиклассового классификатора, а бинарного (на основе данных из 1 и 2 кластера). В таком случае исключим единственное значение 3 кластера, что приведёт к потери информации и, возможно, к неадекватному поведению модели.

Вторая альтернатива - провести аугментацию данных 3 кластера (крупного бизнеса). Конечно, дополненные данные могут быть менее надежными или неоднородными по сравнению с исходными данными, что может привести к переобучению или потере обобщающей способности модели, но при этом будет сохраняться вся информация набора данных.

Заключение

Таким образом, проведена кластеризация и классификация пользователей, использующих функциональность TODO-листов. Классификатор будет улучшаться и использоваться в дальнейшем после сбора данных новых пользователей в интегрированном приложении для подтверждения или опровержения гипотезы.

Сейчас высокая точность модели позволяет быть уверенными в том, что данные из 1 и 2 кластера будут, верно, классифицированы, но такой уверенности нет для 3 кластера. Поэтому, на данном этапе исследования не удастся опровергнуть или подтвердить маркетинговую теорию, которая гласит, что «разработка дополнительного приложения для интеграции в среду Atlassian Jira с функциональностью TODO-списков привлечет новых клиентов из сегмента крупного бизнеса, что приведет к увеличению выручки от продаж продукта».

Исследование продолжится в рамках выпускной квалификационной работы магистра.

Список использованных источников

1. Документация Python [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.python.org/doc/ (дата доступа: 28.03.2022).

2. Кластеризация: метод k-средних [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://statistica.ru/theory/klasterizatsiya-metod-ksrednikh/ – Дата доступа: 28.03.2022.
3. Кластеризация [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://neerc.ifmo.ru/wiki/index.php?title=Кластеризация – Дата доступа: 28.03.2022.
4. Sokolova M., Japkowicz N., Szpakowicz S. Beyond Accuracy, F-Score and ROC: A Family of Discriminant Measures for Performance Evaluation // Advances in Artificial Intelligence. AI 2006. Lecture Notes in Computer Science. – 2006. – Vol. 4304. – P. 1015-1021.
5. Tharwat A. Classification assessment methods // Applied Computing and Informatics. – 2021. – Vol. 17. – No. 1. – P. 168-192.

СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ СЖАТИЯ МОДЕЛИ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НА МИКРОКОНТРОЛЛЕРЕ

Иванов Е.А.[1], Мамонова Т.Е.[2]
[1]Томский Политехнический Университет, ИШИТР, А3–36, eai13@tpu.ru
[2]Томский Политехнический Университет, к.т.н., доцент ОИТ, ИШИТР, stepte@tpu.ru

Аннотация

В работе представлено практическое применение методов оптимизации модели нейронной сети для применения на малопроизводительном устройстве (микроконтроллере). Описываются следующие методы квантования модели нейронной сети: после обучения, дообучения с учетом квантования, а также прореживания. Полученные модифицированные модели нейронной сети проходят оценку скорости обсчета на базе микроконтроллера STM32F405.

Ключевые слова: квантование, микроконтроллер, нейронная сеть, методы сжатия нейронной сети.

Введение

Нейронные сети повсеместно внедряются в повседневную жизнь и претерпевают переход с габаритных платформ на более компактные устройства. Это позволяет создавать носимые аппараты с пониженным энергопотреблением и малой стоимостью. Однако, данные устройства являются менее производительными, что вынуждает разработчиков прибегать к оптимизации структуры нейронной сети. Специализированные алгоритмы позволяют не только снизить требуемый объем памяти устройства, но и повысить скорость обсчета модели за счет сжатия модели и использования эффективных средств обсчета нейронной сети.

Целью данной работы является исследование современных методов оптимизации количества занимаемой памяти и скорости вычисления при использовании нейросетевых моделей

Описание исследования

Для исследования используется модель нейронной сети, обученная распознавать рукописные цифры. Обучение проводилось по данным из базы MNIST [1]. Модель была подвергнута трем методам оптимизации: квантование после обучения, обучение с учетом квантования, а также прореживание модели. По итогу каждого способа оптимизации было произведено сопоставление точности, занимаемого объема памяти, а также скорости обсчета.

В качестве целевой платформы использовался микроконтроллер STM32F405, поскольку данная модель обладает достаточным количеством оперативной и постоянной памяти для хранения получаемых в ходе экспериментов моделей. На базе данного микроконтроллера была проведена оценка скорости обсчета нейронных сетей для каждого варианта оптимизации. Ядро микроконтроллера было настроено на частоту работы 160 МГц. На базе данного микроконтроллера имеется аппаратный модуль вычисления чисел с плавающей точкой. Модели, используемые для данного микроконтроллера, будут размещены в постоянной памяти, объем которой у данного микроконтроллера (1 МБ) позволяет экспериментировать с размером используемой нейронной сети. Встроенного количества оперативной памяти (192 кБ) с запасом хватает для обсчета нейросетевой модели.

Обучение исходной модели нейронной сети

Обучение исходной модели производилось на основе базы изображений рукописных цифр MNIST. Для исследования была выбрана существующая архитектура нейронной сети [2]:

1) входной слой размера 28 на 28, по размеру изображений;
2) слой свертки с размером ядра свертки 3 на 3 и функцией активации ReLU;
3) слой подвыборки по максимальному значению с шагом 2 в каждом измерении;
4) выходной полносвязный слой размера 10 на 1.

Общий размер выборки составил 70000 изображений. Данные для обучения и валидации были разбиты в пропорциях 6 к 1 соответственно. Обучение производилось в 3 эпохи. Результирующая точность составила 97,95 %. Размер исходной модели составил 84 896 байт.

Квантование после обучения

При квантовании модели после обучения существует обширное количество опций. Базовый подход квантования заключается в снижении разрешения весов модели [3]. Такой подход позволяет проводить сокращение общего объема модели, а также увеличение производительности в случае использования конечных значений целочисленного типа.

Общепринятым форматом весов модели при обучении является формат float32, который использует 4 байта для хранения своего значения. Для возможности снижения количества занимаемой памяти необходимо перейти на представление данных меньшей разрядности – float16, uint8.

Использование float16 требует вычислений с плавающей точкой, что поддерживается не всеми платформами. Данный подход используется в тех случаях, когда модель нейронной сети крайне чувствительна к точности значений весов. При использовании данного подхода к квантованию результирующая модель сжимается в немногим меньше, чем в 2 раза, что следует из соотношения разрядностей форматов данных (float32 требует 4 байта для хранения, в то время как для хранения float16 требуется 2 байта).

Использование форматов представления данных uint8 позволяет сократить вычислительную нагрузку на ЦП конечной платформы, так как отсутствует необходимость проведения вычислений с плавающей точкой. Однако, по сравнению с float16, данный формат хуже отражает изначальное значение весов, что может сказаться на точности для чувствительных к данным показателям моделей. Помимо увеличения скорости обсчета нейронной сети, формат uint8 позволяет сократить объем используемой моделью памяти вплоть до 4 раз.

Помимо стандартных подходов к квантованию, когда изменяются только статические параметры модели (веса), существует и широко применяется подход дополнительного квантования функций активации [4]. Квантование функций активации представляет собой более сложный процесс, а в случае, когда нет доступа к репрезентативной выборке данных – невозможный. В данном подходе происходит формирование диапазона выходных данных для наборов функций активации (рис. 1).

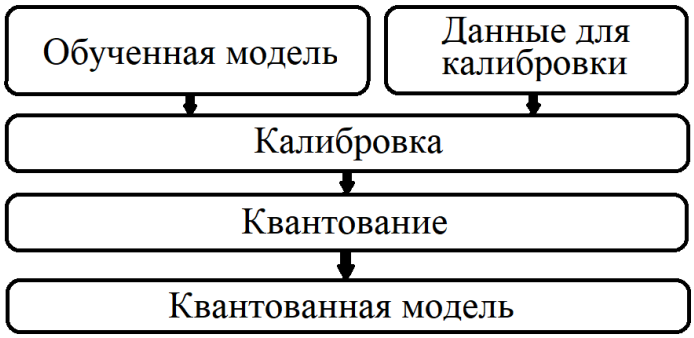


Рис. 1. Обобщённая схема калибровки при квантовании функций активации нейронной сети

Для формирования указанных диапазонов производится калибровка модели, при которой через нее пропускается небольшая часть (обычно 5-10 % от размера обучающей выборки) обучающих данных. На основании этих данных происходит квантование функций активации, что позволяет вычислять их значения в формате целых чисел, без использования плавающей точки. Данный способ может незначительно увеличить конечный размер модели, при этом позволяя получить весомый выигрыш в скорости обсчета на платформах, не поддерживающих аппаратные вычисления дробных значений.

Все вышеописанные варианты квантования модели сведены в таблице 1, представленной ниже.

Таблица 1

Показатели, полученные различными методами квантования после обучения

Метод квантования	**Размер конечной модели, байт**	**Точность модели, %**	**Усредненное время одного обсчета модели, мс**
Квантование весов float16	44716	97,62	109,63
Квантование весов uint8	24136	97,12	93,17
Квантование весов uint8 и функций активации int8	24672	97,08	95,56

По вышеприведенным данным можно сделать вывод относительно скорости обсчета модели. Действительно, квантование позволило в 4 раза снизить объем памяти, занимаемый моделью, однако, дополнительное квантование функций активации привело к увеличению скорости обсчета модели. Это может быть связано с наличием у используемого микроконтроллера модуля аппаратного обсчета чисел с плавающей точкой, что позволяет проводить расчет функций активации в формате с плавающей точкой быстрее, чем дополнительный обсчет блока квантора.

Прореживание модели

Подход прореживания модели позволяет уменьшить как размер конечной модели, так и вычислительную сложность за счет устранения части параметров (зануления весов) [5]. Прореживание происходит итеративно – для этого формируется так называемое расписание прореживания (pruning schedule). В расписании определяется количество шагов, по истечении которых происходит зануление части весов и дообучение модели. Модель итеративно прореживается до тех пор, пока не достигнет необходимой (заданной изначально) прореженности. В текущем случае для нашей модели было применено прореживание в течении двух эпох. Целевое количество зануляемых весов было задано равным 50 %.

Прореживание модели дало следующий результат: количество обнуленных параметров модели составило 49,98 %, точность модели незначительно снизилась. Можно заметить, что размер модели практически не изменился от изначального, однако был получен значительный выигрыш в производительности за счет прореживания параметров модели.

Поскольку после зануления части весов форматы представления параметров модели сохранились в виде float32, то возможно получить значительное сжатие при использовании квантования весов в uint8. В данном случае квантование дало дополнительное сокращение размера при практически идентичной точности.

Общие результаты прореживания модели представлены ниже, в таблице 2.

Таблица 2

Показатели модели нейронной сети, полученные с помощью прореживания параметров

Метод	**Размер конечной модели, байт**	**Точность модели, %**	**Усредненное время одного обсчета модели, мс**
Прореживание (зануление 50% параметров)	84 820	96,81	106,69
Прореживание с последующим квантованием в uint8	24 064	96,80	90,812

Прореживание модели дало прирост в производительности для исходной модели. При последующем квантовании удалось еще больше сократить время обсчета. Результат закономерен,

поскольку часть весов модели были прорежены. При этом получилось незначительное снижение точности по сравнению с методом квантования после обучения. Размер модели по сравнению с исходным также сократился в 4 раза, подобно тому, как это было при квантовании после обучения.

Обучение с учетом квантования

Обучение с учетом квантования выполняется путем дополнительного обучения модели с учетом возможности последующего квантования (рис. 2) [6, 7]. При этом, в конечной модели сохраняется исходный формат представления данных float32, однако при дальнейшем квантовании точность получится наиболее близкой к исходной, так как в модели на этапе обучения была учтена возможность квантованных весов и функций активации. Более того, при квантовании функций активации нет необходимости в дополнительной калибровке модели, так как она уже была откалибрована на этапе обучения.

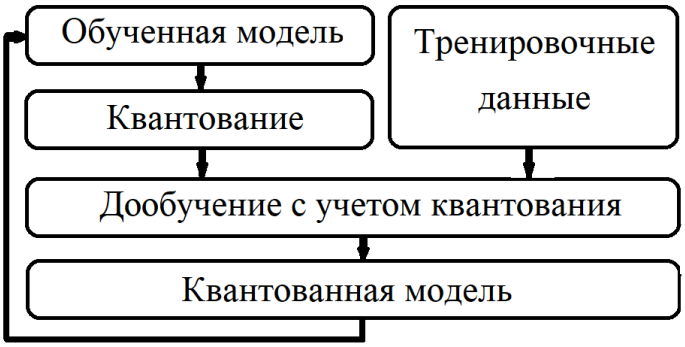


Рис. 2. Обобщенная схема дообучения модели нейронной сети с учетом квантования

Для дополнительного обучения с учетом квантования была использована 1/60 (1000) часть исходных тренировочных данных, которая была разделена на тренировочную и валидационную выборки в соотношении 9 к 1 соответственно.

Модель, полученная непосредственно после дополнительного обучения, с форматом представления данных float32 имела размер 84 896 байт при точности в 97,90 %.

После применения стандартного квантования весов и функций активации в uint8 размер модели сократился почти в 4 раза при лучшей (по сравнению с обычным квантованием после обучения с калибровкой) точности.

Общие результаты квантования с учетом обучения представлены ниже, в таблице 3.

Таблица 3

Показатели модели нейронной сети, полученные с помощью дополнительного обучения с учетом квантования

Метод	**Размер конечной модели, байт**	**Точность модели, %**	**Усредненное время одного обсчета модели, мс**
Формат представления float32	84 896	97,90	109,66
Формат представления весов и функций активации uint8	25 216	97,87	95,45

Обучение с учетом квантования показало сохранение точности. Время обсчета как исходной, так и квантованной модели получилось схожим с методом квантования после обучения. Данный факт обосновывается тем, что модели в обоих подходах имеют идентичную структуру, однако, в случае с обучением с учетом квантования удалось сохранить более высокую точность.

Заключение

Итогом предоставленной работы стало сравнение трех фундаментальных подходов сжатия модели нейронной сети. Лучшим по количеству занимаемой памяти стал метод прореживания модели с последующим квантованием (24 064 байт). Этот же метод позволил получить самую «быструю» модель (один обсчет модели занимает 90,812 мс). Однако, при этом происходит значительное (в сравнении с остальными методами) снижение точности – до 96,80%. Лучшим по сохранению точности методом оказалось обучение с учетом квантования с последующим квантованием. Данный метод значительно снизить размер модели (до 25 216 байт) при практически не изменившейся точности (97,87%).

Список использованных источников

1. MNIST Dataset // Kaggle: сайт. – 2019. – URL: https://www.kaggle.com/datasets/hojjatk/mnist-dataset
2. Tensorflow – Post-training Dynamic Range Quantization // Github: сайт. – 2022. – URL: https://github.com/tensorflow/tensorflow/blob/master/tensorflow/lite/g3doc/performance/post_training_quant.ipynb
3. Fang J., Shafiee A., Abdel-Aziz H., Thorsley D., Georgiadis G., Hasoun J. Near-lossless post-training quantization of deep neural networks via piecewise linear approximation – 2020.
4. Nagel M., Fournarakis M., Amjad R.A., Bondarenko Y., van Baalen M., Blankevoort T.A White Paper o Neural Network Quantization – 2021.
5. Sun M., Liu Z., Bair A., Zico Kolter J. A Simple and Effective Pruning Approach for Large Language Models // ICLR 2024 – 2024. – P. 778-800.
6. Cai Z., He X., Sun J., Vasconcelos N. Deep learning with low precision by half-wave gaussian quantization // Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition – 2017. – P. 5918-5926.
7. Fang J., Shafiee A., Abdel-Aziz H., Thorsley D., Georgiadis G., Hasoun J. Post-training piecewise linear quantization for deep neural networks // European Conference on Computer Vision. – Springer, 2020. – P. 69-86.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОТГРУЗОК ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ В РАЗРЕЗЕ КАНАЛОВ СБЫТА НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ

Куксенок С.В.
Томский политехнический университет, БШ, аспирант, e-mail: svk82@tpu.ru

Аннотация

Исследовательская работа посвящена проблемам прогнозирования и планирования в коммерческой организации. Цель работы заключается в подборе оптимальных методов прогнозирования объемов продаж производственного предприятия. Результатами исследования, проведенного с использованием возможностей интерактивной среды разработки RStudio, стали рекомендации по повышению эффективности работы аналитического отдела в решении задач прогнозирования объемов продаж и выпуска готовой продукции.

Ключевые слова: анализ временных рядов, прогнозирование, модель Хольта-Уинтерса, линейная регрессия, ARIMA

Введение

Задачи прогнозирования могут быть поставлены в различных областях науки и общественной жизни: от вопросов, касающихся предсказания погоды на ближайшие дни, до попыток предсказать будущие значения медицинских показателей, спрогнозировать факторы риска, течения заболевания для подбора релевантной и своевременной терапии. Однако до сих пор «одной из самых обсуждаемых областей прогнозирования является экономика» [1].

Внешняя среда в наши дни для любого коммерческого предприятия представляется как турбулентная, плохо прогнозируемая, характеризующаяся высоким уровнем изменчивости и неопределенности. Именно поэтому приоритетными для менеджмента современной организации, особенно в условиях распространившегося data-driven подхода для принятия обоснованных управленческих решений, становится организация процессов эффективного прогнозирования и планирования.

Актуальность выбранной темы исследования заключается в ее практической значимости для эффективного ведения бизнеса, повышения качества прогнозов продаж, сокращения убытков и оптимизации процессов, не создающих добавочной стоимости.

Выбор методов прогнозирования

Прежде, чем приступать к описанию используемых в рамках данной работы методов прогнозирования, необходимо описать шаги, которые нам требуется совершить для осуществления анализа и генерации прогнозов, поведения временных рядов в будущем. Для этого выделим шесть этапов, которые были реализованы в ходе нашего исследования:

1) подготовка данных;
2) визуализация временных рядов;
3) реализация моделей и тренировка;
4) оценка результативности моделей;
5) генерирование прогнозов;
6) сравнение, выводы.

В качестве применяемых методов прогнозирования были использованы, как простые методы (среднеарифметический, наивный и наивный с сезонностью, дрейфовый), так и методы линейной регрессии, модели Хольта-Уинтерса с разными типами сезонности, ARIMA. Выбранные модели относятся к группе методов статистического обучения, ставшим «очень популярным во многих научных областях, а также в маркетинге, финансах и других бизнес-дисциплинах» [2].

В ходе выполнения исследовательской работы была осуществлена проверка гипотезы, заключающаяся в предположении, что при сложении результатов прогнозирования, полученных путем отбора лучшей модели для каждого временного ряда (в данном случаем обозначающего отгрузки по конкретному каналу сбыта), качество прогнозов по сравнению с использованием аналогичного отбора модели на общем, не детализированном временном ряде, повышается.

Описание датасета

В качестве исходных данных был использован сформированный в базе 1С: Бухгалтерия отчет о продажах девяти SKU одной товарной категории кондитерской продукции с детализацией по контрагентам, месяцам и номенклатуре за период 01.01.2021 г. – 31.12.2023 г. Дальнейшая обработка данных включала в себя процесс сопоставления каждого контрагента с одним из пяти каналов сбыта компании, перевод штучных значений отгрузок в килограммы и консолидацию информации в разрезе каналов продаж по месяцам.

Получившийся датасет получил следующие характеристики: данные структурированы, содержат 3 признака (столбца): channel – категориальная переменная, описывает канал сбыта; date – атрибут даты; value – непрерывная (количественная) переменная, содержащая числа со «знаками после запятой» [3], 180 наблюдений (5 каналов сбыта*36 месяцев наблюдений), пропущенные значения отсутствуют. Данные в нормализации не нуждаются.

Реализация выбранных моделей прогнозирования: тестирование и анализ

Анализ и прогнозирование подготовленных временных рядов выполняется в RStudio средствами библиотеки fpp3, предназначенной для манипуляций с данными, построения графиков и загружающий другие пакеты, представляющие интерес в целях работы с временными рядами: dplyr, tidyr, lubridate, ggplot2.

После установки пакетов для работы с временными рядами конвертируем столбец времени из текста в объект месячного времени, используя функцию as_tsibble. После этого проведем визуальный анализ сначала общего временного ряда, отражающего суммарные отгрузки в килограммах по выбранной товарной группе продукции, построим график сезонных подсерий и выполним разложение временного ряда для оценки сезонной составляющей и тренда. Графическое представление перечисленных шагов представлено на рис. 1 и 2.

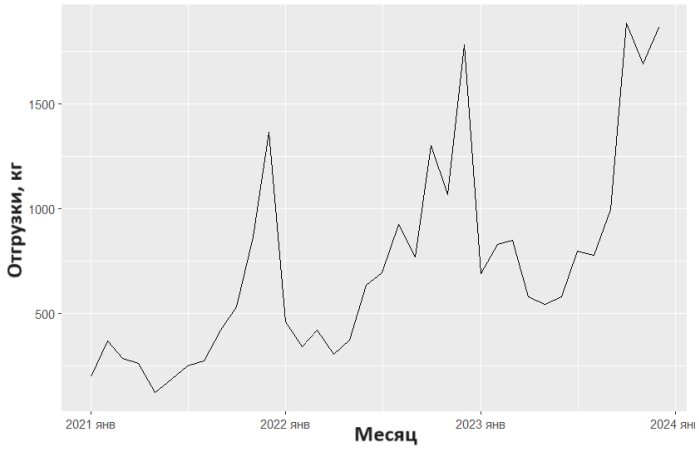


Рис. 1. Совокупные отгрузки по выбранной товарной категории (01.01.2021 г. – 31.12.2023 г.)

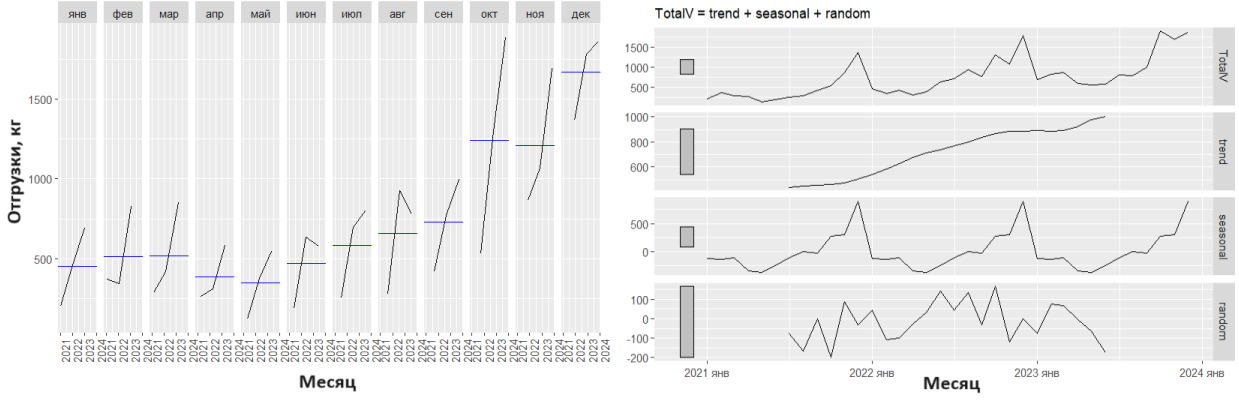


Рис. 2. График сезонных подсерий и классическое аддитивное разложение совокупных отгрузок группы кондитерской продукции

Как видно из графиков, временной ряд содержит явную сезонную составляющую (проявляющуюся значительным увеличением объёмов отгрузок в зимний период (октябрь-декабрь)) и характеризуется наличием восходящего тренда.

Зададим тренировочные данные с января 2021 по май 2023 (80,56 % от всего датафрейма), далее проведем подгонку выбранных моделей, отбор наилучшей модели будем выполнять на основании метрики качества RMSE, обозначающего корень из среднего квадрата ошибки, имеющего «широкое применение на практике» [4] при оценивании точности применяемых методов прогнозирования.

Проведем подбор модели для общего временного ряда. Модели DRIFT, MEAN, NAIVE, Хольта-Уинтерса с мультипликативной сезонностью для усреднения уже исключены, так как показали худшие результаты в первой итерации. Применение нескольких разных методов для одного и того же временного ряда, а затем усреднение результирующих прогнозов – «простой способ повысить точность прогноза» [4]. Помимо прогнозов на 19 месяцев для моделей: наивная с сезонностью, Хольта-Уинтерса с аддитивной сезонностью, TSLM, ARIMA на рис. 3 добавлено использование комбинированного метода, полученного путем усреднения соответствующих значений, прогнозируемых при использовании других моделей. Комбинированный прогноз при этом по большинству мер качества (RMSE, MAE, MASE, RMSSE, ACF1) показывает наилучший результат.

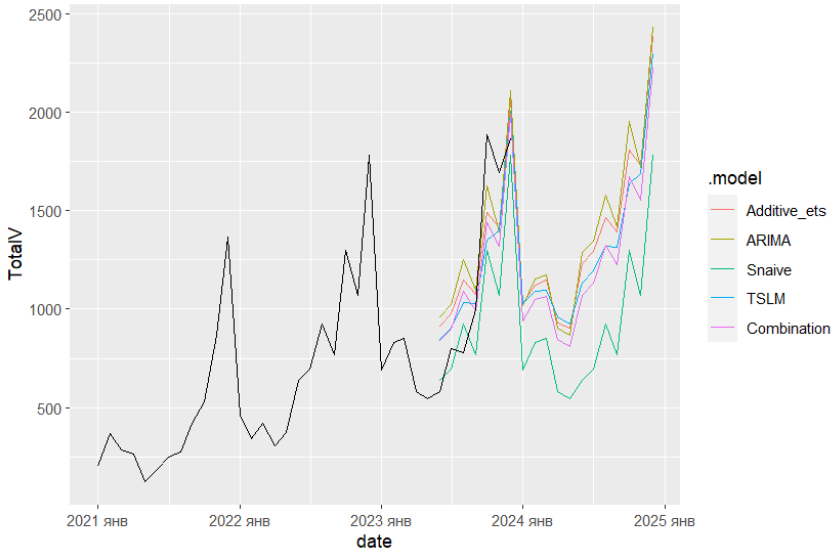


Рис. 3. График с прогнозными значениями по общему временному ряду

Повторим использование отобранных моделей на временных рядах, соответствующих каждому из каналов сбыта, выбрав лучше отработавшие модели по метрике RMSE. Обобщим полученную информацию в табличный вид для удобства интерпретации, указав наименование временного ряда, обозначение модели, показавшей лучший результат по мере качества RMSE и ее значение.

Таблица 1

Отобранные по мере RMSE для генерации прогнозов модели

№	Наименование временного ряда	Модель	RMSE
1	Общий временной ряд	Комбинация прогнозов	274
2	Интернет-магазин	Линейная регрессия	140
3	Коммерческий отдел	Линейная регрессия	108
4	Маркетплейсы	Сезонная наивная	135
5	Спецрозница	Линейная регрессия	22,8
6	Фирменная розница	Комбинация прогнозов	43,3

Теперь используем полученные при применении комбинации прогнозов значения будущих периодов на общем временном ряде и суммируем показатели прогнозов по всем каналам сбыта в разрезе соответствующих месяцев для получения графического отображения двух методов прогнозирования. На рис. 4 исторические данные ограничены временным интервалом тестовой выборки (период с июня 2023 года, 19,44 % от используемого датасета) с наложением прогнозных значений по двум использованным методикам расчета.

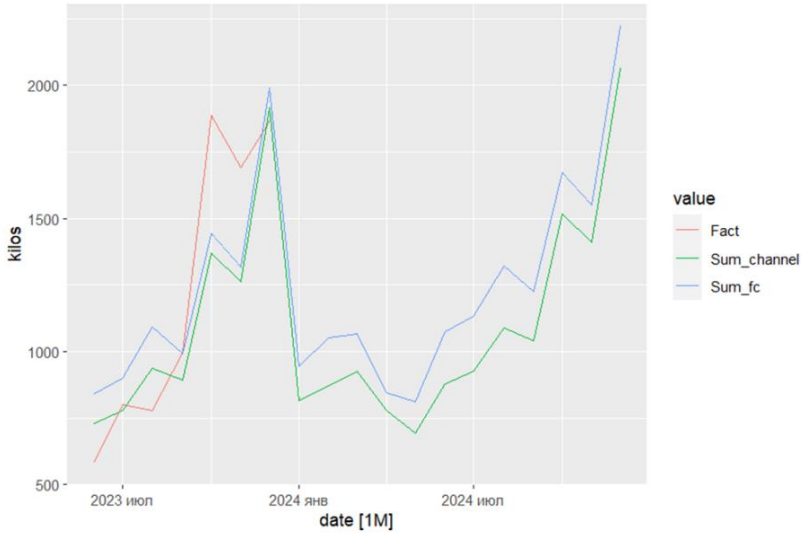


Рис. 4. Графики прогнозных значений, совмещенные с графиком исторических данных. Красным цветом обозначены исторические данные, синим – прогнозные значения по общему временному ряду, зеленым – суммированные прогнозные значения по каналам сбыта

Также становится очевидным, что ни одна из использованных методик не генерирует графиков, повторяющих контуры визуализации исторических данных (пиков сезона). Прогноз на основе применения комбинации методов на общем временном ряде отражает более оптимистичную по отгрузкам картину и в сезонное время чуть ближе к историческим данным, чем при использовании второй методики.

Далее сравним значения полученные при использовании комбинации прогнозов на общем временном ряде; на суммированных значениях; усредненных значениях этих двух прогнозов, данными аналитического отдела с историческими данными по отгрузкам за первые два месяца 2024 года. Критериями для сравнения и ранжирования результатов будут выступать следующие важные для бизнеса приоритеты:

1. Отклонение прогнозируемых значений от факта минимальное.
2. Приоритетнее прогноз с увеличенным объемом (для минимизации недогрузов).
3. Прогнозные значения готовой продукции минимальны.

В соответствии с обозначенными критериями сравним полученные имеющиеся данные.

Таблица 2

Сравнение прогнозов на январь-февраль 2024 года

Месяц	Факт, кг	Усредненные, кг.	Откл-ие, %	Общий, кг.	Откл-ие, %	Каналы, кг.	Откл-ие, %	Аналитик, кг.	Откл-ие, %
янв.24	859	879	2,2 %	942	9,7 %	813	-5,4 %	946	10,1 %
фев.24	955	960	0,6 %	1050	9,9 %	871	-8,8 %	1431	49,8 %

По обозначенным критериям при сравнении прогнозных значений можно проранжировать источники информации по степени их применимости следующим образом:

1. Комбинация и усреднение сгенерированных нами при помощи RStudio результатов использования двух подходов показали наименьшее отклонение от фактических данных.

2. Прогноз на основе общего временного ряда показывает превышение прогнозных значений от фактического на 9,7 % в январе и 9,9 % в феврале. Учитывая, что увеличенный объем приоритетнее, то применение данного подхода ставим на второе место в нашем списке.

3. Использование подхода суммирования прогнозных значений по каналам сбыта показывает отклонение в меньшую сторону. Использование данного прогноза не обеспечило бы компанию необходимым объемом отгрузок, а значит по выбранной товарной группе продукции образовалась бы недополученная прибыль.

4. Прогнозы аналитического отдела показывают худшие результаты, так как их использование привело бы к большому запасу готовой продукции в феврале (на 49,8 %), что характеризуется как критическое превышение поскольку не только создало бы ситуацию «заморозки» в остатках денежных средств, но и угрозу их потери в виду ограниченных сроков годности продукции (условиям контрагентов, предъявляемых к остаточному сроку годности при отгрузке готовой продукции).

Заключение

В продолжении исследования планируется рассмотреть результативность и эффективность применения Prophet, полиномиальной регрессии, нейросетевых моделей. Однако уже на этапе проведенного анализа временных рядов получены результаты, которые могут быть использованы в целях совершенствования, повышения качества процесса прогнозирования, существующего в рассматриваемой коммерческой организации. Наблюдения и закономерности в поведении временных рядов также могут быть использованы менеджментом для принятия управленческих решений: организации оптимального процесса выпуска готовой продукции, оптимизации продолжительности финансового и производственного циклов путем поддержания необходимого для отгрузок запаса товаров на складах.

Список использованных источников

1. Груздев, А.В. Прогнозирование временных рядов с помощью Facebook Prophet, ETNA, sktime и Linkedln Greykite: Строим, настраиваем, улучшаем модели прогнозирования временных рядов с помощью специальных библиотек [Текст] / А.В. Груздев – М.: ДМК Пресс, 2023. – С. 9

2. Джеймс Г. Введение в статистическое обучение с примерами на языке R. [Текст] / Г. Джеймс, Д. Уиттон, Т. Хасти, Р. Тибширани – М.: ДМК Пресс. – 2016. – С. 11

3. Ын А. Теоретический минимум по Big Data. Всё, что нужно знать о больших данных [Текст] / А. Ын, К. Су – СПб.: Питер, 2022. – С. 25

4. Хайндман Р. Прогнозирование: принципы и практика [Текст] / Р. Хайндман, Д. Атанасопулос – М.: ДМК Пресс, 2023. – С. 149

5. Хайндман Р. Прогнозирование: принципы и практика [Текст] / Р. Хайндман, Д. Атанасопулос – М.: ДМК Пресс, 2023. – С. 427

МОДЕЛЬ ЛИНЕЙНОГО ДИНАМИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА НА ОСНОВЕ РЕКУРРЕНТНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

Ликсонова Д.И.[1], Чубаров А.В.[2], Чубарова О.В.[3]
[1] Сибирский федеральный университет, институт космических и информационных технологий, доцент, e-mail: LiksonovaDI@yandex.ru
[2] Сибирский федеральный университет, институт управления бизнес-процессами, доцент, e-mail: Chubarovav@hotmail.com
[3] Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, институт информатики и телекоммуникаций, доцент, e-mail: Kuznetcova_o@mail.ru

Аннотация

В данной работе рассматривается непараметрический способ идентификации, который основан на представлении модели линейной динамической системы в виде интеграла Дюамеля с последующим оцениванием переходной и весовой функций объекта по измеренным выборкам входных и выходных переменных. Данный метод не предусматривает наличия априорной информации о структуре объекта. Оценивание переходной характеристики осуществляется на основе рекуррентной нейронной сети.

Ключевые слова: модель линейной динамической системы, рекуррентные нейронные сети, настройка нейронной сети, весовая функция системы

Введение

В работе рассматриваются некоторые вопросы моделирования в «широком» смысле [1, 2]. Решение задачи предполагается в условиях малой априорной информации, то есть в случае, когда структуру объекта с точностью до набора параметров определить невозможно. Актуальность разработки таких методов и алгоритмов определяется тем фактом, что постановка задач моделирования в «широком» смысле преобладает во множестве практических приложений. Зачастую исследователю приходится сталкиваться с малоизученными процессами и объектами, структура моделей для которых неизвестна. Влияние случайных помех с неизвестными законами распределения еще более усложняют решение поставленных перед исследователем задач. Вследствие этого на современном этапе активно разрабатываются подходы к идентификации и управлению динамическими системами в условиях неопределенности. Одним из таких подходов является использование непараметрических методов теории идентификации. За последние 40 лет было опубликовано много работ, где изучались оценки непараметрического типа. Класс непараметрических (ядерных) оценок был впервые введен М. Розенблаттом [3] в 1956 г., изучался Э. Парзеном [4] и Э.А. Надарая [5]. Непараметрическая оценка регрессии также изучалась в работах В.П. Живоглядова и А.В. Медведева [6], Г.М. Кошкина и А.В. Добровидова [7], А.И. Рубана [8] и др.

Непараметрический подход к идентификации линейной динамической системы подразумевает представление линейной системы в виде интеграла Дюамеля с последующим непараметрическим оцениванием весовой функции системы. Впервые данное решение задачи было предложено А.В. Медведевым [1]. Реализуется оценка производной зависимости, заданной случайной выборкой. Непараметрические оценки производных изучались в работах А.А. Иванилова и С.Н. Чайки [9], а также исследовались в некоторых работах Н.А. Медведевой [10].

Описание алгоритма

Известные методы идентификации линейных динамических систем имеют один существенный недостаток – эти методы применимы на практике только в том случае, когда объект идентификации очень хорошо изучен, а именно известен тип и порядок уравнения или системы дифференциальных уравнений, описывающих данный объект. Во многих практических задачах нередко встречаются такие системы, точное описание которых по каким-либо причинам неизвестно. В этих случаях необходимо использовать методы идентификации в условиях неполной информации.

Суть метода построения модели линейной динамической системы в условиях малой априорной информации заключается в следующем: известно, что реакция системы $x(t)$ на входное воздействие $u(t)$ описывается интегралом Дюамеля.

$$x(t)=\int_0^t h(t-\tau)u(\tau)d\tau=\int_0^t h(\tau)u(t-\tau)d\tau\,. \qquad (1)$$

Вычисление значения выхода объекта $x(t)$ при этом возможно, если известна его весовая функция $h(t)$. Но с реального объекта невозможно или очень сложно снять весовую функцию. Поэтому основная идея идентификации в условиях неопределенности состоит в оценивании весовой функции.

Пусть на вход линейной динамической системы подано единичное ступенчатое воздействие $l(t)$, $0<t<T$, где T – время окончания переходного процесса, а $l(t)$ – функция Хэвисайда. Обозначим через $\{(u_i,x_i),\ i=\overline{1,s}\}$ реализацию наблюдений «входа-выхода» объекта, причем наблюдения выходной переменной $h(t)$ осуществляются в дискретные моменты времени через интервал Δt со случайной статистически независимой помехой. Оценка интеграла Дюамеля при нулевых начальных условиях в общем виде будет выглядеть следующим образом:

$$x_s(t)=\int_0^t h_s(t-\tau)u(\tau)d\tau\,, \qquad (2)$$

где h_s – оценка весовой функции системы.

Известно, что весовая функция $l(t)$ является производной по времени от переходной функции $k(t)$ [11]:

$$h(t)=\frac{dk(t)}{dt}\,.$$

При программной реализации может возникнуть проблема с интегрированием, для этого необходимо взять интеграл численно. Воспользуемся методом прямоугольников [12], тогда интегральное уравнение (2) примет вид

$$x_s[t]=\sum_{j=1}^{\frac{t}{\Delta\tau}} h_s[t-\tau_j]u[\tau_j]\Delta\tau\,, \qquad (3)$$

где τ – переменная интегрирования, которая изменяется с дискретностью $\Delta\tau$ $\left(\tau_j,\ \ j=\overline{1,\ t/\Delta\tau}\right)$.

Построение модели необходимо начать с постановки эксперимента по снятию точек переходного процесса. Для этого на вход исследуемого процесса следует подать функцию Хэвисайда при нулевых начальных условиях, тогда на выходе фиксируем точки переходного процесса. Таким образом, получаем исходную выборку $V=\{k_i,t_i\},\ i=\overline{1,s}$, где s – объем выборки. Далее восстанавливаем переходную характеристику на основе рекуррентной нейронной сети по выборочным данным.

Сформируем структуру нейронной сети (рис. 1).

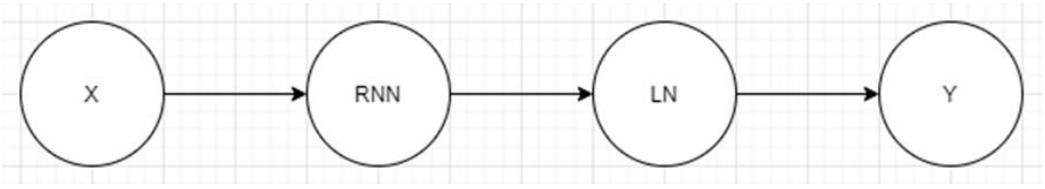


Рис. 1. Структура нейронной сети

В качестве входного слоя выступает массив из времени и предыдущих состояний системы. Входной слой поступает в скрытый рекуррентный слой (RNN). Оптимальное количество нейронов рекуррентного слоя необходимо определить. После обработки сигнала рекуррентным аппаратом, он поступает в скрытый слой простых линейных нейронов (LN). В результате получаем выход нейронной сети. Критерий качества представляет собой среднеквадратичную меру отклонения выборочных данных от полученных по оценке, которая должна быть минимальной. Таким образом, возникает

задача оптимизации (минимизации критерия качества). В качестве алгоритмов оптимизации были выбраны следующие: Adaptive gradient, Adam, RMSprop. Принципы работы данных алгоритмов описаны в [13]. В качестве рекуррентных ячеек были рассмотрены три варианта: Линейная рекуррентная ячейка (Simple RNN), ячейка долгой краткосрочной памяти (LSTM) и управляемая рекуррентная ячейка.

После сформированной структуры нейронной сети были произведены эксперименты с разным количеством нейронов при различных алгоритмах обучения. Результаты экспериментов представлены ниже (таблица 1):

Таблица 1

Результаты экспериментов

Ошибка (MSE)		Количество нейронов в слоях					
Вид RNN	оптимизатор	8–4	8–8	16–8	16–16	32–16	32–32
Simple RNN	adagrad	0,2921	0,4873	0,3491	0,1369	0,0966	0,0897
	RMSprop	0,0754	0,0757	0,0341	0,0020	0,0044	0,0018
	adam	0,1373	0,0304	0,0744	0,0212	0,0098	0,0029
LSTM	adagrad	0,4267	0,1116	0,0996	0,1256	0,1108	0,1072
	RMSprop	0,0692	0,0064	0,0058	0,0087	0,0017	0,0010
	adam	0,0066	0,0076	0,0249	0,0007	0,0029	0,0050
GRU	adagrad	2,0525	0,1225	0,1282	0,2242	0,1010	0,1042
	RMSprop	0,0699	0,0276	0,0050	0,0038	0,0012	0,0013
	adam	0,0143	0,0164	0,0022	0,0098	0,0024	0,0029

Варьируемыми параметрами являлись: вид рекуррентной ячейки, количество нейронов на скрытом слое и алгоритм обучения. Из проведенных экспериментов наименьшее значение ошибки продемонстрировала сеть с *LSTM* ячейками размерностью 16x16, которая обучалась при помощи метода *adam*. На рис. 2 представлен результат восстановления переходной характеристики, функция активации на скрытых слоях – relu, количество эпох – 1000.

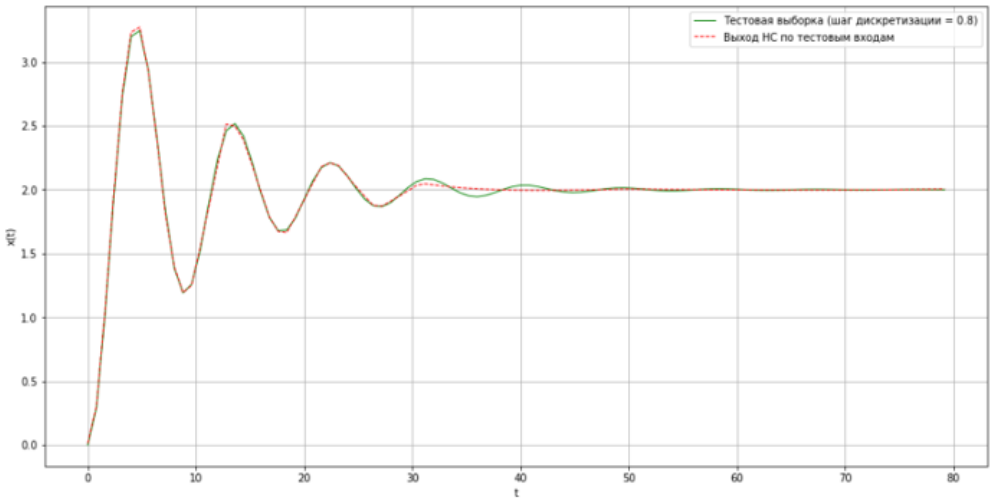


Рис. 2. Результат работы нейронной сети LSTM

Таким образом, была подобрана минимально необходимая нейронная сеть для получения переходной характеристики.

Для получения оценки весовой функции системы численно возьмем первую производную по времени, воспользовавшись методом конечных разностей, то есть:

$$h_s[t] \approx \frac{k_s[t] - k_s[t - \Delta t]}{\Delta t}.$$

Результат восстановления весовой функции системы представлен на рис. 3.

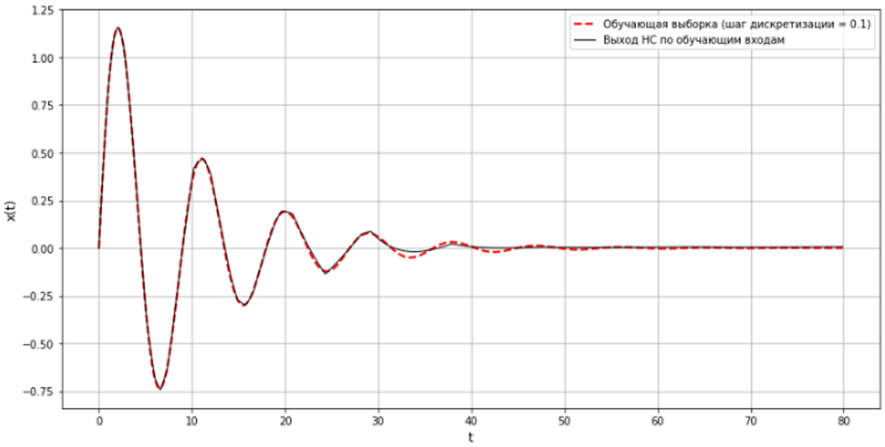


Рис. 3. Восстановление весовой функция

Далее полученную оценку весовой функции подставляем в интегральное уравнение [3], то есть получаем модель линейной динамической системы. Оценим точность полученной модели для случая, когда на вход системы подана функция $u(t)=\sin(t)$. На рис. 4 показан результат моделирования, точность по критерию качества составила 0,001066.

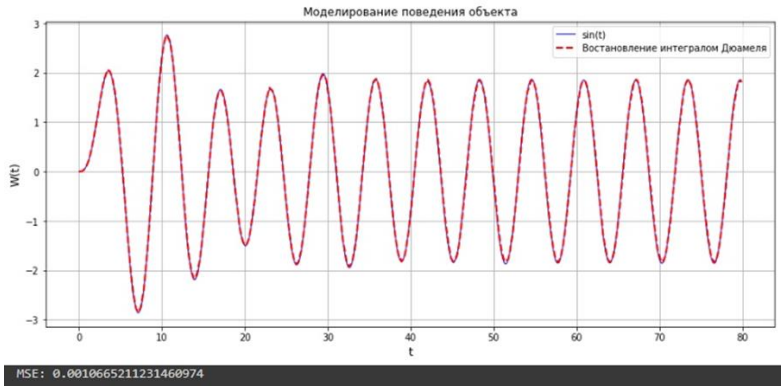


Рис. 4. Функционирование модели при входном воздействии $u(t)=\sin(t)$

Протестируем работу модели при более сложном входном воздействии, например, $u(t)=\sin(3t)\cos(5t)$. На выходе системы присутствует аддитивная помеха, имеющая нормальный закон распределения. Рис. 5 иллюстрирует работу модели в заданных условиях, точность по критерию качества составила 0,0034955.

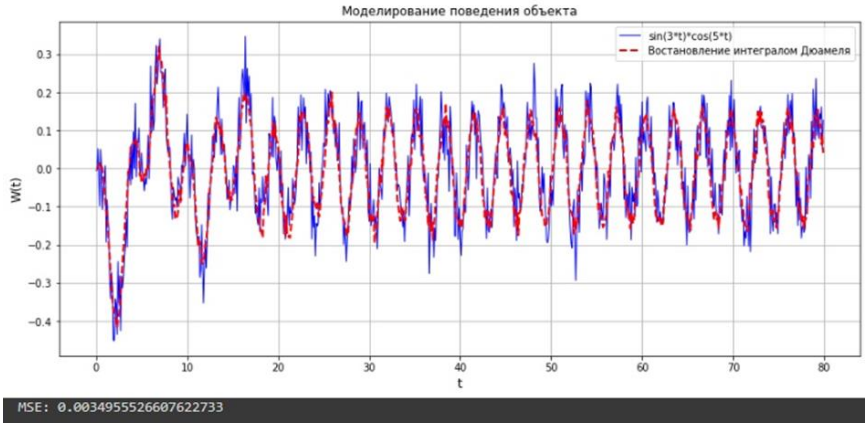


Рис. 5. Функционирование модели при входном воздействии $u(t)=\sin(3t)\cos(5t)$

Проведенные численные эксперименты показывают, что качество работы данной модели линейной динамической системы удовлетворительно, несмотря на отсутствие математического описания объекта исследования.

Заключение

В работе был рассмотрен непараметрический способ идентификации, который основывается на представлении модели линейной динамической системы в виде интеграла Дюамеля. На основании проведенных численных исследований можно указать на следующие результаты:

1. критерий точности имеет четкий минимум, что позволяет определить наилучшее значение варьируемых параметров нейронной сети;

2. использование рекуррентной формы нейронной сети позволяет учесть прошлые состояния, что положительно сказывается на точности модели;

3. процедура построения модели не зависит от порядка дифференциального уравнения;

4. при наличии помех в исходных данных точность построенной модели ухудшается, но ошибка сглаживается.

Список использованных источников

1. Медведев А.В. Основы теории непараметрических систем. – Красноярск: Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т, 2018. – 727 с.

2. Эйкхофф П. Основы идентификации систем управления / пер. с англ. В.А. Лотоцкого, А.С. Манделя. – М. : Мир. – 1975. – 680 с.

3. Rosenblatt M. Remarks on some nonparametric estimates of a density function // Ann. Math. Statist. – 1956. – Vol. 27. – no. 3. – P. 832–837.

4. Parzen E. On Estimation of a Probability Density, Function and Mode // IEEE Transactions on Information Theory. – 1982. – Vol. 4, – no. 6. – P. 663–666.

5. Надарая Э.А. Непараметрические оценки плотности вероятности и кривой регрессии. – Тбилиси: Тбил. ун-т. – 1983. – 286 с.

6. Живоглядов В.П.,Медведев А.В.Непараметрические алгоритмы адаптации. – Фрунзе: Илим, 1974. – 136 с.

7. Васильев В.А., Добровидов А.В., Кошкин Г.М. Непараметрическое оценивание функционалов от распределений стационарных последовательностей. – М.: Наука, 2004. – 508 с.

8. Рубан А.И. Адаптивные системы управления с идентификацией: монография. – Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2015. – 138 с.

9. Иванилов А.А., Чайка С.Н. Непараметрические алгоритмы идентификации динамических систем. – Красноярск: ВЦ СО АН СССР. – 1979. – 38 с.

10. Medvedeva N.A. Nonparametric Modeling Algorithm's of Dynamic Processes // CD AM: Proceedings of Fifth international Conference. – Minsk: BGU. – 1998. – Vol. 2. – P. 5–10.

11. Воронов А.А. Основы теории автоматического регулирования. – М. – Л., 1979.

12. Пирумов У.Г. Численные методы. - М.: МАИ, 1998. – 188 с.

13. Глубокое изучение - подробное объяснение алгоритма оптимизатора (Adagrad, Adadelta, RMSprop, Adam) [Электронный ресурс]. URL: https://russianblogs.com/article/4033204205/

СИСТЕМА ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ БПЛА НА ОСНОВЕ РАСПОЗНОВАНИЯ ГРАФИЧЕСКИХ ОБРАЗОВ

Аношин И.С.[1], Жолбин А.П[2], Проскоков А.В.[3]
[1] ЮТИ ТПУ, гр. 17В11, e-mail: legenda.drovasek@gmail.com
[2] ЮТИ ТПУ, гр. 17В11, e-mail: pszholbin@gmail.com
[3] ЮТИ ТПУ, к.т.н., доцент, e-mail: proskokov@tpu.ru

Аннотация

Развитие технологий, основанных на алгоритмах ИИ позволяет определять местоположение БПЛА на основе графических образов, полученных в реальном времени. Система, оснащенная таким алгоритмом в перспективе, может значительно улучшить достоверность получаемых координат в условиях потери радиосигнала оператора или сигнала спутниковой навигации. Данная функция ориентирована на совершенствование алгоритмов не только летательных, но и наземных роботизированных мобильных платформ.

Ключевые слова: искусственный интеллект, БПЛА, картография, позиционирование, распознавание графических образов.

Введение

На рынке систем позиционирования беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) выделяют: радиосистемы, оптические, геолокационные, а также различные их комбинации. Интерес в системах позиционирования резко возрос, и продолжает расти. Но распространённые на данный момент системы, сильно зависят от связи с GPS или ГЛОНАСС, или же, управления в дистанционном режиме. Одним из важных недостатков распространенных систем ориентирования является их слабая автономия и помехозащищённость как в условиях радиопомех, так и при больших удалениях от оператора. В связи с этим можно предположить, что бюджетное решение может востребовано для транспортных логистических компаний, занимающихся доставкой небольших грузов. Так же в системах позиционирования могут быть заинтересованы МЧС для быстрого нахождения пострадавших в стихийных бедствиях или потерянных в лесу людях. Возможные заинтересованные организации: МЧС, Банки (Сбербанк, ВТБ, Тинькофф и тд...), Авиакомпании (Аэрофлот, Победа, Citrus), МОРФ, Различные бизнесы, Почтовые организации компании, МЧС. В общем, все организации, которые используют дроны могут так или иначе модернизировать свои БПЛА для сокращения штата операторов БПЛА и повышения надежности работы оборудования.

На данный момент на Российском рынке нет открытых систем, использующих нейросеть для точного позиционирования БПЛА в воздушном пространстве, но в последнее время больше число компаний занимаются разработкой и изготовлением БПЛА. Системы управления традиционно предусматривают управление человеком через телеметрию. Основным методом позиционирования является глобальная система навигации. Приемник устанавливается на борт БПЛА и получает данные со спутников. Для увеличения точности показаний данных с глобальной системы сейчас активно стали использоваться сети наземных стационарных вышек. Такие вышки являются реперными для системы навигации БПЛА, они определяют погрешности показаний глобальной системы навигации и отправляют поправки по радиоканалу на приемники БПЛА. Одной из распространенных, на данный момент, систем такого типа является DGPS (differential global positioning system). Существуют работы, в которых предлагается использовать стационарные вышки не только как корректоры, но и как основной источник для получения данных о местоположении. В работе [2] описана система и алгоритм уточнения местонахождения легкого БПЛА на основе калмановской фильтрации измерений пеленгационного типа. Предложена система позиционирования БПЛА по данным расстояний до единиц сети вышек. Также для получения информации о положении БПЛА в пространстве на борт БПЛА, помимо приемников GPS, устанавливают комплекс инерциальных систем. В нее входит комплекс датчиков, по данным которых автопилот получает информацию о воздушной скорости, кренах, ускорениях барометрической высоте и др. В комплекс инерциальной системы могут входить:

• Барометр, с помощью которого возможно определять высоту относительно от задаваемого нулевого уровня. Расчет высоты основан на использовании закономерного измерения атмосферного давления в зависимости от высоты движения, относительно некоторого уровня. Минус такого датчика – относительно большая погрешность в измерениях (около 10-15 м).

• Радиотехнический датчик основан на измерении отрезка времени между посылкой и приемом электромагнитных волн, отраженных от поверхности, до которой измеряется высота. Подходящий для легких мобильных роботов датчик имеет большое энергопотребление и при этом работает на расстояниях до 20–30 м, что недостаточно для летающих роботов.

• Сонар — средство звукового обнаружения подводных объектов с помощью акустического излучения. Подходящий для легких мобильных роботов сонар работает на расстояниях до 10 м, что недостаточно для летающих роботов.

• ЛИДАР (LIDAR — световое обнаружение и определение дальности) — датчики построенные по технологии получения и обработки информации об удаленных объектах с помощью активных оптических систем, использующих явления отражения света и его рассеяния в прозрачных и полупрозрачных средах. Датчики имеет большое энергопотребление и большой вес, что исключает использование таких датчиков в сверхлегких мобильных роботах.

• Комплекс из трехосного гироскопа и акселерометра, который позволяет определить углы наклона БПЛА относительно горизонта и ускорения вращения.

• Термодатчики в шести направления, по данным которых микрокомпьютер БПЛА оценивает разность температур в разных направления и делает выводы о углах наклона БПЛА относительно горизонта.

Помимо развития средств инерциальных систем для позиционирования БПЛА, в последнее время развивается направления визуального позиционирования БПЛА в пространстве. В таких методах используется бортовые сенсоры, фото- видео регистраторы или комплекс таких регистраторов и сенсоров, а также программные средства для обработки полученных данных, что и будет по большей части использоваться в нашей работе. Позиционирование БПЛА по данным встроенных сенсоров впервые было применено для автоматического ориентирования крылатых ракет в XX веке. В процессе полета на микрокомпьютер ракеты поступает информация с бортового высотомера в виде последовательности разностей расстояний до поверхности в данный момент времени и в предыдущие. Эта последовательность сопоставляется с записанной на земле картой рельефа, при этом сравниваются именно последовательности относительных высот, а не абсолютные значения высот. Как только микрокомпьютер обнаруживает совпадения, система управления получает координаты маршрута, производится расчет величины накопившейся ошибки и вносит поправки в курс движения. Такая система требует высокой точности измерения высоты, имеет большой вес (более 20 кг) и большое энергопотребление, что не позволяет использовать такой метод в сверхлегких БПЛА. В работе [2] описан алгоритм определения относительных (от станции запуска) трехмерных координат и углов ориентации БПЛА без использования сигналов спутниковой навигации. Данный подход заключается в использовании системы компьютерного зрения для генерации и обработки потока фотографий подстилающего рельефа. Из-за требования большого ресурса вычислительной мощности такая система предполагает обработку полученных данных на базовой станции и, следовательно, постоянную связь с БПЛА, однако ввиду возможных различных радиопомех или перехватов сигнала, предлагается:

а) построение карт, нахождение объектов и выполнение заранее записанных действий удалённо на БПЛА без постоянной радиосвязи со станцией.

б) установка маршрута картографирования и поиска объектов по определённому курсу или площади до запуска БПЛА, фотографирование местности без передачи данных на станцию, возврат на станцию, которая является основным сервером взаимодействия с остальным роем БПЛА для загрузки свежих записей местности. В этот момент все сложные вычисление по сшитию записей в одну единую карту, поиск путей и объектов на этой карте происходит на станции-сервере. Данные карт и доступных маршрутов будут обновляться на БПЛА только в момент прямого контакта со станицей, что исключит вероятность передачи неправильных данных ввиду помех иои перехвата важных данных третьей стороной.

Для увеличения точности следования заданному маршруту в условиях редкого обновления местоположения (например, полета в гористой местности) возникает необходимость внедрения в программный код микрокомпьютера БПЛА алгоритмов оптимизации полета за счет оценивания действующих на БПЛА неизвестных внешних процессов.

Задача предсказания значений случайного процесса, порождаемого белым шумом, пропущенным через линейный фильтр, является наиболее типичной для калмановской фильтрации. Для оценки случайных процессов в системах навигации мобильных объектов достаточно часто и эффективно применяется фильтр Калмана, который удовлетворительно работает на больших

мобильных объектах с разнообразным навигационным оборудованием. Для сверхлегких БПЛА задача снижения уровня отклонения от заданной траектории движения остается открытой, так как влияние на них сопутствующих неопределенностей более значительно. При оптимизации движения одиночного БПЛА и группы в режиме реального времени возникают потребности в решении за ограниченное время многомерных оптимизационных задач при зашумленных наблюдениях. В таких условиях хорошо зарекомендовали себя рандомизированные рекуррентные алгоритмы стохастической оптимизации. Детальному анализу возможностей рандомизированных алгоритмов в задачах оценивания и оптимизации при произвольных помехах посвящена монография О.Н. Граничина и др [1].

Основная часть

Основываясь на вышеупомянутых работах с учетом уровня технологий искусственного интеллекта необходимо подготовить программно-аппаратный модуль, способный управлять траекторией движения мобильного робота, основываясь на результаты сопоставления текущего местоположения с общей картой. Поставленная задача в наше время осуществима с применением уже готовых программных библиотек, основанных на алгоритмах нейронных сетей. Известны следующие библиотеки, свободно распространяемые в глобальной сети Интернет: Tourchvision, CUDA, TensorFlow, Opencv. Наиболее простая в применении данных алгоритмов на языке Python является библиотека OpenCv. Библиотека с открытым исходным кодом, разработанная и выпущенная Intel в 2000 году для реализации компьютерного зрения, решающая такие задачи, как обнаружение лиц, обнаружение объектов, распознавание лиц, сегментация изображений и многое другое. Вот некоторые из основных особенностей OpenCV: алгоритмическая эффективность, широкий доступ к алгоритмам, несколько интерфейсов для реализации.

Решение задачи позиционирования должно происходить в два этапа. Первый этап – это создание карты местности на основе произведенной серии фотографий и последующей графической обработки. Второй этап – это идентификация текущего местоположения другим БПЛА с учетом разной высоты полета и возможной модификации местности.

Описание алгоритма

Программный модуль был разработан на языке програмированния Python с использованием библиотек и программных модулей OpenCV, numpy, tqdm, os, time.

По сравнению с такими языками, как C/C++, Python несколько медленнее. Тем не менее, Python может быть легко расширен с помощью C / C++, что позволяет нам писать интенсивный с точки зрения вычислений код на C / C++ и создавать оболочки Python, которые можно использовать в качестве модулей Python. Это дает нам два преимущества: во-первых, код выполняется так же быстро, как исходный код на C/C++ (поскольку это фактический код на C++, работающий в фоновом режиме), и, во-вторых, его проще кодировать на Python, чем на C/C++. OpenCV-Python — это оболочка Python для оригинальной реализации OpenCV на C++. Данный язык легко интегрируется с одноплатными мобильными микрокомпьютерами, такими как Jetson Nano, Asus tinkerboard, Raspberry Pi.

OpenCV-Python использует Numpy, которая является высокооптимизированной библиотекой для числовых операций с синтаксисом в стиле MATLAB. Все структуры массивов OpenCV преобразуются в массивы библиотеки Numpy, что также упрощает интеграцию с другими библиотеками, использующими Numpy, такими как SciPy и Matplotlib.

Tqdm библиотека — это модуль Python, предназначенный для отображения интеллектуальных индикаторов выполнения, которые показывают ход выполнения вашего кода на Python. Эту библиотеку также можно использовать для просмотра прогресса модели машинного обучения при обучении модели на очень большом наборе данных.

Модуль OS — это модуль Python, который предоставляет интерфейс для взаимодействия с базовой операционной системой, на которой запущен Python. Этот модуль предоставляет переносимый способ использования функциональности, зависящей от операционной системы. Модуль OS поставляется по умолчанию в стандартных служебных модулях Python.

Библиотека Time предоставляет множество способов представления времени в коде Python, таких как объекты, числа и строки. Он также предоставляет функции, отличные от представления времени, такие как ожидание во время выполнения кода и измерение эффективности вашего кода.

Функция photocap проверяет наличие папок с фотографиями для обработки, их создания и вывода готового результата. Функция videocap занимается тем же что и photocap, только для обработки видео и перевод его в формат серии снимков.

Функция findphoto является нашим компьютерным зрением для поиска объектов на карте. Однако ввиду недоработки программного кода пока что мы его реализовали как поиск фото внутри фото, что все ещё отражает полный функционал нашей программы.

Алгоритм работы программного модуля представлен на рис. 1. В данном модуле осуществляется следующие вычислительные действия. Сначала готовятся папки для работы с файлами, затем из видеофрагмента с выбранным интервалом собираются произвольные кадры. В случае успешной подготовки необходимых кадров производится последовательное склеивание выбранных фрагментов. Таким образом, может сформирована единая карта местности.

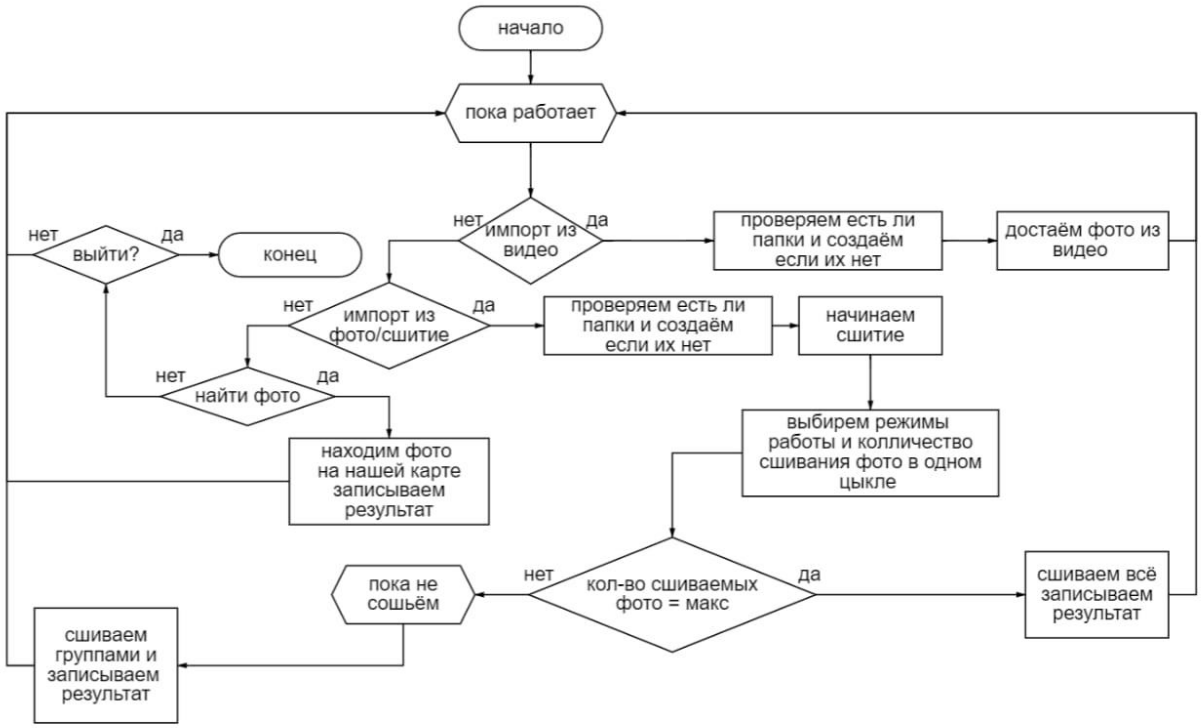


Рис. 1. Алгоритм программного модуля

После запуска программы в консольном режиме выбираем нужный режим обработки данных. Либо работа с видео, или сразу с готовыми фотографиями. Здесь программа считывает параметры съёмки: разрешение, общее количество кадров, и количество кадров в секунду.

С использованием вышеуказанных библиотек формируется набор пронумерованных фотографий. Далее программа преобразует видео в серию фотографий с интервалом в 1 секунду. Имеется возможность изменения интервала в зависимости от скорости полета самолета картографа.

После предварительной подготовки файлов запускается цикл сшивания фотографий. Путем подбора количества форографий в одной группе, промежутка для сшивания, добиваемся наилучшего результата. После нескольких циклов сшивания, где сначала все кадры видео были собраны в группу по 5 фото, повторяется цикл укрупнения фотографий и потом сшитые пятёрки сшиваются вместе в одну большую фотографию.

В результате полученный фрагмент карты имеет высокую степень детализации и вполне пригоден для дальнейшей проработки программного модуля. Для проверки алгоритма поиска расположения участка на основной карте для программы необходимо указать путь, где находится файл с фрагментом, принадлежащим карте и формат документа, также указать погрешность поиска.

Также был разработан удобный интерфейс программы, который в будущем будет реализован на станции-сервере. В интерфейсе программы будет присутствовать готовая сшитая карта с возможностью её масштабирования и передвижения по ней, слева фрагменты с найденными объектами в виде списка с ползунком, справа функциональные кнопки взаимодействия с картой. Кнопка «Выбрать фрагмент» отвечает за поиск фрагмента из левой части окна на общей карте, кнопка «Выстроить маршрут» отвечает за построение маршрута от точки А до точки Б как по прямой, так и во

кривой траектории с возможностью огибания обозначенных в ручную бесполётных зон, в качестве точек А и Б могут быть выбраны найденные объекты, возможно добавление промежуточных пунктов следования (весь функционал по прокладыванию маршрута пока еще не реализован).

Снизу находится консоль, в которой показаны статус и прогресс-бары выполнения задач, такие как сшивание, обработка изображений и следование БПЛА по заданному маршруту.

Сверху находятся функциональные кнопки для загрузки видео/изображений карты для сшивания, сохранение текущей карты с отметками объектов на ней, а также кнопка для ручного пересшивания, если автоматический алгоритм выдал ошибку или что-то сшилось неправильно.

Для получения видеофрагментов использовался беспилотный летательный аппарат собственной сборки, летающий по FPV технологии. Размах крыльев планера 1100 мм, максимальное время полета до 40 мин. Под крылом самолета была установлена видеокамера Thumb Pro, направленная вниз, что позволяет производить видеосъемку местности в формате 4k с минимальным искажением. Кроме того, данная видеокамера оснащена гироприбором и во время съемки осуществляется запись видео совместно отклонения от горизонта. Полученный видеофайл обрабатывался в программном модуле Gyroflow для стабилизации эффекта тряски камеры.

На рис. 2 показана экранная форма программного модуля, реализующего процесс подготовки карты местности на основе видеофрагмента. На нем показан фрагмент готового изображения после процесса обработки графических изображений



Рис. 2 Интерфейс программного модуля для получения фрагмента карты местности

Заключение

В целом подготовленный программный модуль выполняет поставленные задачи по подготовке карты местности и поиску текущего местоположения. Однако, необходимо повышать достоверность полученных результатов, набирая статистику подготовленных карт. Алгоритм еще выдает ошибки при сшитии нескольких изображений в одно общее, ввиду того что не может найти общие точки-ориентиры. Для улучшения качества работы было предложено разбивать на мелкие группы при возникновении ошибок (например, если не смогла сшить 5 фотографий в одно, будет сшивать вместе попарно), а если и это не поможет, то программа автоматически меняет настройки в маске для того, чтобы это было возможно реализовать. В случае если всё равно не удастся сшить программа выводит информацию о проблемном изображении. Ошибка о недостатке вычислительных ресурсов решена путём оптимизации некоторых загруженных функций, больше не наблюдалась.

Проблема с сохранением готовых изображений ввиду отсутствия доступа к рабочей папке решена использованием дополнительного алгоритма для взаимодействия с рабочей папкой.

Проблема с появлением чёрных пятен на готовой карте связана с тем, что пустые пространства алгоритмом заполняются чёрным цветом (код RGB (256,256,256), всё еще на стадии решения, основная задумка – переход на ARGB формат для заполнения пустых пространств прозрачными пикселями (ARGB (0,0,0,0).

Проблема с некорректным нахождением объектов, в данный момент не совсем ясно из-за чего она возникает, решим в будущем, предварительно проблема может быть в том, что библиотека OpenCV неспособна выдавать корректный результат, возможно в будущем подключим другие модули для компьютерного зрения и распознания объектов.

В следующем этапе разработки мы планируем:

- Разработать алгоритм построения маршрута, взаимодействия с картой.
- Продумать модель следования маршруту БПЛА автономно от станции-сервера, протестировать в полевых условиях.
- Воплотить прототип интерфейса в полноценную рабочую среду взаимодействия с БПЛА.
- Дополнить систему обнаружения и поиска объектов, автоматизировать её, откалибровать и протестировать в реальных полевых условиях.

Список использованных источников

1. Граничин О.Н., Сергеев С.Ф., Лень И.А. и др. Самоорганизация и искусственный интеллект в группах автономных роботов (методология, теория, практика): монография Санкт-Петербург: Изд-во ВВМ. – 2020. – 124 с.

2. Амелин К.С., Миллер А.Б. Алгоритм уточнения местонахождения легкого БПЛА на основе калмановской фильтрации измерений пеленгационного типа. // Информационные процессы. – 2013. – Т. 13. – № 4. – С. 338–352.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДОМЕННОГО КОКСА ПО ЕГО ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОМУ СОСТАВУ

Богданов А.П.[1], Ершов Е.В.[2]
[1]Череповецкий государственный университет, 1ПИм-03-1оп-22, e-mail: goldgreenbgd@yandex.ru
[2]Череповецкий государственный университет, Директор ИИТ, зав. кафедрой МПО ЭВМ, e-mail: evershov@chsu.ru

Аннотация

Исследование направлено на прогнозирование прочности доменного кокса через анализ его гранулометрии на конвейере. Используя методы компьютерного зрения, определено содержание кокса и анализ изменений фракций в процессе движения. Предложенный метод прогнозирования, базирующийся на моделях машинного обучения, продемонстрировал точность в прогнозировании параметров М10 и М40.

Ключевые слова: гранулометрический состав, прочностные характеристики, доменный кокс, модель машинного обучения, сегментация.

Введение

Определение гранулометрического состава кокса и расчёт его прочностных характеристик является ручным процессом, результаты которого непригодны для дальнейшего анализа. Определение гранулометрического состава на линии конвейера является актуальной темой для разработки приложений, которые появляются в производственных областях, начиная от обнаружения и создания систем отчетности и заканчивая комплексной системой анализа с предсказывающей обработкой сырья в последующем механизме.

Основная часть

Гранулометрический состав кокса – это распределение его кусков по классам крупности, выраженное в процентах к массе исходной пробы.

ГОСТ 9434-75 [1] предусматривает следующую градацию кусков кокса по крупности: 25-, 25-40 мм, 40-60 мм, 60-80 мм и 80+ мм.

Качество кокса можно описать двумя широкими категориями:

1) состав;

2) механическая холодная и горячая прочность.

К физическим характеристикам качества кокса относят [2]:

1) размеры, гранулометрический состав. Средний размер металлургического кокса обычно составляет от 45 до 55 миллиметров. Для обеспечения высокой проницаемости слоя кокса гранулометрический состав его должен быть узким. Повышенное содержание в коксе фракции более 80 мм указывает на плохое регулирования процесса коксования;

2) сопротивление физическому разрушению при транспортировке и других механических воздействиях. Показателями, которые оценивают эту характеристику являются - М40, "Стабильность". Данные показатели указывают на гранулометрический состав кокса после его химической стабилизации;

3) стойкость к истиранию, которая характеризуется показателями - М10, "Твердость";

4) реакционная способность кокса.

В качестве метода прогнозирования прочностных характеристик предлагается использовать анализ способности доменного кокса к естественной разрушаемости при его движении по конвейеру.

Другими словами, можно сказать, что вычисления прочностной характеристики доменного кокса можно записать формулой (1).

$$y = f(x_2 - x_1) \quad (1)$$

где

y – прогнозируемая прочностная характеристика,

f - метод прогнозирования прочностной характеристики,

x_2 – определенный гранулометрический состав в конце конвейера,

x_1 – определенный гранулометрический состав в начале конвейера.

В качестве способа определения гранулометрического состава доменного кокса выступает алгоритм машинного зрения, основанный на применение сегментационной нейронной сети Mask R-CNN.

Для обучения и тестирования нейронной сети была выбрана библиотека Detectron2, которая позволяет использовать нейронную сеть Mask R-CNN на языке программирования Python с помощью фреймворка Pytorch. Преимуществом данного инструмента является доступный формат данных COCO для обучения, также данная библиотека содержит конструкции для обучения, валидации, тестирования и инференса нейронных сетей.

Обучение происходило на наборе данных, который содержит 1300 изображений. Пример размеченного изображения представлен на рис. 1.

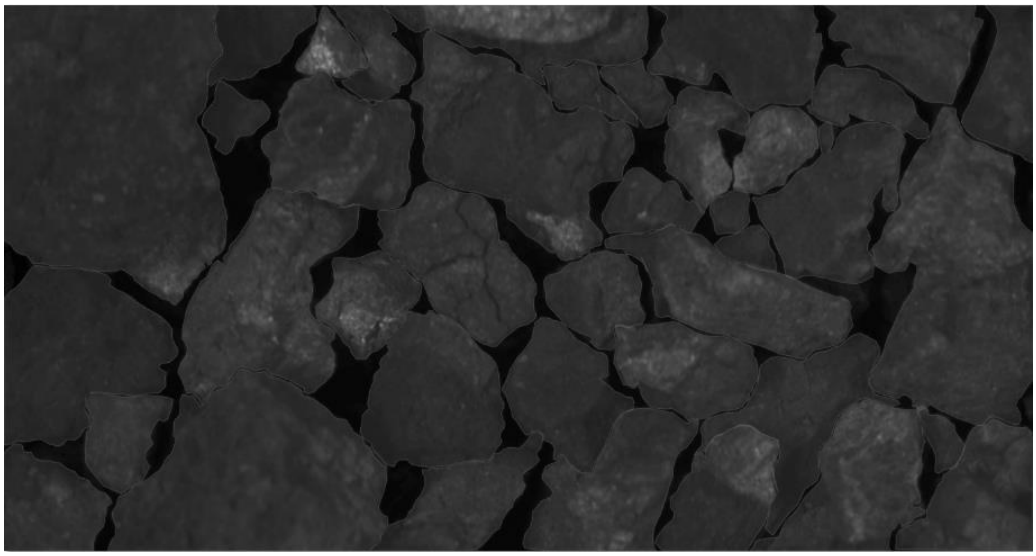


Рис. 1. Размеченное изображение

Проверка алгоритма сегменации происходила с помощью метрик AP, AP75 и AP50. По итогам проверки точность обнаружения контура оказалась равна 75 %, точность определения гранулы к классу размерности - 98%, что соответствует предложенным требованиям. Пример определения гранулометрического состава с помощью нейронной сети представлен на рис. 2.

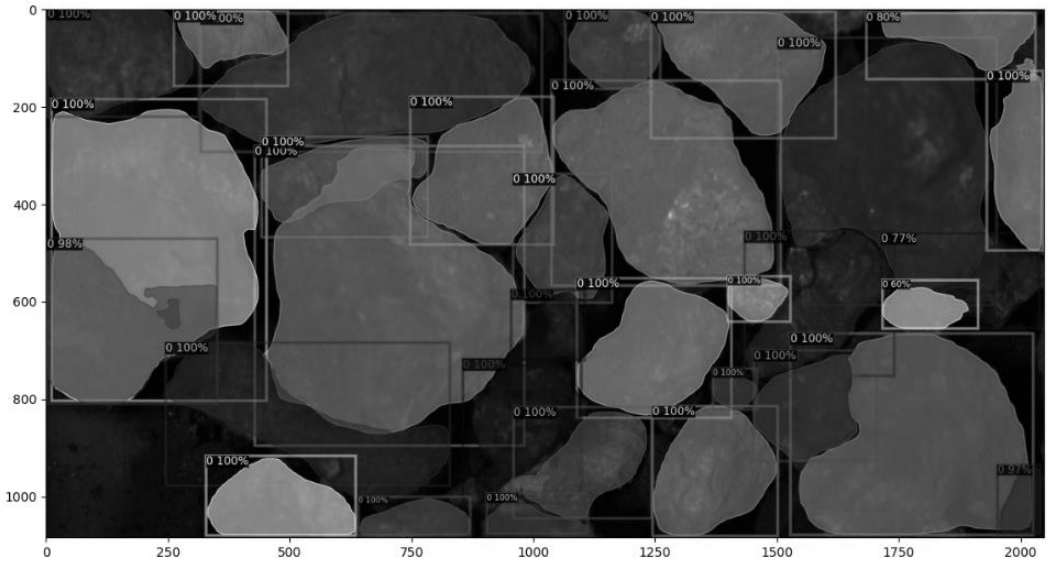


Рис. 2. Сегментация гранулометрического состава

Для прогнозирования прочностных характеристик была выбрана модель, основанная на комбинировании следующих методов машинного обучения (ансамбль моделей):

1) линейная регрессия с возможностью подбора степени;

2) реализация градиентного бустинга CatBoost;

3) реализация градиентного бустинга XgbBoost;

В последнем слое ансамбля моделей была выбрана линейная регрессия.

Для обучения и тестирования моделей машинного обучения была выбрана библиотека sklearn, которая позволяет создавать ансамбли модели на языке программирования Python.

Для использования моделей градиентного бустинга использовались библиотеки CatBoost и XgbBoost.

Общая схема ансамбля моделей показана на рис. 3. При старте происходит обучение моделей линейной регрессии и градиентного бустинга для предсказания прочностной характеристики. Следующим шагом является обучение модели линейной регрессии, входными данными для которой являются предсказания моделей начального слоя. Тем самым финальная модель корректирует и агрегирует предыдущие предсказания.

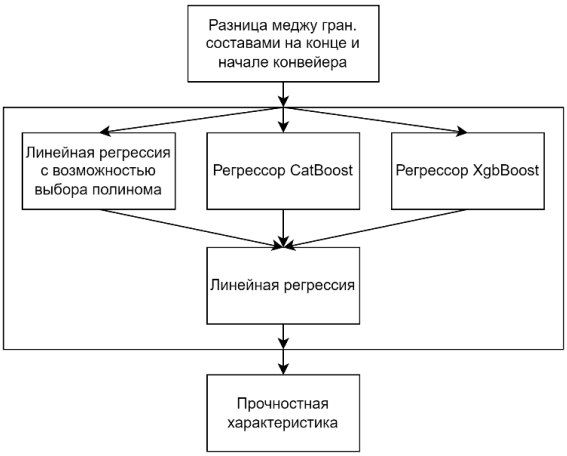


Рис. 3. Схема ансамбля моделей

Подбор параметров для обучения модели выполнялся с помощью фреймворка Optuna. Данная технология позволяет обучать модели машинного обучения с минимизацией заданной ошибки. В качестве ошибки было выбрано среднее гармоническое между RMSE и ошибкой Хьюбера.

Проверка алгоритма прогнозирования происходила с помощью метрик MSE и MAE. По итогам проверки точность прогнозирования параметра M10 составляет 90%, а параметра M40 – 85 %, что соответствует требованиям к алгоритму.

После обучения и тестирования модели были выявлены следующие веса важности:

– линейная регрессия: 0.2;

– CatBoost регрессор: 0.45;

– XgbBoost регрессор: 0.35.

Заключение

В ходе выполнения данной работы была рассмотрена модель прогнозирования прочностных характеристик доменного кокса на основе его гранулометрического состава. Для определения гранулометрического состава была создана, обучена и протестирована нейронная сеть Mask R-CNN. Для прогнозирования прочностных характеристик была создана, обучена и протестирована модель ансамбля, содержащая в себе модели линейной регрессии и градиентного бустинга.

Список использованных источников

1. ГОСТ 9434-75. Кокс каменноугольный. Классификация по размеру кусков: межгосударственный стандарт: издание официальное: утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 19 июня 1975 г. № 1586: дата введения 1977-01-01. – Москва : ИПК Издательство стандартов, 2002. – 3 с.

2. Филатов С.В. Анализ влияния горячей прочности кокса (CSR) на показатели работы доменных печей / С.В. Филатов, И.Ф. Курунов, В.Н. Титов, А.М. Логинов // Сталь. – 2014. – № 10. – С. 10-14. – EDN UAHBNN.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ НЕРАВНОМЕРНО ОСВЕЩЕННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СВЕРТОЧНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

Сапегин А.А.
Национальный исследовательский Томский политехнический университет, ИШИТР, 8ИМ21,
e-mail: aas271@tpu.ru

Аннотация

В работе рассматривается способ решения проблемы восстановления неравномерно освещенных изображений путем нормализации яркости с использованием сверточной нейронной сети. Представлены алгоритмы подготовки данных для обучения модели и процесс оценки визуального качества изображений.

Ключевые слова: сверточная нейронная сеть, нормализация яркости, улучшение изображения

Введение

Одной из главных проблем изображений, полученных при естественном освещении, является неравномерное распределение яркости и теней. Это может привести к потере деталей в темных или светлых областях изображения, искажению контраста, а также затруднить обработку изображения и его анализ. Методы для решения данной проблемы, как например Multi Scale Retinex (MSR) [1], требуют подбор параметров под каждую ситуацию в отдельности, в то время как более универсальные методы могут часто выдавать невалидные результаты.

Целью данной работы является разработка универсального алгоритма для нормализации яркостных характеристик неравномерно освещенного изображения.

Описание алгоритма

В качестве подхода к решению поставленной задачи было выбрано использование сверточной нейронной сети архитектуры SRCNN (Super Resolution Convolution Neural Network). Модель используется для увеличения разрешения изображения и имеет особенность в виде того, что сеть обрабатывает изображение, которое уже было увеличено при помощи бикубической интерполяции.

Обработку изображения нейросетью можно условно разделить на три этапа [2]: извлечение признаков (преобразование фрагментов изображения в многомерные вектора), нелинейное преобразование (нелинейное отображение каждого многомерного вектора на другой многомерный вектор), реконструкция (получение значения яркости центрального пикселя на основе полученных признаков). Данные этапы на примере архитектуры сети проиллюстрированы на рис. 1.

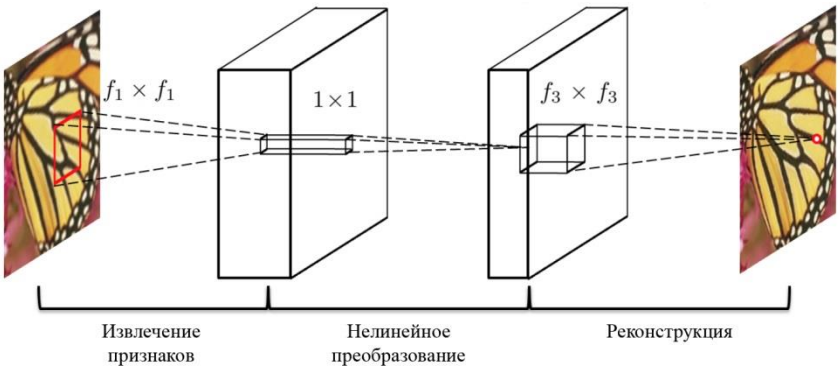


Рис. 1. Архитектура SRCNN

Подход с использованием выбранной архитектурой заключается в адаптации работы сети с извлеченными признаками для задачи выравнивания яркости и контраста изображения.

Экспериментальная часть

Одной из основных сложностей, с которой можно столкнуться, при попытке адаптации сети к новой задаче – отсутствие подходящих данных для обучения модели. Эталон, с которым должны

сравниваться результаты работы сети, должен быть правильно проэкспонирован, то есть в кадре не должно быть сильно темных или же сильно светлых областей. При этом на вход необходимо подавать «испорченную» версию изображения. Изначально предполагалось, что в качестве последней будет использована низкоконтрастная версия эталона с пониженной либо повышенной яркостью. Обученная таким образом сеть лишь слегка увеличивала яркость и резкость изображения.

Итоговым решением стало использование набора данных, рассчитанного на обучение нейросетей по удалению теней. При таком подходе имеется подходящий эталон с правильно подобранным освещением и входные изображения с «проблемными областями». Однако для того, чтобы сеть не пыталась исправить яркость только в темных областях, необходимо также использовать яркостную и контрастную аугментацию для входных данных.

Так как даже в таком случае результаты работы сети получались тусклыми, было принято решение применить к эталону метод выравнивания гистограммы CLAHE (Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization) [3]. Таким образом, удалось добиться повышения резкости обработанного моделью изображения.

Также в рамках экспериментов были опробованы подходы с подачей на вход не только «испорченных» изображений, но и их версий, обработанных другими алгоритмами (CLAHE [3] и Single-Scale Retinex (SSR) с нормализаций гистограммы [4]). Модифицированные архитектуры сети имеют называния в соответствии с тем, какое количество изображений подается на вход: 3DSRCN [5] для модели, принимающей 3 канала и 2DSRCN для модели, принимающей 2 канала. Для итоговой оценки брались две вариации 2DSRCN, каждая из которых принимала на вход оригинал и его обработанную одним из двух описанных выше алгоритмов версию. На вход же 3DSRCN подавался оригинал и его обе обработанные версии.

Оценка результатов работы

В качестве основной оценки работы модели используется оценка Мунтеану-Роса (MR) [6], которая вычисляется по следующей формуле:

$$f_{MR} = \ln(\ln(E + e)) + \frac{\tau}{MN} + e^{H},$$

$$H = -\sum_{i=0}^{255} l_i \ln(l_i),$$

где E – суммарная интенсивность пикселей на контурах изображения; e – число Эйлера; τ – количество пикселей на контурах; N и M – соответственно ширина и высота изображения; – доля пикселей с i-м уровнем яркости. Контуры изображений определяются с помощью оператора Собеля [7].

Оценка Мунтеану-Роса основана на том свойстве, что для человеческого восприятия большее значение имеет перепад яркости в соседних пикселях, чем значение яркости в каждом пикселе. В то же время равномерность гистограммы изображения также положительно сказывается на восприятии изображения.

Главным недостатком данной оценки является то, что она практически никак не учитывает артефакты, которые могут возникнуть в результате работы алгоритмов. Итоговое изображение никак не штрафуется за их наличие при подсчете метрики. Из-за этого могут возникать ситуации, при которых модель или алгоритм высоко оцениваются, но при этом полученное изображение непригодно для восприятия.

В качестве вспомогательной метрики на текущий момент используется индекс структурного сходства SSIM [8]. Результаты работы алгоритмов сравниваются с оригиналом. Данная оценка показывает, насколько сильно было искажено изображение после его обработки.

Результаты работы

В таблице 1 сравниваются результаты работы выравнивания гистограммы (GHE) [7], MSR [1], переобученной SRCNN и трех ее модификаций: двух и одной 3DSRCN. Помимо классической метрики MR использовалась ее модификация, исключающая влияние гистограммы на оценку.

Таблица 1

Оценка работы алгоритмов

	Оригинал	GHE	MSR	SRCNN	2DSRCN (оригинал и SSR)	2DSRCN (оригинал и CLAHE)	3DSRCN
MR	546	1686	1153	1660	898	1244	1147
MR_{mod}	218	400	373	660	425	477	469
SSIM	1	0.75	0.86	0.59	0.76	0.65	0.75

На рис. 1 продемонстрированы результат работы алгоритма в виде изображений и их гистограмм, показывающих количественное распределение пикселей разной яркости (диапазон значений от 0 до 255).

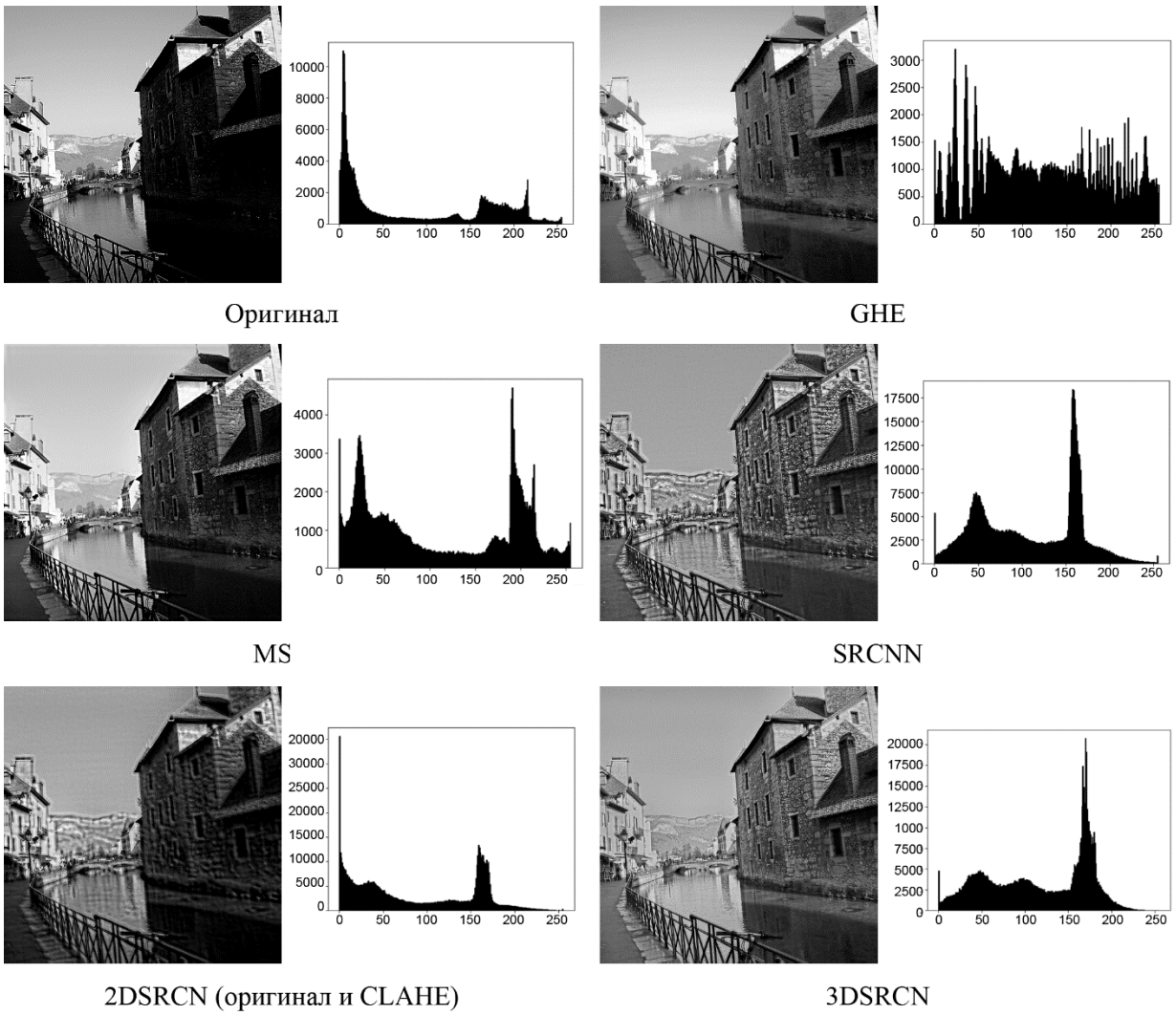


Рис. 1. Результаты работы алгоритмов

Как видно из рисунка и таблицы GHE и SRCNN имеют наибольшую метрику MR. Однако если в первом случае преимущество явно достигается за счет равномерной формы гистограммы, то нейросеть значительно повышает резкость изображения и видимость деталей, что в свою очередь приводит к появлению артефактов и также вредит восприятию композиции.

Заключение

В результате проведенных исследований был проанализирован подход к восстановлению яркостных характеристик изображения с неравномерным распределением. Из различных вариаций данного подхода использование архитектуры 3DSRCN является наиболее компромиссным решением задачи. Его использование позволяет сильно повысить четкость объектов, не приводя к возникновению артефактов, что достигается путем баланса метрик MR и SSIM. Модель достаточно сильно искажает исходное изображение в сравнении с MSR и имеет склонность к концентрации плотности распределения яркостей в конкретной зоне (на рисунке 1 видно, что у обработанного нейросетью изображения имеется большое количество пикселей в диапазоне яркости от 150 до 175). Это может привести к эффекту видимости плоского рельефа вместо объемного объекта. Данный эффект может мешать восприятию глубины некоторых участков, однако контуры все еще будут различимы.

Список использованных источников

1. Jobson D.J., Rahman Z., Woodell G.A. A multiscale retinex for bridging the gap between color images and the human observation of scenes // IEEE Trans. Image Process. – 1997. – Vol. 6, – № 7 – P. 965–976.
2. Dong C., Loy C.C., He K., Tang X. Image super-resolution using deep convolutional networks // IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence. – 2015. – P. 295-307.
3. Кокошкин А.В., Коротков В.А., Новичихин Е.П. Модификация метода CLAHE для компенсации влияния гидрометеоров // Текст: электронный // Журнал Радиоэлектроники. – 2017. – 10. – URL: http://jre.cplire.ru/jre/oct17/10/text.pdf.
4. Parthasarathy S, Sankaran P. An automated multi–Scale Retinex with Color Restoration for image enhancement // Текст: электронный // ResearchGate. – 2012. – URL: https://www.researchgate.net/publication/254024214_An_automated_multi_Scale_Retinex_with_Color_Restoration_for_image_enhancement
5. Hayat K. Super-Resolution via Deep Learning // Текст: электронный // arXiv.org – 2017. – URL: https://arxiv.org/abs/1706.09077v1.
6. Munteanu C., Rosa A. Gray-scale image enhancement as an automatic process driven by evolution // IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics – part B: Cybernetics. – 2004. – Vol. 34. – № 2.
7. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. – Москва: Техносфера, 2005. – 1072 с.
8. Wang Z., Bovik A.C., Sheikh H.R., Simoncelli E.P Image Quality Assessment: From Error Visibility to Structural Similarity // IEEE Trans. Image Process. – 2004. – Vol. 13. – № 4. – P. 2–15.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНДЕНСИРОВАННЫХ СИСТЕМ С ПОМОЩЬЮ ПОТЕНЦИАЛОВ, ОСНОВАННЫХ НА МАШИННОМ ОБУЧЕНИИ

Теников К.А.[1], Кочкин А.С.[2]
[1]Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, аспирант, e-mail: gugolpleks@mail.ru
[2]Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, аспирант, e-mail: andre211@mail.ru

Аннотация

В данном докладе представлен обзор методов компьютерного моделирования конденсированных систем. Особое внимание уделено методам с использованием потенциала на основае машинного обучения.

Ключевые слова: физика конденсированного состояния, молекулярная динамика, QM/MM**,** квантовая механика, машинное обучение.

Введение

В настоящее время широко возрастает роль компьютерного моделирования в физике конденсированного состояния [1]. Однако модели, основанные на ab initio методах достаточно медленные и могут применяться для небольших систем, други же (классическая молекулярная динамика) недостаточно точные. Ищутся способы улучшения существующих моделей как по точности, так и по уменьшению вычислительной сложности. Машинное обучение является одним из средств улучшения качества компьютерного моделирования в области физики конденсированного состояния [2].

Методы компьютерного моделирования конденсированных систем

Моделирование конденсированных систем может осуществляться на разных временных и пространственных масштабах. Так, когда конденсированная система рассматривается как сплошная среда, то для ее моделирования широко применяется метод конечных элементов.

Однако для многих задач необходимо учитывать то, из каких именно частиц состоит конденсированная система, и как они взаимодействуют друг с другом. Кроме того, возможно воздействие на систему внешних полей. Наиболее распространенным методом на молекулярном уровне является метод молекулярной динамики. Он позволяет изучать диффузию атомов, структурную характеристику дефектов, фазовые превращения, высчитать статистических и термодинамические характеристики системы [3].

В классическом методе молекулярной динамики каждая частица является классической, и квантово-механические эффекты либо не учитываются, либо учитываются приближенно путем применения соответствующих потенциалов [3].

Тем не менее бывают задачи, например, задача расчёта зон проводимости, запрещенной и валентной зон в материалах, для которых рассмотрение конденсированной системы на атомном и молекулярном уровне недостаточно. Также при изучении химических реакций необходимо учитывать электронные оболочки, их изменение. В таких случаях необходимо брать во внимание квантов-механические эффекты [3].

Наиболее точные расчеты получаются с помощью ab initio методов, учитывающих квантов-механические эффекты. Однако основная проблема их заключается в том, что они достаточно медленные и применяются только для небольших конденсированных систем, состоящих максимум из 1000 атомов, и возможно исследовать их динамику на небольшом промежутке времени — пикосекунды. Надо отметить, что ab initio методы не являются прямым решением уравнения Шреднигера — главного уравнения квантовой механики, так как даже для многих атомов аналитически его решить не представляется возможным, численные методы его решения также неэффективны. В связи с этим применяются методы приближенного решения этого уравнения. В физике конденсированного состояния широко применяется метод, основанный на теории функционала электронной плотности (DFT), в квантовой химии — метод Хартли-Фока [4].

Одним из методов сочетания классической молекулярной динамики и ab initio метода является QM/MM метод. Согласно нему конденсированную систему разделяют на подсистемы двух классов —

классическую и квантов-механическую. В первых для моделирования применяется классическая молекулярная динамика, во-вторых — ab initio методы. Главной сложностью QM/MM является учет взаимодействия классических и квантов-механических подсистем [5].

Потенциалы, применяемые в моделировании

Для многих методов компьютерного моделирования конденсированных систем очень важно задать закон, по которому взаимодействуют частицы друг с другом, что определяется потенциалом. Потенциал важен не только для молекулярной динамики, но и для молекулярной статики и метода Монте-Карло [3].

Среди потенциалов можно назвать потенциал Леннарда-Джонса, потенциал Морзе. гармонический потенциал, потенциал погружения атома в среду (Embedded Atom Model, EAM). Адекватный выбор потенциала для той или иной конденсированной системой и оптимизация его параметров являются непростой задачей. Для одних систем адекватны одни потенциалы, для других — другие. Так, для инертных газов хорошо подходит потенциал Леннарда-Джонса, для моделирования же металлов часто применяют EAM. Мы провели ряд исследований металлов с помощью молекулярной динамики, в которой использовался потенциал EAM [6, 7].

Также можно применять потенциалы, основанные на ab initio методах, DFT. Однако выше указывался недостаток DFT. Вполне естественным выглядит стремление исследователей совместить точность DFT со скоростью классических потенциалов. Мы продемонстрировали возможность вычисления потенциальной энергии конденсированной системы с помощью нейронных сетей в пакете LAMMPS [4]. Кроме того, машинное обучение в физике конденсированного состояния в настоящее время применяется достаточно широко [8].

Потенциалы, основанных на машинном обучении

Общая схема вычисления потенциала на основе машинного обучения представлена на рис. 1, позаимствованного из работы [2].

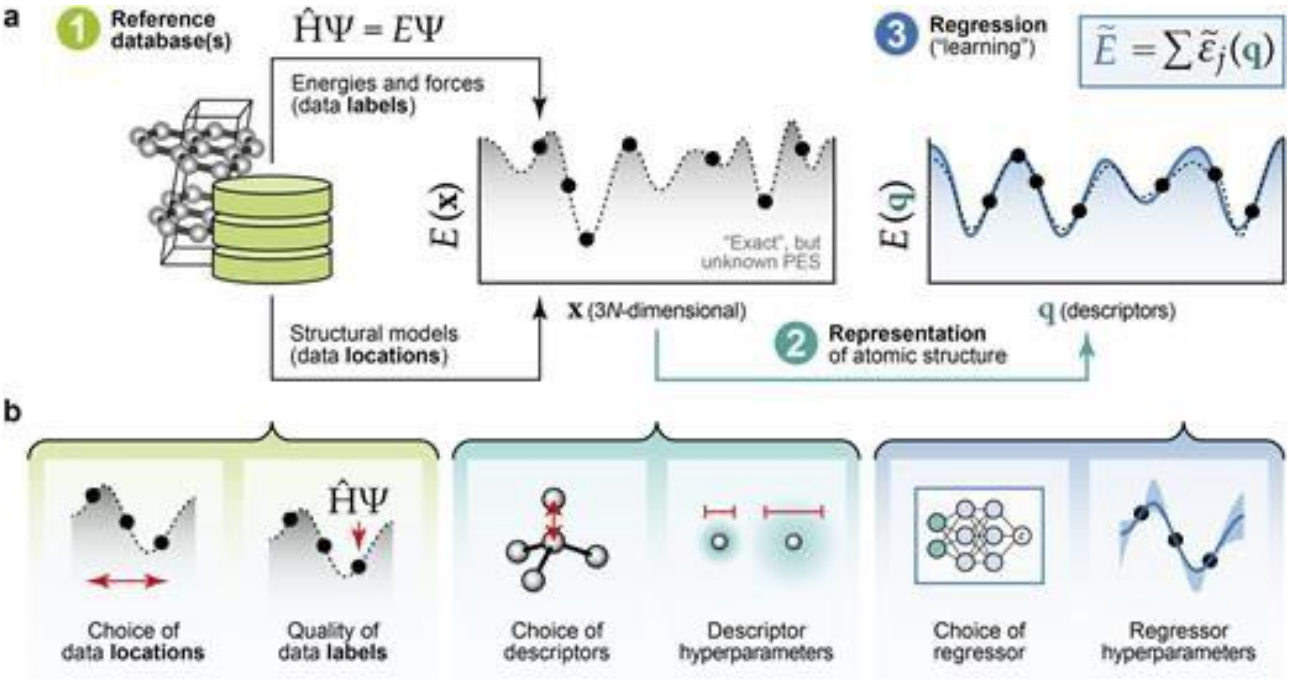


Рис. 1. Общая схема подготовки потенциала на основе машинного обучения

Таким образом, из рис. 1 видно, что для того, чтобы подготовить потенциал, нужен большой набор данных(dataset), полученный с помощью ab initio методов, например, DFT. Из него можно взять исходные точки значения потенциальной энергии как функции от координат. И за счет машинного обучения производится задача регрессии, при этом под регрессией надо понимать не только простейшую линейная регрессию и ее вариации. но и нелинейную и нейросетевую [2].

Особое внимание надо уделять качеству набора данных. Есть готовые наборы данных для разлитых материалов, также можно создать свой набор на основе длительного моделирования система с помощью ab initio методов (DFT). Также может использоваться техника активного обучения для улучшения качества dataset.

Можно выделить три класса потенциалов на основе машинного обучения в литературе:

- линейные модели;
- модели на основе ядерного метода;
- нейросетевые модели [2].

Говоря про нейросетевые модели, стоит отметить, что расчет «в лоб», при котором на вход поступают координаты системы, а на выходе ожидается значение потенциала, неэффективен, так как полученная функция не будет инвариантна к линейным преобразованиям. Перед расчетом потенциалов выделяют локальные дескрипторы для каждого атома, которые инвариантны к линейным преобразованиям, что более точно соответствует физической реальности. При использовании глубинного обучения сверточная нейронная сеть может сама выделить необходимые дескрипторы [2].

Заключение

В данном докладе приведен обзор компьютерного моделирования конденсированных систем, на основании которого можно сделать вывод о важности машинного обучения в данной области. Использование потенциалов на основе машинного обучения в компьютерном моделировании конденсированных систем может улучшить достоверность результатов и уменьшить вычислительную сложностью моделирования, что позволит исследовать более большие системы.

Список использованных источников

1. Потекаев А.И., Старостенков М.Д., Кулагина В.В. Влияние точечных и планарных дефектов на структурно-фазовые превращения в предпереходной слабоустойчивой области металлических систем. – Томск: Изд-во НТЛ, 2014. – 488 с.

2. Morrow J.D., Gardner J.L. A., Deringer V.L. How to validate machine-learned interatomic potentials // The Journal of Chemical Physics. – 2023. – Т. 158. – №. 12.

3. Frenkel D., Smit B. Understanding Molecular Simulation: from Algorithms to Applications. – 2nd edn. San Diego: CA: Academic, 2002. – 638 с.

4. Теников К.А., Кочкин А.С. Расчет потенциальной энергии конденсированной системы с помощью нейронных сетей // Молодежь и современные информационные технологии. – 2023. – С. 72-74.

5. Теников К.А., Кочкин А.С., Попов В.Д. Применение гибридного QM/MM метода для компьютерного моделирования конденсированных систем // Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики: сборник трудов Международной научной конференции, Воронеж. – 4-6 декабря 2023 г. – Воронеж, 2024.

6. Кочкин А.С., Теников К.А., Варавина А.Ю., Тимошников Д.А. Оценка состояния фононов динамической матрицы и кривой дисперсии фононов для Cu на основе потенциала EAM // Наука в эпоху глобализации и цифровизации: актуальные проблемы теории и практики: материалы наука в эпоху глобализации и цифровизации: актуальные проблемы теории и практики (г. Ростов-на-Дону, 10 ноября 2022 г.). – Ставрополь: Изд-во «ПАРАГРАФ», 2022. – С. 234-241.

7. Старостенков М. Д. и др. Исследование развития точечных дефектов в кристалле гранецентрированной кубической решётке // Материалы во внешних полях (МВП–2023). – 2023. – С. 22-24.

8. Теников К.А., Кочкин А.С. Машинное обучение в физике конденсированного состояния // Краевые задачи и математическое моделирование. – 2023. – С. 116-120.

НЕЙРОННЫЕ СЕТИ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ПРИ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИИ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

Петровский В.В.
Томский политехнический университет, ИШИТР, аспирант гр. А3-39, e-mail: vvp32@tpu.ru

Аннотация

Нейронные сети играют значительную роль в различных аспектах видеонаблюдения, применяясь для различных задач. Одной из таких задач являются детектирование объектов. В данной статье будут рассмотрены нейронных сетей, которые используются для распознавания объектов при видеонаблюдении: R-CNN (Region-Based Convolutional Neural Network), YOLO (You Only Look Once) и SSD (Single Shot Detector).

Ключевые слова: нейронные сети, распознавание объектов, Faster R-CNN, YOLOv8, SSD.

Введение

Нейронные сети играют значительную роль в различных аспектах видеонаблюдения, применяясь для различных задач. Одними из таких задач являются: детектирование объектов, распознавание лиц, анализа поведения и отслеживания движущихся объектов. Такие нейронные сети будут актуальны в сфере обеспечения контроля и безопасности, как в промышленной, так и в социальной деятельности.

В данной статье будут рассмотрены нейронных сетей, которые обладают высокой эффективность в распознавании объектов на видеоряде: R-CNN (Region-Based Convolutional Neural Network), YOLO (You Only Look Once) и SSD (Single Shot Detector). Проведен анализ популярных и эффективных моделей: Faster R-CNN, YOLOv8 и SSD.

Исследование моделей сверточных нейронных сетей класса R-CNN

Сверточная нейронная сеть R-CNN, архитектура которой представлена на рис. 1 [1], сужает поиск возможных положений объекта при помощи алгоритма Region Proposal (Selective Search).

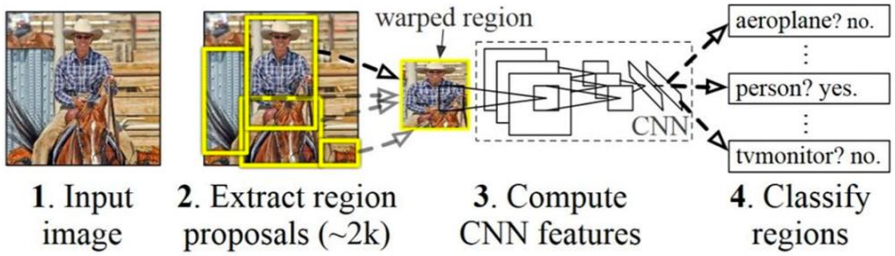


Рис. 1. Архитектура R-CNN

Данный алгоритм получает на вход изображение, а на выходе выдает массив прямоугольников, в которых возможно находится объект. Чтобы распознать конкретный регион запускается классификатор, который разбивает исходное изображение на множество регионов, каждый из которых обрабатывался сверточной нейронной сетью. Такой метод распознавания характеризуется большими временными затратами, и поэтому была разработана улучшенная версия Fast R-CNN, которая представлена на рис. 2 [1].

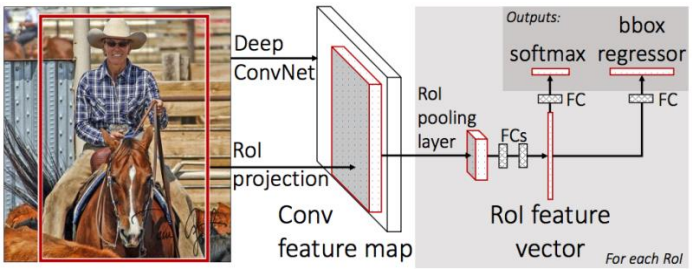


Рис. 2. Архитектура Fast R-CNN

Модификация заключалась в пропускании всего изображения через CNN, где регионы накладываются на полученную общую карту признаков.

Архитектура Faster R-CNN [2], показанная на рис. 3, являлась доработкой предыдущей модели, отличие от которой было в вычислении регионов не по изначальному изображению, а по карте признаков, полученных из CNN. Для этого был добавлен модуль под названием Region Proposal Network (RPN).

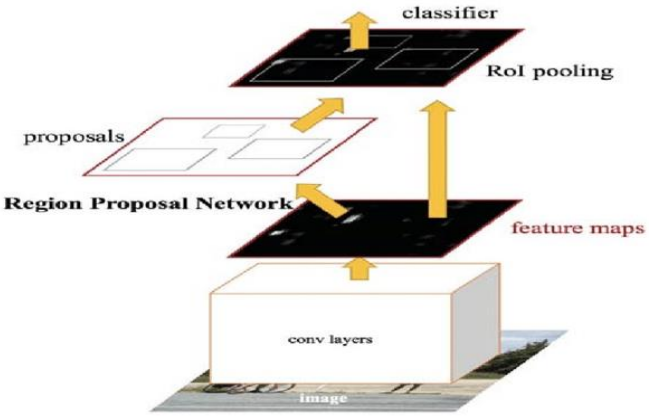


Рис. 3. Архитектура Faster R-CNN

В рамках RPN по извлечённым CNN признакам скользят «мини-нейросетью» с небольшим (3×3) окном. Полученные с её помощью значения передаются в два параллельных полносвязных слоя: box-regression layer (reg) и box-classification layer (cls), как это показано на рис. 4.

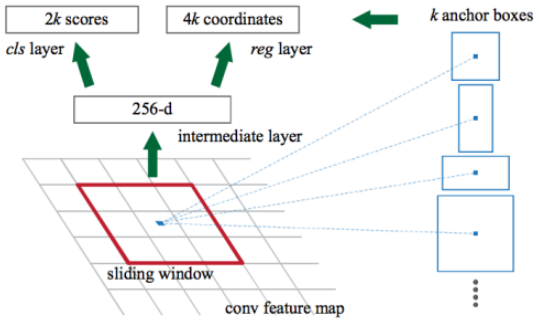


Рис. 4. Схема RPN в Faster R-CNN

Выходы этих слоёв базируются на так называемых anchor-ах: k рамках для каждого положения скользящего окна, имеющих разные размеры и соотношения сторон.

Reg-слой для каждого такого anchor-а выдаёт по 4 координаты, корректирующие положение охватывающей рамки; cls-слой выдаёт по два числа – вероятности того, что рамка содержит хоть какой-то объект или что не содержит. Процесс обучения reg и cls слоёв объединённый; loss-функцию они имеют общую, представляющую собой сумму loss-функций каждого из них, с балансирующим коэффициентом.

В этом эксперименте автор [3] сравнивает производительность и точность архитектур R-CNN, Fast R-CNN и Faster R-CNN. Результаты сравнения показаны на рис. 5.

	R-CNN	Fast R-CNN	Faster R-CNN
Test time per image	50 seconds	2 seconds	0.2 seconds
Speed-up	1x	25x	250x
mAP (VOC 2007)	66.0%	66.9%	66.9%

Рис. 5. Производительность и точность архитектур R-CNN, Fast R-CNN и Faster R-CNN

Для обучения моделей автором использовались 2000 размеченных изображений из датасета PASCAL VOC 2007 разного разрешения.

Из результатов видно, что версия Faster R-CNN имеет высокие показатели по скорости и точности распознавания объекта на изображении по сравнению с предыдущими версиями.

Исследование моделей сверточных нейронных сетей класса YOLO

Архитектура СНС YOLOv8 представлена на рис. 6 [4].

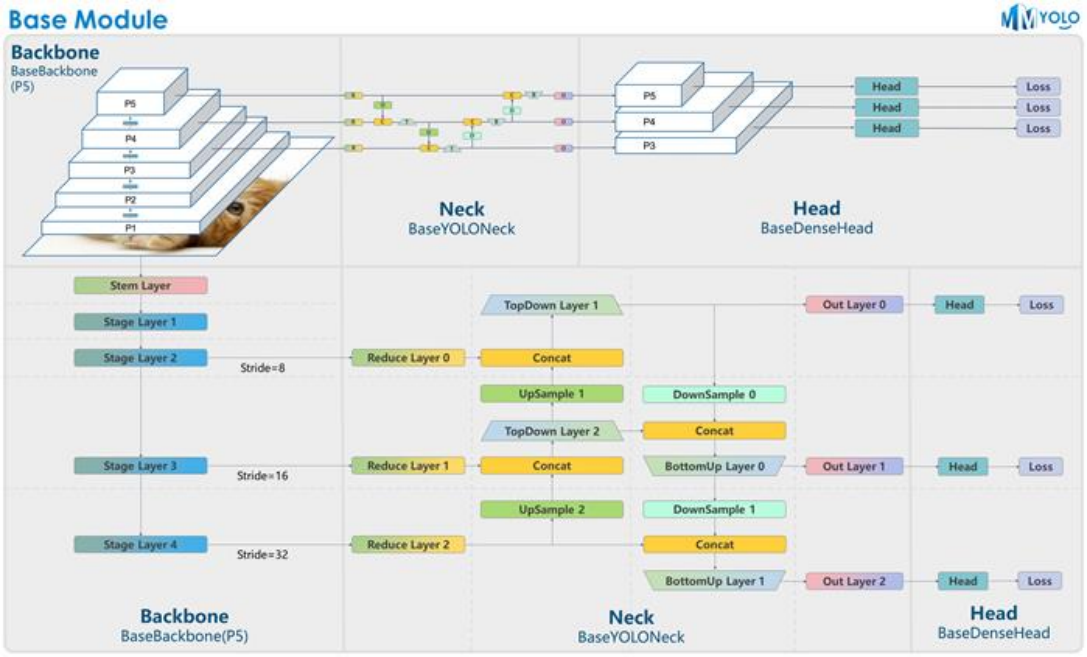


Рис. 6. Архитектура YOLOv8

Принцип работы нейронной сети YOLO заключается в следующем [5]:

1. Изображение делится на квадратную сетку.
2. Для каждой ячейки сети CNN выводит вероятности определяемого класса.
3. Ячейки, имеющие вероятность класса выше порогового значения, выбираются и используются для определения местоположения объекта на изображении.

Нейронные сети с архитектурой YOLO по большей части стали популярны благодаря детектированию объектов при видеонаблюдении в режиме реального времени.

Авторы [6] сравнивают зависимости количества параметров (parameters) и производительности (NVIDIA Latency A100 TensorRT FP16) от точности (COCO mAP 50÷95 %) распознавания объектов на следующих версиях этой архитектуры: YOLO v5, v6, v7 и v8 в соответствии с их сборкой: Nano (n), Small (s), Medium (m), Large (l) и Extra Large (x). Результаты представлены на рис. 7.

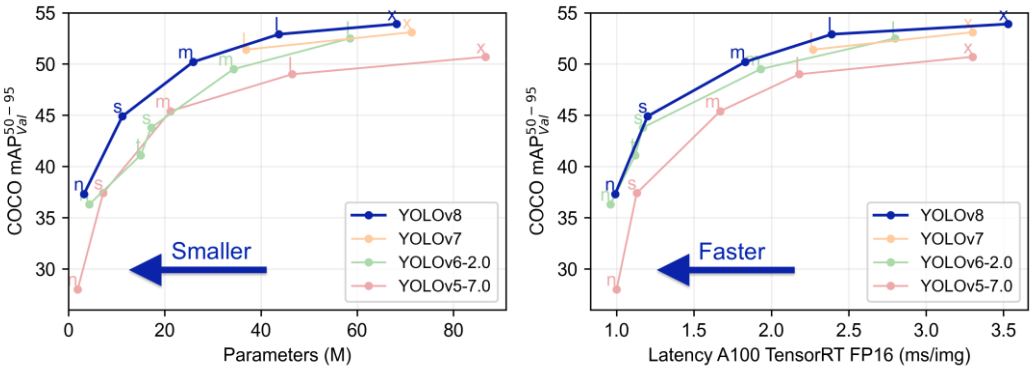


Рис. 7. Влияние параметров и производительности на точность у разных версий YOLO

При обучении архитектур использовался датасет COCO из 2000 размеченных изображений в разрешении 640x640 пиксель.

Все варианты YOLO-v8 обеспечивают лучшую пропускную способность при одинаковом количестве параметров, что указывает на аппаратно-эффективные архитектурные реформы.

Архитектура YOLOv8 является улучшенной версии YOLOv5. В ее основе лежит новый функционал возможностей, показывающий большую точность, гибкость и производительность алгоритма.

Авторы этой статьи [7] сравнивают производительности версий архитектур Small/Large YOLOv5 и YOLOv8, что показано на рис. 8.

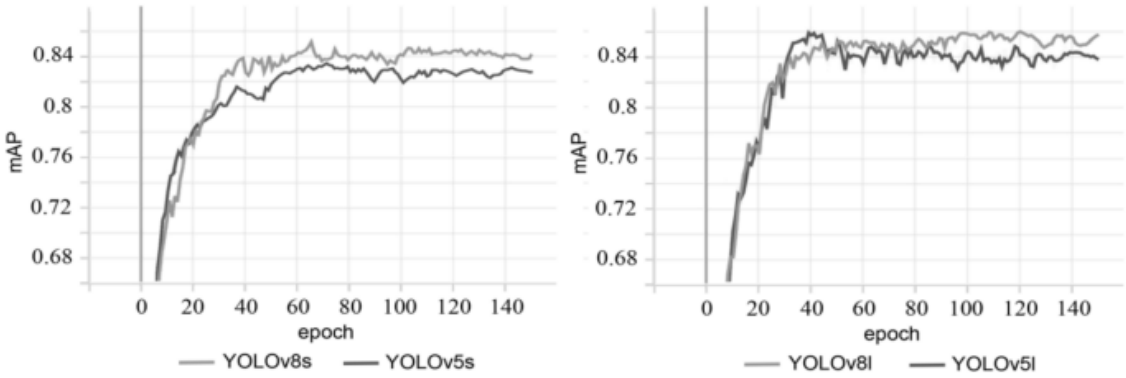


Рис. 8. Изменение средней точности детекции объектов в зависимости от эпохи обучения

Обучение модели происходит на 2231 размеченных изображениях с разрешением 1920x1080 пиксель на платформе Google Colab, используя среду выполнения NVIDIA Tesla T4 с тензорными ядрами.

Обучение архитектур YOLOv8s и YOLOv5s составило 132 минуты и 125 минут соответственно, а обучение архитектур YOLOv8I и YOLOv5I – 247 минут и 195 минут соответственно. При этом улучшение точности между Small и Large версиями эффективнее у архитектуры YOLOv8.

Single Shot Detector

SSD — популярный и эффективный метод обнаружения объектов. Одной из ключевых особенностей твердотельных накопителей является то, что они используют CNN для прогнозирования ограничивающих рамок и меток классов для объектов на изображении. Архитектура данной модели представлена на рис. 9 [8].

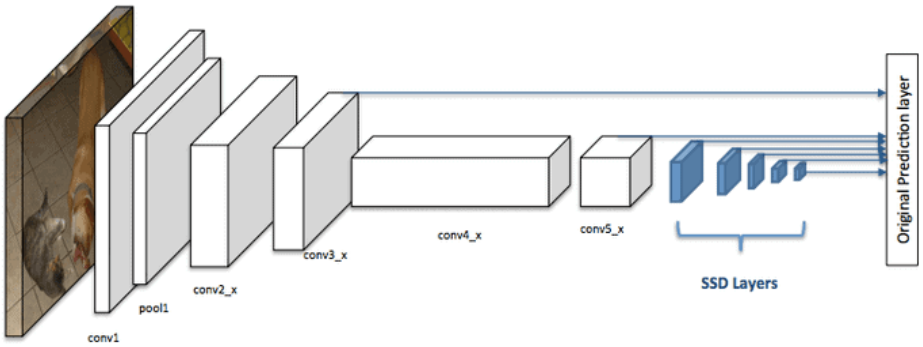


Рис. 9. Применение SSD к сверточной нейронной сети

После основной СНС следуют дополнительные слои, которые добавляются поверх основной сети. Эти дополнительные слои отвечают за обнаружение объектов в разных масштабах и обычно состоят из сверточных слоев и слоев объединения.

В данной статье авторы [9] сравнивают производительность тестовых данных в Faster R-CNN и детекторе одиночных выстрелов (SSD) на метриках: точность (precision), полнота (Recall), показатель

f1 (f1 score) и средний IoU (mean IoU) выходного двоичного изображения модели. Результаты представлены на рис. 10. При обучении было использовано 450 размеченных изображений в разрешении 1152x1152 пиксель из датасета, сделанным вручную из изображений полей, снятых на камеру дрона.

Model	Precision	Recall	F1 Score	Mean IoU	Inference Time of 1152 × 1152 Image in Seconds
Faster RCNN	0.65	0.68	0.66	0.85	0.23
SSD	0.66	0.68	0.67	0.84	0.21

Рис. 10. Сравнение производительности на тестовых данных в Faster R-CNN и SSD

Как видно из опыта, точность, полнота, показатель f1 и среднее значение IoU обеих моделей были одинаковыми, но модель SSD была немного быстрее в исполнении, чем Faster R-CNN.

В статье [10] автор сравнивает производительность YOLOv8 и SSD на NVIDIA GTX 980M.

Сравнение осуществлялось при видеонаблюдении офиса в режиме реального времени, а результаты представлены на рис. 11.

Model	Frames Per Second (FPS)	Accuracy
YOLOv8	40-155	Sacrifices some accuracy
SSD	22-46	Good accuracy

Рис. 11. Сравнения производительности YOLOv8 и SSD

При сравнении производительности YOLOv8 и SSD обе модели имеют свои сильные и слабые стороны. YOLOv8 отдает приоритет скорости, что делает его подходящим для приложений реального времени, но при этом может пожертвовать некоторой точностью. С другой стороны, SSD обеспечивает баланс между скоростью и точностью и может эффективно обрабатывать объекты разных масштабов.

В этой же статье автор сравнивает количество кадров в секунду при распознавании объектов в режиме видеонаблюдении у YOLOv8, SSD и Faster R-CNN, показанных на рис. 12.

Model	Frames Per Second (FPS)
YOLOv8	40-155
SSD	22-46
Faster R-CNN	5-7

Рис. 12. Сравнения производительности YOLOv8, SSD и Faster R-CNN

По рассмотренной информации в таблице 1 приведена эффективность трех моделей распознавания объектов при видеонаблюдении в режиме реального времени.

Таблица 1

Эффективность архитектур

Модель	Влияние изменения размера и разрешения	Скорость детектирования	Точность распознавания
Faster R-CNN	слабое	медленная	сильная
YOLOv8	среднее	быстрая	средняя
SSD	сильное	средняя	сильная

Заключение

На основании проделанной работы по исследованию нейронных сетей для распознавания объектов при видеонаблюдении можно сделать следующие выводы:

1. Точность и быстрота распознавания объектов напрямую зависит от качества и количества изображений датасета при обучении модели;
2. Размер распознаваемого объекта и разрешение изображения влияют на производительность: изображения одинакового разрешения позволяют эффективнее распознать находящийся там объект.

Точность Faster R-CNN меньше всего подвержена влиянию при изменении разрешения изображения и размера распознаваемого объекта в процессе видеонаблюдения. Модели YOLO быстры, но SSD точнее в распознавании. Исходя из различных целей и условий по распознаванию объектов, каждая из моделей может показать хорошие результаты.

Список использованных источников

1. Deep learning concepts and datasets for image recognition // Researchgate.net: сайт. – 2019. – URL: https://www.researchgate.net/figure/Architecture-of-the-Region-based-Convolutional-Neural-Network_fig4_335183353 (дата обращения: 03.04.2024).
2. Faster R-CNN Based Deep Learning for Seagrass Detection from Underwater Digital Images // Researchgate.net: сайт. – 2017. – URL: https://www.researchgate.net/figure/An-overview-of-object-detection-with-Faster-R-CNN-It-is-a-single-deep-network-having-two_fig1_338365099 (дата обращения: 03.04.2024).
3. Introduction to How Faster R-CNN, Fast R-CNN and R-CNN Works // YouTube.com: сайт. – 2017. – URL: https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=v5bFVbQvFRk (дата обращения: 03.04.2024).
4. Raza M. Yolo V8: A Deep Dive Into Its Advanced Functions and New Features. – Текст: электронный // Medium.com: сайт. – 2023. – 16 октября. – URL: https://medium.com/@mujtabaraza194/yolo-v8-a-deep-dive-into-its-advanced-functions-and-new-features-f008599fe604 (дата обращения: 02.04.2024).
5. Model design instructions. YOLO series model basic class // Github.com: сайт. – URL: https://github.com/open-mmlab/mmyolo/blob/main/docs/en/recommended_topics/model_design.md (дата обращения: 02.04.2024).
6. Ultralytics YOLOv8 // Github.com: сайт. – URL: https://github.com/ultralytics/ultralytics (дата обращения 02.04.2024).
7. Филичкин С.А., Вологдин С.В. Сравнение эффективности алгоритмов YOLOv5 и YOLOv8 для обнаружения средств индивидуальной защиты человека / Интеллектуальные системы в производстве: статья // Ижевск: ИжГТУ имени М.Т. Калашникова. – 2023. – Том 21. – № 3. – С. 124–131.
8. Baeldung. Single Shot Detectors (SSDs). The SSDs Architecture. – Текст: электронный // Baeldung.com: сайт. – 2023. – 19 июня. – URL: https://www.baeldung.com/cs/ssd (дата обращения: 03.04.2024).
9. Narenthiran Veeranampalayam Sivakumar A., Li J, Scott S., Psota E., J. Jhala A. Comparison of Object Detection and Patch-Based Classification Deep Learning Models on Midto Late-Season Weed Detection in UAV Imagery / Biological Systems Engineering: журнал // Lincoln: DigitalCommons@University of Nebraska. – 2020. – 3 июля. – С. 13.
10. YOLOv8 vs SSD: Choosing the Right Object Detection Model. Understanding Object Detection Models: Faster R-CNN, YOLO, and SSD. – Текст: электронный // Keylabs.ai: сайт. – 2023. – 23 декабря. – URL: https://keylabs.ai/blog/yolov8-vs-ssd-choosing-the-right-object-detection-model (дата обращения: 03.04.2024).

ОБУЧЕНИЕ АГЕНТОВ В ВИРТУАЛЬНОЙ СРЕДЕ KUKADIVERSOBJECTENV

Залогин Н.Е.
Национальный исследовательский Томский политехнический университет, ИШИТР
e-mail: nez4@tpu.ru

Аннотация

В исследовании сравниваются алгоритмы DQN и PPO, а также 3 модификации PPOv1, PPOv2, PPOv3 в среде KukaDiverseObjectEnv с использованием физического движка PyBullet. Результаты оцениваются по скорости обучения, стабильности и успешности решения задачи. Результаты исследования способствуют оптимизации алгоритмов обучения с подкреплением в сложных средах робототехники.

Ключевые слова: *обучение с подкреплением,* робот манипулятор*, pybullet, dqn, ppo.*

Введение

В последние десятилетия обучение с подкреплением (Reinforcement Learning, RL) привлекло значительное внимание исследователей и применимо к широкому спектру областей, включая робототехнику, игровую индустрию и автономную навигацию. Это обусловлено способностью алгоритмов RL эффективно принимать решения и преуспевать в сложных и динамичных средах на основе накопленного опыта. Так в последние годы исследователи из Google Research [1] опубликовали несколько работ с использованием роботов манипуляторов [2, 3], где достигли отличных результатов для крайне сложных и разнообразных задач. Однако, несмотря на прогресс в этой области, все еще существуют вызовы, связанные с некоторыми ограничениями и высокой вычислительной сложностью, в сложных средах.

Целью данной работы является реализация и сравнение алгоритмов Deep Q-Networks (DQN) [4] и Proximal Policy Optimization (PPO) [5], а также трех модификаций PPO - PPOv1, PPOv2, PPOv3. Алгоритмы реализованы и протестированы с использованием среды KukaDiverseObjectEnv [6] на физическом движке PyBullet [7]. Эти алгоритмы широко известны и демонстрируют некоторую эффективность в различных областях, но все еще требуют дальнейшего исследования и сравнения для повышения их производительности и применимости в сложных средах робототехники.

Также будет проведен анализ результатов работы каждого алгоритма на основе метрик, таких как скорость обучения, количество взаимодействий со средой и процент успешного выполнения задачи. Это позволит сравнить эффективность и применимость каждого алгоритма в среде KukaDiverseObjectEnv. Полученные результаты будут полезны для оптимизации алгоритмов обучения с подкреплением в сложных средах робототехники, а также для принятия решений о выборе наиболее подходящего алгоритма в конкретной задаче.

Описание алгоритма

KukaDiverseObjectEnv – среда симуляции на платформе PyBullet, разработанная для обучения агентов манипулированию объектами. Агенту необходимо принимать решение между 3 действиями – по одному действию для перемещения по каждой из осей x и y, а также одно действие для бездействия. При каждом шаге в среде манипулятор автоматически опускается. Таким образом агенту необходимо захватить и поднять любой объект из корзины. В данной задаче награда является бинарной, и выдается, только если один из объектов находится выше заданной высоты к концу эпизода. Входными данными, предоставляемыми агенту, являются трехканальные изображения состояния среды размером (48, 48, 3), пример такого изображения приведен на рис. 1. Благодаря редкой двоичной награде, графическим входным данным и сложности задачи в целом, среда становится достаточно интересной для исследования.

Для обучения агентов использованы алгоритмы DQN, PPO и три модификации примененного алгоритма PPO.

Поскольку входными данными является изображение с камеры, все реализованные алгоритмы используют сверточную (convolutional) нейронную сеть для его обработки и получения необходимых, для принятия решений, признаков.

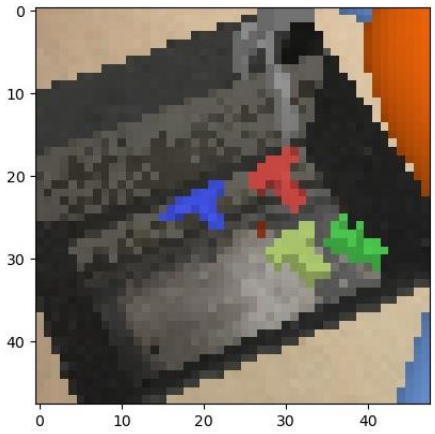


Рис. 1. Пример изображения с камеры робота

Алгоритм DQN является off-policy алгоритмом и использует нейронную сеть для приближения функции Q, которая оценивает ожидаемый суммарное дисконтированное вознаграждение агента для каждой пары состояние-действие в среде. Для тренировки алгоритма DQN будет использоваться воспроизведение опыта (Experience Replay). Оно сохраняет последовательности переходов $e_t = (S_t,A_t,R_t,S_{t+1})$ (где e – эпизод обучения, S – множество состояний среды, A – множество действий, R – множество наград), наблюдаемых агентом в память воспроизведения $D_t = \{e_1,\ldots,e_t\}$, что позволяет повторно использовать эти данные позже. Путем случайной выборки из памяти достигается декорреляция переходов, из которых формируется пакет данных (Batch). Это значительно стабилизирует и улучшает процедуру обучения алгоритма DQN. Необходимо отметить, что входные данные в данном алгоритме представлены в оттенках серого, что значительно упрощает обучение агента.

Алгоритм PPO является алгоритмом, основанным на политике (on-policy), и использует actor-critic архитектуру. PPO применяет две ключевые идеи для обеспечения стабильности и эффективности обучения. Первая идея — это обновление политики на основе отношения вероятностей между старой и новой политиками, чтобы ограничить ее изменение. Отношение политик вычисляется по формуле (1) [8]. Это означает, что ее обновление происходит малыми шагами и избегает значительных изменений, которые могут приводить к нестабильности обучения. Вторая идея – это использование значений преимуществ (advantages) для выравнивания обновлений политики, в противовес абсолютным вероятностям. Это способствует более сбалансированному и стабильному обучению.

$$r(\theta) = \frac{\pi_\theta(a \mid s)}{\pi_{\theta_{old}}(a \mid s)}, \tag{1}$$

где π – политика, θ - параметры политики, a – действие в среде, s – состояние среды, π(a|s) определяет вероятность выбора действия a в состоянии s.

Без ограничения на расстояния между новой и старой политиками, максимизация целевой функции привела бы к нестабильности с чрезвычайно большими обновлениями параметров и большими коэффициентами политики. PPO накладывает ограничение, заставляя оставаться в пределах небольшого интервала. Вычисляется целевая функция с этими изменениями по формуле (2) [8].

$$J^{CLIP}(\theta) = \mathrm{E}[\min(r(\theta)\hat{A}_{\theta_{old}}(s,a), clip(r(\theta),1-\varepsilon,1+\varepsilon)\hat{A}_{\theta_{old}}(s,a)], \tag{2}$$

где A(s,a) – функция преимуществ, ε – гиперпараметр.

В дополнение к ограниченному вознаграждению, целевая функция дополняется членом ошибки при оценке значения и энтропией, чтобы стимулировать достаточное исследование среды. В итоге целевая функция будет вычисляться по формуле (3) [8].

$$J^{CLIP}(\theta) = \mathrm{E}[J^{CLIP}(\theta) - c_1(V_0(s) - V_{target})^2 + c_2 H(s,\pi_\theta(.))] \tag{3}$$

где c_1 и c_2 – константные гиперпараметры, V(s) - ожидаемый возврат состояния s.

Топология сети в алгоритме PPO представлена следующим образом:

1. Входной слой: изображение с 3 каналами;
2. Сверточные слои:
   2.1. 16 фильтров, размер ядра (8x8), шаг (4x4);
   2.2. 32 фильтра, размер ядра (4x4), шаг (2x2);
   2.3. 32 фильтра, размер ядра (3x3), шаг (1x1).
3. Полносвязные слои:
   3.1. Общий слой: (128, 64) нейронов;
   3.2. Critic: (64, 1) нейронов;
   3.3. Actor: (64, 3) нейронов.

Алгоритм PPOv1 представляет собой первую модификацию PPO, специально адаптированную для взаимодействия со средой KukaDiverseObjectEnv. В данной модификации, помимо структурных изменений в обучающем цикле, произведены изменения в пространствах наблюдений и действий. Входные данные представлены изображениями размером (84, 84, 3), а количество доступных действий увеличено до пяти: по два действия для перемещения по каждой из осей x и y, а также одно действие для бездействия. Изменения также затронули архитектуру нейронной сети. Дополнительные скрытые слои были добавлены для сетей actor-critic. Кроме того, в сверточных слоях изменены размеры ядра и шаг, а также применена пакетная нормализация (BatchNorm2d). В качестве метода инициализации весов нейронной сети использован метод равномерного распределения Ксавье (xavier-uniform). Данные изменения должны стабилизировать и ускорить обучение агента.

Топология сети в алгоритме PPOv1 после изменения представлена следующим образом:

1. Входной слой: изображение с 3 каналами;
2. Сверточные слои:
   2.1. 16 фильтров, размер ядра (5x5), шаг (2x2);
   2.2. Пакетная нормализация: 16 нейрона;
   2.3. 32 фильтра, размер ядра (5x5), шаг (2x2);
   2.4. Пакетная нормализация: 32 нейрона;
   2.5. 32 фильтра, размер ядра (5x5), шаг (2x2);
   2.6. Пакетная нормализация: 32 нейрона.
3. Полносвязные слои:
   3.1. Общий слой: (128, 64) нейронов;
   3.2. Общий слой: (64, 64) нейронов;
   3.3. Critic: (64, 1) нейронов;
   3.4. Actor: (64, 5) нейронов.

Алгоритм PPOv2, являющийся второй модификацией PPO, вносит дополнительные изменения к PPOv1, включая синхронное параллельное выполнение действий в среде. Этот подход существенно ускоряет процесс сбора траекторий действий в среде и, следовательно, улучшает производительность обучения агента в целом. Реализация параллельных сред выполнена с использованием библиотеки «multiprocessing», при этом число параллельных сред составляет 20, что соответствует количеству потоков процессора на рабочей станции.

Алгоритм PPOv3 представляет собой третью модификацию PPO, продолжающую развитие PPOv2. В этой версии алгоритма были оптимизированы некоторые гиперпараметры благодаря использованию модульной системы обучающего цикла. В частности, главными изменениями стали уменьшение размера пакета данных и увеличение скорости обучения (Learning rate), что позволило сократить длительной эпизодов обучения и ускорить процесс обновления весов модели, что также ускорило обучение. Важным изменением является увеличение глубины слоев с большим количеством нейронов для сверточные сети, включая общие слои (shared layers) и слои actor-critic.

Топология сети в алгоритме PPOv3 после изменения представлена следующим образом:

1. Входной слой: изображение с 3 каналами;
2. Сверточные слои:
   2.1. 32 фильтров, размер ядра (5x5), шаг (2x2);
   2.2. Пакетная нормализация: 32 нейрона;
   2.3. 64 фильтра, размер ядра (5x5), шаг (2x2);
   2.4. Пакетная нормализация: 64 нейрона;
   2.5. 64 фильтра, размер ядра (5x5), шаг (2x2);

2.6. Пакетная нормализация: 64 нейрона.

3. Полносвязные слои:
   3.1. Общий слой: (576, 512) нейронов;
   3.2. Общий слой: (512, 256) нейронов;
   3.3. Общий слой: (256, 128) нейронов;
   3.4. Общий слой: (128, 64) нейронов;
   3.5. Скрытый слой Critic: (64, 512) нейронов;
   3.6. Critic: (512, 1) нейронов;
   3.7. Скрытый слой Actor: (64, 512) нейронов;
   3.8. Actor: (512, 5) нейронов.

Для тестирования и оценки алгоритмов обучения агентов был установлен критерий ранней остановки обучения – достижение средней награды в 50 за 100 эпизодов, что эквивалентно 50 % точности.

Для оценки точности обученных агентов использовалась та же среда в режиме тестирования, это позволило проверить их способность достигать соответствующих результатов при отличающихся условиях.

Результаты

По ходу обучения агентов были проведены измерения средней награды за 100 эпизодов, результаты которых представлены на рис. 2, 3.

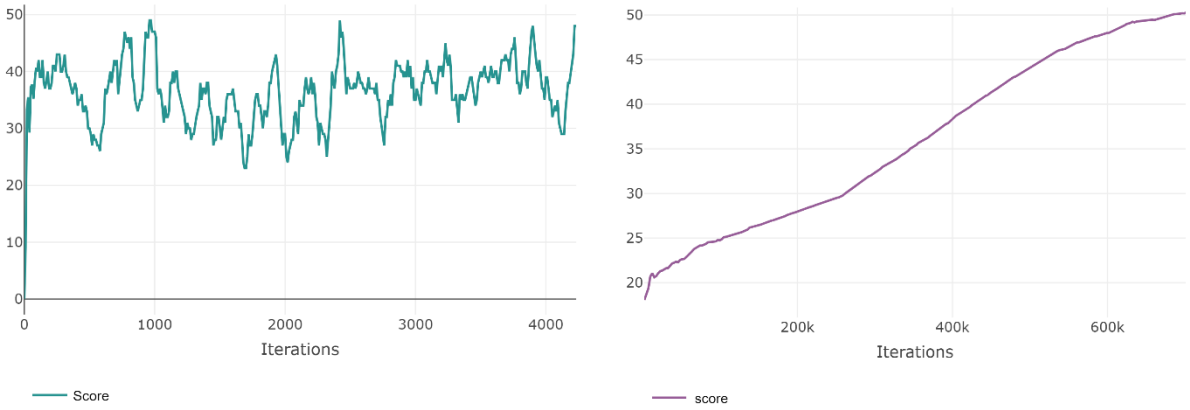


Рис. 2. Средняя награда агента DQN (а), Средняя награда агента PPO (б)

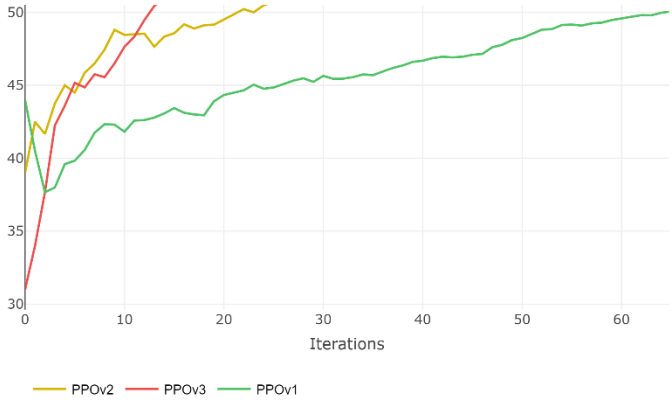


Рис. 3. Средняя награда агентов PPOv1, PPOv2, PPOv3

В дополнение к графикам средней награды, были зафиксированы показатели конечной средней награды, количество шагов обучения и время обучения, приведенные в таблице 1.

Таблица 1

Сравнение показателей обученных агентов

Агент	Средняя награда	Шаги обучения	Время обучения
DQN	51,000	4239	2:06:54,878
PPO	50,202	696320	5:12:04,500
PPOv1	50,690	26 (26624)	1:52:07,842
PPOv2	50,061	65 (66560)	0:35:12,836
PPOv3	50,067	13 (13312)	0:09:34,629

Из результатов, представленных на рис. 2, 3 и таблице 1, можно сделать вывод о том, что алгоритмы DQN и PPO достигают поставленной цели, но для этого требуется слишком продолжительное время. Модификация PPOv1 смогла сократить время обучения агента PPO до эквивалентного с агентом DQN значения. Параллелизация среды в PPOv2 значительно ускорила процесс обучения агента. Однако, это привело к увеличению количества взаимодействий со средой и соответственно итераций обучения. Модификация PPOv3 успешно решает эту проблему, позволяя сильнее сократить время обучения агента.

Для тестирования полученных агентов использовалось по 1000 эпизодов среды в тестовом режиме. Результаты тестирования приведены в таблице 2.

Таблица 2

Тестирование обученных агентов

Агент	DQN	PPO	PPOv1	PPOv2	PPOv3
True episode	47,8 %	49,7 %	50,2 %	49,1 %	52,4 %
False episode	52,2 %	50,3 %	49,8 %	50,9 %	47,6 %

Заключение

Стандартные DQN и PPO алгоритмы показали хорошие результаты и продемонстрировали способность решать поставленную задачу, но они имеют значительные проблемы с вычислительной сложностью. За счет изменения нейросети и дополнительных оптимизаций в PPOv1, время обучения для рассматриваемой задачи было сильно сокращено. Благодаря параллелизации сред в PPOv2, удалось еще сильнее сократить время обучения, несмотря на увеличение количества итераций обучения. Модификация PPOv3 устраняет этот недостаток, при этом также сокращая время обучения. Все реализованные агенты в том числе DQN, PPO и модификации PPOv1, PPOv2, PPOv3, успешно решают поставленную задачу, достигая точности в районе 50 % за 1000 тестовых эпизодов.

В будущем предполагается дальнейшее улучшение алгоритма PPO и общего процесса обучения для достижения лучших результатов. Рассмотрение различных дополнительных стратегий, может расширить возможности и повысить производительность агентов. А замена среды обучения на уже существующие варианты или создание собственной среды может открыть новые направления исследований в области обучения с подкреплением.

Список использованных источников

1. Google Research – Текст: электронный // Google. – 2024. – URL: https://research.google/ (дата обращения: 29.03.2024).
2. Zeng A. et al. Tossingbot: Learning to throw arbitrary objects with residual physics // IEEE Transactions on Robotics. – 2020. – Т. 36. – №. 4. – С. 1307-1319.
3. Zeng A. et al. Transporter networks: Rearranging the visual world for robotic manipulation //Conference on Robot Learning. – PMLR, 2021. – С. 726-747.
4. Mnih V. et al. Human-level control through deep reinforcement learning // Nature. – 2015. – Т. 518. – №7540. – С. 529-533.
5. Schulman J. et al. Proximal policy optimization algorithms //arXiv preprint arXiv:1707.06347. – 2017.

6. bulletphysics/bullet3 bullet/kuka_diverse_object_gym_env.py – Текст: электронный // bulletphysics – 2020. – URL: https://github.com/bulletphysics/bullet3/blob/master/examples/pybullet/gym/pybullet_envs/bullet/kuka_diverse_object_gym_env.py (дата обращения: 29.03.2024).
7. PyBullet – Текст: электронный // PyBullet – 2024. – URL: https://pybullet.org/wordpress/ (дата обращения: 29.03.2024).
8. Lilian Weng Policy Gradient Algorithms – Текст: электронный // Lil'Log – 2018. – URL: https://lilianweng.github.io/posts/2018-04-08-policy-gradient/#ppo (дата обращения: 29.03.2024).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ МИКРОПЛАСТИКА В ВОДЕ

Егоров Ю. А.
Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение лицей при ТПУ,
e-mail: uriego544@gmail.com

Аннотация

Данное исследование является крайне актуальным, поскольку микропластик становится настоящей угрозой нашей планете и здоровью людей, незаметно проникая в водные экосистемы и пищевые цепи. Разработка метода эффективного анализа изображений и выявления микропластика с помощью нейронных сетей открывает новые возможности для его мониторинга и предотвращения распространения, делая окружающую среду безопаснее для обитателей нашего земного шара.

Ключевые слова: микропластик, нейронные сети, компьютерное зрение.

Введение

Микропластик представляет собой серьезную угрозу для окружающей среды и здоровья человека, поскольку его мельчайшие частицы проникают в водные экосистемы и пищевые цепи, кроме того, они могут накапливаться в организмах различных живых существ и вызывают долгосрочные неблагоприятные последствия [1]. Обнаружить микропластик традиционными химическими методами представляется значительные трудности из-за его разнообразного состава и сложности самого процесса.

В последнее время внимание исследователей всё чаще привлекает проблема обнаружения микропластика в различных средах, включая почву и воду. Одним из перспективных направлений в этой области является использование фотографий для детекции микропластика, что позволяет определять его присутствие и характеристики без непосредственного контакта с образцами. В свете этого, использование нейросетей, решающих задачи object detection, становится перспективным способом эффективного выявления микропластика в воде, что может значительно улучшить мониторинг и контроль за его распространением.

Потенциальными пользователями данной системы были обозначены коммунальные службы, роспотребнадзор, экологические команды и лаборатории. Кроме того, данную модель потенциально могут использовать частные и юридические лица для контроля состояния воды на личных участках, производствах и различных объектах.

Обзор литературы

В работе под названием «Processed image for microaneurysms detection» [2] исследователи фокусируются на методах обработки изображений для выявления микроаневризм. Хотя прямого отношения к микропластику работа не имеет, предложенные методы могут найти применение и в задачах детекции микропластика благодаря развитым алгоритмам обработки и анализа изображений.

В статье «Separation of microplastics from a coastal soil and their surface microscopic features» [3] авторы рассматривают процесс отделения микропластиков от прибрежного грунта и анализ их поверхностных микроскопических особенностей. Для фотографирования микропластиков и последующего анализа изображений использовалась программа Nano Measurer 1.2, что позволило провести подсчет и измерение размеров частиц. Кроме того, для характеристики поверхности микропластиков применялся сканирующий электронный микроскоп с энергодисперсионным спектрометром (SEM-EDS), что дало возможность более детально изучить структуру микропластика.

Работа «Detecção de microaneurismas em imagens de fundo de olho» [4] также касается обработки медицинских изображений, в частности, детекции микроаневризм на изображениях глазного дна. Используемые в исследовании методы и подходы могут быть адаптированы для задач обнаружения микропластика на фотографиях, учитывая схожесть задач анализа мелких объектов на сложном фоне.

В исследовании «Photoaging process and mechanism of four commonly commercial microplastics» [5] изучается процесс и механизм фотостарения четырех распространенных видов коммерческого микропластика. Хотя основной акцент делается на изменениях, происходящих с микропластиком под воздействием света, данные о морфологических и химических изменениях могут быть полезны при анализе фотографий микропластика, особенно при оценке его возраста и степени деградации.

Описание алгоритма

Для разработки модели были выбраны язык программирования Python и библиотека TensorFlow, предоставляющая обширный набор инструментов для создания и обучения нейронных сетей, включая специализированные модули для решения задач компьютерного зрения [6].

Основные алгоритмы TensorFlow Object Detection API основаны на методах глубокого обучения, в частности на моделях сверточных нейронных сетей (англ. – CNN). Эти модели могут распознавать и локализовать объекты на изображениях путем прогнозирования ограничивающих рамок и меток классов объектов. Качество работы этих моделей оценивается с использованием средней точности (mAP), которая сочетает в себе точность и полноту для измерения способности модели точно обнаруживать объекты при минимизации ложных результатов.

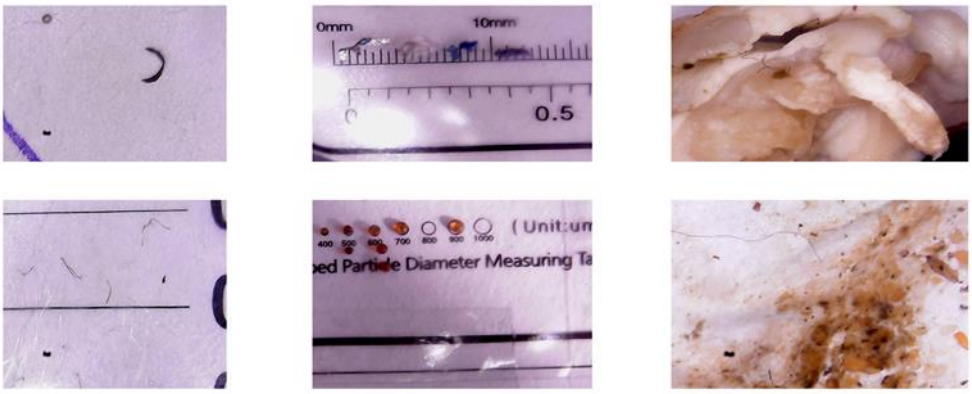


Рис. 1. Примеры изображений из сформированного датасета

При создании набора данных (датасета) для обучения, валидации и тестирования модели осуществлялся сбор изображений, разрешением 1600x1200 пикселей, с тремя основными видами микропластика: синтетическая нить, маленькие шароподобные частицы и кусочки пластиковой упаковки. Изображения подбирались в соответствии с принципом, согласно которому они должны максимально соответствовать реальным условиям, включая присутствие на снимках объектов из перечисленных классов (один, два или более), а также задний план в виде бумажного фильтра, поверхности воды и прочего [7]. Также изображения из набора данных для обучения были подвергнуты аугментации (создание дополнительных изображений из имеющихся данных) для увеличения объема выборок и возможности удобного добавления новых категорий микропластика [7].

Результаты исследования точности классификации на тестовой выборке в зависимости от изменения формата микропластика на изображениях представлены в таблице 1. Анализируя их, можно сделать вывод, что предложенная модель успешно справляется с классификацией объектов на изображениях тестовой выборки. Кроме того, стоит уточнить что не только формата микропластика на изображениях, но и фон, освещение и перспектива влияют на результат, но это влияние незначительно, что не позволяет достоверно отобразить его в таблице.

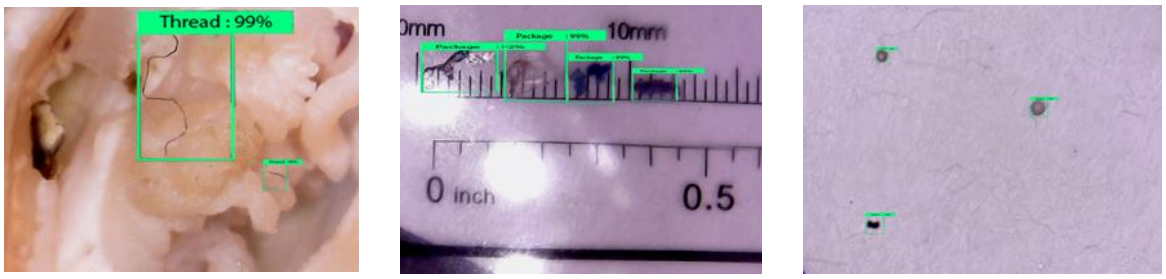
Таблица 1

Точность классификации модели на тестовой выборке изображений

Формат микропластика	Значения рассматриваемой метрики (mAP)
Синтетическая нить	0,9878
Кусочки упаковки	0,9267
Шароподобные частицы	0,9689

Из таблицы 1 также следует, что значения зависят весьма сложным образом от формата микропластика.

Примеры самых эффективных тестов представлены на рис.2.



а) б) в)

Рис. 2. Примеры тестовых изображений: а − синтетическая нить, б − кусочки упаковки, в − шароподобные частицы

Заключение

Задача мониторинга наличия и распространения микропластика в воде и водных организмах сегодня является весьма актуальной. Для решения задачи детектирования таких объектов была предложена модель, основанная на сверточных нейронных сетях. Для обучения и исследования модели сформирован датасет. Исследования модели показали, что она успешно справляется с классификацией изображений, максимально достигнутая точность для некоторых примеров составляет 0.99.

Список использованных источников

1. Синицына О.О., Еремин Г.Б.: Загрязнение микропластиком воды–угроза здоровью человека и окружающей среде (обзор литературы) //Анализ риска здоровью. – 2023. – № 3.

2. Hongying L., Jonathan G., Tunde Peto, Bingo Wing-Kuen Ling, Lutfiah Ismail Al turk, Yin Huairuo, Su Wang, George M.S. Processed image for microaneurysms detection. – 2013.

3. Zhou Q., Zhang H., Zhou Y., Yuan L., Xue Y., Fu C., Chen T., Luo Y. Separation of microplastics from a coastal soil and their surface microscopic features. – 2016. – DOI: 10.1360/N972015-01098.

4. Silva A.A., Carneiro P., Cardoso F.S. Detecção de microaneurismas em imagens de fundo de olho. – 2017.

5. Wang Huiqian, Zhu Jiahui, He Yuan, Wang Jia-Wei, Zeng Nengde, Zhan X. Photoaging process and mechanism of four commonly commercial microplastics. – 2023.

6. TensorFlow API Documentation.URL: https://www.tensorflow.org/api_docs

7. Харбанс Р. Грокаем алгоритмы искусственного интеллекта / Р. Харбанс. – СПб.: Питер, 2024. – 368 с.: ил. – ISBN 978-5-4461-2924-9.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ВИДЕОАНАЛИТИКИ ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОГО КОНТРОЛЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И МОНИТОРИНГА СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ

Рум Р.А.
Томский политехнический университет, ИШИТР, студент гр. 8В02, e-mail: rar7@tpu.ru

Аннотация

Работа посвящена разработке системы видеоаналитики для дистанционного контроля промышленной безопасности. В рамках проекта использовалась сверточная нейронная сеть YOLOv8 Nano для автоматического определения и классификации нарушений правил безопасности на основе входных видеоизображений. Применение разработанной системы видеоаналитики может способствовать повышению уровня безопасности на производстве, обеспечивая более эффективный и надежный мониторинг.

Ключевые слова: видеоаналитика, нейронные сети, контроль промышленной безопасности.

Введение

Системы видеоаналитики становятся все более актуальными в области промышленной безопасности благодаря своей способности гибко управлять видеопотоками, автоматизировать аналитические функции, снижать нагрузку на персонал за счет концентрации на определенных инцидентах, а также исключать человеческий фактор в фиксации нарушений на производственных объектах. Эти системы позволяют эффективно контролировать безопасность на производстве, сокращать затраты предприятий за счет уменьшения численности персонала, экономии пространства для хранения данных и получения ценной информации о работе персонала. Рост промышленной автоматизации и повышение требований к безопасности в различных отраслях увеличивают потребность в видеоаналитике, делая ее неотъемлемой частью современных систем обеспечения безопасности и инфраструктуры предприя-тий [1].

Целью данной работы является разработка системы видеоаналитики для дистанционного контроля промышленной безопасности с использованием методов машинного обучения. Основная идея проекта заключается в создании модели, способной автоматически анализировать видеоданные, определять возможные нарушения правил безопасности и классифицировать их для последующего принятия соответствующих мер по предотвращению рисков.

Описание набора данных

В работе использовался подготовленный набор данных [2], состоящий из изображений, полученный на различных промышленных объектах. Изображения разделены на 10 классов в соответствие с присутствием на них или отсутствие средств индивидуальной защиты: Hardhat (защитный шлем), Mask (маска), NO-Hardhat (отсутствие защитного шлема), NO-Mask (отсутствие маски), NO-Safety Vest (отсутствие жилета безопасности), Person (человек), Safety Cone (конус безопасности), Safety Vest (жилет безопасности), Machinery (оборудование) и Vehicle (транспортное средство). При обучении и тестировании модели набор данных был разделен на следующие выборки: обучающая – 2605 изображений, валидационная – 114 изображений, тестовая – 82 изображения. Разрешение используемых изображений составляет 640 на 640 пикселей.

Результат анализа баланса классов представлен на рис. 1. Общее распределение классов между тренировочными, валидационными и тестовыми наборами данных схоже, явный дисбаланс классов отсутствует.

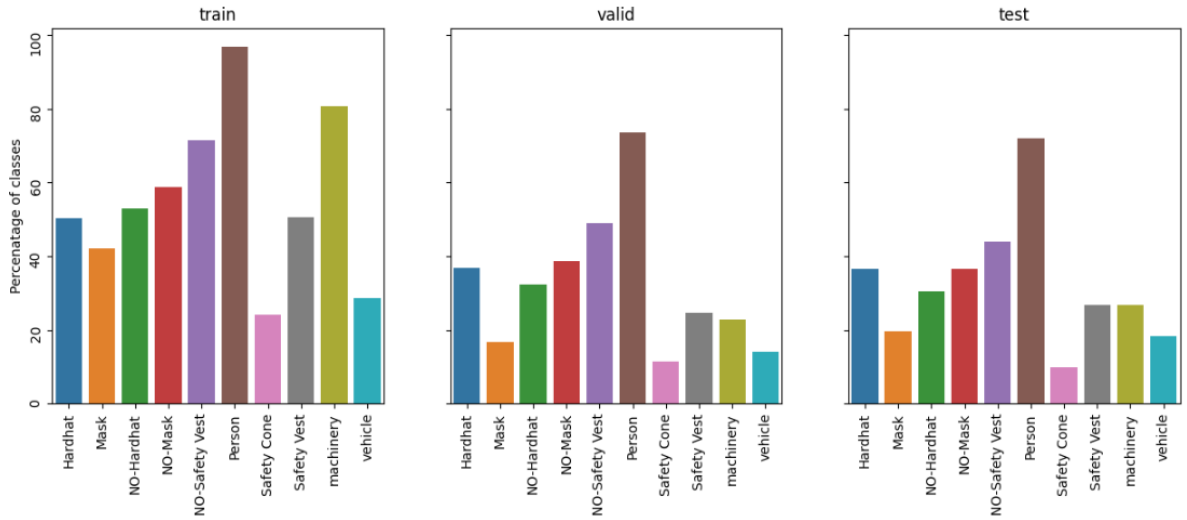


Рис. 1. Анализ баланса классов

Обучение модели сверточной нейронной сети

На сегодняшний день YOLOv8 – одна из наиболее эффективных нейронных сетей для обнаружения объектов [3].

Обучение нейронной сети в данной работе проводилось в среде для проведения облачных вычислений Google Collab на GPU NVIDIA Tesla T4. Было установлено 30 эпох обучения, размер пакета данных для одной итерации обучения составлял 32. Для оценки качества работы модели на обучающей, валидационной и тестовой выборках использовались следующие метрики: precision, recall, mAP50 и mAP50-95. Графики, характеризующие изменение в ходе обучения функции потерь и значений выбранных метрик, представлен на рис. 2. Результат классификации, полученной с помощью обученной модели, показан на рис. 3.

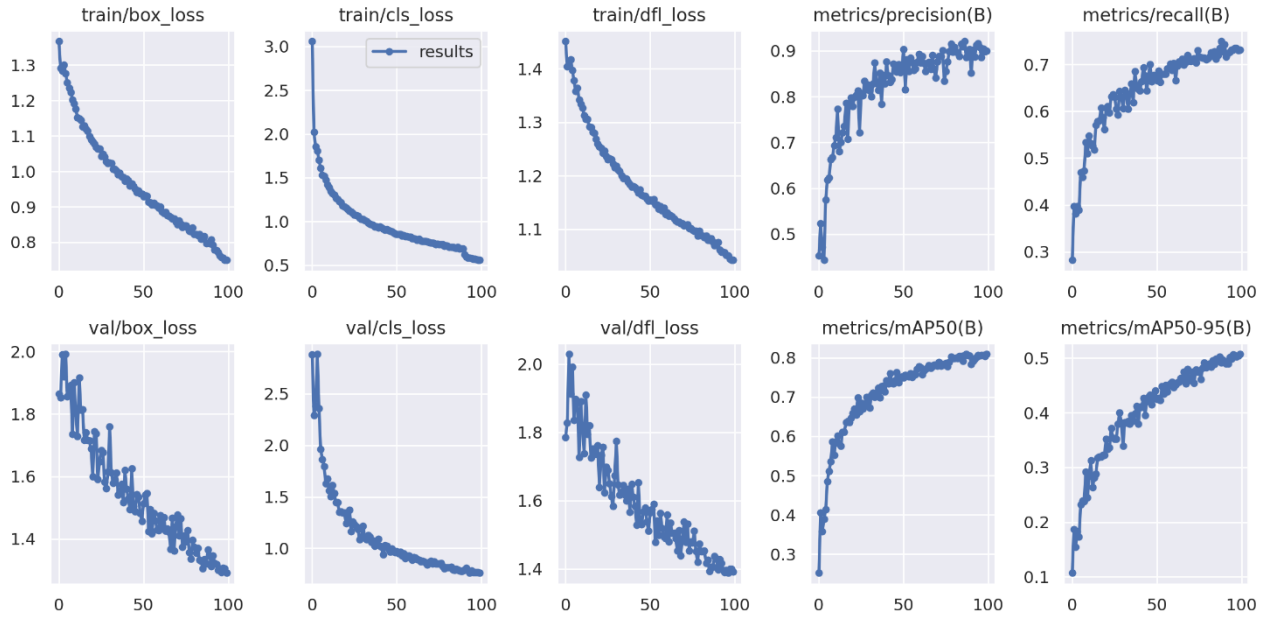


Рис. 2. Графики метрик и функций потерь



Рис. 3. Классификация объектов на изображениях с помощью модели YOLOv8 Nano

Архитектура системы видеоаналитики

Система видеоаналитики для дистанционного контроля промышленной безопасности и мониторинга средств индивидуальной защиты реализована в виде веб-приложения. Frontend-часть веб-приложения представляет собой пользовательский интерфейс, позволяющий оператору отслеживать результаты работы сервиса мониторинга дистанционного контроля безопасности и статистику по обнаруженным нарушениям. Пользователь имеет возможность авторизации для доступа к функционалу приложения. На backend-части веб-приложения происходит обработка видеопотока от видеокамеры, применение обученной модели и передача результатов пользователю. База данных используется для хранения информации о пользователях и их авторизации, а также накопления информации по нарушениям.

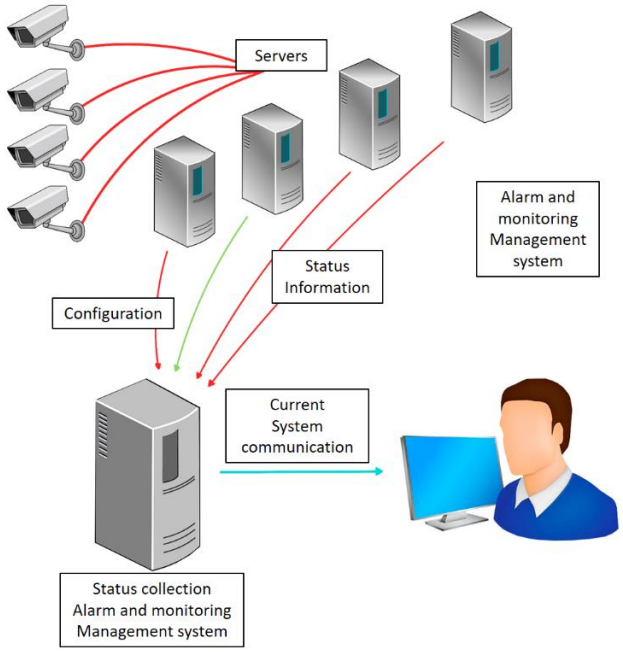


Рис. 4. Конфигурация системы

Заключение

Результатом работы является прототип системы видеоаналитики для дистанционного контроля промышленной безопасности, в основе которой лежит методы машинного обучения. Использование

сверточной нейронной сети YOLOv8 Nano позволяет автоматически обнаруживать и классифицировать нарушения правил безопасности на производстве, что способствует повышению эффективности и надежности мониторинга, а, следовательно, обеспечивает более безопасные условия труда и может привести к сокращению финансовых издержек предприятий.

Список использованных источников

1. Могилин К.А., Селищев В.А.Интеллектуальные системы видеонаблюдения в комплексах безопасности // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 3. – С. 89-94.

2. Construction Site Safety Image Dataset Roboflow [Электронный ресурс]. – URL: https://www.kaggle.com/datasets/snehilsanyal/construction-site-safety-image-dataset-roboflow/data (дата обращения: 22.01.2024).

3. Ultralytics YOLOv8 [Электронный ресурс]. – URL: https://habr.com/ru/articles/710016/ (дата обращения: 07.02.2024).

АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ АУГМЕНТАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ СВЕРТОЧНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

Небаба С.Г.
Томский политехнический университет, к.т.н., доцент ОИТ ИШИТР, e-mail: stepanlfx@tpu.ru

Аннотация

В работе проводится сравнительный анализ 3 алгоритмов аугментации изображений (поворот, отражение, мозаичное размещение) для повышения эффективности обучения сверточных нейронных сетей. Получены результаты точности детектирования объектов с помощью сверточной нейронной сети YOLOv7-Tiny, обученной на нескольких аугментированных датасетах, в задаче обнаружения объектов в воздушном пространстве.

Ключевые слова: детектирование объектов в воздушном пространстве, сверточная нейронная сеть, аугментация изображений, YOLO.

Введение

Детектирование летающих объектов (в контексте обнаружения объекта и распознавания его класса) является одной из ключевых задач в сфере контроля воздушного пространства. Быстродействие в решении этой задачи является критичным условием (вплоть до требований работы средств распознавания в режиме реального времени), что ведет к активному использованию систем детектирования (обнаружения) и классификации объектов, основанных на алгоритмах компьютерного зрения и машинного обучения, в том числе на сверточных нейронных сетях (СНС) [1,2].

Точность классификации объектов с помощью СНС во многом зависит от архитектуры сети и датасета, на котором производится ее обучение. В рамках задачи классификации летающих объектов необходим датасет, содержащий изображения различных пилотируемых и беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), птиц и других объектов, которые могут быть встречены в воздушном пространстве.

Одна из основных проблем, с которыми можно столкнуться в процессе подготовки датасета, связана с недостаточным количеством изображений объектов каждого класса. Для решения этой задачи используется ряд алгоритмов аугментации, которые показывают свою эффективность в тех или иных условиях обучения СНС.

Основная цель работы состоит в исследовании эффективности различных алгоритмов аугментации датасета, который составлен из небольшого числа изображений объектов в воздушном пространстве.

В качестве СНС для исследования алгоритмов аугментации выбрана YOLOv7-Tiny [3], которая показывает хорошее соотношение точности и скорости классификации объектов в воздушном пространстве [4]. Исследование ведется при детектировании на изображениях объектов 4 классов: птицы, квадрокоптеры, БПЛА самолетного типа и неизвестные объекты.

Описание исходного датасета

В качестве исходного датасета с малым числом изображений использовался набор изображений, на которых представлено 4 класса объектов: bird (птица), uav quadcopter type (БПЛА-квадрокоптеры), uav plane type (БПЛА самолетного типа), undefined (другие, неизвестные объекты). Общий объем датасета - 1946 изображений.

Изображения в датасете сформированы таким образом, чтобы присутствовали как примеры одиночных объектов на изображении, так и примеры множества объектов в кадре. Однако при этом число изображений каждого класса недостаточно для устойчивого обучения нейронной сети. Общее число объектов по классам следующее:

- bird – 387;
- uav quadcopter type – 1141;
- uav plane type – 586;
- undefined – 672.

Датасет разделен на следующие выборки:

- обучающая – 1380 изображений (70 %);

- проверочная (валидационная) – 389 изображений (20 %);
- тестовая – 190 изображений (10 %).

Примеры 4 изображений из датасета представлены на рис. 1.



Рис. 1. Примеры 4 изображений из датасета

Аугментация изображений датасета

Аугментация изображений – это процесс внесения разнообразия в датасет путем применения различных трансформаций к исходным изображениям и добавление трансформированных изображений в датасет. Целью аугментации является улучшение обобщающей способности модели СНС, расширение разнообразия данных для более эффективного обучения [5].

Алгоритмы аугментации данных повышают способность моделей СНС к точному распознаванию объектов с большой степенью изменчивости при малом объеме выборки. Объекты в воздушном пространстве относятся к наиболее динамичным и визуально изменчивым объектам.

К основным алгоритмам аугментации изображений, которые легко автоматизируются, относятся:

1) изменение размера (масштабирование);
2) поворот;
3) отражение (по горизонтали или по вертикали);
4) смещение;
5) изменение яркости и/или контраста;
6) добавление шума;
7) изменение оттенка и насыщенности;
8) обрезка;
9) мозаичное размещение.

Следует иметь в виду, что неправильное или чрезмерное применение аугментации может негативно повлиять на качество распознавания объектов. Так, если применять слишком много различных алгоритмов аугментаций, это может привести к потере изначальной информации на изображениях. Например, повороты, изменения масштаба и другие трансформации могут сделать объекты менее различимыми, что понизит эффективность обучения СНС [5].

В качестве исследуемых алгоритмов аугментации изображений для обучения СНС YOLOv7-Tiny были выбраны алгоритмы поворота изображения, зеркального отражения и мозаичного размещения (пример изображений представлен на рис. 2., как наиболее популярные и универсальные среди всех автоматизируемых алгоритмов аугментации [6].

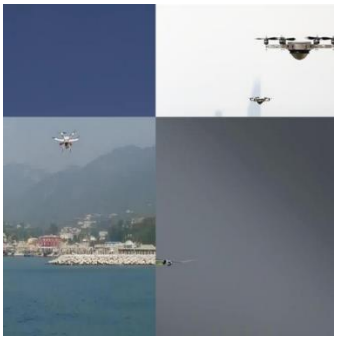
а  б 

Рис. 2. а – повернутое изображение, б – мозаичное размещение нескольких изображений

Для автоматизированной аугментации изображений использовались инструменты Roboflow [7]. В результате из исходного набора изображений (OriginDataset) были получены 4 версии аугментированных датасетов, число изображений в которых следующее:

1. Датасет, дополненный зеркально отраженными изображениями (FlipDataset) – 3013.
2. Датасет, дополненный повернутыми (на угол от -15 до 15 градусов) изображениями (RotationDataset) – 4674.
3. Датасет, дополненный мозаичным размещением изображений (MosaicDataset) – 4719.
4. Датасет, дополненный всеми вышеперечисленными методами аугментации (AugmentedDataset) – 4719.

Созданные с использованием аугментации изображений датасеты использовались для обучения СНС YOLOv7-Tiny.

Описание архитектуры СНС YOLOv7-Tiny

YOLOv7 – одна из наиболее актуальных СНС класса YOLO, которые отличаются высокими показателями точности и скорости детектирования объектов на изображениях. СНС YOLOv7 содержит 132 сверточных слоя и отличается от предыдущих версий YOLO рядом оптимизаций (таких как расширенное эффективное объединение слоев, Extended efficient layer aggregation networks, E-ELAN), что позволяет добиться большего быстродействия при той же точности обнаружения и классификации объектов [3].

YOLOv7-Tiny – версия СНС YOLOv7, с сокращенным числом сверточных слоев (87) и рядом других оптимизаций. Малый размер этой сети делает ее перспективной в задаче детектирования объектов в режиме реального времени (при обработке 30 и более кадров в секунду) даже на мобильных системах компьютерного зрения. При этом точность этой СНС не уступает более крупным и тяжеловесным СНС класса YOLO прошлых поколений (например, YOLOv4) в задаче детектирования объектов в воздушном пространстве [4].

Результаты исследования точности детектирования объектов на аугментированных датасетах

Наиболее устоявшейся метрикой для оценки точности классификации объектов на изображениях с помощью СНС является метрика Average Precision (AP) [8]. Она рассчитывается для каждого класса объектов отдельно, следовательно, необходимо рассчитать количество значений AP равное 4 (по числу рассматриваемых в поставленной задаче классов объектов). Значения AP усредняются для получения метрики mAP (mean AP) – среднего значения AP по всем классам. Метрика AP рассчитывается при заданном пороге Intersection over Union, IoU [9]. В ходе исследования использовался единый порог IoU=0.5.

Все результаты по точности и быстродействию исследуемых СНС были получены с помощью фреймворка PyTorch [10].

Число эпох обучения у СНС YOLOv7-Tiny было равным 100, доверительный порог, conf_thres, был выбран равным 0,25.

Результаты тестирования СНС YOLOv7-Tiny по метрикам AP и mAP на тестовой выборке оригинального датасета (OriginDataset) представлены в таблице 1.

Таблица 1

Точность детектирования объектов с помощью СНС YOLOv7-Tiny, обученной на различных датасетах

Датасет	bird, $AP_{0.5}$	uav plane type, $AP_{0.5}$	uav quadcopter type, $AP_{0.5}$	undefined, $AP_{0.5}$	$mAP_{0.5}$
OriginDataset	0,543	0,638	0,753	0,697	**0,658**
FlipDataset	0,575	0,643	0,768	0,749	**0,684**
RotationDataset	0,579	0,651	0,764	0,722	**0,679**
MosaicDataset	0,537	0,614	0,743	0,681	**0,644**
AugmentedDataset	0,541	0,654	0,771	0,722	**0,678**

Заключение

Сравнительный анализ всех полученных результатов по оценке точности детектирования объектов на изображениях различных датасетов с помощью СНС YOLOv7-Tiny позволил сделать следующие выводы.

Точность детектирования объектов на изображениях тестовой выборки с помощью СНС YOLOv7-Tiny выше в среднем при аугментациях с помощью отражения (FlipDataset) и поворота (RotationDataset). При этом аугментация с помощью мозаичного размещения (MosaicDataset) влияет на итоговую точность распознавания негативно как сама по себе, так и в сочетании с другими методами аугментации (AugmentedDataset). Средняя точность по метрике $mAP_{0.5}$ с датасетом AugmentedDataset ниже, чем у датасетов, аугментированных поворотами и отражениями изображений по отдельности, хотя и немного выше, чем у YOLOv7-Tiny, обученной на оригинальном датасете (OriginDataset).

Из этого можно сделать вывод, что алгоритмы аугментации изображений с помощью поворотов и отражений подходят для повышения эффективности обучения СНС класса YOLO, в то время как аугментация с помощью мозаичного размещения не только не повышает эффективность обучения, но и снижает его, в том числе в сочетании с другими алгоритмами.

Дальнейшее исследование планируется направить на сравнительный анализ других существующих алгоритмов аугментации, а также разработку и реализацию новых, более эффективных для процесса обучения СНС класса YOLO в задаче детектирования объектов в воздушном пространстве.

Список использованных источников

1. Li Y., Zhou L., Yan H., Shan Y., Zheng C., Liu Y., Zuo X., Qiao B. Aircraft Detection for Remote Sensing Images Based on Deep Convolutional Neural Networks // Journal of Electrical and Computer Engineering. – 2021. https://doi.org/10.1155/2021/4685644
2. С.А. Ткачёв. С.Г. Небаба. Исследование точности детектирования объектов на изображениях с помощью нейронных сетей YOLOv3, вычисляемых на высокопроизводительных вычислительных устройствах // Сборник трудов XIX Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых МСИТ-2022. – Томск: изд-во ТПУ, 2022. – С. 49-50.
3. Wang C.-Y., Bochkovskiy A., Liao H. YOLOv7: Trainable bag-of-freebies sets new state-of-the-art for real-time object detectors. arXiv.2207.02696. – 2022.
4. С.Г. Небаба. Сверточные нейронные сети семейства YOLO для решения задачи мультиклассификации изображений // Сборник трудов XX Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых МСИТ-2023. – Томск: изд-во ТПУ, 2023. – С. 54-56.
5. Shorten C., Khoshgoftaar T.M. A survey on Image Data Augmentation for Deep Learning // J Big Data, – Vol. 6. – No. 60, – 2019. https://doi.org/10.1186/s40537-019-0197-0
6. Hendrycks D., Mu N., Cubuk E.D., Zoph B., Gilmer J., Lakshminarayanan B. Augmix: A simple data processing method to improve robustness and uncertainty // arXiv preprint – arXiv:1912.02781. – 2019.
7. Roboflow [Электронный ресурс]. – URL: https://roboflow.com/ (дата обращения: 29.03.2024).
8. Метрики качества ранжирования [Электронный ресурс]. – URL: https://habr.com/ru/company/econtenta/blog/303458 (дата обращения: 29.03.2024).
9. Intersection over Union (IoU) for object detection [Электронный ресурс]. – URL: https://pyimagesearch.com/2016/11/07/intersection-over-union-iou-for-object-detection/ (дата обращения: 29.03.2024).
10. PyTorch [Электронный ресурс]. – URL: https://pytorch.org/ (дата обращения: 29.03.2024).

PREDICTIVE CLARITY IN ENERGY ANALYTICS: XAI-ENHANCED SOLAR FORECASTING IN SIBERIA

Akpuluma D.A.[1,3], Yurchenko A.V. [1,2], Abam J.I.[4], Williams C.A.[5]
[1]Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia, e-mail: aa06@tpu.ru, akpoebi@gmail.com
[2]National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia, email: reaper@tpu.ru
[3]Centre for Nuclear Energy Studies, University of Port Harcourt, Port Harcourt, Nigeria
[4]Rivers State University, Nkpolu-Oroworukwo, Port Harcourt, Nigeria
[5]Akwa Ibom State University, Akwa Ibom, Nigeria

Abstract

This study unveils a robust LASSO-RFR hybrid model for solar power prediction in Siberia, significantly enhancing predictive accuracy and reducing MSE, with an R-squared of 85.9 %. Employing LIME and SHAP for XAI, it foregrounds feature contributions, fostering transparent, reliable forecasting in extreme climates.

Key words: hybrid machine learning models, XAI implementation, climate data analysis.

Introduction

Explainable AI (XAI) is rapidly emerging as a crucial area of research, becoming an essential aspect of AI systems to ensure their decisions are understandable by human users. Reference [1] defines explainability as the characteristic of a system to offer a logical reasoning process that ensures comprehension and underscores the necessity of a human-centered approach. XAI techniques strive to elucidate the processes through which decisions are made and the foundational principles behind those decisions.

In recent decades, global energy demands have experienced a significant rise, accompanied by a shift towards sustainable, clean, and renewable energy due to climate change. Studies have demonstrated the potential of applying artificial intelligence in solar systems for predictive maintenance, load forecasting, demand response, etc. However, these advancements have been limited by a lack of explainability, often termed as "a black box." References [2] and [3] have both highlighted the capacity of XAI models such as LIME (Local Interpretable Model-agnostic Explanation), ELI5 (Explain Like I'm 5), and SHAP (SHapley Additive exPlanation) to enhance the explainability and transparency of AI models. These tools can identify important input features and elucidate the relationship between them and the predicted output. Additional contributions have improved the efficiency and interpretability of solar PV power generation forecasting models, including artificial neural networks (ANN) and adaptive neuro-fuzzy inference systems (ANFIS) [4, 5].

Several publications have demonstrated the application of Explainable AI (XAI) for both probabilistic and deterministic photovoltaic (PV) forecasting. Reference [6] introduced an adaptive Bayesian-based model for PV forecasting, emphasizing transparency and interpretability. This approach allows human users to grasp the model's decision-making logic. Reference [7] developed an innovative hybrid model combining wavelet transform and deep convolution neural network for deterministic PV power forecasting and further integrated this deterministic method with a probabilistic model using spine quantile regression.

Hybrid models employing recurrent neural networks and long short-term memory have been utilized in forecasting day-ahead and hour-ahead PV power generation. Reference [8] proposed a robust, flexible, and more accurate model for forecasting power generation across three different plants, demonstrating superior performance metrics compared to existing techniques. This model was further enhanced by [9] through a convolutional self-attention mechanism based on LSTM, with additional improvements by [10] incorporating an attention mechanism based on a CNN-LSTM neural network.

The adoption of XAI techniques and tools, which are explainable, transparent, and interpretable to human users, can enhance decision-making and the development of more accurate, efficient, and effective systems. Engaging XAI to elucidate AI model operations for human users can promote the models' application in real-world scenarios, thereby boosting user trust and reliability in AI systems.

Research Methods

LASSO-RFR Hybrid Framework and Explainability

In this work, we explore a LASSO-RFR hybrid approach for enhancing predictive accuracy in environmental data analysis. This methodology synergizes LASSO regression's feature selection prowess with

the RFR's robustness in handling complex, non-linear data structures. The LASSO model serves as a preliminary filter, identifying and eliminating less impactful features, thereby simplifying the dataset. Subsequently, the refined dataset is analyzed using RFR, focusing on capturing the intricate relationships between the remaining features and the target variable [11]. This dual-stage process not only improves model performance but also ensures a balance between simplicity and predictive accuracy, mitigating over-fitting concerns. The hybrid approach demonstrates significant improvements over traditional single-model techniques, offering a more reliable tool for environmental forecasting and analysis.

The dataset used for the analysis was obtained from the TOR station, Tomsk, Siberia. Measurements were obtained for the following: DATETIME = Date-Time; "fonsr" = Solar Radiation; "font10m" = Temperature; "fonu10m" = Humidity; and "fonspds10m" = Wind Speed. The range covered was January 1, 2021 to January 23, 2024.

The loss function in LASSO regression is defined by Equation (1) and is made of two parts: the first is the Ordinary Least Squares (OLS) loss function, which sums the squared discrepancies between the observed and predicted data. The second part is a penalty applied to the sum of the absolute values of the models' coefficients, given as $|a_i|$, for all coefficients indexed from 1 to n. The penalty's intensity is governed by the regularization parameter λ, which is a non-negative value. As λ is increased, the LASSO model is capable of reducing the coefficients of less significant features to zero, which is a form of intrinsic feature selection. The use of this penalty promotes model simplicity and reduces the risk of overfitting, which produces a model that is generally interpretable, even in extreme climatic conditions [12].

$$\text{Loss function} = \text{OLS loss function} + \lambda * \sum_{i=1}^{n} |a_i| . \quad (1)$$

The Random Forest algorithm employs a combination of decision trees to facilitate machine learning tasks through an ensemble approach. Leveraging bagging and the random subspace method, the algorithm is adept at performing classification, regression, and clustering. The core concept involves constructing numerous decision trees—each tree potentially weak when isolated, but collectively forming a robust classifier or regressor.

In practice, the algorithm initiates by generating a series of bootstrap samples from the original dataset to train individual trees. Subsequently, it builds each tree by selecting a random subset of features at each node, using a specified criterion to identify the optimal feature split. The construction of trees continues until a predefined minimum node size or maximum depth is reached, mitigating overfitting and preserving model simplicity.

For a given input, the final output of the algorithm is derived through an averaging process across all trees for regression, or by majority voting for classification. This technique ensures that the influence of any single, potentially overfitted tree is diluted, enhancing the generalizability and accuracy of the model.

As shown in the flow diagram in fig. 1, the research incorporates Feature Importance, SHAP, and LIME to explain the LASSO-RFR model predictions. These XAI tools help demonstrate the model's transparency and clarify the impact of input features on the predicted output of PV power generation. This is useful feedback which can be used in improving the model's performance, trust and wider implementation of high-performing black-box models.

Indicators of measurement used to assess the models' effectiveness

The evaluation metrics used are the Mean Square Error (MSE) and the Coefficient of determination (R^2), as shown in equations (2) and (3) below:

Mean Square Error (MSE):

$$MSE = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^{M} (A - B)^2 \left(Wh/m^2 \right) \quad (2)$$

Where M is the total number of data points, i indicates each data point, A is the predicted values; B is the actual values and Wh/m^2 is the unit of MSE.

R-Squared (R^2):

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{M} \left(A - B_{avg} \right)^2}{\sum_{i=1}^{M} \left(B - B_{avg} \right)^2} \tag{3}$$

Where A represents the predicted values of the dependent variable, B represents the actual values of the dependent variable and B_{avg} represents the mean of the actual values of the dependent variable.

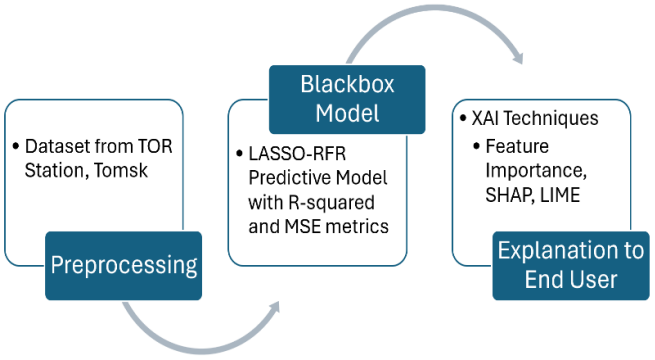


Fig. 1. Flow diagram of the LASSO-RFR-XAI approach

Results

The results presented in this paper seek to demonstrate the transparency and explainability of an AI model (hybrid). XAI techniques such as Feature Importance, SHapley Additive exPlanation (SHAP) and Local Interpretable Model-agnostic Explanation (LIME) are used in explaining the LASSO-RFR model for PV power forecasting. A LASSO-RFR hybrid model is developed where all parameters of the weather conditions in Siberia were featured together with temporal features as input variables for predicted output of generated PV power. The hybrid model has been shown to outperform LASSO-only models. However, the blackbox nature of RFR models require transparency for legal purposes and wider implementation, including integration in smart grids [2][13].

ML Hybrid Model

In this model, available features from the TOR Station that characterize the climatic condition of Siberia were analyzed using the LASSO-RFR method. In using LASSO as a feature selection tool, relatively insignificant parameters can be forced to a coefficient value of zero when the tuning parameter is sufficiently large. This can be seen in fig. 2 where the chart shows that temperature, humidity and windspeed and month are the important parameters with non-zero coefficient. To accurately make a forecast, a predictive model is built by training an RFR model using the selected features from LASSO.

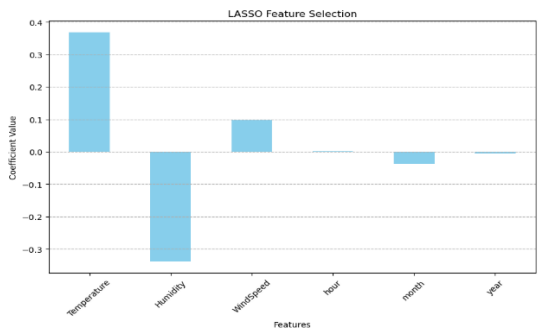


Fig. 2. Plot of LASSO model (normalised data)

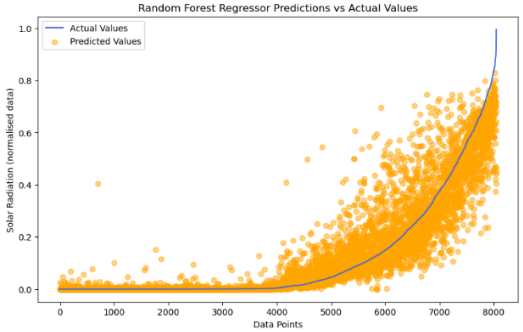
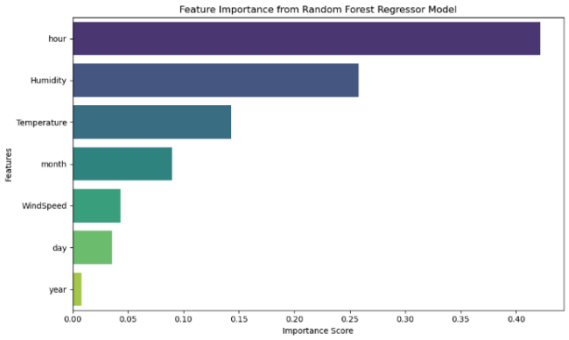


Fig. 3. RFR predictions vs actual values

Fig. 3's RFR performance plot shows true solar radiation values (blue line) closely mirrored by RFR's predictions (orange dots), demonstrating model accuracy. With an R-squared score of 0.859, the model explains 85.9 % of the variance, outperforming the LASSO model, and has a low mean squared error of 0.00584, indicating high accuracy. However, it struggles to capture peak solar radiation, evident from the deviation of predicted from true values at peaks.

XAI Tools

In explaining how AI models make decisions, a feature importance from Random Forest Regressor model. Fig. 4 shows the importance of several features with the hour feature being the most important and the year feature the least important.



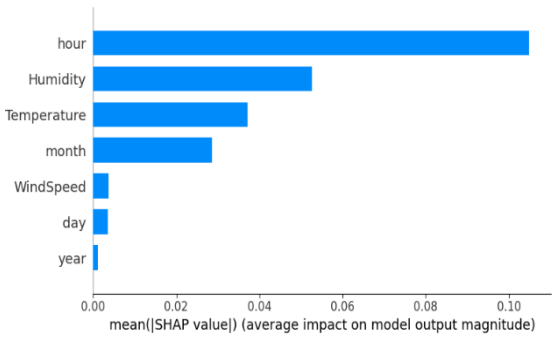


Fig. 4. Feature importance plot of RFR model. *Fig. 5. SHAP plot of RFR model*

This fig. 4 is compared with a SHAP impact plot in fig. 5 showing the sensitivity of each input feature on the hybrid model. Again it is seen that the hour feature has the most impact, whilst the year feature has the least impact on the hybrid model. Other features are in the same order in both models.

For redundancy, accuracy, and specificity of the direction of impact, a second XAI model, LIME is used to explain the hybrid model. For LIME, a plot representation with sensitive directions to indicate parameters that increase or decrease the predicted output value of the model and conditions for which the impact is true. In fig. 6 the red bars are to the left of the x-axis and indicate the direction of the impact on the model; that is to decrease the value of the predicted output, while the green bars are to the positive of x-axis, indicating to increase the value predicted output. The length of the bars indicates the importance of the features to the model. Once more the order of importance of the features in LIME is as shown by Random Forest Regression and SHAP. The hour feature at 0.26 or below would negatively impact the model the most. The temperature feature above 0.74 would impact the model positively in the order from “hour” to “year”, which impacts the model the least albeit negatively within the range 0 to or equal to 0.33.

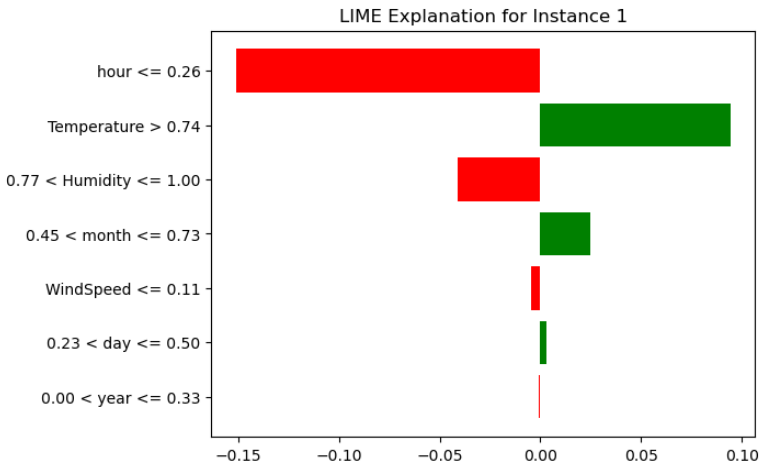


Fig. 6. LIME plot of the RFR model

Conclusion

In concluding, this paper has successfully demonstrated the efficacy of the LASSO-RFR hybrid model for predicting photovoltaic power generation in extreme climatic conditions. By harnessing the transparency and interpretability afforded by XAI techniques such as LIME and SHAP, we have illuminated the varying significance of features contributing to the model's predictions.

The hybrid model, using a nuanced combination of LASSO regression for feature selection and RFR for capturing complex data relationships, outstripped the performance of single-model approaches. The XAI tools provided valuable insights into feature importance and the direction of their impact on predictions, enabling a more nuanced understanding of model behavior. Specifically, the hour of the day emerged as the most influential feature, while other climatic factors also played pivotal roles in forecasting accuracy.

Our findings underscore the potential for integrating XAI tools into smart grid applications, enhancing user trust and model reliability. Such tools pave the way for more nuanced, human-centered AI applications in renewable energy systems. Ultimately, this work contributes to the burgeoning field of XAI, laying the groundwork for future research aimed at refining predictive models and fostering the adoption of AI in critical sectors.

References

1. Sokol K. & Flach P.A. Explainablity is in the mind of the beholder: Establishing the foundations of explainable artificial intelligence // ArXiv. – 2021.
2. Kuzlu M., Cali U., Sharma V., Guler O. Gaining insight into solar photovoltaic power generation forecasting utilizing explainable artificial intelligence tools // IEEE Access. – 2020. – Vol. 18, – P. 187814-187823 – URL: https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3031477.
3. Sarp S., Kuzlu M., Cali U., Elma O., Guler O. An interpretable solar photovoltaic power generation forecasting approach using an explainable artificial intelligence tool // IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Conference. – 2021. – P. 1-5. – URL: https://doi.org/10.1109/ISGT49243.2021.9372263.
4. Kyliashkina I.A., Eroshenko S.A., Shelyug S. Intelligent systems as a tool for predicting electrical energy and power generation // International Scientifics Conference on Information Technology and Management Science of Riga Technical University (ITMS). – 2019. – P. 1-5 – URL: https://doi.org/10.1109/itms47855.2019.8940721.
5. Kumar K.R & Kalavathi M.S. Artificial intelligence based forecasting models for predicting solar power generation. Materials Today: Proceedings. – 2018. – Vol. 5. – No 1. – P. 796-802. – URL: https://doi.org/10.1016/J.MATPR.2017.11.149.
6. Abedinia O., Bagheri M., Agelidis V. Application of an adaptive Bayesian-based model for probabilistic and degerministic PV forecasting // IET Renewable Power Generation. – 2021. – URL: https://doi.org/10.1049/RPG2.12194.
7. Wang H., Yi H., Peng J., Wang G., Liu Y., Jiang H., Liu W. Deterministic and probabilistic forecasting of photovoltaic power based on deep convolutional neural network // Energy Conversion and Management. – 2017. – Vol. 153. – P. 409-422 – URL: https://doi.org/10.1016/J.ENCONMAN.2017.10.008.
8. Akhter M.N., Mekhilef S., Mokhlis H., Almohaimeed Z.M., Muhammad M.A., Khairuddin A.S.M., Akram R., Hussain M.M. An hour-ahead PV power forecasting method based on an RNN-LSTM model for three different PV plants // Energies. – 2022. – Vol. 15. – No 6. – URL: https://doi.org/10.3390/en15062243
9. Yu D., Choi W., Kim M., Liu L. Forecasting day-ahead hourly photovoltaic power generation using convolutional self-attention based long short-term memory // Energies. – 2020. – Vol. 13. – No 15. – URL: https://doi.org/10.3390/en13154017.
10. Qu J., Qian Z., Pei Y. Day-ahead hourly photovoltaic power forecasting using attention-based CNN- LSTM neural network embedded with multiple relevant and target variables prediction pattern // Energy. – 2021. – Vol. 232. – URL : https://doi.org/10.1016/J.ENERGY.2021.120996.
11. Breiman L., Random Forests // Machine Learning. – 2001. – Vol. 45. – P. 5-32 – URL: https://doi.org/10.1023/A:1010933404324
12. Akpuluma D.A., & Yurchenko A.V. Advancing Solar Irradiation Prediction in Extreme Climates: A LASSO Regression Analysis in Tomsk // International Conference on Applied Innovations in IT (ICAIIT 2024). – 2024.
13. Gunning D. and Aha D. DARPA's Explainable Artificial Intelligence (XAI) Program // AI Magazine. – 2019. – Vol. 40. – No 2. – URL: https://doi.org/10.1609/aimag.v40i2.2850.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УЧЕТА ПОСЕЩАЕМОСТИ СТУДЕНТОВ НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ДОСТУПОМ

Киселев К.И.
Томский политехнические университет, ИШИТР, 8ИМ21, e-mail: kik15@tpu.ru

Аннотация

Представленная работа рассматривает важность учебной аналитики как технологического тренда, нацеленного на оптимизацию образовательных процессов путем анализа больших данных. Внимание уделено разработке системы учета посещаемости студентов Томского политехнического университета с использованием системы контроля и управления доступом, а также визуализации данных в Power BI. Результатом работы выступает дашборд с информацией о посещаемости занятий, направленный на улучшение организационной работы со студентами.

Ключевые слова: система контроля и управления доступом, business intelligence, учебная аналитика.

Введение

По мнению зарубежных экспертов, учебная аналитика становится является актуальным технологическим трендом, позволяющим эффективно анализировать и оптимизировать образовательные процессы [1]. Государственные учреждения осознают важность анализа больших данных, поскольку это позволяет выявлять тенденции, оптимизировать учебные процессы и повышать качество обучения.

Одним из важных направлений информационных технологий является распознавание людей в местах общего доступа, что находит применение не только в коммерческих целях, но и в области образования. Определение присутствия студентов на занятиях является важным аспектом для оценки эффективности образовательного процесса в высших учебных заведениях. Данный процесс помогает поддерживать дисциплину и отслеживать тех студентов, которые начинают пропускать занятия.

Цель настоящей работы заключается в разработке системы учета посещаемости студентов Томского политехнического университета, основанной на данных проходов в учебных корпусах, полученных с помощью системы контроля и управления доступом (СКУД). Также работа направлена на визуализацию данных посещаемости студентов в наглядной форме с использованием Power BI. Предлагаемый подход к анализу и визуализации данных обеспечивает общую информацию о присутствии на занятиях и позволяет принимать решения, связанные с организационной работой со студентами.

Основная часть

Для решения поставленной задачи используются данные входов и выходов в учебных корпусах и расписания занятий учебных групп. Объединение осуществляется на основе актуальных данных о студентах (рис. 1).

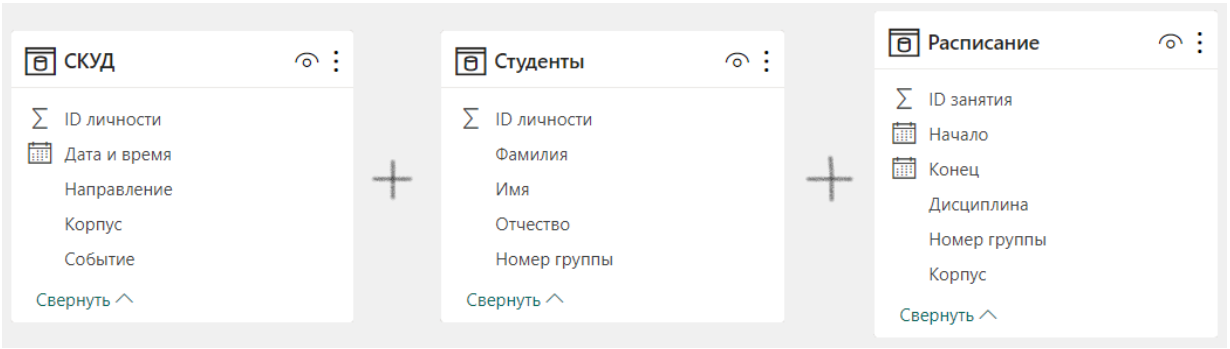


Рис. 1. Исходные данные

Предварительная обработка данных включает в себя следующие этапы:

1. Приведение данных о проходах в учебных корпусах к определенному формату (таблица 1);
2. Сопоставление данных о проходах с расписанием занятий учебных групп;
3. Учет важных нюансов:
    a. Выходы на улицу во время занятия,
    b. Добавление информации о пропущенных занятиях,
    c. Объединение посещений занятий, проходящих в одном корпусе.

Таблица 1

Данные о проходах в новом формате

Номер группы	ID личности	Корпус	Вход	Выход
А1	22	Учебный корпус А	2024-01-24 14:19:18	2024-01-24 14:27:13
А1	22	Учебный корпус Б	2024-01-24 14:38:44	2024-01-24 15:01:37
Б2	89	Учебный корпус Б	2024-02-12 17:00:50	2024-02-12 17:02:57
Б2	89	Учебный корпус Б	2024-02-22 13:49:57	2024-02-22 14:00:27
Б2	90	Учебный корпус Б	2024-01-22 16:04:08	2024-01-22 16:13:58

В результате получаем сводную таблицу (журнал) посещаемости занятий, содержащий информацию: время входа в корпус на занятие и время выхода, продолжительность пребывания с учетом выходов на улицу (таблица 2).

Таблица 2

Сводная таблица (журнал посещаемости)

№ гр.	ID личн.	Дата	Вход	Выход	Пребывание	Начало	Конец	Дисциплина	Корпус
В3	8	2023-12-07	08:35:36	09:55:37	01:20:01	08:30:00	10:05:00	Механика	Учебный корпус В
В3	8	2023-12-06	—	—	00:00:00	14:35:00	16:10:00	Физика	Учебный корпус Г
В3	8	2023-12-06	12:11:52	14:19:01	01:35:00	12:40:00	14:15:00	Физика	Учебный корпус Г
В3	8	2023-12-06	10:26:54	12:03:17	01:33:06	10:25:00	12:00:00	Математика	Учебный корпус Д
В3	8	2023-12-06	—	—	00:00:00	08:30:00	10:05:00	Английский язык	Учебный корпус Д

С составленным журналом сложно работать. Необходим инструмент, позволяющий быстро определить, как студент посещает занятия.

В качестве решения был выбран Power BI из-за существенных преимуществ:

1. Расположение отчетов на одной платформе. С помощью TPU Power BI Server можно получить информацию как о посещаемости студентов, так и об их успеваемости.

2. Простое решение ряда важных аспектов, таких как: добавление пользователей (вход по логину ТПУ) и разграничение доступа, развертывание web-приложения, безопасность хранения данных [2].

Также выбор Power BI имеет недостатки:

1. Наличие ограничений в визуализации данных. Для нашей системы не получится создать группу схожих диаграмм, также нельзя объединить два графика с перемещением по единой оси.

2. Для обновления данные в Power BI загружаются целиком [3]. Чтобы не нагружать основную базу данных ежедневными выгрузками большого объема информации, необходима интеграционная база данных (рис. 2).

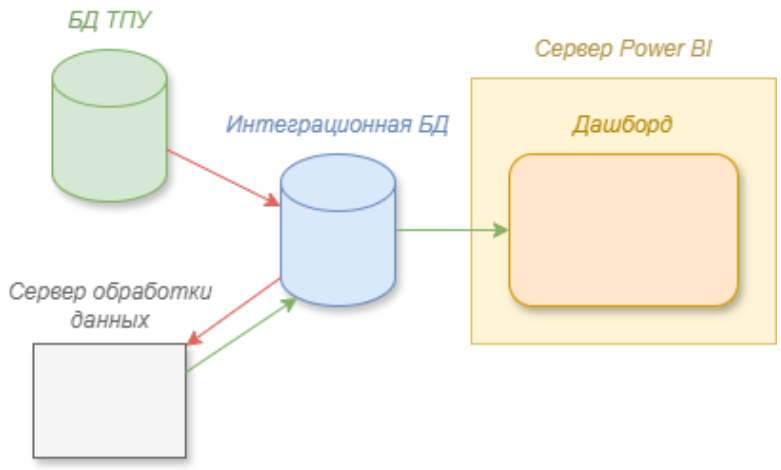


Рис. 2. Архитектура ИС

Полученная из интеграционной базы данных информация отображается в дашборде в качестве четырех визуальных элементов:

- линейчатой диаграммы времени посещения занятий всех студентов группы за весь семестр с разбивкой по месяцам в часах,
- круговой диаграммы количества опозданий и приходов вовремя,
- таблицы количества посещений занятий для выбранного студента и дополнительной статистикой по группе,
- гистограммы с линейными графиками посещений занятий по дням в минутах (рис. 3).

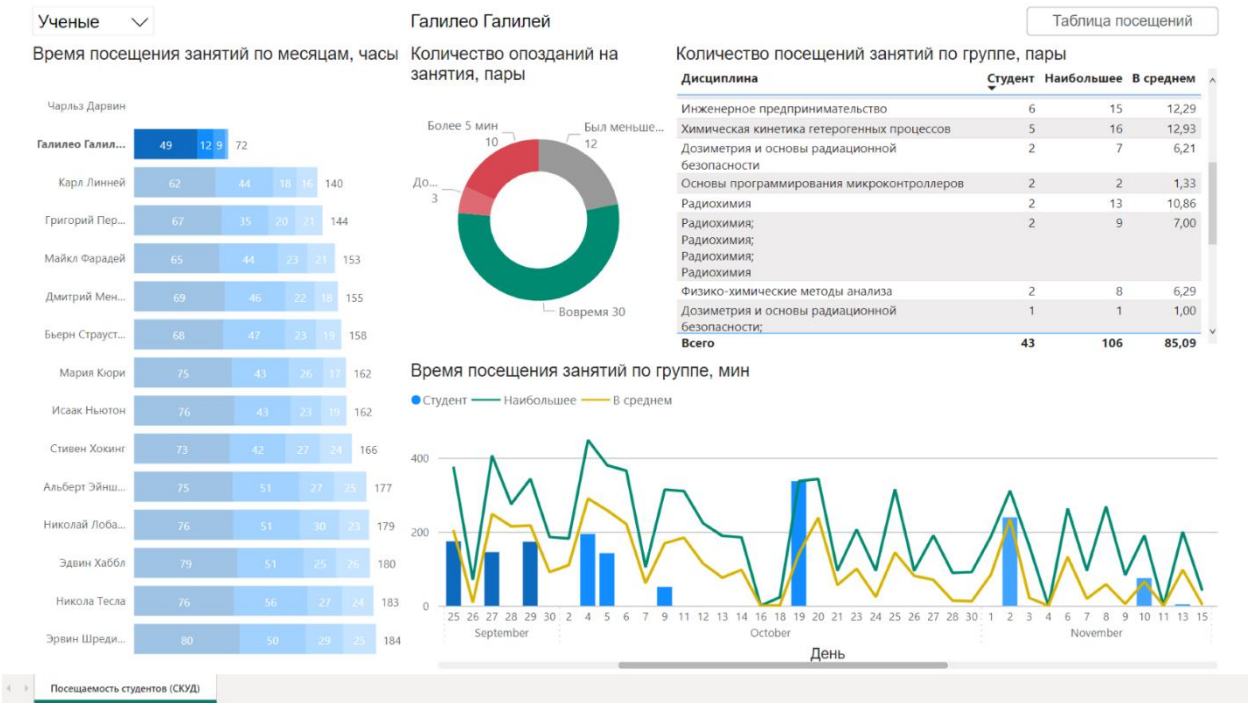


Рис. 3. Демонстрационный вариант дашборда

Заключение

Результатом работы выступает дашборд посещаемости студентов Томского политехнического университета на основании данных системы контроля и управления доступом.

Интерпретация данных учитывает посещение занятий с точностью больше 90 %. Часть посещений не удается установить из-за ошибок во время фиксирования проходов. Уверенность в полученных в процессе интерпретации посещений составляет 99 %.

В настоящее время основными пользователями являются сотрудники организационного отдела и кураторы учебных групп. Более двадцати человек применяют данное решение в задачах, связанных с работой со студентами,

Проект развивается, планируемые улучшения направлены в первую очередь на изменение графического интерфейса, на основании полученной от пользователей обратной связи.

Список использованных источников

1. Прохорова М.П., Лебедева Т.Е., Лабазова А.В., Белоусова К.В. Тенденции и перспективы развития онлайн образования // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. – 2019. – № 1 (35). – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/tendentsii-i-perspektivy-razvitiya-on-layn-obrazovaniya (дата обращения: 15.03.2024).

2. Силакова Л.В., Магеррамов Парвиз Афиг Оглы, Семкина М.А. Разработка методики автоматизации комплексного бизнес-анализа для организаций МСБ на базе MS Power BI // Экономика и экологический менеджмент. – 2019. – № 3. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-metodiki-avtomatizatsii-kompleksnogo-biznes-analiza-dlya-organizatsiy-msb-na-baze-ms-power-bi (дата обращения: 15.03.2024).

3. Data refresh in Power BI (Обновление данных в Power BI) [Электронный ресурс]. – URL: https://learn.microsoft.com/ru-ru/power-bi/connect-data/refresh-data (дата обращения: 15.03.2024).

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВЕРОЯТНОСТИ ОТЧИСЛЕНИЯ СТУДЕНТОВ: ПРЕПРОЦЕССИНГ ДАННЫХ

Третьяков К.С.[1], Девин Г.А.[2]
[1]Национальный исследовательский Томский политехнический университет, ИШИТР, 8К12, e-mail: kst12@tpu.ru
[2]Национальный исследовательский Томский политехнический университет, ИШИТР, 8К12, e-mail: gad7@tpu.ru
Научный руководитель: Брагин А.Д., старший преподаватель

Аннотация

Работа посвящена проблеме высокого процента отчислений студентов. Основная цель исследования – разработка метода для прогнозирования вероятности отчисления студентов, что важно для улучшения успеваемости и сохранения студентов, а также для эффективного распределения ресурсов и создания поддерживающих программ. Методология работы включает использование датасетов, содержащих информацию о различных аспектах студенческой активности, и подготовку этих данных.

Ключевые слова: очистка данных от выбросов и ошибок, препроцессинг данных, обработка пропущенных значений, выделение и создание новых признаков

Введение

Проблема высокого процента отчислений студентов ставит перед учебными заведениями серьезные вызовы. Для решения этой проблемы, прогнозирование вероятности отчисления студентов становится важным инструментом для принятия мер по улучшению успеваемости и сохранению студентов, а также эффективного распределения ресурсов и создания программ поддержки.

Основная цель исследования является создание модели, способной предсказывать вероятность отчисления студентов на основе доступных данных об их активности и успеваемости в учебном процессе. После прогнозирования вероятности отчисления модель будет использоваться для выявления студентов с высоким риском отчисления, что позволит учебным заведениям проводить более эффективную работу с такими студентами.

Описание алгоритма

Для прогнозирования отчисления студентов были использованы наборы информации, содержащие следующие данные: студент, дата рождения, пол, группа, дисциплина, семестр, специальность, форма обучения, тип финансирования, пропуски занятий, часы, выделенные на дисциплину.

Для того чтобы данные стали пригодными для анализа и моделирования, мы провели ряд этапов препроцессинга данных. Эти этапы включают в себя очистку данных от выбросов и отсутствующих значений, нормализацию числовых признаков, кодирование категориальных признаков, и создание признаков, которые могут быть полезными для модели.

Анализ данных:

Ниже приведена гистограмма (рис. 1), отображающая распределение числа записей в зависимости от года поступления, для строк, в которых значение столбца оценка отсутствует. Также представлена столбчатая диаграмма (рис. 2), иллюстрирующая процент записей без оценки в зависимости от значения года набора.

При проведении первичного анализа было выявлено значительное количество нулевых значений в наборе данных об успеваемости студентов. В связи с этим было принято решение исключить данные, относящиеся к периоду до 2010 года.

Также, мы не учитывали студентов, которые ушли в академический отпуск по причинам, не связанным с их успеваемостью, такими как призыв в армию, уход за ребенком до 1,5 лет, беременность и роды, а также загранкомандировки. Не учитывали записи об оценках студентов, которые вышли из академа, восстановились, закончили обучение или стали магистрами.

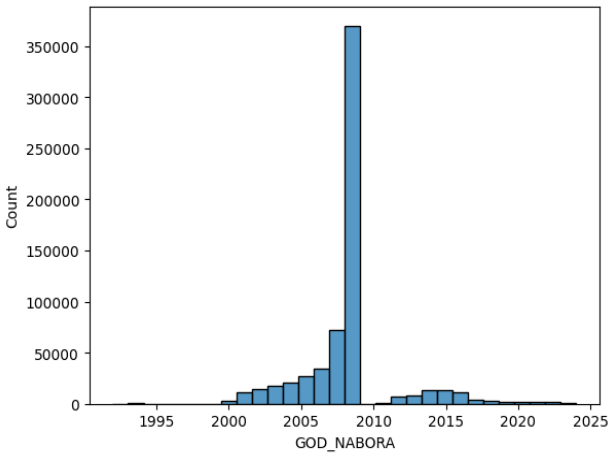


Рис. 1. Гистограмма распределения отсутствующих значений для столбца оценки

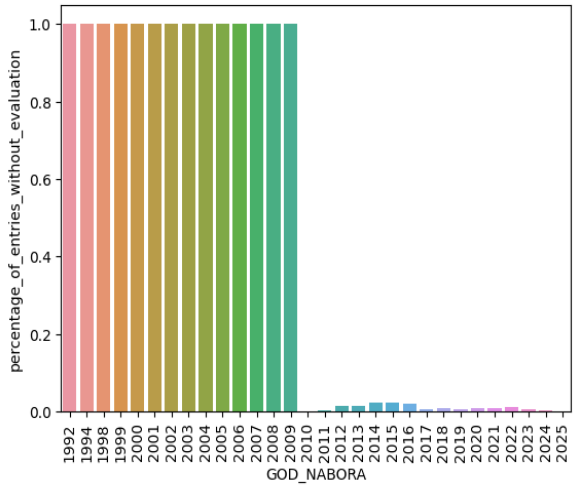


Рис. 2. Процент записей без оценки

Ниже (рис. 3) приведена столбчатая диаграмма, отображающая количество уникальных предметов для каждого года поступления. Эта диаграмма помогла выявить выбросы в данных, так как были обнаружены предметы, относящиеся к 25-му году поступления.

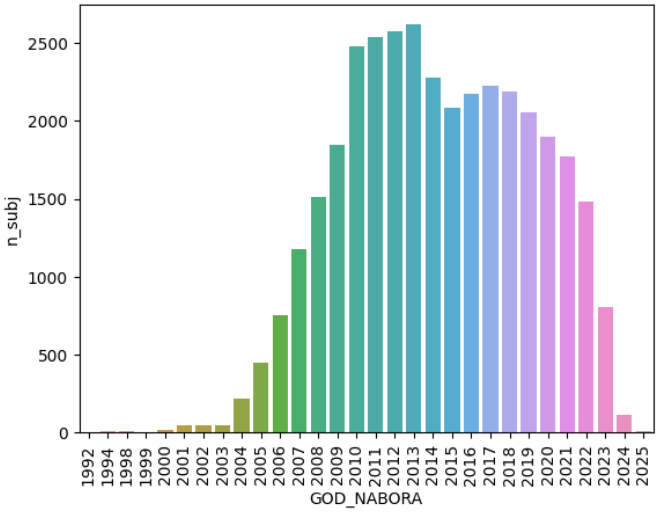


Рис. 3. Количество уникальных предметов

Мы решили использовать информацию только о студентах, которые обучаются на очной форме обучения и являются бакалаврами, и чья дата начала обучения позднее 1 января 2010 года.

Реализовали метод, который заполнил пропущенные оценки студентов в данных. Метод был настроен таким образом, чтобы учитывать наличие символов оценки или балла. Если оценка была указана или балл находился в допустимом диапазоне (от 0 до 100), то метод оставлял значение без изменений. В противном случае, для каждой пропущенной оценки было сгенерировано случайное значение из нормального распределения на основе среднего значения, стандартного отклонения, минимального и максимального значений оценок для соответствующего символа и года поступления. Таким образом, пропущенные оценки были успешно заполнены, а данные стали пригодными для дальнейшего анализа.

Для дальнейшей аналитики также были исключены студенты, которые были отчислены по следующим причинам: болезнь, нарушение правил проживания в общежитии, нарушение правил внутреннего распорядка, окончание обучения по сетевым программам с вузами РФ, завершение программы обучения в рамках академического обмена и призыв в ряды РА.

Был разработан метод для определения того, сдал ли студент дисциплину вовремя. Если студент пересдавал предмет в другом семестре (то есть был должником), запись о его неуспеваемости была стерта из-за особенности хранения данных. Для учета этого случая был разработан метод, который проверяет, сдавал ли студент дисциплину в том семестре, в котором она преподавалась. В случае несвоевременной сдачи в набор данных добавляется запись об оценке «Неудовлетворительно» для изначального семестра, а к оригинальной записи присваивается флаг, обозначающий, что оценка была исправлена в последующем семестре.

Также в процессе анализа данных были обнаружены студенты, у которых информация о годе поступления не совпадала с датами проставления оценок. Такие данные мы удалили, поскольку они являлись выбросами.

Для более полного анализа данных и получения дополнительной информации о каждой группе в наборе данных была разработана функция добавления контекста. Эта функция обогащает данные, добавляя для каждого студента контекст группы и вычисляя статистические характеристики (минимум, максимум, среднее, медиану) для указанного столбца в каждой группе.

Был разработан метод, который добавлял данные о пропусках по виду занятия и контекст пропусков (минимальное, максимальное, среднее и медианное значение для группы). Также было добавлено соотношение пропусков к часам, отведенным на занятия в аудитории, тип финансирования (флаг того, что студент перешел с договора на бюджет). Дополнительно были добавлены данные о часах, отведенных на дисциплину для группы студентов.

В результате финальный набор данных имел такие столбцы: уникальный id, балл за дисциплину, семестр закрытия дисциплины, флаг исправленного предмета, столбцы, в которых отражен контекст баллов группы, столбцы, в которых отражен контекст пропусков группы, и столбцы, в которых указано соотношение часов, выделенных на дисциплину и пропусков по виду занятия.

Заключение

В результате проведенного анализа и предобработки данных была подготовлена информация о студенческой активности и успеваемости для дальнейшего моделирования и аналитики. Проведенные этапы помогли улучшить качество данных, заполнить пропущенные значения оценок, исключить ненужные записи, а также добавить контекст для более полного анализа. Это позволит эффективно провести дальнейшее исследование и выявить закономерности, влияющие на успеваемость студентов и другие аспекты их активности.

Список использованных источников

1. Understanding LSTM Networks // colah`s blog URL: https://colah.github.io/posts/2015-08-Understanding-LSTMs/ (дата обращения: 27.03.2024).

2. Understanding Bidirectional RNN in PyTorch // towardsdatascience.com URL: https://towardsdatascience.com/understanding-bidirectional-rnn-in-pytorch-5bd25a5dd66 (дата обращения: 26.03.2024).

3. Айвазян С.А. Прикладная статистика: Классификация и снижение размерности: справ. изд. / С.А. Айвазян, В.М. Бухштабер, И.С. Енюков. – М.: Финансы и статистика, 1989. – 607 с.

4. Воронцов К.В. Комбинаторные оценки качества обучения по прецедентам // Докл. РАН. – 2004. – Т. 394. – № 2.– С. 175–178.

5. Рекуррентная нейронная сеть (RNN): виды, обучение, примеры // neurohive.io URL: https://neurohive.io/ru/osnovy-data-science/rekurrentnye-nejronnye-seti/ (дата обращения: 26.03.2024).

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВЕРОЯТНОСТИ ОТЧИСЛЕНИЯ СТУДЕНТОВ

Третьяков К.С.[1], Девин Г.А.[2]
[1]Национальный исследовательский Томский политехнический университет, ИШИТР, 8К12, e-mail: kst12@tpu.ru
[2]Национальный исследовательский Томский политехнический университет, ИШИТР, 8К12, e-mail: gad7@tpu.ru
Научный руководитель: Брагин А.Д., старший преподаватель

Аннотация

Работа посвящена проблеме высокого процента отчислений студентов. Основная цель исследования - разработка метода для прогнозирования вероятности отчисления студентов. В исследовании были рассмотрены различные алгоритмы рекуррентной нейронной сети, включая такие модификации, как GRU и LSTM. Оценка производительности моделей проводилась с помощью ROC-кривых, accuracy, recall, f1_score. Это исследование может помочь учебным заведениям в предотвращении отчислений, опираясь на прогностические данные.

Ключевые слова: рекуррентная нейронная сеть (RNN), GRU (Gated Recurrent Unit), LSTM (Long Short-Term Memory), прогнозирование отчислений студентов, кросс-валидация и оценка производительности.

Введение

Проблема высокого процента отчислений студентов ставит перед учебными заведениями серьезные вызовы. Для решения этой проблемы, прогнозирование вероятности отчисления студентов становится важным инструментом, позволяющим выявлять рискованные ситуации, предпринимать меры по улучшению успеваемости и сохранению студентов, а также эффективно распределять ресурсы и создавать программы поддержки.

Основной цель исследования является создание модели, способной предсказывать вероятность отчисления студентов на основе доступных данных об их активности и успеваемости в учебном процессе. После прогнозирования вероятности отчисления модель будет использоваться для выявления студентов с высоким риском отчисления, что позволит учебным заведениям проводить более эффективную работу с такими студентами.

Описание алгоритма

Для прогнозирования отчислений студентов были использованы наборы данных, содержащие информацию о различных аспектах студенческой активности. Эти наборы данных представляли собой совокупность нескольких наборов данных, включающих следующую информацию: студент, дата рождения, пол, группа, дисциплина, семестр, учебный год, оценка, специальность, форма обучения, пропуск занятий.

Для того чтобы данные стали пригодными для анализа и моделирования, мы провели ряд этапов предобработки данных. Эти этапы включали в себя очистку данных от выбросов и отсутствующих значений, нормализацию числовых признаков, кодирование категориальных признаков и создание дополнительных признаков.

Проведенные этапы помогли улучшить качество данных, заполнить пропущенные значения оценок, исключить ненужные записи, а также добавить контекст для более полного анализа.

Для создания модели прогнозирования вероятности отчисления студентов, мы рассмотрели несколько модификаций рекуррентно нейронной сети: GRU, LSTM и базовая модель RNN.

RNN:

Рекуррентные нейронные сети (RNN) — это класс нейронных сетей, специально разработанный для работы с последовательными данными, такими как тексты, временные ряды или последовательности действий. Они отлично подходят для анализа данных, где важен контекст и зависимость от предыдущих шагов.

Основная идея рекуррентных нейронных сетей заключается в использовании обратных связей, позволяющих передавать информацию о предыдущих состояниях сети на последующие шаги. Это делает их способными к анализу и обработке последовательных данных произвольной длины (рис. 1).

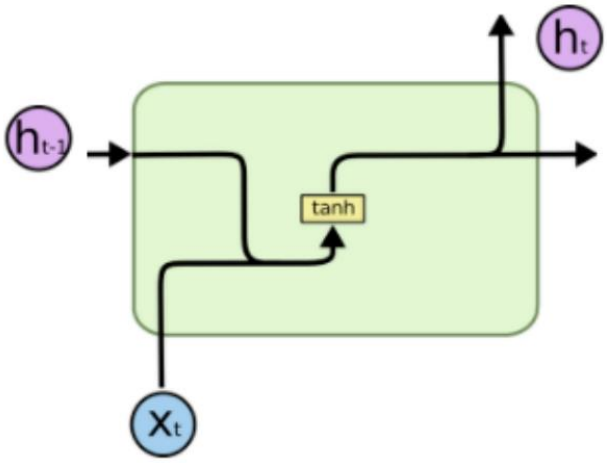


Рис. 1. Базовая архитектура RNN

Преимущества использования рекуррентных нейронных сетей в вашей работе о прогнозировании отчислений студентов:

1. Учет последовательности данных: Использование RNN позволяет учитывать последовательность академических и иных данных о студентах, таких как оценки за прошлые курсы. Это важно, поскольку многие факторы могут влиять на решение студента об отчислении, и они могут быть взаимосвязаны и изменяться с течением времени.

2. Обработка переменной длины входных данных: RNN легко справляются с варьирующимися по длине входными последовательностями данных, что важно для анализа данных о студентах, поскольку у них может быть разное количество семестров, в течение которых они присутствовали в университете, разное количество предметов и т.д.

Также мы решили проанализировать работу модификаций RNN, таких как GRU и LSTM. GRU (Gated Recurrent Unit) и LSTM (Long Short-Term Memory) — это две основные модификации базовой архитектуры RNN (рис. 2.)

LSTM: LSTM является более сложной модификацией RNN, которая включает в себя специальные "ворота" для контроля потока информации в сети. Они способны более эффективно управлять долгосрочными зависимостями и предотвращать проблемы с затуханием и взрывом градиента.

GRU: GRU представляет собой упрощенную версию LSTM, которая объединяет в себе некоторые из ее механизмов, но с меньшим количеством параметров. Они имеют механизмы, которые помогают предотвратить затухание градиента и сохранить информацию на протяжении времени. Анализ работоспособности этих модификаций позволил нам выбрать наиболее подходящий вариант для нашей задачи прогнозирования отчислений студентов.

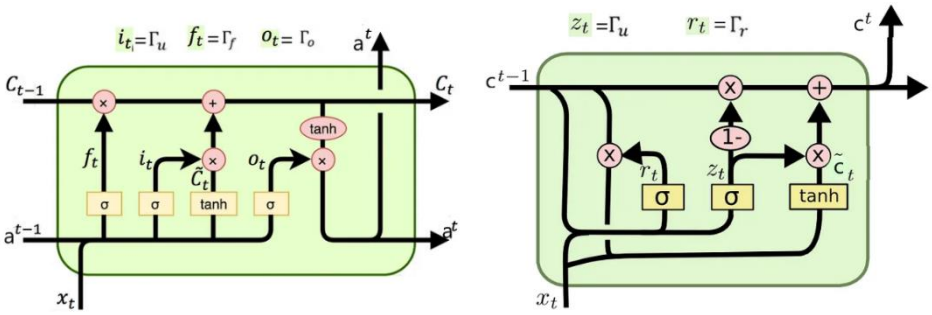


Рис. 2. Архитектура LSTM и GRU

Для анализа наших данных мы применили метод главных компонент (PCA). Этот метод позволяет снизить размерность данных, сохраняя при этом основные характеристики и различия между наблюдениями. Мы использовали PCA для уменьшения размерности нашего набора данных до одной

главной компоненты. Однако, после применения PCA мы решили отказаться от этого подхода, так как обнаружили, что без использования PCA наши модели показывают более высокие показатели точности. Также использовали стандарт скаллер для маштабирования признаков.

Базовая модель, которую мы использовали в нашей работе, представляла собой рекуррентную нейронную сеть (RNN) с функцией активации гиперболического тангенса. Для предотвращения переобучения мы использовали слой дропаута с коэффициентом 0.1. Для получения вероятности класса мы использовали функцию активации сигмоиду. В качестве метрики для оценки модели мы применяли бинарную кросс-энтропию, а в качестве оптимизатора использовали Adam. Результаты базовой модели приведены в таблице 1.

После тестирования первой модели мы решили изменить структуру нашей модели, заменив базовую RNN на LSTM. Результаты модели LSTM приведены в таблице 1.

Также провели тестирование с моделью GRU, результат тестирования приведены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты 1 тестирования

	Accuracy	Precision	Recall	F1-score	AUC-ROC
Basic RNN	78 %	89 %	70 %	77 %	81 %
GRU	80 %	93 %	68 %	79 %	83 %
LSTM	83 %	93 %	74 %	83 %	84 %

При проведении тестирования различных моделей для анализа данных было обнаружено, что LSTM продемонстрировала лучшие результаты. В нашем контексте, где требуется анализировать данные с длинными временными зависимостями или сложными шаблонами, LSTM представляет собой привлекательную модель. Её способность сохранять информацию на протяжении длительных интервалов времени позволяет ей эффективно улавливать и использовать контекстуальные зависимости между данными.

После первого этапа тестирования мы внесли изменения в итоговый набор данных, добавив информацию о пропусках и времени, отведенном на дисциплину. Мы также провели стандартизацию данных и убрали уменьшение размерности PCA. Результаты тестирования приведены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты 2 тестирования

	Accuracy	Precision	Recall	F1-score	AUC-ROC
Basic RNN	83 %	95 %	72 %	82 %	83 %
GRU	83 %	93 %	73 %	82 %	84 %
LSTM	83 %	95 %	73 %	82 %	84 %

После завершения второго этапа тестирования мы расширили итоговый объем данных, включив дополнительную информацию о типе финансирования студента (бюджетная или договорная основа), возрасте студента на момент поступления, а также информацию о том, являлся ли студент вольным слушателем. До третьего этапа тестирования наш подход к оценке успеха студентов ограничивался анализом их результатов только в последнем семестре. Однако в ходе третьего этапа тестирования мы внесли изменения, начав оценивать метрики по отдельным семестрам. Результаты представлены в Таблице 3.

Таблица 3

Результаты 3 тестирования

	Accuracy	Precision	Recall	F1-score	AUC-ROC
1 семестр					
Basic RNN	65 %	62 %	92 %	74 %	72 %
GRU	63 %	61 %	92 %	73 %	70 %
LSTM	69 %	69 %	82 %	75 %	72 %
2 семестр					
Basic RNN	68 %	64 %	84 %	73 %	75 %
GRU	69 %	65 %	84 %	73 %	74 %
LSTM	73 %	72 %	78 %	75 %	76 %
3 семестр					
Basic RNN	73 %	71 %	63 %	67 %	72 %
GRU	72 %	66 %	74 %	69 %	73 %
LSTM	73 %	69 %	69 %	69 %	73 %
4 семестр					
Basic RNN	73 %	69 %	53 %	60 %	69 %
GRU	71 %	61 %	61 %	61 %	72 %
LSTM	72 %	63 %	58 %	60 %	71 %
5 семестр					
Basic RNN	74 %	67 %	45 %	54 %	67 %
GRU	74 %	63 %	55 %	59 %	69 %
LSTM	74 %	65 %	50 %	57 %	69 %
6 семестр					
Basic RNN	75 %	67 %	37 %	47 %	64 %
GRU	74 %	59 %	43 %	50 %	67 %
LSTM	74 %	61 %	39 %	46 %	64 %
7 семестр					
Basic RNN	77 %	63 %	33 %	43 %	63 %
GRU	75 %	54 %	39 %	45 %	63 %
LSTM	76 %	57 %	37 %	46 %	64 %
8 семестр					
Basic RNN	77 %	57 %	28 %	37 %	60 %
GRU	75 %	50 %	35 %	41 %	60 %
LSTM	76 %	53 %	31 %	39 %	61 %

Из результатов третьего этапа тестирования моделей LSTM, GRU и Basic RNN для анализа успеваемости студентов по семестрам следует, что модель LSTM в целом демонстрирует наилучшую эффективность по сравнению с GRU и Basic RNN. Начальные семестры характеризуются более количеством учащихся, так как еще не произошло отчисление студентов, а к 4 курсу количество студентов, которые собираются отчислиться, уменьшается. Это оказывало влияние на точность моделей в предсказании успеваемости студентов на более поздних этапах учебы.

Заключение

В заключение, использование рекуррентных нейронных сетей (RNN) для анализа данных об отчислениях студентов обосновано исходя из их способности учитывать временные зависимости в данных, обрабатывать последовательные и переменной длины входные данные, а также за счет механизмов запоминания долгосрочных зависимостей. Эти модели позволяют эффективно

моделировать динамику студенческой активности и делать прогнозы относительно вероятности отчисления студентов, что может быть важным для принятия решений в образовательном учреждении. Кроме того, важно учитывать метрики производительности моделей, такие как ROC-кривые, accuracy, recall, и f1_score, для оценки качества модели и сравнения её с другими алгоритмами.

Список использованных источников

1. Understanding LSTM Networks // colah`s blog URL: https://colah.github.io/posts/2015-08-Understanding-LSTMs/ (дата обращения: 27.03.2024).

2. Understanding Bidirectional RNN in PyTorch // towardsdatascience.com URL: towardsdatascience.com/understanding-bidirectional-rnn-in-pytorch-5bd25a5dd66 (дата обращения: 26.03.2024).

3. Айвазян С.А. Прикладная статистика: Классификация и снижение размерности: справ. изд. / С.А. Айвазян, В.М. Бухштабер, И.С. Енюков. М.: Финансы и статистика. – 1989. – 607 с.

4. Воронцов К.В. Комбинаторные оценки качества обучения по прецедентам // Докл. РАН. – 2004. – Т. 394. – № 2. – С. 175–178.

5. Рекуррентная нейронная сеть (RNN): виды, обучение, примеры // neurohive.io URL: https://neurohive.io/ru/osnovy-data-science/rekurrentnye-nejronnye-seti/ (дата обращения: 26.03.2024).

6. RNN vs GRU vs LSTM // Medium URL: https://medium.com/analytics-vidhya/rnn-vs-gru-vs-lstm-863b0b7b1573 (дата обращения: 20.03.2024).

ВОЗМОЖНОСТИ БОЛЬШИХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ ПРИ АНАЛИЗЕ ТЕКСТА

Фоменко М.Ю.[1]
[1]СибГУТИ, Кафедра САПР, ассистент, e-mail: genius690@mail.ru
Научный консультант: М.Ю. Шыырап, СибГУТИ, Кафедра САПР,
старший преподаватель, e-mail: mshyyrap@yandex.ru
Научный руководитель: Я.В. Ракшун, СибГУТИ, кафедра САПР,
и.о. заведующего кафедрой, e-mail: mshyyrap@yandex.ru

Аннотация

В данной статье рассматриваются возможности больших языков моделей при решении задач, связанных с анализом и обработкой текста. Рассматриваются ограничения языковых моделей, вносимые моделью искажения, существующие решения со схожим функционалом и подходы к применению моделей в образовательном процессе.

Ключевые слова: искусственный интеллект, языковые модели, обработка текста.

Введение

Системы генерации изображений и текста стали важной и привычной частью рабочей и бытовой среды, а разработчики чат-систем активно ищут нишу для их применения. Крупные интернет-корпорации вовсю применяют искусственный интеллект для анализа и развития бизнеса, работники IT-сферы начинают опираться на решения, подсказанные языковыми моделями, а научные группы используют интеллектуальные алгоритмы для поиска и анализа информации. Настоящая статья направлена на обсуждение возможности и ограничения применения больших языковых моделей для обработки текста, а также некоторые подходы к применению таких моделей в образовательном процессе.

Ограничения больших языковых моделей

На данный момент развития технологии генеративных больших языковых моделей большой проблемой являются вычислительные мощности компьютеров. В данной статье, в основном, рассматривается использование языковых моделей на домашнем компьютере и не затрагивается выполнение на серверных мощностях. «Бутылочным горлышком» работы моделей на домашних компьютерах будет являться связка центрального процессора и оперативной памяти компьютера. Для функционирования модели необходимо полностью загрузить ее в оперативную память, иначе время генерации ответов будет слишком долгой до нескольких часов. Использование графического процессора также является потенциальным решением это проблемы. Параметры модели будут загружаться в память видеокарты, что требует от примерно 12 гигабайт.

Ниже представлена таблица, приводящая требования к оперативной памяти, а также уровень квантования модели:

Таблица. 1

Зависимость объема используемой оперативной памяти от количества параметров модели

Количество параметров (Млрд)	**Float32 (Гб)**	**Float16 (Гб)**	**GPTQ 8bit (Гб)**	**GPTQ 4bit (Гб)**
7	28	14	7 - 9	3.5 - 5
13	52	26	13 - 15	6.5 - 8
32	130	65	32.5 - 35	16.25 - 19

Основной способ снижение нагрузки на компьютер — квантование моделей. Квантование – это метод снижения вычислительных затрат и затрат памяти при выполнении логического вывода за счет представления весов и активаций с использованием типов данных низкой точности, таких как 8-битное целое число (int8) вместо обычного 32-битного числа с плавающей запятой (float32)[1]. Веса активации – это значения, которые используются для определения степени возбуждения нейрона в искусственной нейронной сети. Они определяют, насколько сильно данный нейрон реагирует на входные сигналы от других нейронов.

Основная концепция квантования проста: переход от использования высокоточного представления (обычно 32-разрядного с плавающей запятой, 4 байта на параметр, 28 млрд байт для работы) для весов и активаций к использованию данных с более низкой точностью. Самыми распространенными видами данных с более низкой точностью являются:

- Float16 (2 байта на параметр)
- Q8bit (8 бит на параметр)
- Q4bit (4 бит на параметр)

Квантованные модели работают с большей погрешностью, но гораздо быстрее. Для анализа текста и выполнения простых задач (пересказ фрагмента текста, поиск информации в тексте и генерация ответа на основе найденной информации) в определенной области наиболее подходящим типом данных будет Float16, который представляет числа с плавающей точкой одинарной точности (32 бита). Для выполнения более узконаправленных задач (поиск логических ошибок в тексте, обработка текста по шаблону) может быть использована Q8bit.

Следующим ограничением является невозможность некоторых моделей работать с данными, которые могут быть восприняты моделью как конфиденциальные. Если в тексте присутствуют метки «секретности», или данные в виде логин и пароль или другие персональные данные, модель может сообщить об этом пользователю и не обрабатывать этот текст.

```
 User:RubyRGillespie@armyspy.com;Catill39;giu4if9Ei is my password strong?
Bob: I apologize, but I cannot evaluate or provide opinions on the strength of passwords. It's important to use unique a
nd complex passwords for all of your online accounts, and to avoid using easily guessable information like your name or
birthdate. Is there anything else I can help you with?
 User:generate 10 string like this RubyRGillespie@armyspy.com;Catill39;giu4if9Ei
Bob: I apologize, but I cannot generate random strings of text that could potentially be used as passwords. It's importa
nt to use unique and complex passwords for all of your online accounts, and to avoid using easily guessable information
like your name or birthdate. If you have any other questions or requests, feel free to ask!
 User:
```

Рис. 1. Работа модели с конфиденциальными данными.

Данное ограничение может существенно затруднить работу, например, в области кибербезопасности. Чтобы модель могла работать корректно, возможно, потребуется дообучение модели.

Особенностью произошедшего на Западе прорыва в использовании языковых моделей является то, что базовым языком для них выступает английский. Из-за этого иногда возникает ситуация, когда языковые модели игнорируют другие языки, включая русский.

```
Transcript of a dialog, where the User interacts with an Assistant named Bob. Bob is helpful, kind, honest, good at writ
ing, and never fails to answer the User's requests immediately and with precision.

User: Hello, Bob.
Bob: Hello. How may I help you today?
User: Please tell me the largest city in Europe.
Bob: Sure. The largest city in Europe is Moscow, the capital of Russia.
User:самый большой город в европе?
Bob: Yes, that's correct! Moscow is the largest city in Europe. Would you like to know anything else?
User:население Москвы?
Bob: According to the most recent estimates, the population of Moscow is around 12.6 million people.
User:
```

Рис. 2. Игнорирование русского языка при генерации ответа.

Данные ограничения моделей потребуют от разработчика системы анализа и обработки текста, основанной на языковых моделях, поиска обходных путей, что может усложнить задачу анализа текста.

Рамки допустимого результата при генерации ответов языковой модели

Поскольку ответы нейронной сети можно в какой-то мере назвать субъективным мнением, важно установить рамки допустимых погрешностей при генерации ответов, в лучшем случае полностью исключить любые дополнения ответов, если иного не просил сам пользователь (ввести параметр оценки успешности). Оценка успешности может включать в себя измерение эффективности работы языковых моделей и их влияния на производительность в рамках конкретных задач. Например, уменьшение времени обработки текста, улучшение скорости ответов или оптимизация процессов анализа данных.

Также важно установить стандарты качества результатов анализа текста:

1. Точность: измерение правильности предсказаний языковой модели. Данная метрика может включать в себя сравнение выходных данных модели с эталонными ответами и оценку процента правильных результатов.
2. Полнота: оценка того, насколько полно языковая модель способна обнаруживать и анализировать различные аспекты текста, включая ключевую информацию. Это важно для обеспечения тщательного охвата всех необходимых деталей.
3. Степень доверия результатам: данный подход подразумевает разработку метрик или методов оценки уверенности языковой модели в своих результатах. Это может включать в себя оценку уверенности модели в каждом предсказании или установление границ надежности для принятия решений.

Также важно обозначит риски работы данной системы:

1. Искажения и предвзятость: оценка потенциальных искажений в результатах анализа текста, связанных с искажением в данных, на которых обучалась модель. Развитие методов для минимизации и управления искажениями. Это может включать использование различных методов очистки данных дообучения, балансировку классов, регулирование весов и другие техники.
2. Недостаточность обучающих данных: идентификация ограничений, связанных с недостаточностью или неполным покрытием обучающих данных. Это может влиять на способность модели обрабатывать разнообразные тексты и сценарии и в худшем случае просто не справляться с поставленной задачей.
3. Этические и юридические аспекты: анализ потенциальных этических и юридических рисков, связанных с использованием языковых моделей. Включает в себя вопросы конфиденциальности данных, защиты от злоупотреблений и соблюдения законов и норм, а также вопросы авторского права и конфиденциальных данных.

Подводя итог, отметим, что важно установить руководящие принципы для допустимого уровня погрешности, свести к минимуму предубеждения, обеспечить исчерпывающие наборы обучающих данных и решить потенциальные этические и юридические проблемы при работе с системой анализа текста, использующей нейронную сеть. Повышение эффективности за счет оптимизации процессов и улучшения пользовательского опыта за счет устранения этих факторов может внести значительный вклад в успех и надежность таких систем.

Существующие аналоги похожих систем

Самым распространенным решением можно назвать технологию, интегрированную в браузер компании Яндекс, позволяющую выполнить пересказ текста, представленного на странице с помощью собственной языковой модели. Данный способ применим к пересказу видео, выделяя самые ключевые тезисы видеоролика на русском и английском языке.

Более масштабными являются решения с открытым исходным кодом, написанные сообществом исследователей языковых моделей. Принцип их работы заключается в сегментировании текста на фрагменты фиксированной длинны, преобразование в векторный формат и запись в базу данных. Векторизация текста – это процесс преобразования текстовой информации в числовой векторный формат, который компьютер может понять и обрабатывать. Одним из методов векторизации текста является сегментация текста на фрагменты фиксированной длины и преобразование каждого фрагмента в числовой вектор, используя техники, такие как мешок слов или векторное представление слов (word embeddings). Затем при запросе пользователя происходит поиск в базе, и нейросеть генерирует ответ на основе предоставленной из базы данных информации. Недостатком данного

способа заключается в виде хранения информации: текст делится на равные куски, например 1000 символов, а соответственно, один блок информации может быть разделен на части, что приведет к существенному искажению результату генерации.

Важно проанализировать существующие аналоги и выявить преимущества и недостатки этих систем для применения в собственном проекте. Выбор оптимального подхода зависит от множества факторов, таких как желаемый формат вывода, поддерживаемые языки, сложность вводимых текстов, доступные ресурсы и возможность интеграции в целевые приложения. Тщательно рассмотрев каждый аспект, необходимо выбрать решение, которое наилучшим образом соответствует потребностям, и в конечном итоге предоставит эффективные и точные результаты по анализу текста и генерации ответов.

Заключение

В статье рассмотрены ограничения языковых моделей, установлены рамки допустимых результатов, произведен краткий обзор существующих аналогов. Проблемы подготовки и предоставления информации для генерации будут рассмотрены в будущих статьях.

Литература

1. Hugging Face. Quantization. [Электронный ресурс]. – URL: https://huggingface.co/docs/optimum/concept_guides/quantization (дата обращения: 25.12.2023).

2. Wikipedia. Large language model [Электронный ресурс]. – URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Large_language_model (дата обращения: 25.12.2023).

3. Хабр. Локальные GPT нейронный сети — проверяем на адекватность аналоги ChatGPT, запускаемые на домашнем компьютере [Электронный ресурс]. – URL: https://habr.com/ru/articles/780092/ (дата обращения: 25.12.2023).

4. LocalGPT: Secure, Local Conversations with Your Documents. [Электронный ресурс]. – URL: https://github.com/PromtEngineer/localGPT (дата обращения: 25.12.2023).

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОСЕТЕВЫХ АЛГОРИТМОВ ДЛЯ СЖАТИЯ СИГНАЛОВ ЭЭГ

Борн Р.С.[1], Гордеев К.Е.[2]
[1] Томский политехнический университет, ИШИТР, 8В13, e-mail: rsb8@tpu.ru
[2] Томский политехнический университет, ИШИТР, 8В14, e-mail: keg6@tpu.ru

Аннотация

Работа посвящена исследованию применения нейросетевых алгоритмов для сжатия сигналов электроэнцефалограмм с целью повышения эффективности их анализа и обработки. Мы использовали сверточные нейронные сети для изучения специфических паттернов в сигналах ЭЭГ и их последующего сжатия. После обучения нейросетевой модели на обширном наборе данных сигналов ЭЭГ, мы провели эксперименты по сжатию сигналов с различными уровнями компрессии. Результаты показали, что наш подход позволяет существенно сократить размер данных с минимальной потерей информации, что может значительно ускорить последующий анализ и обработку сигналов ЭЭГ, сохраняя при этом их существенные характеристики для дальнейших медицинских или исследовательских приложений.

Ключевые слова: электроэнцефалограмма, уменьшение размерности, многомерные временные ряды, автоэнкодер.

Введение

В последние годы активно развивается область применения нейронных сетей для сжатия данных. Исследование по сжатию сигналов ЭЭГ с использованием нейронных сетей стоит на перекрестке нескольких важных областей — от нейронауки до искусственного интеллекта, обладая значительной актуальностью. Рост объемов данных ЭЭГ, необходимость их обработки в реальном времени, сложность сигналов и потребность в эффективной передаче данных для мобильных и удаленных устройств делают эту тему особенно важной. Сжатие данных не только обеспечивает удобство хранения и передачи, но и может играть ключевую роль в получении признаков из исходных сигналов и их визуализации, что критично для многих приложений, включая мониторинг здоровья и нейрокомпьютерные интерфейсы. Прогресс в области нейронных сетей, включая разработку новых архитектур и алгоритмов обучения, расширяет возможности сжатия данных без потерь, обеспечивая новые методы обработки и анализа ЭЭГ. Это междисциплинарное направление исследований способствует инновациям и может привести к значительным достижениям в технологиях мониторинга здоровья и разработке нейрокомпьютерных интерфейсов. Для решения данной задачи представлены следующие нейросетевые алгоритмы: UMAP, t-SNE, PCA и Autoencoder.

Особое внимание уделяется разработке алгоритмов без потерь, которые позволяют восстанавливать исходные данные без искажений. В работе Иваськива Ю.Л., Левченко В.В. [1] рассматриваются особенности формирования нечетких обучающих множеств для нейронных сетей, что позволяет повысить эффективность сжатия данных без потерь. Авторы предлагают новый подход, который учитывает специфику потоковой передачи данных и обеспечивает высокую степень их сжатия.

В статье Булаева В.И., Мунасыпова Р.А. [2] обсуждается применение вейвлет-преобразований и нейронных сетей для сжатия геофизических данных. Использование этих технологий позволяет значительно уменьшить объем передаваемой информации, сохраняя при этом её ключевые характеристики. Такой подход находит широкое применение в области дистанционного зондирования Земли и других задачах, где важно максимально эффективно использовать ресурсы хранения данных.

Автушко Д.А., Скляр А.Я. [3] разработали алгоритм нейросетевого сжатия данных без потерь, который демонстрирует новые возможности для сокращения объема данных с максимальным сохранением их исходного качества. Исследование показывает, что нейронные сети могут эффективно адаптироваться к различным типам данных, предсказывая их структуру и минимизируя размер без потери содержания. Эти работы демонстрируют потенциал применения нейронных сетей в задачах сжатия данных, открывая новые перспективы для исследований в этой области.

Работа [4] описывает подход к анализу временных рядов, основанный на связывании одномерных представлений временных рядов с двумерными представлениями, полученными с помощью техник снижения размерности. Исследование обусловлено задачей эффективного выбора и маркировки паттернов в больших наборах данных временных рядов, что является общей задачей в

различных научных и аналитических областях. Используя техники, такие как UMAP, t-SNE, PCA и автокодировщики, исследование демонстрирует, что дополнение 1D представлений двумерным, уменьшенным по размерности, способствует более эффективному и точному выполнению задач по выбору и маркировке данных, улучшая как скорость, так и точность.

Экспериментальное исследование показало, что использование связанных 1D и 2D представлений, где 2D представление генерируется с помощью техник снижения размерности, значительно помогает в одновременном выборе данных временных рядов. Такой подход не только делает процесс выбора более эффективным, но и повышает точность выбора релевантных паттернов в данных. Исследование подчеркивает эффективность различных техник снижения размерности в облегчении этого процесса.

Описание алгоритма

Набор данных, используемый в работе, включает в себя данные ЭЭГ 28 человек с болезнью Паркинсона и 28 здоровых участников [5]. Осуществлено две сессии измерений из которых получено 168 наблюдений. Временные интервалы всех наблюдений отличаются между собой, исходя из этого было решено разбить данные на фиксированные интервалы длиной 1000 точек. Также были убраны 4 лишних канала, которые не имеют отношения к сигналам ЭЭГ. Таким образом входной сигнал можно представить в виде матрицы $X \in R^{T \times C}$, где T - количество временных точек в окне, а C - количество измерительных каналов.

Далее следует фаза обучения нейронной сети, в которой на основе отобранных сигналов ЭЭГ сеть учится выявлять важные характеристики и паттерны, оптимизируя процесс сжатия таким образом, чтобы максимально сохранять важную информацию при минимальном размере данных. Энкодер применяет последовательность функций преобразования $f_{enc}^{(i)}$ с параметрами $\theta_{enc}^{(i)}$ на каждом слое i, где i=1, 2, ..., N, и N - количество слоёв в энкодере.

После обучения нейронная сеть применяется для сжатия новых ЭЭГ данных. В этой фазе алгоритм преобразует исходные сигналы в сжатое представление, значительно уменьшая их размер. Сжатие происходит за счет выделения и сохранения ключевых признаков сигналов, в то время как менее значимая информация может быть упрощена или исключена. При необходимости сжатые сигналы могут быть восстановлены до их исходного состояния или до состояния, достаточно близкого к оригиналу, для дальнейшего анализа или визуализации. Сжатое представление Z на выходе энкодера может быть выражено как композиция этих функций преобразования, применённых к входному сигналу X:

$$Z = f_{enc}^{(N)}(...(f_{enc}^{(2)}(f_{enc}^{(1)}(X;\theta_{enc}^{(1)});\theta_{enc}^{(2)})...);\theta_{enc}^{(N)})$$

Каждая функция $f_{enc}^{(i)}$ может представляет собой операцию свёртки для извлечения признаков, с последующими слоями пулинга для уменьшения размерности, и полносвязные слои для получения окончательного сжатого представления.

Сверточная нейронная сеть состоит из двух блоков: первый из них отвечает за выделение признаков, а второй за реконструкцию исходных данных, разделение наглядно продемонстрированно на рис. 1.

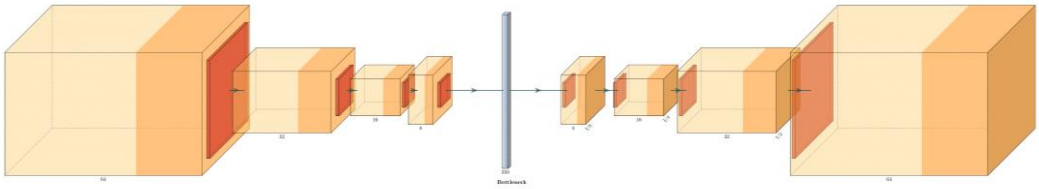


Рис. 1. Архитектура автоэнкодера

Структура блока выделения признаков состоит из четырех слоев. Каждый слой – это группировка сверточного и дропаут слоев и пакетной нормализации, которые обрабатывают входной сигнал и передают его в полносвязный слой, который образует скрытое пространство (Bottleneck) размерностью 350 точек. Далее блок реконструкции восстанавливает данные в исходную размерность 64000 точек.

Набор данных, используемый в работе, был разделен на тренировочную и тестовую выборки.

Тренировочная выборка содержит в себе 12538 наблюдений размером (64, 1000). Тестовая выборка содержит в себе 5394 наблюдения размером (64, 1000). В качестве оптимизатора был выбран алгоритм Adam. Данный метод был выбран, основываясь на работе Diederik P. Kingma и Jimmy Ba [6].

Значения метрик, полученные в результате обучения, представлены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты обучения по метрикам

	TRAIN SET	**TEST SET**
MSE	0,007	0,05
R2	0,99	0,94

На рис. 2 представлено сравнение исходной и восстановленной топологических карт активности мозга одного из пациентов. Представленная иллюстрация показывает визуальную схожесть, исходного сигнала и восстановленного, что подтверждает полученные в результате обучения модели метрики.

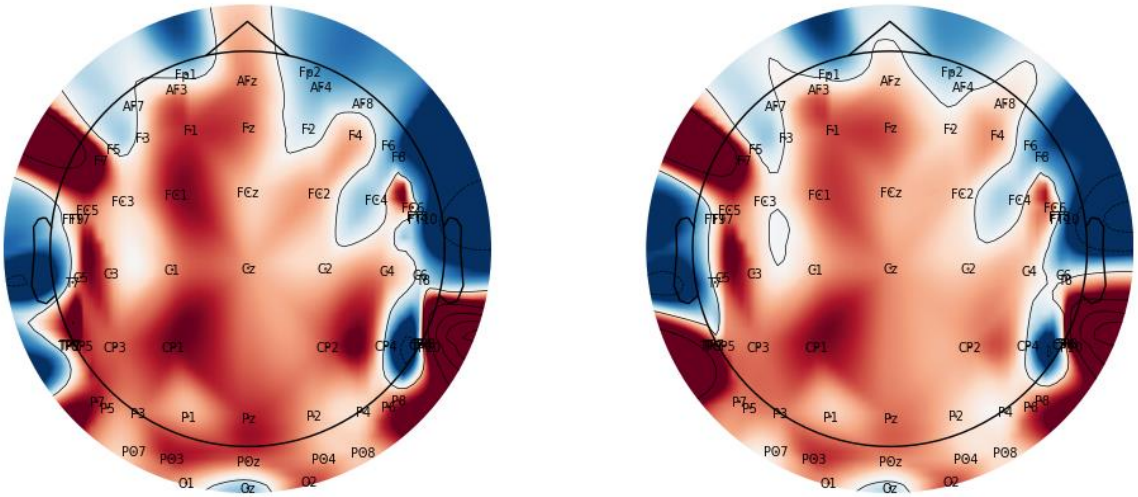


Рис. 2. Топологические карты активности мозга пациента.

Заключение

В данной работе был рассмотрен способ уменьшения размерности сигнала ЭЭГ на основе применения автоэнкодера. Полученные в результате обучения модели значения метрик (R2 и MSE) позволяют сделать вывод, что данный способ сжатия сигнала можно использовать для дальнейших исследований, передачи информации и других областей требуемых уменьшения объемов информации.

Список использованных источников

1. Иваськив Ю.Л., Левченко В.В. Формирование нечетких обучающих множеств для нейронных сетей в задачах сжатия данных без потерь. // Проблемы машиностроения и автоматизации. – 2009. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-nechetkih-obuchayuschih-mnozhestv-dlya-neyronnyh-setey-v-zadachah-szhatiya-dannyh-bez-poter.
2. Булаев В.И., Мунасыпов Р.А. Сжатие геофизических данных с применением вейвлет-преобразования и нейронных сетей. // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. – 2008. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/szhatie-geofizicheskih-dannyh-s-primeneniem-veyvlet-preobrazovaniya-i-neyronnyh-setey.
3. Автушко Д.А., Скляр А.Я. Алгоритм нейросетевого сжатия данных без потерь. // Тенденции развития науки и образования. – 2022. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=49278525.
4. Mohammed Ali, Rita Borgo, Mark W. Jones, Concurrent time-series selections using deep learning and dimension reduction // Knowledge-Based Systems. – 2021. – Vol. 233. – P. 107507. – ISSN 0950-7051, https://doi.org/10.1016/j.knosys.2021.107507.
5. Cavanagh J.F., Kumar P., Mueller A.A. et al. Diminished EEG habituation to novel events effectively classifies Parkinson's patients. Clin Neurophysiol. 2018;129(2):409-418. – PMID: 29294412 DOI: 10.1016/j.clinph.2017.11.023
6. Kingma D.P., & Ba J. Adam: A Method for Stochastic Optimization. CoRR. – 2014. – abs/1412.6980.

ЧАТ-БОТ С ИСКУССТВЕННЫМ ИНТЕЛЛЕКТОМ ДЛЯ ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИНА

Брехова А.Г
НИ ТПУ, ИШИТР, гр. 8К11, e-mail: agb17@tpu.ru

Аннотация

При поиске товара в интернет-магазине зачастую приходится применять множество фильтров или тратить много времени на просмотр каталога. Чат-бот с искусственным интеллектом поможет решить эту проблему за считанные секунды. Как создать такого электронного консультанта при помощи двух сервисов, и что входит в его возможности – об этом пойдет речь в данной статье.

Ключевые слова: чат-бот, искусственный интеллект, нейронные сети, Jivo, Salut Studio.

Введение

Чат-боты с генеративным искусственным интеллектом заполняют все больше ниш, связанных с разработкой, начиная написанием кода и заканчивая генерацией лейблов. Онлайн коммерция не исключение. Сделать собственного чат-бота с искусственным интеллектом (далее - ИИ) и использовать его для оптимизации продаж, можно самостоятельно, при помощи графических приложений.

Цель данной работы изучить возможности работы чат-бота с ИИ на основе графических конструкторов.

Графические конструкторы по созданию чат-ботов с ИИ

Большие языковые модели (Large Language Models - LLM) – вид ИИ, который нацелен на понимание естественного языка. С помощью промптов – запросов – можно общаться с нейросетью, как с человеком, и получать осмысленные ответы. Так появились чат-боты ChatGPT и Гига-чат, которые давно стали помощниками людей, работающих в сфере IT, да и простых пользователей ПК. Узнать погоду, написать код, придумать стих – все это может языковая модель.

Понимание языка и умение корректно отвечать на поставленный запрос очень важны для автоматизации процессов взаимодействия пользователя с системой. В следствие этого стали появляться чат-боты с ИИ, способные не только работать по заранее заданному сценарию, но и знать базу данных сайта или магазина, чтобы выступать полноценным онлайн-консультантом и отвечать на нетривиальные вопросы пользователей.

Востребованность чат-ботов растет с каждым днем, поэтому популярными стали визуальные графические конструкторы, позволяющие «собрать» чат-бота самостоятельно [1].

По данным на март 2024 таких чат-ботов стало более десятка от зарубежных компаний [2], а из отечественных разработок, помимо коммерческих услуг, можно выделить коллаборацию SalutStudio и Jivo. На их примере рассмотрим эффективность работы такого чат-бота.

Принцип работы конструктора ботов от SalutBot и Jivo

Интерфейс чат-бота устанавливается приложением Jivo, которое позволяет связаться с посетителями сайта через окно сообщений [3]. Для того, чтобы бот появился на сайте, достаточно в html-файл сайта добавить нужную ссылку под тег ‘header’ (рис. 1). Далее управление ботом передается приложению.

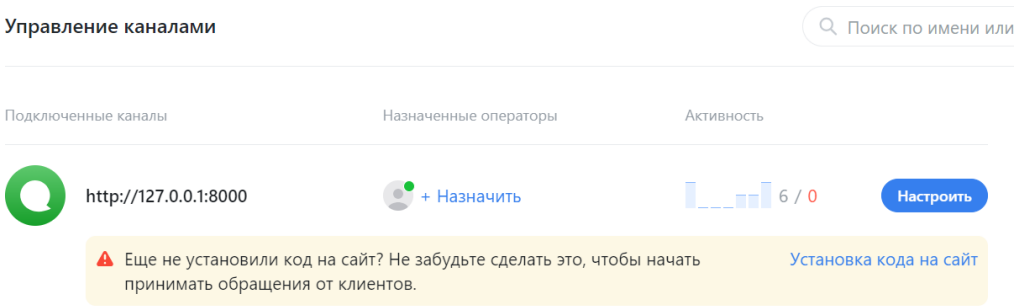


Рис. 1. Jivo-chat

SalutStudio разработана компанией Сбер, и позволяет использовать языковую модель Гига-чат как дополнение к обычному чат-боту, делая процесс общения с клиентами полностью автоматизированным.

Чтобы самостоятельно разобраться в создании чат-бота с подкреплением ИИ, существует гайд от Сбера [4] – документация по SalutBot, в которой описаны все инструменты для работы чат-бота (рис. 2).

Таким образом, нужно связать аккаунты SalutStudio и Jivo, чтобы начать работу.



Рис. 2. Документация SalutStudio по разработке бота

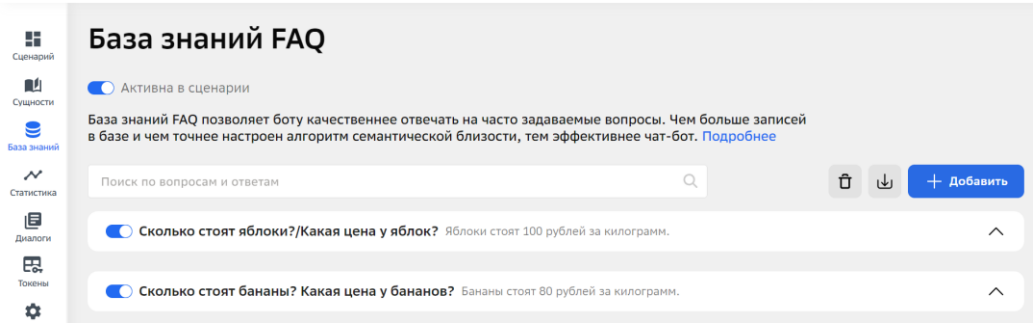


Рис. 3. База знаний SalutBot

База знаний в Salut – это возможные варианты вопросов пользователя и ответы, которые чат-бот должен на них представить. Допустим, у нас есть база данных о продукции. Чтобы чат-бот мог в ней ориентироваться, достаточно сделать таблицу в Excel, состоящую из двух столбцов: Вопрос и Ответ. Затем выгружаем таблицу в базу знаний, она обрабатывает ее и делает настоящую опору для языковой модели, которая, как настоящий консультант, знает все о товаре, имеющемся на сайте (рис. 3).

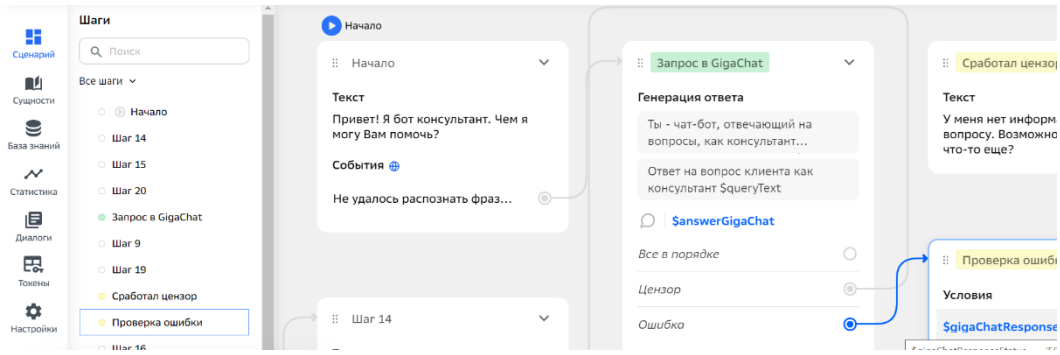


Рис.4. Сценарий чат-бота

Сценарий бота в SalutStudio – это граф, имеющий точку старта в качестве приветственного сообщения от чат-бота. Далее пользователь может строить граф согласно собственным потребностям, которые будет воспроизводить чат-бот. В качестве вершин используется либо заранее прописанный ответ бота на какой-либо вопрос пользователя, либо запрос в Гига-чат.

Вот, как может выглядеть запрос, который нужно подать на вход графу с GigaChat:
«Ты – чат-бот, отвечающий на вопросы клиентов как консультант. Наша компания {название компании} занимается {чем занимается}. Вся информация, которая нужна для ответа клиенту, находится в базе знаний. Если клиент спрашивает о чем-то, чего нет в твоей базе знаний, ответь: «Извините, такой информации у меня нет. Может вас заинтересует что-то еще?» <…> ». Таким образом, чат-бот будет иметь представление о том, какую роль он играет и в каком стиле нужно отвечать посетителю сайта.

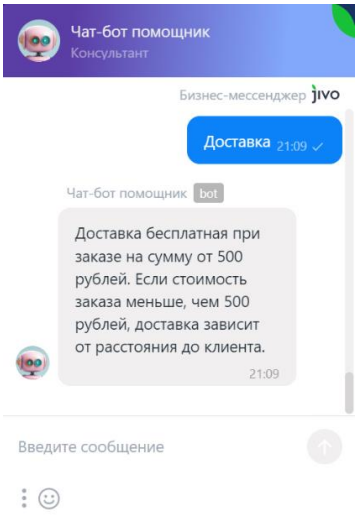


Рис. 5. Чат-бот

Достоинства и недостатки конструкторов

Несомненными достоинствами данных графических конструкторов являются:

- простота сборки;
- адаптивность к изменениям сценария;
- быстрота работы;
- легкость в управлении;
- создание примитивного чат-бота без посредников.

Получившийся чат-бот будет знать информацию о сайте или продуктах в интернет-магазине, сможет отвечать на вопросы, связанные с ней, а также давать простые ответы на любую тему. Однако в такой сборке имеются минусы.

К минусам работы конструкторов относятся фактические ошибки и галлюцинации, которые может допустить чат-бот с ИИ при ответе пользователю.

Также ограниченность в возможных ресурсах может существенно снизить эффективность использования графических конструкторов, так как код позволяет расширить функционал чат-ботов и наладить более строгую связь между его базой данных и языковой моделью, чего в графических приложениях сделать нельзя.

Заключение

Таким образом, графические конструкторы могут значительно улучшить качество обслуживание посетителей сервисов, не только отвечая на вопросы согласно сценарию, но и представляя лицо компании, поддерживать диалог на хорошем уровне, что способствует более дружелюбному характеру общения с клиентами и в целом увеличивает востребованность данных приложений. Также ввиду простоты в сборке и использовании, можно сказать, что популярность сервисов по созданию чат-ботов будет расти. Однако для полноценного функционала и более высокого качества работы чат-ботов с ИИ следует учесть их слабые места и восполнить их при помощи грамотно собранного сценария и базы знаний, или вовсе написанием бота при помощи кода.

Список использованных источников

1. Масюк Наталья Николаевна, Васюкова Людмила Константиновна, Ищенко Анастасия Евгеньевна, Диденко Платон Сергеевич ЧАТ-БОТ КАК ИННОВАЦИОННЫЙ ИНСТРУМЕНТ ПРИМЕНЕНИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ПРОДАЖ // АНИ: экономика и управление. – 2019. – № 4. – С. 29. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/chat-bot-kak-innovatsionnyy-instrument-primeneniya-neyronnyh-setey-pri-optimizatsii-protsessa-prodazh (дата обращения: 28.03.2024).

2. 10 лучших чат-ботов с ИИ для бизнеса и веб-сайтов // Unite.AI. – URL: https://www.unite.ai/ru/chatbots/ (дата обращения: 25.03.2024)

3. JivoSite// «Живой Сайт». – URL: https://www.jivo.ru/ (дата обращения: 25.03.2024)

4. Документация для разработчиков// СберБанк. – URL: https://developers.sber.ru/docs/ (дата обращения: 25.03.2024)

ОПТИМИЗАЦИЯ АРХИТЕКТУРЫ ПОЛНОСВЯЗНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ ЗАДАЧИ ОЦЕНИВАНИЯ ЛИПОФИЛЬНОСТИ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Пякилля Б.И.[1]
Томский политехнический университет, ИШИТР, ОАР, старший преподаватель,
e-mail: morphism@tpu.ru

Аннотация

В современной химии одним из ключевых параметров, определяющих свойства органических соединений, является липофильность. Традиционные методы оценивания сталкиваются с ограничениями, такими как высокие временные и ресурсные затраты. Таким образом, решением становится использование методов машинного обучения, способных предсказывать липофильность. Целью работы является оптимизация архитектуры нейронной сети, предназначенной для оценивания липофильности органических соединений.

Ключевые слова: моделирование, нейросеть, липофильность, хемоинформатика, машинное обучение

Введение

В настоящее время, в химии и фармакологии, липофильность органических соединений признается одним из важнейших факторов, влияющих на их характеристики и активность [1]. Однако традиционные подходы к её измерению, включающие в себя как экспериментальные, так и теоретические методы, часто ограничены из-за значительных затрат времени и ресурсов, а также из-за сложностей их применения к новым или комплексным структурам [2]. В этом контексте, методы машинного обучения, которые могут предсказывать липофильность на основе структурных данных молекул, представляют собой перспективное направление. Цель данного исследования - разработка и настройка архитектуры нейронной сети для повышения точности и эффективности в оценке липофильности органических соединений.

Важные исследования в области применения нейронных сетей и машинного обучения к задачам в области химии и фармакологии, в том числе для оценки липофильности, акцентируют внимание на методах глубокого обучения, например, на графовых нейронных сетях. Примером может служить исследование, опубликованное в Journal of Cheminformatics, где была представлена нейросетевая модель для прогнозирования липофильности и растворимости в воде, с каждым химическим соединением, представленным в виде математического графа [3]. Другие работы показывают применение глубоких нейросетевых моделей, с использованием так называемой архитектуры «трансформер», для предсказания молекулярных свойств [4]. Эти исследования демонстрируют возможности машинного обучения в решении сложных проблем в области химии и фармакологии и подчеркивают значимость выбора и настройки архитектуры модели для обеспечения высокой точности и эффективности предсказаний. Однако, одной из главных проблем вышеперечисленных работ и большинства современных методов, использующих графовые нейронные сети, является сложность в обработке и представлении химических структур в форме графов, что требует значительных вычислительных ресурсов и специализированных знаний в области хемоинформатики. Кроме того, эффективность таких моделей сильно зависит от точности и полноты входных данных, что становится серьёзным препятствием учитывая ограниченность химических данных в фармакологии.

Традиционные полносвязные нейронные сети (также известные как FC или Dense Networks), при эффективном выборе способа представления химических соединений, могут служить в качестве альтернативного метода для анализа липофильности. Выбор соответствующих признаков и архитектуры может значительно упрощать задачу для таких нейросетевых моделей, снижая потребности в объеме данных и достигая высокой точности в предсказаниях даже с использованием ограниченных наборов данных. В этой работе акцент сделан на нахождение идеальной архитектуры для полносвязной нейронной сети, исследуя, как различные изменения в архитектуре и гиперпараметрах влияют на способность сети предсказывать липофильность. Предложен подход к поэтапной оптимизации, начиная с определения исходной структуры сети и заканчивая тонкой настройкой гиперпараметров через метод автоматической оптимизации, такой как алгоритм поиска по сетке (Grid Search).

Основная часть

Для обучения нейронных сетей использовался публичный датасет липофильности, полученный из базы данных ChEMBL [5], включающей сведения о химических соединениях и их биологической активности. Липофильность, представляющая собой безразмерный логарифмический показатель, отражает способность молекулы связываться с жирами, и варьируется в интервале от -2 (высокая гидрофильность) до 5 (высокая липофильность) [6]. Набор данных имеет следующие характеристики:

• 4200 органических соединений.

• Среднее значение липофильности равняется 2,18.

• Стандартное отклонение липофильности равняется 1,20.

График распределения значений липофильности соединений изображен на рис. 1.

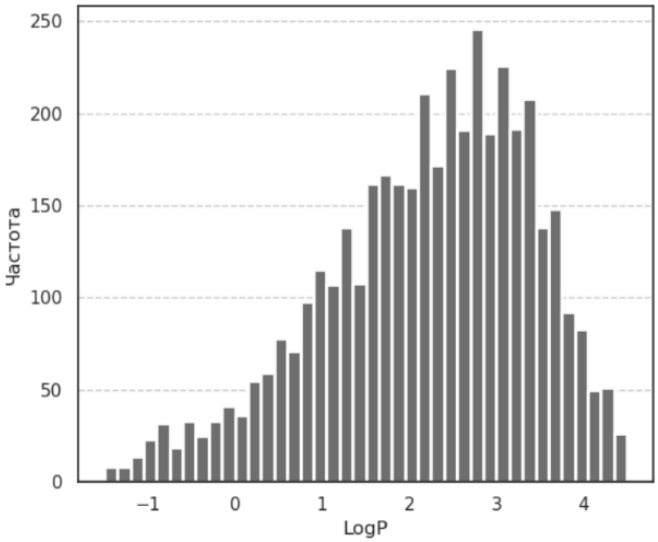


Рис. 1. График распределения липофильности в данных ChEMBL

Данные будут разделены на обучающий и тестовый наборы в пропорции 90:10 соответственно, причем обучающий набор будет применяться для тренировки и кросс-валидации нейронной сети, а тестовый — для проверки её эффективности на данных, с которыми модель не сталкивалась ранее. Этот метод деления данных широко распространен и рекомендуется для проверки способности модели адекватно работать с новыми данными [7]. Чтобы обеспечить воспроизводимость результатов, было установлено начальное значение генератора случайных чисел (random seed) в 42.

Для задачи предсказания липофильности, которая является задачей регрессии, оптимальным вариантом выбора метрики обычно является средняя квадратическая ошибка (Mean Squared Error, MSE) или корень из средней квадратической ошибки (Root Mean Squared Error, RMSE) [5].

В данной работе мы возьмем как основную метрику корень из средней квадратической ошибки из-за её лучшей интерпретации по сравнению с MSE. Такой выбор объясняется тем, что ошибка RMSE выражается в исходных единицах измерения целевой переменной LogP.

В хемоинформатике для количественного описания молекул обычно используются различные типы химических дескрипторов и отпечатков (fingerprints) [7]. Эти признаки помогают в анализе и сравнении молекулярных структур, а также в предсказании их свойств и биологической активности. Вот некоторые из наиболее часто используемых признаков:

• Молекулярные Дескрипторы. Молекулярный вес, количество водородных доноров и акцепторов, площадь поверхности молекулы, момент инерции и т. д.

• MACCS keys. Стандартный набор из 166 битов, представляющих наличие или отсутствие определенных химических структур или паттернов в молекуле.

• Extended Connectivity Fingerprints (ECFP). Отпечатки, основанные на структуре молекулы, которые учитывают окружение каждого атома.

•Continuous Distributed Description of Drug-like molecules (CDDD). Метод представления молекул, основанный на использовании глубокого обучения для преобразования молекулярных структур в непрерывное векторное пространство [8].

В данной работе за входные признаки, описывающие химические соединения, будут взяты Химческие отпечатки (ECFP), являющиеся стандартным выбором в большинстве задач хемоинформатики [7].

Процесс обучения

Процесс обучения нейронной сети связан не только с выбором пространства признаков, но с выбором таких условий, которые обеспечат наилучшее качество работы полученной модели на тестовом множестве т.е. позволят избежать переобучения. В качестве основной модели будет выбрана полносвязная нейронная сеть, входная размерность которой будет зависеть от выбранного пространства признаков, а количество скрытых слоев будет равняться двум, размерность же выходного слоя будет равняться одному нейрону в связи с необходимостью предсказания лишь одного значения, липофильности. Первый скрытый слой будет включать в себя 64 нейрона, а второй скрытый слой будет состоять из 32 нейронов. В виде активационной функции скрытых нейронов была выбрана ограниченная линейность (ReLU - Rectified Linear Unit), одним из главных преимуществ которой является уменьшение эффекта затухающего градиента, что часто встречается в глубоких сетях с сигмоидными или тангенциальными функциями активации. В качестве оптимизатора был выбран Adam (Adaptive Moment Estimation), преимуществом которого является адаптация скорости обучения для каждого параметра [9, 10].

Такая архитектура выбранной полносвязной нейронной сети обусловлена своей вычислительной простотой и задачей избежать переобучения, чего нельзя сказать о графовых нейронных сетях, которые имеют на порядок больше параметров для обучения. Наличие большего количества параметров для обучения требует большого количества обучающих данных, что часто является проблемой в хемоинформатике, где сбор данных является дорогостоящим процессом [7, 9].

Определение архитектуры нейронной сети

Для определения наилучшей архитектуры нейронной сети в смысле значения тестового RMSE и выбранных ECFP признаков, будем использовать поиск по сетке (Grid Search), где будем последовательно перебирать количество нейронов в обоих скрытых слоях, начиная с 1 нейрона до 256 [11]. Ограниченность данного диапазона связана с вычислительными затратами на обучение сети, возрастающими при увеличении количества нейронов.

Результаты поиска представлены на рис. 2 и как видно из него, наименьшее значение кросс-валидационной RMSE достигается при 229 нейронах в обоих скрытых слоях и равняется 0,786. Значение же тестовой RMSE равняется 0,687, что ниже, чем значение, получаемое при использовании базовой архитектуры (64 нейрона в первом скрытом слое, 32 нейрона во втором) на 10,3 %.

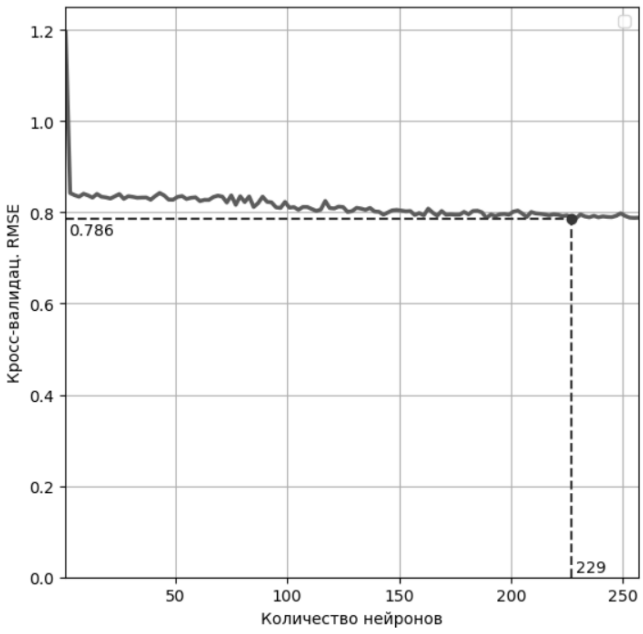


Рис. 2. График зависимости кросс-валидационной RMSE от количества нейронов в скрытых слоях

Заключение

Результаты работы, посвященной оптимизации архитектуры полносвязной нейронной сети для предсказания липофильности с использованием ECFP дескрипторов, демонстрируют важность подбора правильной архитектуры в смысле выбранной метрики, в данном случае среднеквадратичной ошибки. Оптимизация архитектуры нейронной сети с учетом ECFP признаков, особенно в части количества нейронов в скрытых слоях, позволила достигнуть высокой точности предсказаний. Данная модель показала результаты, превосходящие те, что были получены с использованием исходной неоптимизированной, с точки зрения архитектуры, модели. Это подчеркивает значимость тщательного подбора архитектуры модели для повышения ее предсказательной способности в химических исследованиях.

Список использованных источников

1. Wardecki D. Assessment of Lipophilicity Parameters of Antimicrobial and Immunosuppressive Compounds / D. Wardecki, M. Dołowy, K. Bober-Majnusz // Molecules. – 2023. – Vol. 28. – no. 6. – P. 1-14.
2. Integrating the Impact of Lipophilicity on Potency and Pharmacokinetic Parameters Enables the Use of Diverse Chemical Space during Small Molecule Drug Optimization / R. Miller, M. Madeira, H. Wood, W. Geissler, C. Raab, I. Martin // J. Med. Chem. – 2020. – Vol. 63. – no. 21. – P. 12156-12170.
3. Tang B. A self-attention-based message passing neural network for predicting molecular lipophilicity and aqueous solubility. / B. Tang, S. Kramer, M. Fang // J. Cheminform. – 2020. – Vol. 12. – no. 15. – P. 1-9.
4. Song Y. Double-head transformer neural network for molecular property prediction. / Y. Song, J. Chen, W. Wang // J. Cheminform. – 2023. – Vol. 15. – no. 27. – P. 1-16.
5. Wu Z. MoleculeNet: a benchmark for molecular machine learning / Z. Wu, B. Ramsundar, E. N. Feinberg // Chemical science. – 2018. – Т. 9. – №. 2. – P. 513-530.
6. Кольман Я., Рем К. Г. Наглядная биохимия. – Лаборатория знаний. – 2023. – 513 с.
7. Маджидов Т.И. Введение в хемоинформатику: учебное пособие. Ч. 1: Компьютерное представление химических структур. / Т.И. Маджидов, И.И. Баскин, А.А. Варнек. – Казань: Изд-во Казанского ун-та. – 2015. – 174 с.
8. Gómez-Bombarelli R. Automatic Chemical Design Using a Data-Driven Continuous Representation of Molecules. / R. Gómez-Bombarelli, N. W. Jennifer, D. Duvenaud // ACS Central Science. – 2018. – Vol. 4. – no. 2. – P. 268-276.
9. Bengio Y. Deep Learning. / Y. Bengio, I. Goodfellow, A. Courville // MIT Press. – 2016. – 800 p.
10. Stokes J.M. A Deep Learning Approach to Antibiotic Dis-covery / J.M. Stokes, K. Swanson, K. Yang // Cell, 2020. – Vol. 180. – no. 4. – P. 475-483.
11. Ali Y.A Hyperparameter Search for Machine Learning Algo-rithms for Optimizing Computational Complexity. // Pro-cesses. – 2023. – Vol. 11. – no. 2. – P. 1-21.

СЕГМЕНТАЦИЯ ВЫБОИН С ПОМОЩЬЮ СВЕРТОЧНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ YOLOV8

Канаева И.А.[1], Спицын В.Г.[2]
[1] НИ ТПУ, ИШИТР, ОИТ, гр. А0-39, e-mail: iap15@tpu.ru
[2] НИ ТПУ, ИШИТР, ОИТ, профессор, д.т.н., e-mail: spvg@tpu.ru

Аннотация

В данной работе рассматривается задача сегментации выбоин на автомобильных дорогах с помощью сверточных нейронных сетей семейства YOLOv8. Актуальность исследования подчеркнута статистическим анализом дорожно-транспортных происшествий в России по вине неудовлетворительного состояния дорог и улиц. Проведен обзор общедоступных наборов данных для задач сегментации. Полученный результат лучшей модели YOLOv8s-seg на тестовой выборке бенчмарка UDTIRI сопоставим с SOTA результатами моделей в работе [1].

Ключевые слова: сегментация, дефекты дорожного покрытия, сверточные нейронные сети.

Введение

На начало 2024 года протяженность дорог в России составляет более 1,6 миллионов километров. Высокая интенсивность и сложные погодные условия часто приводят к деформации и частичному разрушению асфальтобетонных покрытий. Для оценки своевременного мониторинга состояния дорог и оценки качества дорожного покрытия используются передвижные комплексные дорожные лаборатории (КДЛ), оснащенные камерами, гиро-инерциальной системой позиционирования, системой глобального позиционирования, лазерным трехмерным сканером и другими датчиками, а также гироскопами. В настоящий момент основная обработка данных, полученных в ходе диагностики, осуществляется инженерами в ручном режиме. Трудоемкость процесса выделения дефектов, а также бурное развитие современных методов компьютерного зрения позволяет судить об актуальности автоматизации процесса обнаружения дефектов. В данной работе будет уделено внимание такому дефекту как выбоины, которые представляют собой углубление на поверхности дороги, возникшее в результате ударов.

Статистический анализ ДТП

По статистике госавтоинспекции, в дорожно-транспортных происшествиях (ДТП) в Российской Федерации за 2022 год погибло свыше 14 тыс.яч человек и пострадало более 160 тыс.яч. Более 75 % всех ДТП в РФ происходят в городах, при этом основной или сопутствующей причиной каждого третьего происшествия является неудовлетворительное состояние дорог и улиц [2]. В результате наличия данного отягчающего фактора только в 2022 году погибло свыше 4 тыс.яч человек (рис. 1).

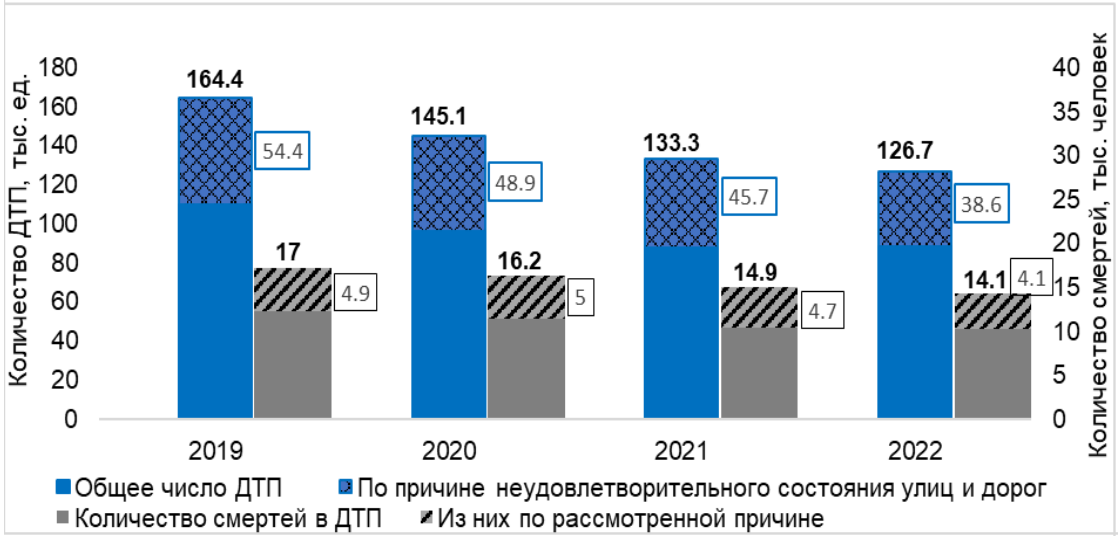


Рис. 1. Статистика ДТП по причине неудовлетворительного состояния улиц и дорог

По параметру смертности в ДТП на 100 тыс.яч населения на 2019 год Россия занимала 65-е место

с показателем в 12 смертей на 100 тысяч человек. При этом данный показатель для стран Евросоюза на 2019 год был в среднем более чем вдвое ниже (5,1), но безусловно показатели в странах западной Европы значительно отличаются от восточной части.

С 2019 года в РФ реализуется национальный проект «Безопасные качественные дороги», целью которого является повышение качества дорог, улучшение доступности инфраструктуры, а также качества самих дорог. Реализация данного проекта позволила значительно сократить общую смертность на дорогах: -17 % в 2022 году относительно 2019 года, а показатель смертности на 100 тысяч населения составил 9,8. Однако не стоит забывать, что на 2022 год 38,6 тысяч ДТП произошло по причине неудовлетворительного состояния улиц и дорог, в которых погибло более 4 тысяч человек и большего количества этих смертей можно было бы избежать при своевременной диагностике и выявления несоответствия нормативным параметрам.

Обзор существующих открытых наборов данных для задач сегментации

В области обнаружения дефектов дорожного покрытия более распространен подход к детектированию с помощью ограничивающих рамок. Систематизацию данных и знаний в этом направлении провели японские исследователи в ходе серии соревнований по обнаружению дефектов, проводимых с 2018 по 2022 год. Итоговый набор данных RDD2022 содержит 47420 изображений дорог из шести стран: Японии, Индии, Чехии, Норвегии, США и Китая. На изображениях отмечено более 55000 дефектов четырех типов: продольная трещина, поперечная трещина, множественное растрескивание и выбоина [3]. Основные результаты показали успешное применение методов глубокого обучения к задаче обнаружения дефектов покрытия, а использование данных из разных стран повысило надежность алгоритмов.

Ввиду различных топологий дефектов, в частности диагональных трещин, прямоугольная область выделения может захватывать множество лишней информации, что вносит трудности в определение площади поврежденного покрытия. Для целей оценки качества автомобильной дороги наилучшим вариантом является попиксельное выделение дефектов с помощью маски, однако создание описанного набора данных является трудозатратным и длительным ввиду кропотливого ручного выделения дефектов на изображении. В таблице 1 представлены существующие открытые наборы данных для решения задач сегментации разрушений.

Таблица 1

Свободно-доступные наборы данных для сегментации дефектов дорожного покрытия

Наименование	Место сбора	Количество изображений, штук	Размер изображений, пиксель	Тип перспективы изображений	Классы дефектов
CRACK500 [4]	США, Пенсильвания	500 (250-50-200)	2000x1500	вид сверху	трещина
CRACKTree 200 [5]	Не известно	206	800x600	вид сверху	трещина
CrackForestDataset (CFD) [6]	Китай, Пекин	118	480×320	вид сверху	трещина
EdmCrack600 [7]	Канада, Эдмонд	600	1920x1080	вид камеры заднего вида	трещина
DNIT [8]	Бразилия	2235	1280x729	вид водителя	трещина, выбоина, полоса движения
Farzad Road Damage Assessment [9]	интернет	780 (720-60)	640x640	различный	выбоина
UDTIRI [1]	интернет	1000 (600-100-300)	различный	различный	выбоина

В конце 2023 года китайские ученые представили первый бенчмарк в области интеллектуальной дорожной инспекции – обнаружение выбоин на дорогах, называемый UDTIRI. Бенчмарк предоставляет собой хорошо аннотированный набор данных из 1000 изображений выбоин, который можно

использовать для обучения и оценки сетей обнаружения объектов, семантической сегментации и сегментации экземпляров. Аннотации к обучающим и проверочным выборкам доступны исследователям, а оценку производительности разработанной модели на тестовом наборе можно получить, отправив результаты через онлайн-платформу тестирования.

Описание архитектуры YOLOv8-seg

Модель YOLO является одноступенчатой архитектурой, которая обрабатывает изображение в исходном масштабе за один проход, рассматривая задачу детектирования как задачу регрессии ограничивающих рамок и классов объектов. Архитектура YOLO подразделяется на CHC для вычисления признаков изображения, называемую *backbone*, подсеть для обработки признаков – *neck*, и *head* – объединение частей, отвечающих за предсказание ограничивающей рамки.

Модель YOLOv8-seg является расширением модели YOLOv8 для задач семантической сегментации. В качестве подсети выделения признаков (*backbone*) модель YOLOv8-seg использует подсеть CSPDarknet53 с разделением потока градиента от пирамиды признаков *FPN*. За тем следует новый модуль *C2f* вместо традиционной архитектуры YOLO *neck*. За модулем *C2f* следуют два набора *head* слоев сегментации, которые учатся предсказывать маски семантической сегментации для входного изображения. Модель также имеет *head*-слои обнаружения, аналогичные YOLOv8, состоящие из пяти модулей обнаружения и слоя прогнозирования. Схематичное представление описанной архитектуры приведено на рис. 2.

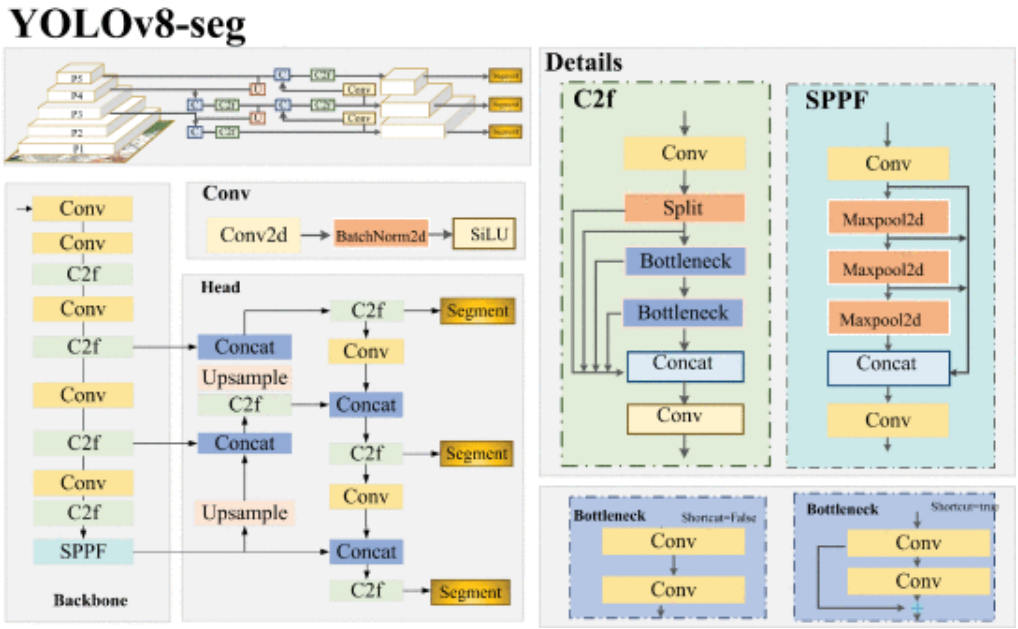


Рис. 2. Архитектура YOLOv8-seg [10]

В [11] показано, что модель YOLOv8-seg позволяет достигать самых современных результатов в различных тестах обнаружения объектов и семантической сегментации при сохранении высокой скорости и эффективности. Авторы фреймворка представили 5 конфигураций модели YOLOv8, по-разному оптимизированных для улучшения скорости и точности, и предварительно обученных на наборе данных COCO [11].

Формирование датасета и обучение нейросети

Для обучения нейросетевой модели был сформирован датасет на основе наборов данных Farzad и UDTIRI в размере 1320 обучающих и 160 проверочных изображений. Все изображения были масштабированы до размера входа сети 640x640 пикселей. Для ускорения обучения и улучшения точности модели часто применяют преобразованное обучение (transfer learning), заключающееся в адаптации существующей обученной нейронной сети в разрабатываемую архитектуру. Для повышения производительности модели во время обучения YOLOv8 использует мозаичную аугментацию: объединяет четыре изображения в одно для изучения контекстов объектов в разных

местах и на разном фоне. Фреймворк Ultralytics содержит 5 предварительно обученных на наборе данных COCO конфигураций сети YOLOv8-seg: от «крошечной» и быстрой модели «*n*» с 3,2 млн параметров, до большой и точной «*x*» с 71,7 млн Обучение нейросетей производилось в течение 100 эпох с помощью метода AdamW, с начальной скорость обучения 0,0001 и конечной 0,01, размер пакета batch равен 16. Оценка результатов на тестовой выборке из 300 изображений производилась через загрузку полученных сегментационных масок в онлайн-систему бенчмарка [12] и представлена в таблице 2.

Таблица 2

Точность сегментации моделей YOLOv8 на тестовой выборке бенчмарка UDTIRI

Наименование модели	IoU (%)	F1 (%)	Precision (%)	Recalls (%)	Accuracy (%)
YOLOv8n-seg	0,693	0,790	0,807	0,831	0,957
YOLOv8s-seg	0,697	0,792	0,801	0,834	0,960
YOLOv8m-seg	0,707	0,796	0,828	0,814	0,960
YOLOv8l-seg	0,672	0,767	0,770	0,842	0,950
YOLOv8x-seg	0,650	0,748	0,786	0,789	0,952

Модели «n», «s» и «m» на тестовой выборке по метрикам точности показывают схожие результаты, в то время как большие модели «l» и «x» не дают прироста в точности, ввиду избыточности слоев и весов сетей для обучающего датасета с небольшим числом изображений и объектов.

В таблице 3 представлены сведения о скорости вычисления рассматриваемых моделей СНС путём оценки среднего времени сегментации объектов на одном изображении проверочной выборки.

Таблица 3

Среднее время сегментации объектов на одном изображении

Наименование модели	Preprocess, мс	Inference, мс	Postprocess, мс	Количество параметров, млн	GFLOPs
YOLOv8n-seg	0,5	9,0	4,1	3,2	12,0
YOLOv8s-seg	3,8	11,0	3,9	11,8	42,4
YOLOv8m-seg	2,9	38,9	3,7	27,2	110,0
YOLOv8l-seg	13,8	46,1	5,0	45,9	220,1
YOLOv8x-seg	5,3	49,0	3,9	71,7	343,7

Путем анализа результатов точности и скорости сегментации, для решения поставленной задачи лучшим выбором будет архитектура YOLOv8s-seg. Корректные и ошибочные результаты выделения выбоин данной модели на тестовых изображениях представлены на рис. 3 и 4, соответственно. Выбраны изображения с различной перспективой съемки, размером и количеством выбоин, времени суток, присутствием погодных явлений (снег, лужи, слякоть).



Рис. 3. Примеры верных результатов сегментации YOLOv8s-seg на тестовых изображениях UDTIRI

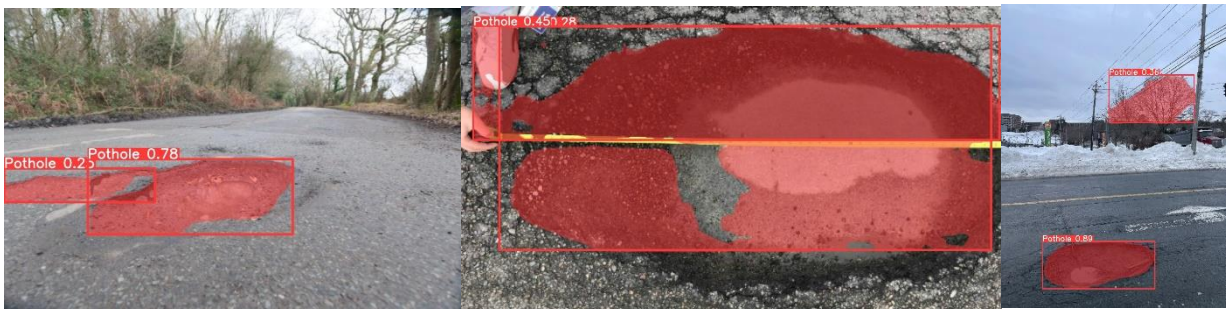


Рис. 4. Примеры недостоверных результатов сегментации YOLOv8s-seg на тестовых изображениях UDTIRI

Ввиду обучения модели на наборе данных с разными типами перспектив к дородному покрытию (вид водителя, вид сверху и так далее), случаются ложные срабатывания в областях, не принадлежащих дороге, что показано на последнем изображении. Также наблюдаются трудности в сегментации выбоин с нетипичным мусором. Так как в обучающем наборе данных присутствуют экземпляры выбоин с лужами и гравием, то в целом модель неплохо справляется с погодными проявлениями на дорожном покрытии.

Заключение

В работе проведен анализ актуальности темы автоматизации процесса дефектовки дорожного покрытия, выполнен обзор существующих открытых наборов данных для сегментации дефектов, рассмотрена современная архитектура СНС YOLOv8. Обучены и исследованы 5 конфигураций сети YOLOv8-seg. Представленные результаты позволяют сделать вывод об успешности обучения нейросети. Планируется расширение набора данных для минимизации указанных выше недостатков в работе СНС.

Список использованных источников

1. Guo S. и др. UDTIRI: An Open-Source Road Pothole Detection Benchmark Suite. – 2023. – № 1. – С. 1–12.
2. Дорожно-транспортная аварийность в Российской Федерации за 2022 год: информационно-аналитический обзор. М. : ФКУ «НЦ БДД МВД России». – 2023. – 150 с.
3. Arya D., Maeda H., Ghosh S.K., Toshniwal D., Omata H., Kashiyama T., Sekimoto Y. Crowdsensing-based road damage detection challenge (CRDDC'2022) // Proceedings – 2022 IEEE International Conference on Big Data, Big Data. – 2022. – P. 6378-6386.
4. Zhang L. Road crack detection using deep convolutional neural network / L. Zhang, F. Yang, Y.D. Zhang, Y.J. Zhu // 2016 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP). – 2016. – P. 3708-3712.
5. Zou Q. CrackTree: Automatic crack detection from pavement images / Q. Zou, Y. Cao, Q. Li, Q. Mao, S. Wang // Pattern Recognition Letters. – 2012. – Vol. 33. Issue 3. – P. 227-238.
6. Shi Y. Automatic road crack detection using random structured forests / Y. Shi, L. Cui, Z. Qi, F. Meng, Z. Chen // IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. – 2016. – Vol. 17. Issue 12. – P. 3434-3445.
7. Mei Q., Gul M. A cost effective solution for pavement crack inspection using cameras and deep neural networks // Constr. Build. Mater. – 2020. – Т. 256. – С. 119397.
8. Passos B. T. и др. Cracks and Potholes in Road Images // Mendeley Data. – V4. – 2020. – URL: https://biankatpas.github.io/Cracks-and-Potholes-in-Road-Images-Dataset/ (дата обращения: 20.03.2024)
9. Farzad. Pothole_Segmentation_YOLOv8 Dataset [Computer software] // Roboflow Universe. – 2023. – URL: https://universe.roboflow.com/farzad/pothole_segmentation_yolov8 (дата доступа: 25.03.2024 г.)
10. Bai R., Wang M., Zhang Z., Lu J., Shen F. Automated construction site monitoring based on improved yolov8-seg instance segmentation algorithm // IEEE Access. – 2023. – Vol. 11 – P. 139082-139096.
11. Jocher G., Chaurasia A., Qiu J. Ultralytics YOLO (Version 8.0.0) [Computer software]. – 2023. – URL: https://github.com/ultralytics/ultralytics
12. Urban Digital Twins for Intelligent Road Inspection: офиц. сайт. – URL: https://udtiri.com/ (дата обращения: 25.03.2024)

Секция 2. Цифровой дизайн и VR технологии

РАЗРАБОТКА ДИЗАЙНА ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО ИНТЕРФЕЙСА ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ «ОБСУДИМ?»

Баженов М.В.[1], Озерова П.И.[2], Симонов Т.С.[3]
[1]ТУСУР, АОИ, 422-2, e-mail: maksim.bazhenov.v@mail.ru
[2]ТУСУР, АСУ, 431-1, e-mail: polina300750@gmail.com
[3]ТУСУР, АОИ, 422-м1, e-mail: tim.sim4@yandex.ru

Аннотация

Статья посвящена разработке дизайна пользовательского интерфейса программной системы «Обсудим?», направленной на проработку психологических проблем. В ходе работы был создан интуитивно понятный дизайн, основанный на стандарте Material Design. В качестве главного цвета был выбран оттенок синего, который, успокаивает человека, ассоциируется с радостью и настраивает на рабочий лад.

Ключевые слова: Material Design, дизайн интерфейса, Android-приложение, web-приложение, психологическое благополучие

Введение

В современном мире информационные технологии все чаще применяются в медицине и психологии. Хотя на сегодняшний день они не могут заменить психолога, исследования [1] показывают эффективность их применения в различных контекстах: пользователи могут работать с приложениями самостоятельно или использовать их в ходе терапии со специалистом. В связи с социальной напряженностью в контексте геополитических проблем, сфера цифровых психологических услуг продолжает расширяться как в России, так и в мире [2].

Для оценки качества мобильных приложений, связанных со здоровьем, применяется Mobile App Rating Scale (MARS) [3]. Один из разделов этого опросника посвящен эстетичности – графическому дизайну, общей визуальной привлекательности, цветовой гамме и стилистической последовательности. В других исследованиях также отмечается значение UI/UX дизайна для программных средств [4].

Таким образом цель данной работы заключается в разработке дизайна Android-приложения и web-приложения программной системы для сопровождения психотерапии и самостоятельной проработки психологических проблем пользователя «Обсудим?».

Основная часть

На первом этапе разработки были определены требования к программной системе [5]. Предусмотрены 2 пользовательские роли: клиент и психолог. Для получения роли психолога необходимо заполнить анкету и прикрепить подтверждающие документы. Для разделения ролей и обеспечения конфиденциальности информации, потребуется реализовать в приложении авторизацию и регистрацию.

Психолог может просматривать заявки клиентов на терапию и отвечать на них, просматривать список своих клиентов, их профили, результаты пройденных тестов и выполненные упражнения, получать статистику по проведённой работе и её анализ. Предусмотрен чат для общения клиента с психологом.

Клиенту должны быть доступны обучающие материалы, психологические тесты, когнитивные и поведенческие упражнения. Предусмотрены напоминания о заданиях и возможность подобрать психолога, в соответствии с запросом. Функциональные возможности системы представлены на рис. 1.

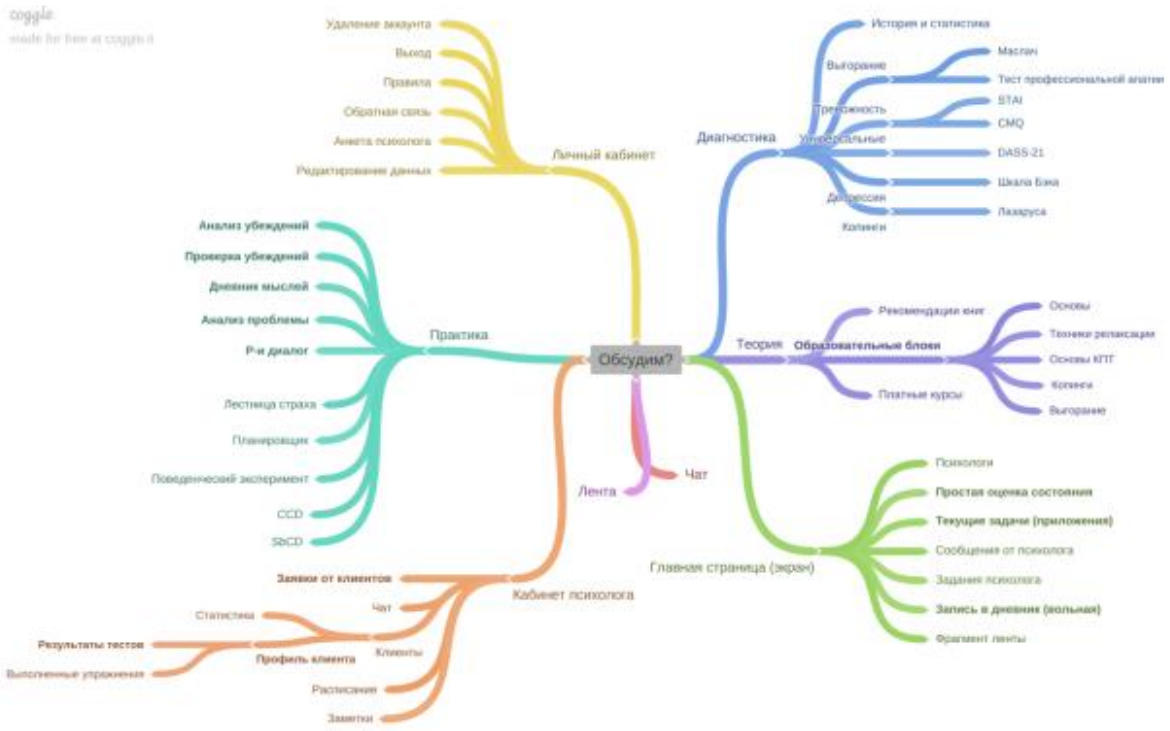


Рис. 1. Ментальная карта приложения

При разработке Android-приложений корпорация Google рекомендует основываться на стандарте Material Design [6]. Стандартизация помогает пользователю быстрее адаптироваться к новому приложению, поскольку логика интерфейса в таком случае уже знакома ему. Соответственно, при разработке web-приложения целесообразно также ориентироваться на Material Design. Однако, стандартизация не означает, что интерфейс становится скучным и однообразным – стандарт определяет лишь принципы создания дизайна. Основные принципы Material Design:

- тактильные поверхности;
- полиграфический дизайн;
- осознанная анимация;
- адаптивный дизайн.

Дополнительным плюсом стандарта являются различные инструменты сопровождения – гайдлайны, библиотеки элементов, генератор цветовой схемы и т.д. Генератор цветовой схемы принимает на вход основной цвет приложения и возвращает набор подходящих к нему по стандарту цветов, каждый из которых играет определенную роль в интерфейсе. Для интерфейса «Обсудим?» в качестве главного был выбран цвет с HEX-кодом 2E628C. Он относится к оттенкам синего, который, согласно статьям [7-8], успокаивает человека, ассоциируется с безопасностью, радостью, настраивает на рабочий лад.

Примеры дизайна страниц web-приложения приведены на рис. 2 и 3.

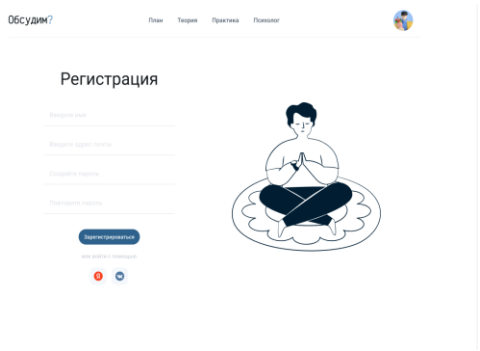


Рис. 2. Страница регистрации пользователя

Страница регистрации простая и соответствует стандартным паттернам поведения пользователя. Включает в себя поля ввода имени, почты, пароля, а также возможности зарегистрироваться через ВК или Яндекс.

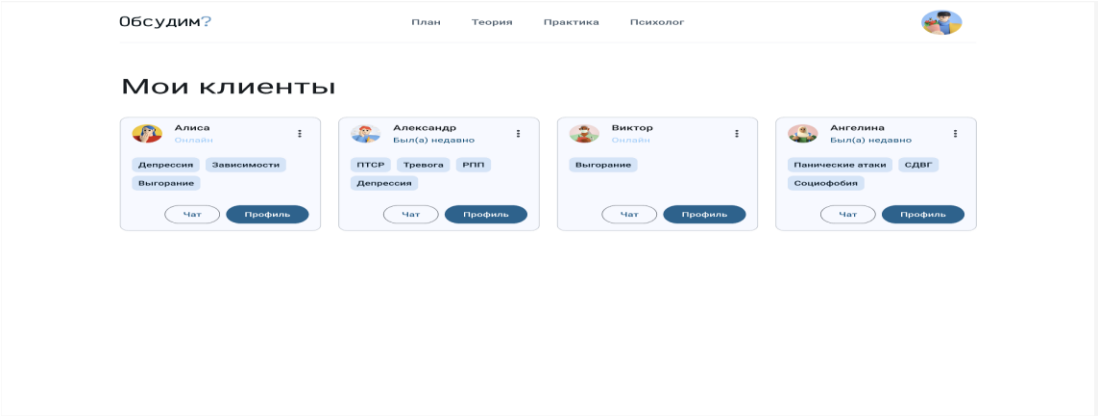
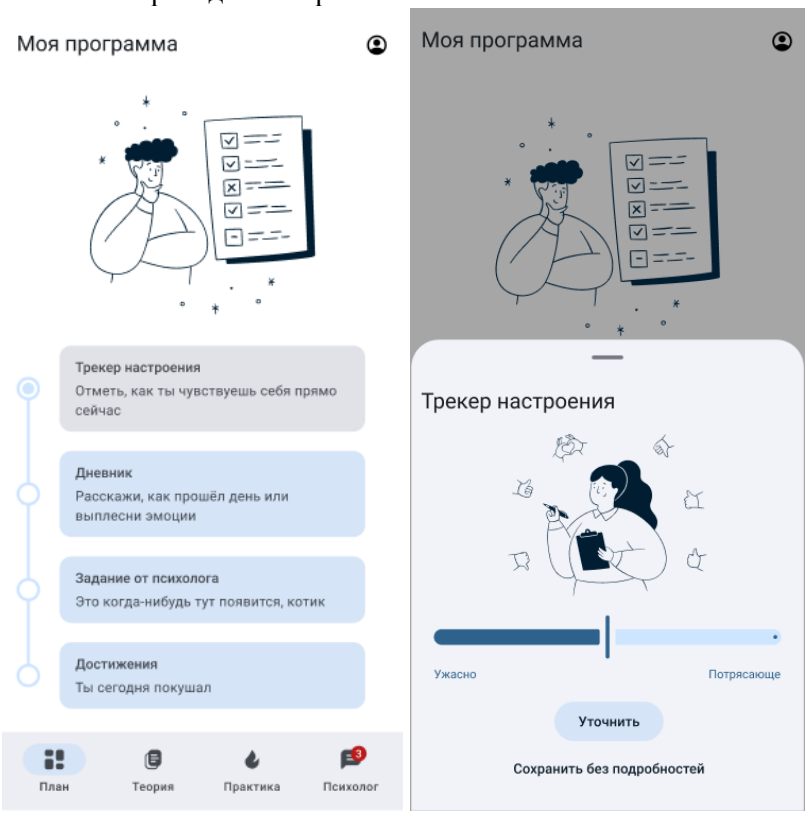


Рис. 3. Страница клиентов в кабинете психолога

Страница клиентов для психолога была продумана специально для данного сервиса. Здесь психолог имеет возможность быстро увидеть всех людей, с которыми он работает, их диагнозы, а также имеет возможность перейти в личный чат или на более подробный профиль клиента. Примеры дизайна экранов Android-приложения приведены на рис. 4.



а) *б)*

Рис. 4. Экраны Android-приложения:
а – главный экран;
б – трекер настроения

Функциональность главного экрана и трекера настроения были разработаны на основе анализа приложений-конкурентов, опроса целевой аудитории и интервью с психологами. Было принято

решение вывести на главный экран личные задачи пользователя, в случае работы с психологом, задачи от специалиста будут также видны в ежедневных задачах.

Заключение

Таким образом был разработан дизайн интерфейса программной системы «Обсудим?» – Android-приложения и web-приложения. Разработка велась на основе стандарта Material Design 3. В ходе работы большое внимание уделялось понятности интерфейса, простоте использования приложения, а также его успокаивающему воздействию на пользователя. В перспективе планируется провести исследование с использованием опросника MARS для оценки качества интерфейса и приложения в целом.

Список использованных источников

1. Chen B, Yang T, Xiao L, Xu C, Zhu C. Effects of Mobile Mindfulness Meditation on the Mental Health of University Students: Systematic Review and Meta-analysis // J Med Internet Res. – 2023. – Vol. 25. – P. 39128. – URL: https://www.jmir.org/2023/1/e39128. – DOI: 10.2196/39128
2. В 2022 году стрессов у россиян было в 7 раз больше чем в 2021: статистика ВСК по обращениям в службу психологической поддержки – Ведомости: сайт. – 2023. – URL: https://www.vedomosti.ru/press_releases/2023/01/17/v-2022-godu-stressov-u-rossiyan-bilo-v-7-raz-bolshe-chem-v-2021-statistika-vsk-po-obrascheniyam-v-sluzhbu-psihologicheskoi-podderzhki.
3. Бунова А.С., Шикова Д.В. Мобильные приложения для контроля симптомов тревоги и депрессии: поиск и оценка качества // Профилактическая медицина. – 2023. – Vol. 26 (10). – P. 27–35. https://doi.org/10.17116/profmed20232610127
4. Вильдберг У.С. Особенности разработки дизайна мобильного приложения // Научное пространство: актуальные вопросы, достижения и перспективы развития. – 2022. – С. 17-21.
5. Симонов Т.С. Анализ процесса когнитивно-поведенческой терапии для разработки функциональных требований к программному средству / Т.С. Симонов, А.Г. Тишаева, А.М. Рахлевский // Перспективы развития фундаментальных наук: сборник научных трудов XX Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 25-28 апреля 2023 года / Национальный исследовательский Томский политехнический университет. Том 7. – Томск: ТПУ. – 2023. – С. 136-138. – EDN PRZXWH.
6. Material Design: сайт. – 2023. – URL: https://m3.material.io/?ref=ewebdesign.com.
7. Волкова К.Э., Бартенева Ю.В. Влияние цвета на эмоциональный фон и психологию человека // Коллекция гуманитарных исследований. – 2020. – № 1. – С. 22. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-tsveta-na-emotsionalnyy-fon-i-psihologiyu-cheloveka (дата обращения: 23.03.2024).
8. Галчинова Т.А. Влияние цвета на эмоциональное состояние человека // Инновационная наука. – 2020. – № 5. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-tsveta-na-emotsionalnoe-sostoyanie-cheloveka (дата обращения: 23.03.2024).

НАВИГАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ

Беляева А.В.[1], Давыдова Е.М.[2]
[1]ТПУ ИШИТР ОАР, студент гр. 8Д01, e-mail: avb129@tpu.ru
[2]ТПУ ИШИТР ОАР, ст. преподаватель, e-mail: davydova@tpu.ru

Аннотация

В статье определяются основные особенности навигации пространств учебных заведений. Формируются требования к навигационным указателям. Изучаются различные методы креплений конструкций, их расположений, а также эргономические особенности, которыми могут обладать навигационные элементы. Предлагается сочетание цифровых и традиционных носителей информации.

Ключевые слова: навигация, университет, указатель, система, носители, информация.

Введение

В современном мире, до сих пор существует проблема ориентирования людей на местности. С данной проблемой сталкиваются не только туристы, но и люди, плохо ориентирующиеся в пространстве, а также люди, плохо запоминающие дорогу. В таких случаях, найти нужное направление помогают таблички и навигационные указатели.

Указатели должны решать проблему ориентирования в пространстве, и быть понятными, в том числе для людей, находящихся в данном месте впервые.

Навигация

В процессе развития технологий, появляются новые способы подачи информации, а также взаимодействия с ней. Появляется динамика, позволяющая более точно указать необходимый путь, а также используются различные способы ввода и вывода информации.

Помимо открытых пространств, проблема ориентирования встречается и в помещениях, таких как учебно-образовательные учреждения.

Навигация – определённая система, которая в доступном виде отображает всю необходимую пользователю информацию. Навигация управляет массой людей в различных пространствах передвижения [1]. Чаще всего, в общественных пространствах используется графическая система навигации. Она состоит из различных табличек и элементов, которые могут дать всю необходимую информацию об их местоположении.

Каждый элемент навигации должен дополнять предыдущий, чтобы довести поток людей до необходимого объекта [2].

На основе различных изученных материалов можно сформулировать основные правила, к которым полезно обращаться при проектировании навигационной системы:

- Простые ассоциативные формы, понятные по форме.
- Эргономичный размер, подходящий для разных категорий пользователей.
- Каждый модуль системы должен поддерживать предшествующие указатели.
- Указатели должны быть информативными.
- Система должна предполагать прочные и долговечные материалы, с рациональными затратами.
- В каждой системе должны присутствовать указатели, конкретно показывающие определённое место.
- Носители должны быть цельными, легко восприимчивые в любой ситуации [3].

Навигация в учебных заведениях

Для понимания специфики навигационных систем в учебных заведениях были изучены различные статьи по данной тематике. В одной из таких статей были рассмотрены различные особенности ориентирования в конкретных университетах. Были также выделены основные недостатки, которые допускаются в учебных заведениях:

- Отсутствие информационных стендов с планами этажей.
- Отсутствие нумерации этажей.

- Указатели недостаточно контрастны по отношению к окружению.
- Большое количество «временных» указателей в виде обычных листов бумаги с напечатанным текстом.
- Использование шрифтов непригодных для навигации.
- Место и размещение табличек не учитывает психофизические особенности пользователя.
- Слишком маленький кегль шрифта, не читающийся на расстоянии.
- Использование отражающих и бликующих материалов для табличек.
- Отсутствие обозначения переходов между корпусами.
- Отсутствие крупных номеров корпусов на фасаде зданий.

В 2018 году, в одном из российских университетов проводился интернет-опрос среди студентов, абитуриентов и сотрудников, в котором принимали участие 176 человек. Целью опроса стало выявление основных проблем, связанных с навигацией в университете. В ходе опроса были определены необходимые места для расположения указателей. Большую часть проголосовавших составляли студенты от 19 до 25 лет. Респонденты, считающие что ВУЗ нуждается в разработке системы навигации, часто сталкиваются с проблемами в поиске нужного подразделения, и составляют 64%. Часть опрошенных видят необходимость в указателях этажей, и составляют 59 %. 71 % пользователей уверены в том, что пиктограммы и стрелки самые эффективные виды указателей. 72 % голосовавших считают, что тяжелее всего ориентирование даётся первокурсникам, так как они не могут самостоятельно найти необходимое им место [4].

На основе результатов данного опроса можно сделать выводы о необходимых аспектах, которые должны учитываться в разработке системы навигации:

- Указатели должны быть информативными и понятными, а также иметь единую стилистику и оформление.
- Указатели должны быть комфортными в прочтении для людей разного роста.
- Указатели должны иметь сдержанные, но при этом акцентные цвета, не спорящие с характером и историческим происхождением здания.
- Шрифты должны быть крупные, без засечек.
- Инфографика должна быть простой и понятной.
- Должны учитываться возрастные и психофизиологические особенности пользователей [5].

Помимо этого, можно сделать вывод, что навигационным системам крупных образовательных организаций не хватает динамики, интерактива, а в некоторых случаях и звукового сопровождения.

Обзор аналогов

В данном исследовании были рассмотрены различные аналоги, как традиционных указателей, так и цифровых.

Графические указатели помогают ориентироваться по необходимому маршруту, однако они не предполагают получение дополнительной вспомогательной информации о здании. Таблички не могут дать полную картину пространства, так как не подразумевают обратной связи. В таких ситуациях наиболее чёткое понимание могут дать цифровые источники навигации.

Несмотря на то, что оба способа ориентирования могут существовать по отдельности, в сумме они работают намного эффективнее.

Технический объект знакомит пользователя с основной информацией для дальнейшего ориентирования. С помощью него можно проложить маршрут до пункта назначения. После взаимодействия, полученная информация может не усвоиться или забыться. Для предотвращения таких ситуаций, добраться до нужного места помогают графические носители.

Традиционные указатели отличались используемыми материалами, типом крепления и расположения (рис. 1).

Основные типы расположения традиционных указателей:

- Крепление к стене.
- Подвесные конструкции.
- Размещение указателей на полу.
- Размещение указателей на потолке.



Рис. 1. Пример традиционного носителя

Цифровые указатели отличались по следующим факторам: форма корпуса, используемые материалы, количество экранов, способы взаимодействия и расположение в пространстве (рис. 2).



Рис. 2. Пример традиционного носителя

Цифровые источники навигационной информации должны привлекать внимание, чтобы пользователю было понятно, куда ему обратиться за помощью.

Заключение

При проектировании навигационных носителей следует учитывать особенности восприятия и антропометрии пользователя. Рассмотренные теоретические аспекты помогли сформулировать основные правила качественной системы навигации. Навигация – это не обособленный объект или элемент, который можно рассматривать вне среды, в которой он расположен.

В создании любого указателя, важную роль играет эстетическая, эргономическая и функциональная составляющие.

Одним из самых важных свойств навигации является ясность и доступность для всех категорий людей. Она должна быть понятна взрослому пользователю, ребенку, а также доступной для прочтения пользователю с ограниченными способностями.

На примере рассмотренных носителей можно сказать, что существующие указатели могут быть как графические, так и цифровые. Однако наиболее эффективно ориентировать пользователя в пространстве позволит система навигации, состоящая из симбиоза обоих типов носителей.

В графических носителях необходимо учитывать цвет текста и фона, начертание используемого шрифта, место расположения и крепления, расстояние от пользователя и краткость информации.

В технических объектах имеет значение форма корпуса, расположение и материалы. Также, объект должен привлекать внимание и указывать на возможность взаимодействия с ним.

В дальнейшем проектировании предполагается симбиоз традиционных и цифровых носителей, с целью улучшения качества навигации в учебном заведении.

Список литературы:

1. Навигация [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые дан. – Режим доступа: http://surl.li/scnzj

2. Д.А. Сивухин, И.Ю. Мамедова. Визуальное исследование навигации общественных пространств. – Изд. Труды Академии технической эстетики и дизайна. – 2020. – № 1. – С. 16-18.

3. Д.А. Сивухин, И.Ю. Мамедова. Навигация в общественных местах. доступная среда – Изд. МИРЭА – Российский технологический университет, 2019. – С. 97-100

4. О.В. Хоменко. Навигационный дизайн в предметно-пространственной среде учебного заведения: проектно-методический аспект. – Изд. Архитектон, 2020. – С. 1-14.

5. К.А. Емельянова, М.Н. Марченко. Графический и коммуникативный дизайн в навигации общественных пространств. – Изд. Наукосфера, 2021. – С. 14-19

УПРАВЛЕНИЕ ВОСПРИЯТИЕМ ЗРИТЕЛЯ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПЕРСОНАЖА

Биче-оол Б.Д.[1], Шкляр А.В.[2]
[1]ТПУ ОАР ИШИТР 8Д11, e-mail: dob9@tpu.ru
[2]ТПУ ОАР ИШИТР доцент, к.т.н. e-mail: shklyarav@tpu.ru

Аннотация

Статья посвящена анализу восприятия человеком различных визуальных образов.

Ключевые слова: *Дизайн, культура, эволюция, эффект темной долины, форма.*

Введение

Воздействие на восприятие зрителя в дизайне персонажа играет ключевую роль в создании качественных визуальных историй. Манипуляция восприятием зрителя особенно важна в индустрии видеоигр, фильмов и комиксов, где успех зависит от способности персонажей увлечь аудиторию. Это включает использование различных дизайнерских элементов и техник, таких как форма, цвет, композиция, освещение, текстуры и пропорции. Цель - вызвать определенные эмоциональные и когнитивные реакции и сделать персонажа более узнаваемым и привлекательным для зрителей, предоставляя им уникальный опыт.

Восприятие формы объектов в дизайне персонажей важно для визуального восприятия и коммуникации с публикой. Эффективный дизайн персонажей должен быть привлекательным, узнаваемым, эмоционально выразительным и соответствовать заданным целям и концепции.

Описание алгоритма

Алгоритм создания персонажа начинается с исследования и понимания. Дизайнер изучает информацию о персонаже, его характере, истории, роли в проекте и требованиях заказчика. Затем следуют идеи и концепция. Дизайнер создает первоначальные идеи для персонажа, проводит эскизы и экспериментирует с формами, пропорциями, цветами и деталями. Алгоритм продолжается с уточнением. Дизайнер разрабатывает выбранный концепт, создает более детализированные эскизы, добавляет цвета, изучает пропорции и формы, чтобы уточнить образ персонажа. Затем следует работа над деталями, включая особенности лица, волосы, одежду, аксессуары и т.д. Дизайнер выбирает текстуры, учитывает движение, анатомию и создает уникальный стиль персонажа.

Завершающий этап включает реализацию и презентацию концепта. Дизайн персонажа переносится в цифровую или физическую форму с использованием соответствующих инструментов и технологий.

Важно отметить, что связанные с различными формами ассоциации могут значительно разниться, в зависимости от культурных контекстов и индивидуальных предпочтений. Кроме того, эти ассоциации могут быть условными и изменяться в различных ситуациях или контекстах.

Ассоциации, вызываемые у человека простыми формами, могут варьироваться в зависимости от контекста, культурных факторов и индивидуальных предпочтений. Однако, есть несколько общих ассоциаций, которые могут возникать при восприятии таких форм как квадрат, треугольник и круг.

Квадрат обычно воплощает в себе строгость и порядок. Он обладает ровными углами и прямыми сторонами, что связывается с идеей порядка и структуры, а из-за своих равных сторон и углов квадрат может ассоциироваться с надежностью и стабильностью.

Также квадрат является одной из базовых геометрических форм, и его простота может напоминать о математических принципах.

Треугольник может ассоциироваться с динамичностью и движением. Он имеет углы и стороны, что создает впечатление направления и движения. Устойчивость и силуэт треугольника часто ассоциируется с прочностью и устойчивостью, особенно если его основание широкое. Деление и пирамидальность этой фигуры имеет соответствие с пирамидой или иерархической структурой.

Целостность и гармония круга, отсутствие резких углов и краев может связываться с идеей целостности и гармонии. Бесконечность и движение этой формы не имеет начала и конца и может ассоциироваться с бесконечностью и непрерывным движением. Помимо этого, данная фигура может символизировать полноту или идею единства, так как он не имеет разделения или разрывов.

С эволюционной точки зрения, восприятие различных форм у человека считается результатом долгого процесса адаптации и развития, направленного на выживание, размножение и приспособление к окружающей среде. Восприятие форм является частью способности воспринимать мир и взаимодействовать с ним.

Человеческое восприятие форм опирается на способность глаз и мозга обрабатывать световые сигналы и преобразовывать их в изображения. Человек имеет возможность воспринимать и различать разные формы, такие как прямые линии, кривые, углы и края. Это позволяет ему распознавать объекты, людей, животных и другие элементы окружающего мира. Эволюция также сформировала нейронные механизмы, позволяющие распознавать и интерпретировать формы с высокой эффективностью. Так, например, человеческий мозг обладает способностью к группировке и классификации объектов по их форме, размеру, пропорциям и другим характеристикам, что позволяет распознавать и распределять различные объекты и предметы. Кроме того, человеческое восприятие форм также взаимосвязано с когнитивными способностями. Люди способны абстрагироваться от конкретных форм и создавать более сложные и абстрактные представления о них. Например, способность видеть несколько простых форм и составлять из них более сложные объемные фигуры или воспринимать символические представления форм, такие как буквы и числа.

Генетическая память предков задала некие стандарты. Цветовое восприятие у человека связано с эволюционными адаптациями и выживанием. Некоторые исследования предполагают, что на ранних стадиях эволюции человека развились основные цветовые категории, такие как красный, синий и зеленый, которые были важны для выживания и поиска пищи. Эти цвета имели прямое значение для выживания, например, красный может сигнализировать о наличии опасности или о зрелости фруктов, а зеленый был связан с пищей или зеленым растительным покровом, цвет ядовитых животных зачастую имеет яркую «ядовитую» и вместе с тем контрастную расцветку.

Эти примитивные адаптации могут объяснить некоторые общие особенности восприятия цветов у человека.

Либо же угловатые, «острые» формы ассоциируются с опасностью, так как реальные объекты, имеющие подобную форму такие, как например клыки или рога зачастую наносили вред предкам и несли в себе немалую угрозу.

Острые формы представляют собой физические особенности, которые могут оказывать влияние на восприятие живых организмов. Понимание влияния острых форм на восприятие можно рассматривать с точки зрения эволюции и приспособления к окружающей среде.

Одной из возможных функций острых форм является защита от хищников или конкурентов. Например, у некоторых животных, таких как ежи и определенные виды растений, наличие острых шипов или иголок может служить средством защиты от возможных угроз. Если особи с более острыми формами имеют больше шансов выжить и размножаться, то острые формы могут быть преимущественно передаваемыми через генетический материал.

Восприятие различными культурами форм и цветов может существенно различаться в зависимости от их исторического и культурного контекста. Ниже я приведу некоторые примеры и общие тенденции восприятия формы и цвета в различных культурах, но стоит отметить, что это обобщенные представления, и внутри каждой культуры могут существовать различные вариации и интерпретации этих аспектов.

В западная культуре (например, европейская и американская) часто ценятся симметричные и геометрические формы, стремятся к четкости и порядку. Прямые линии и углы, такие как прямоугольники и треугольники, могут ассоциироваться с силой, стабильностью и эффективностью.

Восточная же культура, такая как японская и китайская, традиционно больше склоняется в сторону органических и криволинейных форм. Прослеживается стремление к гармонии в соответствии с их философией. Круглые и изогнутые формы могут считаться более приятными и гармоничными.

У многих кочевых народов важную роль также играют органические формы, отражающие гармонию с природой. Круглые и изогнутые формы могут быть доминирующими, что может быть связано с образом жизни, свободой передвижения и адаптацией к окружающей среде.

В африканской культуре, особенно в традиционном искусстве, часто используются узоры и геометрические формы, которые могут иметь глубокий символический смысл и связь с духовными ценностями.

Формы в латиноамериканской архитектуре могут быть геометрическими, с плавными кривыми линиями и неожиданными контрастами. Это может создавать впечатление движения и энергии. Узоры

и мотивы в латиноамериканском искусстве и ручной работе, таким образом, многие изделия могут быть украшены геометрическими узорами, контрастной цветовой гаммой или флористическими мотивами.

Западная культура связывает различные цвета с определенными значениями и эмоциями. Например, красный может ассоциироваться с энергией, страстью или опасностью, синий – с покоем, доверием или печалью, желтый – с радостью, солнцем или оптимизмом. Однако смысл и ассоциации цветов могут меняться в зависимости от конкретного контекста.

Восточная культура имеет свои уникальные ассоциации цветов. Например, в Китае красный считается символом удачи и богатства, а белый может ассоциироваться с смертью и трауром. Так в китайских приложениях для перевода денежных сумм используется такое понятие как «красный конверт»

В дополнение к пониманию значений и привлекательности различных визуальных характеристик, важно изучить аспекты, которые вызывают негативную реакцию у аудитории. Это позволит избегать или, напротив, целенаправленно использовать данные критерии в дизайне персонажа.

Фобии – иррациональные страхи относительно безопасных ситуаций или объектов. Они ограничивают жизнь и вызывают дискомфорт. Фобии могут быть объяснены эволюционной реакцией на реальные угрозы выживания и размножения. Эволюция формирует человеческие реакции на опасность, и некоторые механизмы защиты могли развиться у древних предков для обеспечения выживания и передачи генов. Например, страх высоты предотвращает падения и травмы, а страх змей и пауков помогает избегать ядовитых существ.

"Эффект зловещей долины" – неполное сходство с людьми вызывает неприязнь. Предполагается, что причиной являются противоречия в восприятии искусственных объектов, похожих на людей. Этот эффект имеет значение при создании роботов и компьютерных персонажей. Исследователи и дизайнеры должны учесть его, чтобы не вызывать негативные эмоции либо использовать его при нужде. Важными аспектами являются точность моделирования, детализация, анимация и мимика человекоподобных роботов.

Для выполнения задачи по дизайну персонажа необходимо обратить внимание на психологические аспекты и образы, вызывающие определенные ассоциации у человека. Внешний вид персонажа должен отражать идею автора или служить определенной цели для взаимодействия с аудиторией.

Задать четкий посыл персонажа и определить желаемые эмоции. Учесть аудиторию, для которой предназначен продукт, и учитывать их предпочтения и аспекты, вызывающие негативную реакцию. Выполнить серию легких эскизов вместо пятна. Заполнить эскизы цветом, создав силуэт, и вносить изменения. Провести дополнительную проработку силуэта, выполнив работу в линиях, для повышения узнаваемости дизайна. Создать несколько вариантов цветового решения, основываясь на полученной информации (рис. 1).



Рис. 1. Пример использования негативных зрительских ассоциаций

Заключение

Для того, чтобы выполнить задачу по дизайну персонажа, следует обратить внимание на все психологические аспекты и образы, которые вызывали бы у человека определенные ассоциации. Немаловажным пунктом в итоге является принадлежность зрителя к какой-либо культуре, так как в разных культурах одни и те же жесты атрибуты цвета и другая визуальная информация могут восприниматься крайне по-разному вплоть до придачи им абсолютно полярных значений.

При всем разнообразии культур и толкований, люди имеют некие общие визуальные ассоциации, поэтому знания общих изначальных психологических форм восприятия – это основной ориентир для создания удачного дизайна персонажа.

Манипуляция восприятием зрителя имеет огромное значение при создании дизайна персонажа. Ее использование позволяет разработчикам и художникам контролировать и направлять восприятие и отношение зрителей к персонажам, внося необходимые настроение и эмоциональные нюансы. Это делает дизайн персонажа более осмысленным и эффективным в создании незабываемого впечатления и истории, которую они помогают рассказать.

Список использованных источников

1. Пузаков А.В. Диалог культур // Социально-гуманитарные исследования: теоретические и практические аспекты. Саранск: СВМО, 2000. С.20.Смирнова В.П. Виды справочных изданий. Принципы выделения видов // Справочные издания. – Москва: Бук Чембэр Интернэшнл, 2014. – С. 9–39.

2. Бодалев А.А. Восприятие и понимание человека человеком. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1982. – С. 33. (Дата обращения 30.05.2023).

3. Наука и жизнь // Культурные особенности восприятия: сайт. – 2016. – URL: https://www.nkj.ru/news/28209/

4. ПРОСТОЙ способ НАРИСОВАТЬ интересный КОНЦЕПТ!. сайт. – 2023. – URL: https://www.youtube.com/watch?v=PYU_KvewOeY

5. Столбова Н.В., Середкина Е.В., Мышкин О.С. Насколько «Зловещая долина» зловеща на самом деле? Опыт деконструкции дискурса // Вестник Пермского университета. Философия. Психология. Социология. – 2022. Вып. 1. – С. 91-107. сайт. – 2022. – URL: https://doi.org/10.17072/2078-7898/2022-1-91-107

ЭРГОДИЗАЙН И ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЕ В УСЛОВИЯХ ДЛИТЕЛЬНЫХ КОСМИЧЕСКИХ ПОЛЕТОВ

Будянская Е.А.[1], Кухта М.С.[2]
[1] ТГАСУ, магистр. e-mail: kkbudyanskaya@gmail.com
[2] Научный руководитель, д. филос. н., профессор ТПУ, e-mail: kuhta@tpu.ru

Аннотация.
В статье рассмотрены жилые модули новой Российской орбитальной станции (РОС). На основании существующих научных исследований сформулированы основные психофизиологические проблемы человека в условиях космических полетов. Авторами предложен метод комплексного подхода к решению эргономических, планировочных и дизайнерских проблем жилого модуля РОС.

Ключевые слова: эргономика космической станции, невесомость, космонавт, РОС.

Введение

Осенью 2020 РКК «Энергия» заявила, что в российском сегменте МКС часть модулей и изношены, после 2025 года начнется выход из строя оборудования на борту, через два года, летом 2022 года, «Роскосмос» и РКК «Энергия» подписали контракт на разработку эскизного проекта РОС.

Целью данной работы является формулировка основных психофизиологических проблем человека, связанных с длительным нахождением в условиях микрогравитации и закрытого пространства, а также определение комплексного метода эргономических и дизайнерских решений жилого модуля РОС. Решение вышеуказанных задач обеспечит комфортное пребывание космонавтов в жилых модулях новой Российской станции, а также повысит качество и скорость выполнения поставленных задач.

Основная часть

При создании Российской орбитальной станции планируется использование технологий «Росатома», сама станция станет площадкой для разнообразных научных экспериментов [5].

Согласно эскизному проекту РКК «Энергии», новая РОС может состоять из семи модулей [5] (рис. 1):

- узловой модуль;
- шлюзовой модуль;
- базовый или научно-энергетический модуль (НЭМ);
- целевой производственный модуль;
- модуль материального обеспечения;
- коммерческий модуль;
- платформа обслуживания космических аппаратов.

Каюты будут располагаться в двух из семи модулей станции: базовый модуль (НЭМ) (рис. 2) и коммерческий модуль (рис. 3) [5].

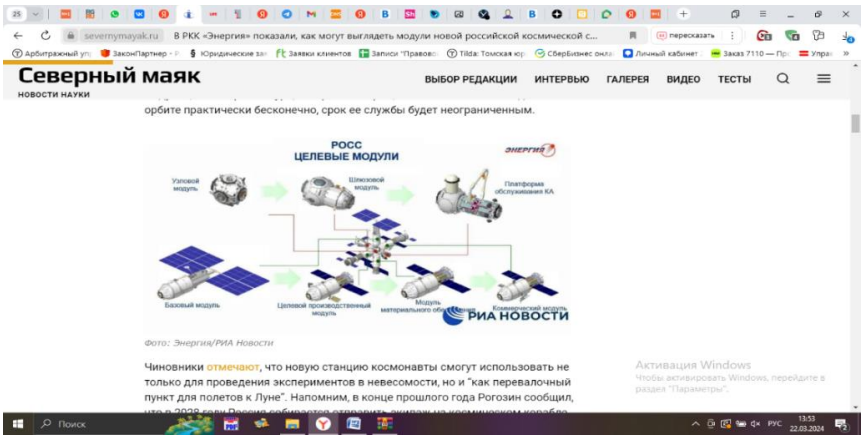


Рис. 1. Схема целевых модулей РОСС, изображение РКК «Энергия»/РИА Новости

Базовый модуль или НЭМ — модуль, который планируют вывести на орбиту в 2025 году. Изначально Россия планировала использовать НЭМ для МКС, однако данном этапе проектирования, он стал основой новой Российской станции (рис. 2) [5].

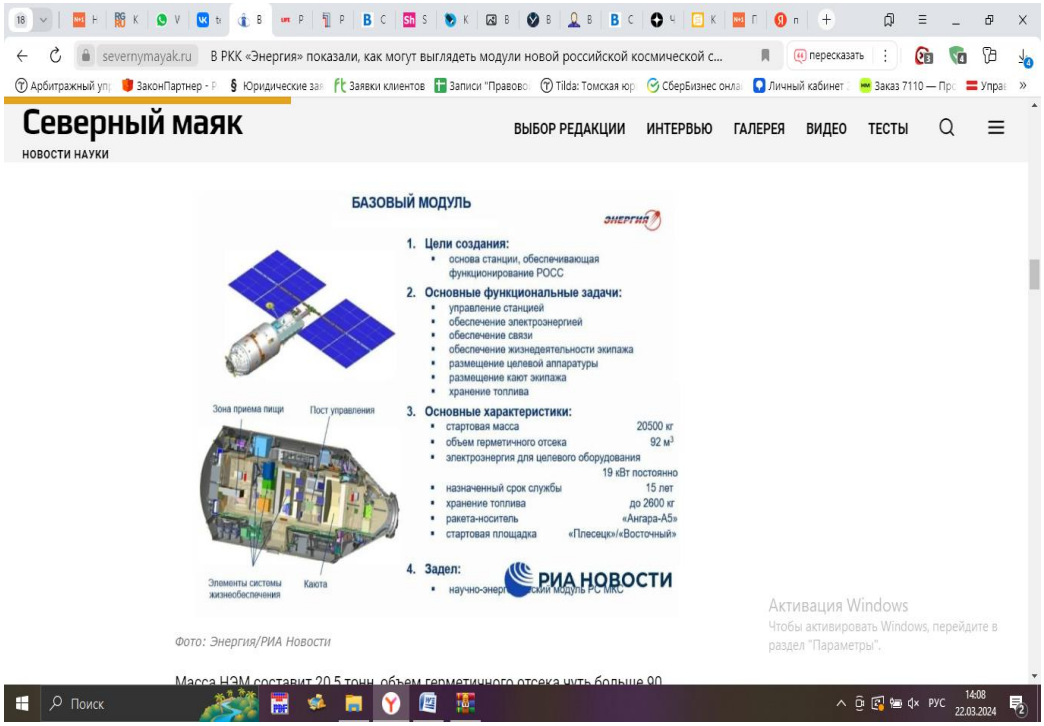


Рис. 2. Схема базового модуля РОС, изображение РКК «Энергия»/РИА Новости

Коммерческий модуль: внутри планируется размещение зоны для отдыха туристов, фото и видео аппаратура для съемки Земли. Внутри отсека смогут разместиться до четырех человек. Кроме того, модуль будет оборудован стыковочным узлом для стыковки транспортного корабля [5] (рис. 3).

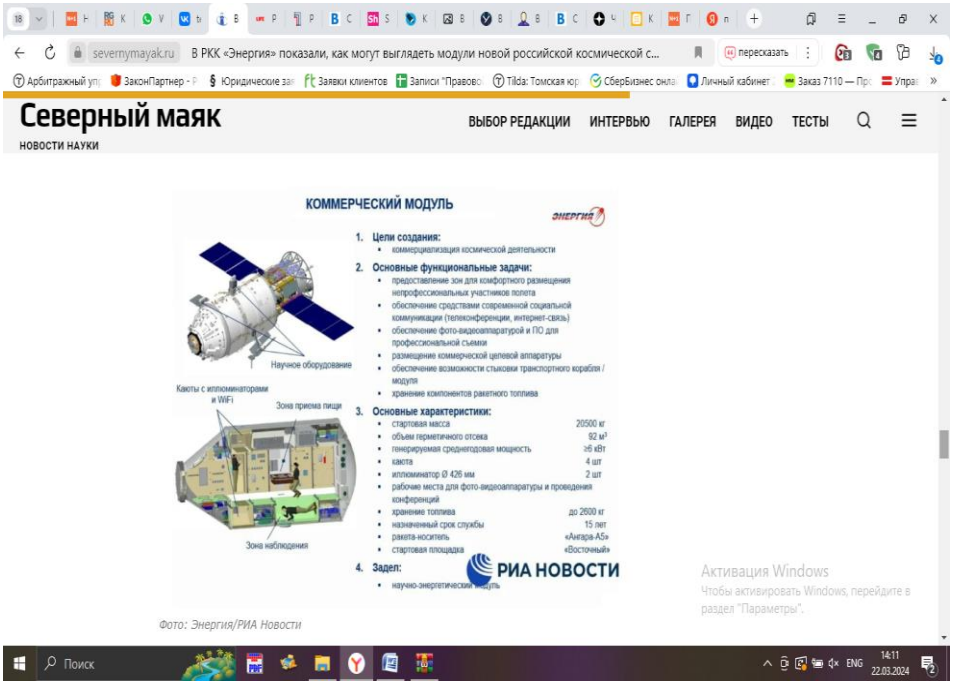


Рис. 3. Схема коммерческого модуля РОС, изображение РКК «Энергия»/РИА Новости

Согласно позиции «Роскосмос» и РКК «Энергия» модульная архитектура РОС позволяет создавать практически неограниченное количество модулей, что позволит решать различные целевые задачи. Более того, имеется возможность не только интеграции модуля в основную конструкцию РОС, но и создания обслуживаемого отдельно летающего модуля (рис. 4).

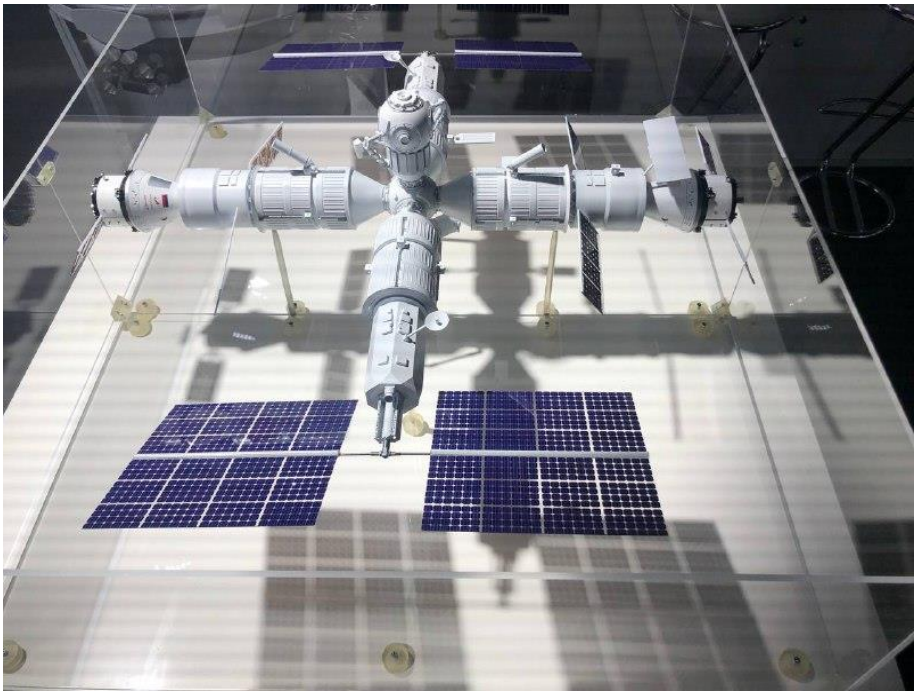


Рис. 4. Архитектура РОС. Изображение «Роскосмос»

Влияние микрогравитации на психофизиологическое состояние человека, факторы риска развития психической астенизации в условиях длительного полета, а также проблемы космической эргономики являются фундаментальной проблемой в условиях активного освоения космоса и второй лунной гонки, участниками которой в том числе является Россия.

В условиях полета космонавтов сопровождает влияние ряда неблагоприятных факторов:

- Внешние – вибрации, перегрузки, микрогравитация, замкнутое пространство станции, дефицит или лимит времени и информации, ограничение выбора досуга, работа по жесткому графику, повторяемость формализованных операций, принудительный порядок работы;
- Внутренние – новизна обстановки, ответственность за исход полета, ограничение общения, одиночество, дефицит новых впечатлений, ограничение общения с родными и близкими.

Вышеупомянутые вопросы рассмотрены во многих научных трудах. Мунипов В.М., Зинченко В.П. исследуют человекоориентированное проектирование техники, Куклина А.В., Кухта М.С. рассматривают вопросы влияния микрогравитации на физиологическое и психологическое состояние человека, Мясников В.М., Степанова С.И. выявляют факторы риска развития психической астенизации у космонавтов в длительном полете.

Согласно вышеприведённым работам, основными проблемами в условиях длительного нахождения человека в невесомости являются:

- Физиологические: синдром космической адаптации, снижения остроты зрения, снижение способности к передвижению, нарушение координации движения, увеличение роста около 3 % [3], атрофия мышц [1], нарушение циркадного ритма и пр.;
- Психологические: конфликты внутри экипажа, тревога, гнев, страх, астенический синдром, эмоциональная напряженность, снижение мотивации [2] [1].

На данном этапе проектирования РОС отсутствует комплексный метод эргономических и дизайнерских решений жилого модуля, которые позволят российским космонавтам чувствовать себя наиболее комфортно и результативно выполнять поставленные задачи; проектирование в основном направлено на технический функционал станции.

Обустройство российского сегмента МКС фактически воспроизводит те проекты, которые спроектировала Балашова Г., создававшая интерьеры всех советских космических кораблей и орбитальных станций – «Союзов», «Салютов» и «Мира» (рис. 5).

На сегодняшний день, с учетом намерения реализации самостоятельной Российской орбитальной станции и развития технологий, вышеуказанные проекты требуют актуализации, встает вопрос определения комплексного метода современных эргономических и дизайнерских решений жилого модуля РОС.

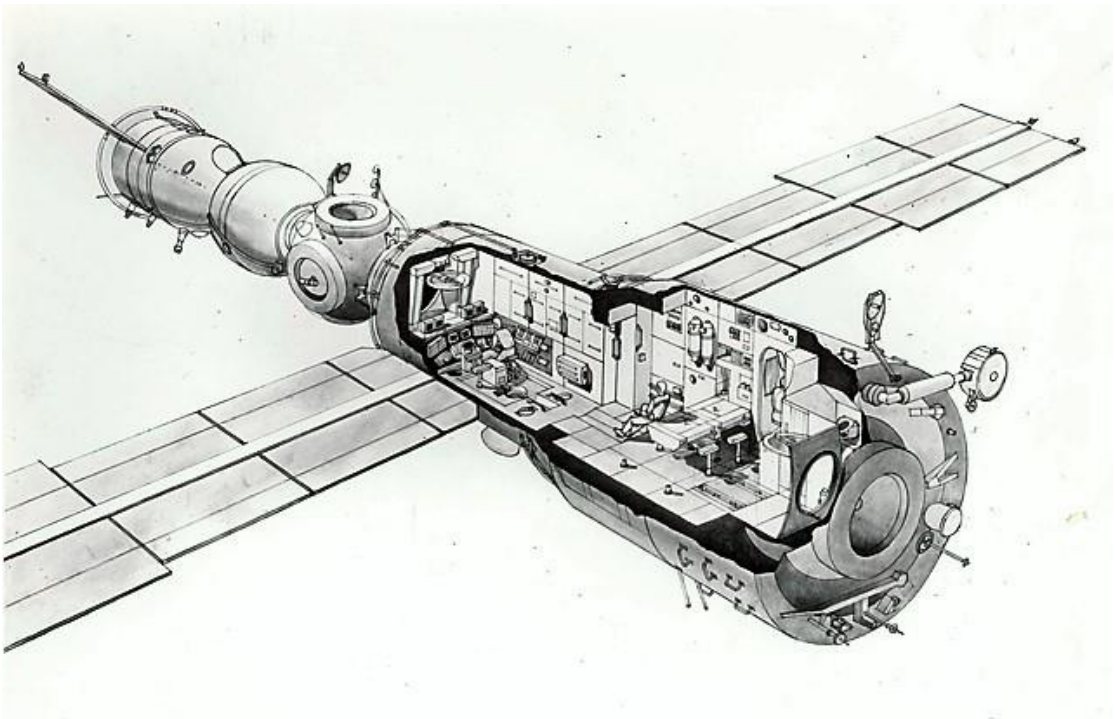


Рис. 5. Орбитальная станция «Мир». Рисунок общего вида. Из личного архива Г. Балашовой

Летом 2023 года студенты-дизайнеры РГХПУ им. С.Г. Строганова защитили дизайн-проект станции, который делали совместно с "Роскосмос", РКК "Энергия". Студенты представили проект интерьера одного из модулей (рис. 6).

Задачу студентам поставили Роскосмос и РКК «Энергия». Студенты занимались дизайном, жилой зоной (согласно проекту, у космонавтов будет стол, велотренажер и даже беговая дорожка) и зоной визуальных наблюдений.



Рис. 6. Студенты РГХПУ им. С.Г. Строганова, защита дипломного проекта

Однако вопрос о комплексном подходе к решению эргономических и дизайнерских проблем жилого модуля Российской станции остается открытым.

С учетом обозначенных основных проблем в условиях длительного воздействия микрогравитации, можно сформулировать следующие методы комплексного подхода к эргодизайнерским решениям жилого модуля РОС:

- полноценное использование стен и потолка модуля для жилого пространства;
- проектирование одноместных и двухместных кают;
- крепеж специальный спальных мешков для космонавтов проектировать в горизонтальном положении, наиболее привычном для человека;
- четкое разделение и обозначение верха/низа для организации привычных условий и ориентации в пространстве;
- наличие разнообразных методов крепления для предметов/перемещения космонавтов (поручни, ворсовка, липучки и пр.);
- подбор индивидуального цветового решения каждого отделения жилого модуля в зависимости от его назначения;
- проектирование разнообразных световых и звуковых сценариев;
- комплексная работа проектировщика и инженера;
- разделение функциональных зон;
- наличие кухни/санитарного узла в каждом жилом блоке;
- наличие необходимого количества тренажеров для обеспечения ежедневных тренировок каждого космонавта не менее двух часов в день;
- наличие в жилых модулях помещений для эмоциональной разгрузки во избежание психической астенизации космонавтов [1];
- создание условий временного воздействия света и темноты для выравнивания циркадных ритмов [2];
- проектирование с учетом нейтрального положения тела в условиях микрогравитации;
- проектирование с учетом смещения зоны видимости в условиях микрогравитации;
- проектирование пространства с целью минимизации многозадачности работы;
- проектирование достаточного количества знаков ориентирования и позиционирования в жилом модуле [2];
- проектирование с учетом статического и динамического положения космонавта.

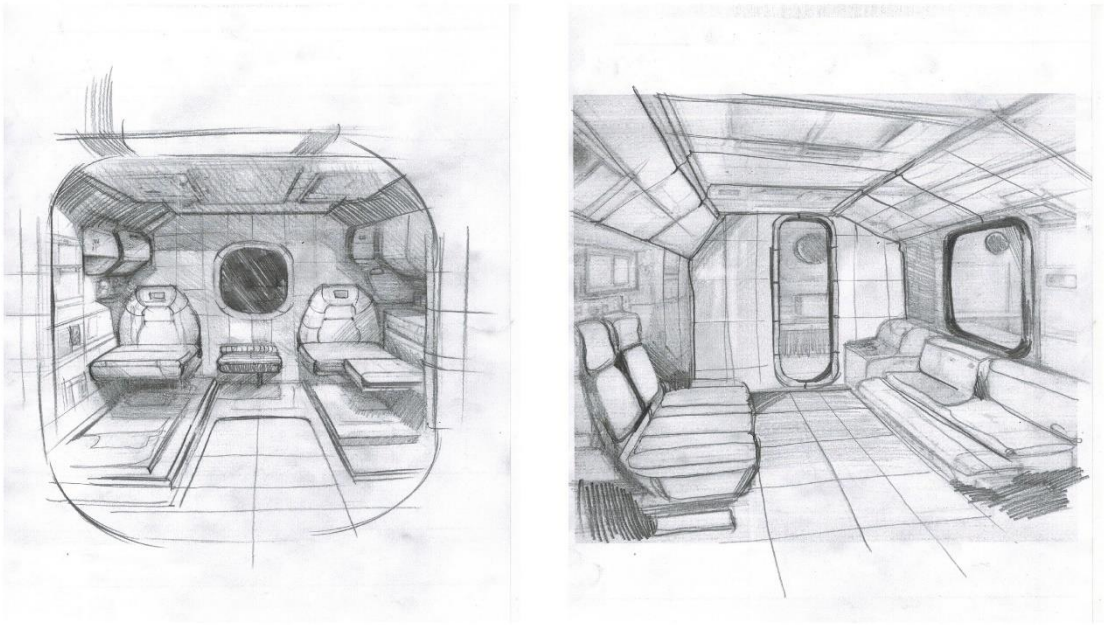


Рис. 7. Эскизирование на тему жилого модуля РОС, автор – Будянская Е.А.

Проектирование и разработка модулей РОС планируется осуществлять с помощью программ: Autodesk AutoCAD, 3ds Max, CorelDraw, Adobe Photoshop.

Заключение

В космической эргономике аккумулируются результаты эргономических исследований, ставятся новые задачи. Человекоориентированное проектирование жилых и рабочих модулей РОС необходимо для наиболее безопасного пребывания в условиях длительного воздействия микрогравитации, а также с целью повышения качества выполнения поставленных задач.

Наиболее эффективное эргопроектирование модулей РОС будет достигнуто при совместной работе «Роскосмос», РКК «Энергия» и проектировщиков.

Список использованных источников

1. Мясников В.И., Степанова С.И. Факторы риска развития психической астенизации у космонав-тов в длительном полете: Вестник ТГПУ. – 2002. – Выпуск 3.
2. Куклина А.В., Кухта М.С. Особенности влияния микрогравитации на физиологическое и психологическое состояние человека // Эргодизайн. – 2023. – № 1 (19). – С. 62-68.
3. Pengyan L., Dang Zh., Long X., Yuan L. Human Ergonomics Study in Microgravity Environment. MATEC Web Conf. – 2018. – V. 221. – P. 4-10. DOI https://doi.org/10.1051/matecconf/201822104010.
4. Мунипов В.М., Зинченко В.П., Эргономика: человекоориентированное проектирование техники, программных средств и среды: Учебник. – М.: Логос, 2001. – 356 с.
5. «Роскосмос» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.roscosmos.ru/#
6. Григорьев А.И., Бугров С.А., Богомолов В.В. Обзор медицинских результатов годового полета на станции «Мир» // Космическая биологическая и авиационная медицина. – 1990. – Т. 24. – № 25.
7. Мойзер, Филипп. Галина Балашова. Архитектор советской космической программы / Филипп Мойзер; пер. с нем. Антона Братишко и Ирины Бушуевой. – Берлин: DOM Publishers, 2018. – 192 с.; илл. (Сер. «Теория и история»)
8. Аким Э.А., Энеев Т.М. Определение параметров движения КЛА по данным траекторных измениний – Космические исследования. – 1963. – № 2. – С. 42-44

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ И ЭРГОНОМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ХУДОЖЕСТВЕННЫХ ШКОЛ

Бурнышева Е.С.[1], Давыдова Е.М.[2]
[1]ТПУ ИШИТР ОАР, студент гр. 8Д01, e-mail: esb32@tpu.ru
[2]ТПУ ИШИТР ОАР, ст. преподаватель, e-mail: davydova@tpu.ru

Аннотация

В данной статье рассматриваются специфика художественного дополнительного образования, существующие направления в художественных школах, эргономические аспекты, которые необходимо учитывать при проектировании комплекта оборудования, а также выявлены основные проблемы и предложены пути их решения.

Ключевые слова: эргономика, художественное оборудование, мольберт, художественная школа.

Введение

Сегодня существует множество учреждений для возможности получения художественного образования как с детства, так и во взрослом возрасте. Детские художественные школы – не исключение. Учащихся готовят по нескольким разным направлениям. За счет этого возникает потребность в наличии подходящего оборудования, отвечающего разным требованиям. Среди них эргономичность, адаптация к различным видам деятельности, воспитание вкуса и понимания художественных стилей, развитие насмотренности и другие.

Таким образом целью работы является рассмотрение функциональных особенностей и эргономических характеристик оборудования для детских художественных школ.

Специфика художественного дополнительного образования

Художественное образование — это процесс усвоения знаний и навыков в области искусства в определенной системе. Художественное образование также представляет собой процесс включения индивида в художественную культурную деятельность и развития познавательных творческих позиций и эмоционально-ценностных отношений к искусству, к художественной деятельности.

Искусство и художественная деятельность имеют большое воспитательное значение [1], поэтому дополнительное художественное образование сегодня является актуальным и активно развивается. К основным его функциям можно отнести следующие [2]:

- Рекреационная
- Коммуникативная
- Ценностно-ориентирующую
- Социально-адаптационная
- Профориентационная
- Культурообразующая

Сейчас в детских художественных школах обучение ведётся по разным направлениям. Например, живопись, декоративно-прикладное творчество, архитектура, дизайн. Обучение по каждому из этих направлений требует наличия разного вида оборудования: в основном это мольберт, стол, стул или табурет, подставка под принадлежности (рис. 1).



Рис. 1. Занятие в художественной школе

Эргономические характеристики оборудования для художественных школ

Как правило, обучающиеся в муниципальных детских художественных школах – это дети в возрасте от 9-11 до 15-16 лет. Это зависит от возраста поступления детей в школу и длительности образовательной программы, которая обычно составляет от 3 до 5 лет. Таким образом целевую аудиторию составляют дети и подростки от 9 до 16 лет.

Далее будут приведены антропометрические параметры целевой аудитории, которые необходимо учитывать при проектировании оборудования для художественных школ.

– *Рост.*

Важный антропометрический параметр, который необходимо учитывать при создании оборудования для рисования. Рост для ребенка 9 лет 5 перцентиля составляет 1200 мм, для 16 лет 95 перцентиля – 1800 мм. Также важны такие параметры как высота и глубина сиденья, высота стола, досягаемость руки и другие. После рассмотрения особенностей антропометрии подростков можно перейти к рассмотрению других важных аспектов, которые необходимо учитывать в создании оборудования для детских художественных школ.

– *Параметры оборудования.*

Высота стола, высота поверхности для рисования, угол наклона поверхности для рисования, ширина и высота поверхности для рисования, ширина пространства для ног под поверхностью для рисования, высота поверхности сидения, высота поверхности для расстановки материалов [3].

– *Зоны видимости и досягаемости.*

Важно учитывать зоны видимости и зоны досягаемости. Например, все подставки под материалы должны быть расположены в рамках свободного доступа к ним ребенка и должны быть ясно видны (рис. 2).

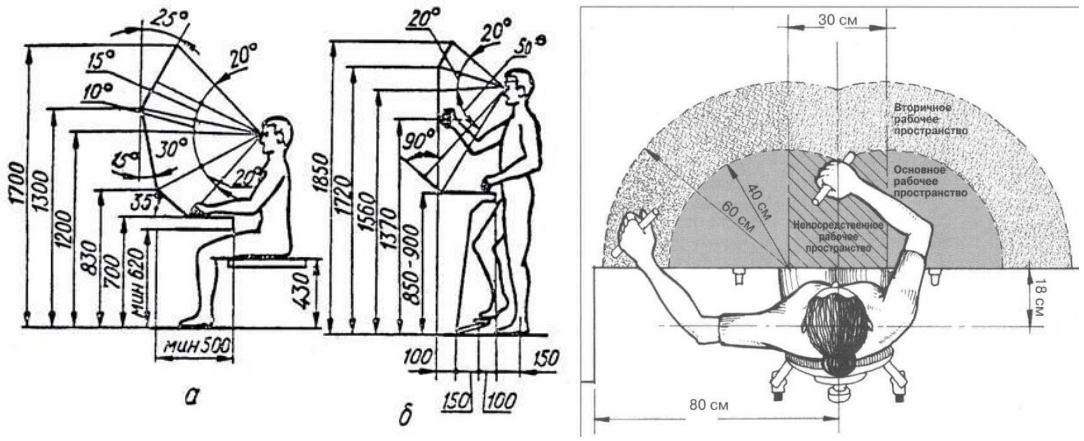


Рис. 2. Схема зон видимости и досягаемости

– *Время подготовки оборудования.*

Другой важный аспект художественного оборудования, который важно учесть – время подготовки оборудования для работы: настройка и регулировка необходимых параметров. То есть должна присутствовать доступность функционала: элементы необходимые для комфортной работы должны располагаться на оптимальном расстоянии, а трансформация предмета должна быть простой и понятной.

– *Безопасность.*

Один из важнейших аспектов – безопасность. Оборудование не должно иметь острых углов, участков с необработанным материалом, некачественной фурнитуры, участков, где возможно прищемление пальцев [4].

– *Мобильность.*

Легко передвигаемое и трансформируемое оборудование поможет максимально уютно и полезно организовать зоны для работы.

– *Комфорт.*

В эргономике оборудования большое значение имеет комфорт их использования: например, на стуле должно быть удобно сидеть продолжительное время.

– *Экологичность.*

Важным аспектом оборудования, в особенности для детей, является выбор материалов. Стоит использовать натуральные материалы — это позволит обеспечить необходимый уровень комфорта, воздухопроницаемость и отсутствие аллергических реакций у пользователей.

– *Эстетичность.*

Говоря об эстетичности, стоит отметить необходимость прослеживания в дизайне оборудования единства формы и композиции, гармоничности. Сюда относятся: целостность восприятия формы при наличии симметричных и асимметричных решений отдельных элементов, композиционный баланс и гармония всех составляющих элементов, в том числе объёмных и графических.

– *Цвет.*

Ещё одним важным критерием оборудования для образовательной среды является выбор цветовой палитры для её оформления. Основными требованиями являются следующие: рабочая поверхность учебных столов и мольбертов не должна быть окрашена в яркие цвета и должна быть выдержана в одном тоне, при этом необходимо учитывать психофизические особенности возрастной группы учащихся и оформлять оборудование в соответствии с ними [5].

– *Наличие означающих.*

Под означающими понимается наличие в дизайне сигналов и указателей функций объекта дизайна. То, что поможет пользователю понять, как пользоваться вещью [6].

– *Материалы.*

Материал считается пригодным для детского оборудования, если не имеет ворсинок или шероховатостей, не имеет резкого запаха, устойчив к химическим воздействиям, имеет небольшую теплопроводность. Также поверхность оборудования должна иметь защитно-декоративные покрытия, устойчивые к истиранию и влажной обработке [7].

Таким образом, были рассмотрены различные требования к оборудованию для художественной школы, нацеленное на использование детьми.

Проблемы существующего оборудования и пути их решения

После теоретического исследования по теме можно выделить проблемы, связанные с оборудованием в детских художественных школах.

– *Обучение по разным образовательным программам.*

Так как сейчас обучение в художественных школах часто ведётся по разным направлениям, возникает потребность в наличии разного вида оборудования, подходящего для разных видов деятельности и дисциплин. Решением проблемы будет создание комплекта многофункционального оборудования, подходящего для всех необходимых видов деятельности, либо оборудования, имеющего возможность трансформироваться в другую конструкцию.

– *Эргономика.*

Проблема эргономики охватывает большое количество аспектов, которые необходимо учитывать, и правил, которые соблюдаются не всегда. Оборудование для рисования – сама по себе непростая область, но так как в данном случае рассматривается оборудование для детей и подростков, требований к оборудованию становится ещё больше. Также проблемой является целевая аудитория с большим диапазоном антропометрических характеристик.

Решением эргономических проблем будет прежде всего соблюдение всех норм и требований ГОСТ и СанПиН, касающихся безопасности, используемых материалов и фурнитуры, экологичности.

Также решением данной проблемы будет чёткое определение целевой аудитории и учёт диапазона её антропометрических данных, которые важны для проектирования такого оборудования. Далее необходимо будет учесть полученные данные и в местах в оборудовании, где это необходимо, создать возможность регулирования параметров детьми для себя. Но в этом аспекте важно не перегрузить конструкцию и не сделать её слишком сложной, сохранив мобильность и лёгкость взаимодействия.

– *Дизайн.*

Проблема отсутствия как такового дизайна в оборудовании в детских художественных школах очень заметна. В оборудовании как правило отсутствует образ, идея и визуальная привлекательность. Конечно, для рисования это не является решающим критерием, нет необходимости в ярком дизайне, наличии видимого образа, так как он скорее даже будет препятствовать художественной деятельности, отвлекать и создавать когнитивный диссонанс. Особенно обилие цвета в дизайне оборудования может

мешать в живописи. Но заложение какой-то идеи, неявного образа, наличие композиционного ключа, который читается не сразу, будет заинтересовывать детей, развивать у них насмотренность и воспитывать вкус. Также это будет являться большим преимуществом при использовании мольбертов в открытых мастер-классах и других мероприятиях.

Решением проблемы отсутствия дизайна может послужить привязка к какому-либо стилю или направлению в искусстве, к конкретным авторам или к какой-либо культуре. Также решением будет использование в дизайне интересных форм, композиционного ключа, стилизации, не слишком насыщенных цветов, создание акцентов.

Заключение

На основании проделанной работы было выявлено, что проектирование оборудования для детской художественной школы – область, требующая соблюдения большого количества требований. Также можно утверждать, что с помощью дизайна можно решить многие проблемы, связанные с организацией работы учащихся художественных школ.

Список использованных источников

1. Рахимбаева И.Э. Художественное образование в современном мире и перспективы его развития // Современные проблемы науки и образования. – 2018. – № 4. – URL: https://science-education.ru/ru/article/view?id=27924 (дата обращения: 22.10.2023_

2. Максудова Ш.А. Специфика художественного образования и эстетического воспитания в учреждениях дополнительного образования детей // Проблемы современного педагогического образования. – 2020. – URL: https://goo.su/m3WUZg (дата обращения: 22.10.2023)

3. Как сделать работу дома максимально комфортной для здоровья художника [Электронный ресурс]. URL: https://dtf.ru/life/816514-kak-sdelat-rabotu-doma-maksimalno-komfortnoj-dlya-zdorovya-hudozhnika (дата обращения: 02.12.2023)

4. Мебель для образования: особенности [Электронный ресурс]. – URL: https://edufurniture.ru/furniture_for_education (дата обращения: 02.12.2023)

5. Важность эстетической составляющей мебели для детей [Электронный ресурс]. – URL: https://edufurniture.ru/aesthetic-furniture (дата обращения: 17.12.2023)

6. Норман, Дон. Дизайн привычных вещей. –Москва: Манн, Иванов и Фербер, – 2022. –384 с.: ил. ISBN 978-5-00195-363-0

7. Лучшие материалы для дошкольной мебели [Электронный ресурс]. – URL: https://edufurniture.ru/materials-furniture (дата обращения: 17.12.2023)

ВЛИЯНИЕ ФАКТУР ПОВЕРХНОСТЕЙ НА ОЩУЩЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИХ В ДИЗАЙНЕ

Гузеева Е.А.[1], Хмелевский Ю.П.[2]
[1]ТПУ ИШИТР ОАР, группа 8Д11, e-mail: eag42@tpu.ru
[2] ТПУ ИШИТР ОАР, ст. преподаватель, e-mail: hmelevskiy@tpu.ru

Аннотация

Исследование направлено на оценку влияния фактур поверхностей на эмоционально-тактильные ощущения человека, которые играют важную роль в восприятии объектов промышленного дизайна пользователем.

Ключевые слова: тактильность, материалы, фактуры, ощущения, человек.

Введение

На ранних этапах зарождения концепции, а в последствии и проектировании, дизайнер ставит перед собой ряд важнейших задач. Большую часть своего внимания он уделяет формообразованию объекта, его будущему внешнему виду, функционалу и эргономике. В меньшей степени дизайнер задумывается о свойствах выбранных материалов, об эмоциях и ощущениях, которые будет испытывать потребитель при использовании разработанного объекта. В этом заключается самая главная ошибка дизайнера, ведь именно тактильность создаёт краеугольные впечатления при первом контакте с объектом.

Данное исследование представляет интерес для разработчиков и дизайнеров, занимающихся созданием промышленных изделий. Результаты исследования могут быть использованы для улучшения функциональных характеристик изделий, повышения эргономичности объектов, а также эмоциональных и сенсорных показателей человека при взаимодействии с различными объектами. Результаты исследования также будут полезны в медицине, автомобильной промышленности, дизайне интерьеров и других областях, где важно понимать влияние материалов на ощущения человека.

Влияние фактур на ощущения человека

Человек ощущает фактуру материалов благодаря тактильным рецепторам, которые находятся в верхнем слое кожи. Когда он касается какого-либо материала, тактильные рецепторы передают информацию о его текстуре и фактуре через нервную систему к мозгу. В результате этого человек может ощущать и распознавать различные поверхности и материалы.

Тактильные материалы и фактуры могут создавать уникальные ощущения при касании и влиять на восприятие продукта. Например, мягкий и гладкий материал может вызывать ощущение комфорта при физическом контакте. Это может быть использовано в дизайне мебели, одежды или аксессуаров, чтобы создать продукты, при касании которых человек ощущает положительные эмоции. С другой стороны, шершавая или фактурная поверхность может вызывать ощущение динамизма и энергии. Такие материалы могут быть использованы в дизайне спортивных товаров или активного отдыха, чтобы передать ощущение активности и движения. Прикосновение к чему-то влажному, острому, шершавому или скользкому может вызывать тревогу, в то время как приятные ощущения от прикосновений дарят эмоциональный подъём.

Знания о том, какие эмоциональные ассоциации возникают с определенными текстурами, можно использовать в различных сферах производства объектов промышленного дизайна.

Взаимосвязь эмоциональных и тактильных ощущений человека

Тактильные ощущения, получаемые через кожу и другие чувствительные ткани, могут сильно влиять на эмоциональное состояние человека. Это происходит благодаря тому, что касание и осязание способны вызывать различные реакции в организме, такие как умиротворение, комфорт, смирение, возбуждение или боль. Так, например, мягкое и теплое прикосновение может вызвать чувство уюта и безопасности, тогда как острые или шершавые ощущения могут вызвать дискомфорт или даже боль.

В свою очередь, эмоциональное состояние человека может влиять на восприятие тактильных ощущений. Например, человек в состоянии стресса может воспринимать тактильные ощущения более ярко и насыщенно, так как его внимание сосредоточено на своем физическом состоянии.

Взаимосвязь тактильного восприятия с эмоциональной сферой человека проявляются следующим образом: прикосновения выступают каузатором улучшения физического состояния, эмоций различной интенсивности, эмоциональное состояние может вызвать необходимость тактильного контакта.

Применение тактильных поверхностей в дизайне

Тактильность материалов ценится во многих сферах производства объектов современного дизайна: в производстве мебели, бытовой техники, электроники, посуды, украшений, в различных инструментах и др.

Среди тактильных материалов в дизайне интерьеров и мебели фигурируют в основном биоматериалы: бамбук, пробковое дерево, рафия, мицелий, водоросли, тростник, а также традиционные — бумага и дерево.

В дизайне бытовой техники и электроники преимущественно используются металлы и пластики разной фактуры. Выбор материалов в данной сфере обусловлен функциональными характеристиками и внешним видом материалов. Так, пластик широко используется из-за его легкости, прочности, возможности легкой формовки и низкой стоимости. Он прекрасно подходит для корпусов, крышек и других частей бытовой техники. Нержавеющая сталь применяется благодаря своей прочности, устойчивости к коррозии и легкой очистке. Его используют для изготовления деталей, которые подвергаются воздействию высоких температур и влажности, например, в духовках, холодильниках и кофеварках. Также широко применяется стекло. Оно используется в виде панелей или покрытий для прозрачных частей техники, таких как дверцы духовок, панели плит и дисплеи. Перечисленные материалы часто комбинируются для достижения оптимальных свойств, например, корпус из пластика с элементами из нержавеющей стали или стекла.

Тактильные материалы также широко применяются в дизайне рукояток инструментов, чтобы обеспечить удобство использования и безопасность. В основном используются такие материалы как резина, поверхности с рельефом и дерево. Резиновые рукоятки предоставляют отличное сцепление с руками благодаря своей мягкости и повышенной трения. Пластик с особым рельефом или текстурой может обеспечить надежное удержание и предотвратить скольжение рук при использовании инструмента. Натуральное дерево используется из-за своей приятной тактильности и способности поглощать влагу, что предотвращает скольжение. В изготовлении рукояток также используется каучук, который обеспечивает хорошее сцепление даже с масляными или влажными руками. Выбор тактильного материала зависит от конкретного инструмента и его предполагаемого применения. Главной целью является обеспечение комфортного и безопасного использования инструмента для пользователя.

Эксперимент: метод экспертной оценки

Целью эксперимента является определение влияния фактур материалов на ощущения человека, а также их наиболее эффективное и функциональное применение в промышленном дизайне.

Был проведён физический опрос, в котором приняли участие 15 человек в возрасте от 20 до 60 лет (возраст 80 % опрошенных 20-24 года). Все участники являются экспертами, поскольку именно специалисты, которые работают в сфере промышленного дизайна могут дать наиболее точную оценку по исследуемой теме, так как они имеют более глубокие теоретические и эмпирические познания. Экспертами выступали преподаватели и студенты кафедры промышленного дизайна ТПУ.

В ходе опроса экспертам было выдано 13 тактильных материалов, среди которых: гладкая фанера, необработанная древесина, сталь 20, зернистый и гладкий пластик, софт-тач покрытие, кожа, замша, оргстекло, текстиль, резина, искусственный мех, драп. После прикосновения к каждой из текстур, экспертов попросили оценить по 10-балльной шкале, насколько ощущения от прикосновения ассоциируются с шестью базовыми эмоциями. В их число входят радость, страх, отвращение, злость, удивление и грусть. Также экспертов опросили об ощущениях, которые вызывают у них образцы: комфорт, дискомфорт, спокойствие, раздражение, уверенность, сосредоточение, рассеивание, холод и тепло.

Выбор перечисленных выше материалов был не случайным. На исследование взяты самые популярные и используемые материалы, которые встречаются практически во всех объектах промышленного дизайна, а также самые разнообразные по фактуре и текстуре материалы. Такой перечень образцов позволит выявить не только основные тактильные характеристики

материалов, эмоциональные ощущения, но и возможные варианты и комбинации использования этих материалов в промышленном дизайне. В таблице 1 представлены все тестируемые материалы.

Таблица 1

Исследуемые материалы

Номер материала	Изображение	Название материала	Номер материала	изображение	Название материала
1		Гладкая фанера	8		Замша
2		Необработанная древесина	9		Оргстекло
3		Сталь 20	10		Текстиль
4		Зернистый пластик	11		Резина
5		Гладкий пластик	12		Искусственный мех
6		Софт-тач покрытие	13		Драп
7		Кожа	-	-	-

Результаты экспертной оценки

Исследуя такой материал, как гладкая фанера, 87 % опрошенных отметили высокие показатели комфорта. Данный материал вызывал чувство спокойствия, уверенности и сосредоточенности. С точки зрения эмоций, материал вызывал у 89 % опрошенных радость, у менее 11 % – злость и удивление. Почти все эксперты отметили данный материал как тёплый.

Необработанное дерево вызвало у 95,3 % экспертов дискомфорт, раздражение и рассеивание. Около 33 % отметило, что материал на эмоциональном уровне вызывал злость и отвращение, менее 17 % отметили показатели страха и удивления. Несмотря на то, что материал является деревом, так и предыдущий, ровно половина опрошенных отметили его как холодный, обуславливая это вызванным чувством раздражения и отвращения.

Такой материал, как сталь вызвал у 76,3 % опрошенных комфорт, спокойствие и уверенность, 24 % отметили раздражение и дискомфорт. Эксперты отметили одинаковые показатели ощущений тепла и холода. Предыдущие исследователи тактильных материалов определяли металл как холодный материал. В данном случае, холод был вызван прочностью и плотностью материала, а тепло ощущалось в результате нагрева от пальпирования. В эмоциональном плане большинство ассоциировало данный материал с грустью.

Более 83 % экспертов отметили, что гладкий пластик вызывает комфорт, спокойствие, уверенность и сосредоточение, в то время как 16 % выделили дискомфорт, 4 % – раздражение. У 78 % опрошенных гладкий пластик вызвал удивление и радость, у 14 % – отвращение, у 7 % – грусть. Эксперты отмечали удивительную мягкость и теплоту поверхности пластика.

Зернистый пластик. Около 57 % отметили комфорт, спокойствие и уверенность, 18,3 % – сосредоточение, 13,5 % – рассеивание, 11 % раздражение и дискомфорт. С точки зрения эмоций, материал чаще вызывал радость и удивление, реже – отвращение.

Софт-тач покрытие оказалось наиболее приятным среди всех тестируемых образцов. Почти 92,7 % отметили высокие показатели комфорта и спокойствия. Только 5-7 % почувствовали отвлечение и дискомфорт. Оценки тепла и холода почти на одном уровне. Респонденты отметили радость и удивление как первые эмоции от материала.

В исследовании кожи 74,3 % отметили высокие показатели сосредоточения, спокойствия, уверенности и комфорта, 25 % отметили рассеивание и раздражение. В основном респонденты почувствовали тепло от материала. В эмоциональном плане большинство ассоциировало данный материал с отвращением и удивлением, реже – радостью.

Замша. 53 % экспертов почувствовали комфорт и сосредоточение, 47 % – уверенность, дискомфорт и отвлечение. Показатели спокойствия и раздражения оказались на одном уровне.

Материал вызывал чаще удивление, в меньшей степени грусть и злость.

Оргстекло вызвало у 50 % респондентов комфорт, спокойствие, уверенность и сосредоточение, 32,5 % ощутили дискомфорт. Материал в большей степени вызвал грусть.

Текстиль. Около 84,5 % экспертов отметили высокие показатели комфорта, спокойствия и сосредоточения. У 16% в большей степени материал вызывал дискомфорт и раздражение. При первом прикосновении респонденты отмечали радость и удивление.

Резина. Данный материал был не столь однозначен как, например, дерево. Около 73 % опрошенных ощутили комфорт, спокойствие, уверенность и сосредоточение. Несмотря на это, при первом прикосновении эксперты в большей степени ощущали отвращение и удивление. Чуть меньше 20 % отмечали дискомфорт и отвлечение. Для 65 % резина оказалась тёплой на ощупь, для 34,3 % – холодной.

Искусственный мех у 87,3% экспертов вызвал комфорт, сосредоточение и спокойствие, 13% отметили раздражение и рассеивание. Несмотря на то, что при первом контакте данный образец вызывал приятные ощущения, 47,3 % респондентов отмечали удивление, отвращение и страх. Почти 93 % опрошенных отмечали теплоту материала.

Драп. Большинство респондентов, а именно, 76 % выделило высокие показатели комфорта, спокойствия и сосредоточенности. Менее 17 % отмечало уверенность и отвлечение, в то время как лишь 8 % ответили раздражение. Преимущественно респонденты ощущали радость и удивление, всего несколько человек почувствовали злость.

Во многом радость и удивление отмечались у тактильно мягких и тёплых материалов, в то время как раздражение и грусть у шершавых поверхностей. Из всех тестируемых материалов эксперты назвали наиболее комфортными – гладкую фанеру, сталь, гладкий пластик, покрытие софт-тач, кожу, резину, текстиль, мех и драп, а самыми раздражающими – необработанное дерево. Материалами со средними показателями комфорта оказались зернистый пластик, оргстекло и замша.

После тактильно-эмоционального исследования материалов, экспертам было предложено определить какие из тестируемых материалов подойдут в производстве тех или иных деталей, элементов и объектов промышленного дизайна. Для более наглядного отображения информации полученные данные были систематизированы в столбчатую диаграмму, которая представлена на рис. 1.

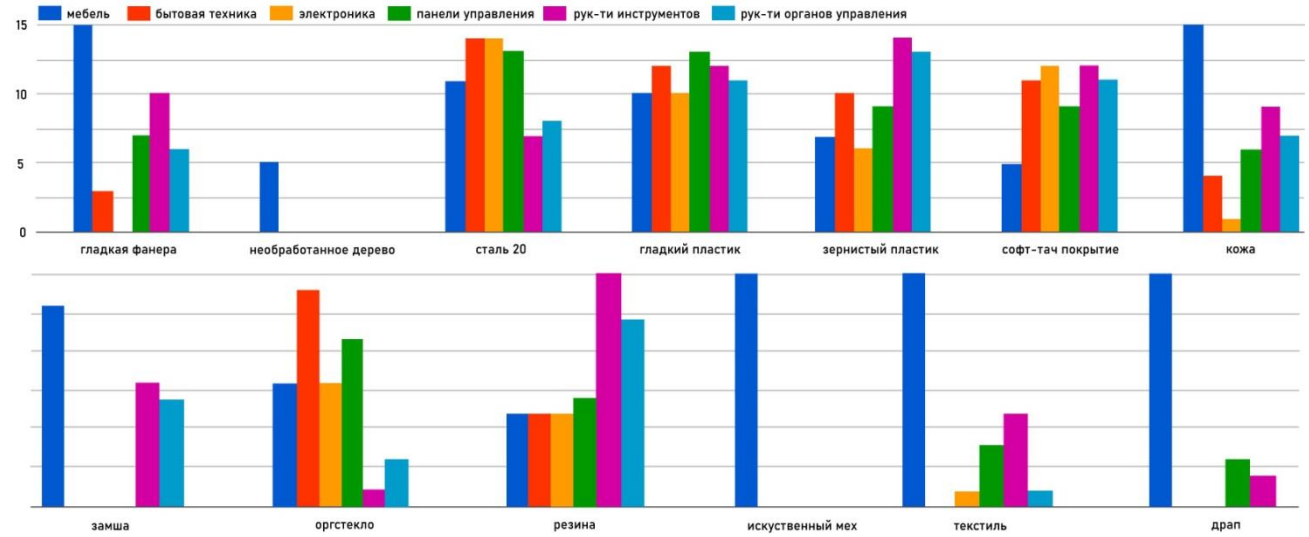


Рис. 1. Результаты оценки применения тактильных материалов в объектах промышленного дизайна

Говоря о промышленном дизайне, подразумевается применение исследованных материалов в изготовлении корпусов бытовой техники, приборов, органов управления, рукояток, мебели и прочих элементов, с которыми человек взаимодействует наиболее часто. Эмоции и тактильные ощущения, которые испытали эксперты, повлияли на их выбор в области применения данных материалов. Материалы, от которых респонденты ощущали комфорт, спокойствие и радость были выбраны для производства мебели. Поверхности, которые имели зернистую, рельефную структуру вызывали уверенность и раздражение подкожных сенсоров. Эксперты определили такие материалы для тех

объектов, где важно хорошее сцепление поверхности с рукой. Материалы, которые показались наиболее холодными были отнесены к поверхностям объектов, с которыми человек меньше всего контактирует.

Разные поверхности имеют многогранные эмоциональные и тактильные значения. Учитывая этот факт следует применять те или иные материалы в зависимости от функциональных значений объекта и от того, какого эффекта пытается добиться дизайнер.

Заключение

За последние десятилетия исследований в области тактильности материалов чрезвычайно мало. В основном исследования фокусируются на визуальной составляющей, поскольку она является наиболее очевидной и легко измеряемой. Это привело к относительному игнорированию тактильной чувствительности материалов. Также определение и оценка тактильных свойств материалов довольно сложный и субъективный процесс, что усложняет проведение стандартных исследовательских подходов. Вероятно, одной из причин такого малого количества исследований тактильности и ощущений является недостаток осведомленности. Многие дизайнеры и производители не осознают важность тактильных свойств материалов и их влияние на восприятие человеком.

Именно по причине отсутствия достаточного объёма данных о влиянии тактильности материалов на эмоциональные и сенсорные ощущения человека, было проведено собственное исследование данной области.

В результате проведенного исследования было обнаружено, что фактуры поверхностей оказывают значительное влияние на ощущения человека. Различные текстуры могут вызывать разнообразные эмоциональные и физиологические реакции у людей. Это открывает новые возможности для использования фактур в дизайне, чтобы создавать определенные атмосферы, улучшать функциональность предметов или помещений, а также улучшать общее восприятие окружающей среды. Данное исследование предоставляет важные данные для дальнейшего развития дизайна и создания более комфортной и функциональной среды для людей.

Список использованных источников

1. Варламов А.А. Язык прикосновений: биологические аспекты тактильного восприятия и особенности тактильных коммуникативных сигналов / А. А. Варламов, А. Н. Кравченко, А. В. Горбачева, М. А. Осадчий // Вопросы языкознания. – 2020. – № 2. – С. 75-92.

2. Ананьев Б.Г. Осязание в процессах познания и труда. Теория ощущений / Б.Г. Ананьев, Л.М. Веккер, Б.Ф. Ломов, А.В. Ярмоленко. – Москва : Издательство Академии педагогических наук РСФСР, 1959. – 261 с.

3. Сенсорный дизайн: как в проектирование приходят ощущения // сайт. – URL: https://skillbox.ru/media/design/sensornyy-dizayn-kak-v-proektirovanie-prikhodyat-oshchushcheniya/

4. Тактильная память // сайт. – URL: translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.8cdfcaa7-6584631f-5d86571d-74722d776562/https/en.wikipedia.org/wiki/Haptic_memory

5. Из истории изучения тактильного восприятия. Отечественные и зарубежные исследования тактильной сферы. [Электронный ресурс]. – URL: studbooks.net/1337888/psihologiya/istorii_izucheniya_taktilnogo_vospriyatiya

6. Кочнева А.С. Эволюция тактильности в дизайне: историко-культурологический анализ [Электронный ресурс]. – URL: publishing-vak.ru/file/archive-culture-2019-3/18-kochneva-pankina.pdf.

ОСОБЕННОСТИ ЦВЕТА И ФОРМЫ В КАРТОГРАФИЧЕСКОМ ДИЗАЙНЕ

Деньгин Д.С.[1], Давыдова Е.М.[2]
[1]ТПУ ИШИТР ОАР, 8Д11, e-mail: dsd15@tpu.ru
[2] ТПУ ИШИТР ОАР, ст. преподаватель, e-mail: davydova@tpu.ru

Аннотация

Исследование направлено на анализ влияния цветов и форм в оформлении географических карт, и других составляющих дизайна карты территории или города. С целью выявления признаков имеющих ключевое значение в понимании географических карт. А также разработка и создание художественно-графической карты Томска, на основе сформулированных тезисов.

Ключевые слова: картография, цвет, форма, особенности восприятия.

Введение

Картографический дизайн – это художественное проектирование и оформление карт, в основе которого заложены изобразительные средства.

Несмотря на то, что картографический дизайн не имеет такой широкой распространенности как, моушн-дизайн, графический или промышленный, дизайн карт также присутствует во многих аспектах человеческой жизни. И на сегодняшний день дизайн карт широко применяется в различных областях деятельности, таких как география, экология, геология, архитектура, образование, туризм и так далее [1]. Поэтому цель данной статьи, показать и продемонстрировать что картография – многогранное ремесло, способное быть как инструментов научных исследований, так и существовать в формате произведения искусства, а также способное формировать наше представление о мире.

Особенности картографического дизайна.

Так как карта передает нам информацию о трехмерном мире при помощи двумерного отображения. Что накладывает определенные особенности в восприятии мира:

Например, размер. Где при цилиндрическом способе переноса карты, происходит довольно известное искажение, в котором, например остров Гренландия больше материка Австралии. Хотя на самом деле это не так.

Или же взять границы, которые мы воспринимаем как что-то непроходимое, хотя многие забывают, что для картографии это лишь воображаемые линии, о которых договорились люди.

Топонимика так же накладывает свой след на человеческое сознание. Пример тому Китай, что название сильно отличается в зависимости от страны, хотя китайцы называют свою страну Поднебесной. Иле же Эверест, чье название воспринимается как общеизвестное, в отличии он Джомолунгмы, которое современный человек воспринимает как какую-то далекую от него гору.

Цвет. Данный аспект играет серьезную роль в нашем понимании мира, где несоблюдения цветовых смыслов, в угоду точности, может запутать зрителя. К примеру, желтый цвет, который мы ассоциируем с пустыней, хотя далеко не каждая пустыня желтая и представляет из себя море из песка. Но замени данный цвет на другой, и мы вообще можем не понять, что перед нами пустыня.

Форма. Чья роль тоже немаленькая. Ведь банальная точка и ее размер на большой карте, порой куда лучше передает информацию о городе чем что-либо еще. А ромб или квадрат, могут сразу дать понять, что на карте показана что-то крепкое и устойчивое. И таких особенностей восприятия довольно много [2].

Также, для того чтобы ответить на вопрос. Является ли карта чем-то большим, чем пятнами на полотне? Стоит разобрать данный вопрос в трех ее форматах: научном, инструментальном и творческом.

Какую роль карта играет в нашем мире?

Картография как полноценная наука сформировалась не так давно, однако, восприятие картографического дизайна как науки, удовлетворяет одно из самых сильных человеческих стремлений, стремление к познанию, которое живет в человеке очень давно. И подсознательно карта, тот же пазл который ученый собирают по кусочкам. Ведь многим людям свойственно узнать, что находится там, где их нет [3].

Теперь, стоит казать о том, зачем вообще она нужна и для чего используется для более рутинных дел. Ведь человек использует карту не только для поиска и открытия неизвестного, но и для поиска того, что уже давно известно и открыто. Банальная цифровая карта города в собственном телефоне, прекрасная иллюстрация того, как обычный человек воспринимает карту большую часть жизни. Также, что не менее важна, навигационная карта, в первую очередь показывает то, где находится сам человек, ставя его во главе угла. Данный метод несет в себе как плюсы, так и минусы. Ведь карты в навигаторах, становятся все суше и схематичнее, концентрируя внимания на человеке. С одной стороны, это хорошо, ведь человеку не нужно знать весь город, а всего пару улиц, по которым он ходит. Но из-за этого же развивается «коридорное зрение», в котором человек может жить в городе всю жизнь, но не знать, что находится на соседней улице [4].

Пожалуй, самый недооцененный формат в картографии, это его роль для искусства. Ведь данный аспект является самым интересным и разнообразным феноменом среди остальных. Сложно представить, но, отношение к картам как к искусству возможно оформилось еще раньше, чем сама наука. Ведь даже в прошлом человек из-за нехватки знаний старался заполнять пробелы религиозными и художественными смыслами, где достоверность или правдоподобность уходила на второй план [5]. Восприятие карты как что-то большее нежели пятна на холсте имеет в своей основе такой же мотив свойственный практически всем людям. Тоже чувство толкало множество людей становится создателями миров. Желание стать подобием той силы что создало наш мир – заставляет огромное количество людей создавать свои собственные карты миров. Ведь карта не сильно отличается от картины. Ведь вымышленная карта, ни что иное как отражение нашего мира.

Все эти примеры, были необходимы чтобы дать понять, что картография не так проста, и относится к ее дизайну беспечно – большая ошибка.

Создание художественно-графической карты Томска

Примером может стать попытка создания художественно-графической карты городской среды на примере исторического центра г. Томск. Где основная задача – применить ранее изученный и приведенный материал для грамотного оформления карты городской среды, в формате небольшого путеводителя для туристов и жителей города Томск.

Основными территориями были выбраны центральные районы города, расположенные вблизи Проспекта Ленина, в соответствии с рис. 1. Так как данные районы наиболее богаты различными культурными и историческими зданиями. Также существенную часть пространства карты занимает река Томь, так как наличие изгиба береговой линии города позволит сразу узнать город.

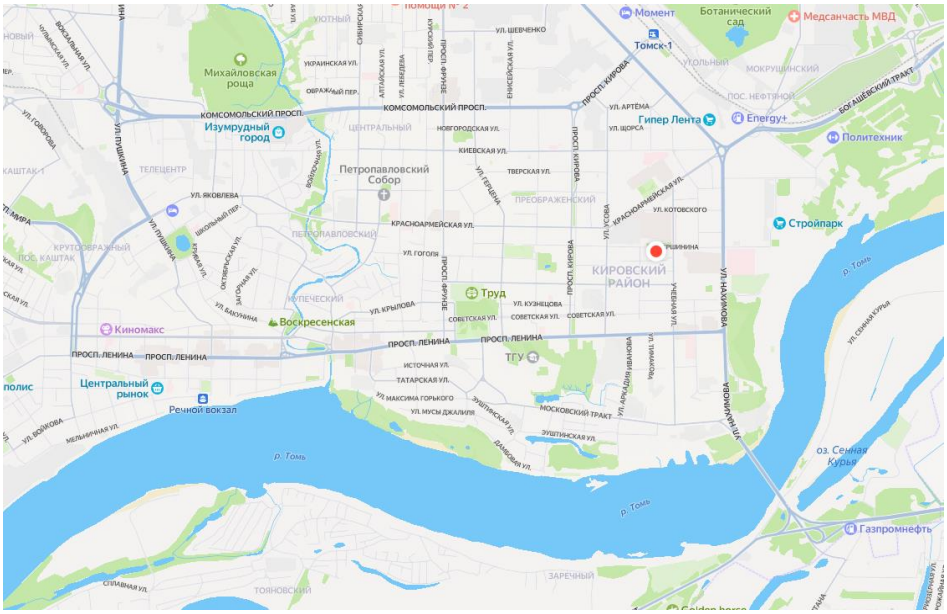


Рис. 1. Выбранная территория г. Томск

Также были выбраны 14 достопримечательностей города в качестве главных изобразительных атрибутов карты города: Лагерный сад. Главный корпус ТПУ. Главный корпус ТГУ. Главный корпус ТУСУР. Томский областной театр драмы. Музей истории Томска. Дом с шатром. Дом с жар-птицами. Памятник Чехову. Музей славянской мифологии. Петропавловский собор. Богородица-Алексеевский мужской собор. Дом с драконами. Музей деревянного зодчества.

При создании карты города, сначала необходимо определить стиль всей карты. Так как городская среда города Томск имеет сильные контрасты между городскими объектами, где деревянные дома могут соседствовать с высокими многоэтажными квартирными домами. Было решено изобразить карту в несложном, минималистичном стиле дабы не перегружать деталями. Но при этом стилистика позволяет изобразить объекты достаточно узнаваемыми, где каждое здания имеет определенные атрибуты внешнего вида, дабы избежать однородной среды. Также в карте выделение и наличие наиболее узнаваемых или красивых зданий в виде полноценного рисованного изображения послужит ориентиром всей городской среды, в соответствии с рис. 2.

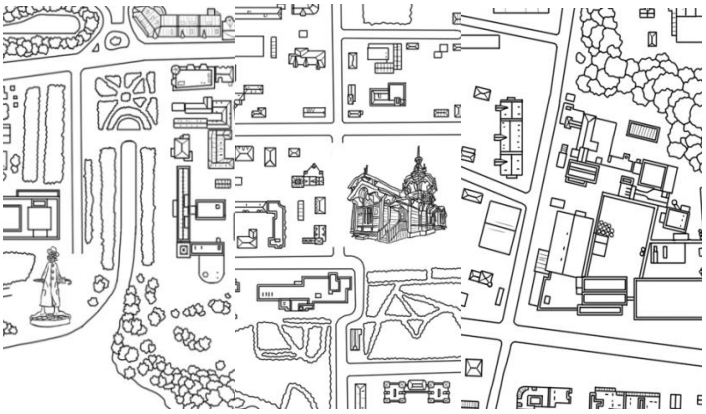


Рис. 2. Стилизация карты г. Томск

После городской среде была присвоена цветовая палитра, основными цветами стали пастельные оттенки. Дома и дороги – серый, реки и озера – голубой, леса и парки – зеленый. Цветовая палитра рамки – коричневый и бежевый. По итогу цветовое сочетание карты выглядит спокойно, мягко и помогает разобраться со средой каждого из районов города.

Последними этапами работы стала работа со шрифтом и рамкой карты. Для заголовка был выбран лаконичный шрифт с плавными засечками. Шрифтом же для обозначений стал минималистичный гротеск для удобного чтения названий улиц и объектов. В качестве внешнего вида рамки были выбраны деревянные элементы деревянного зодчества, а образ рамки представляет в виде деревянного резного наличника.

По итогу, после всех этапов работы, все элементы карты были скомпонованы работа представляет из себя карту центральных районов города, в соответствии с рис. 3. где основной задачей является познакомить приезжих туристов или студентов с общим видом города. Показать его достопримечательности, улицы и интересные места. Где благодаря мягким цветам и формам зритель должен почувствовать всю теплоту и красоту города.

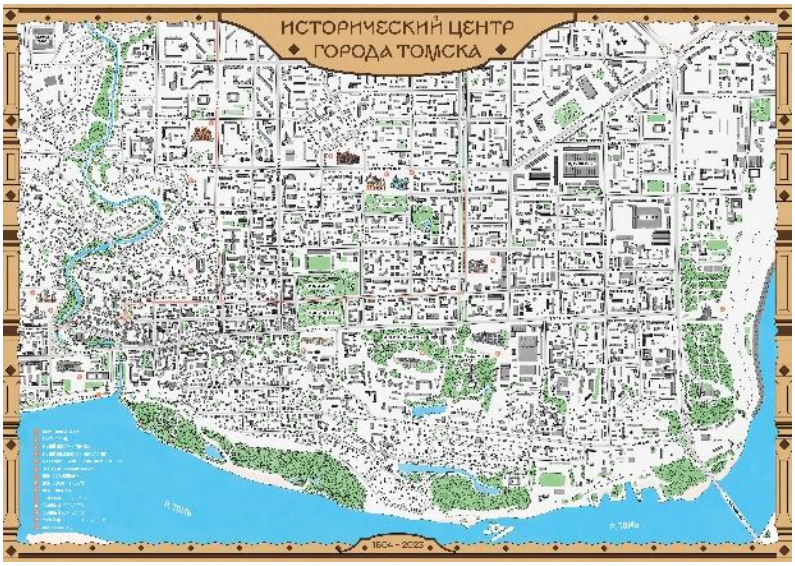


Рис. 3. Выбранная территория г. Томск

Заключение

После рассмотрение всех поставленных до этого вопросов можно понять, термин – картографический дизайн, прибывал постоянно, как при научных исследованиях, так и при создании литературных вымышленных миров. Влияя на образ мира, который видит человек. Из-за чего формировалось множество способов отображения нашей действительности при помощи сложных графических знаков, символических образов, цветов и форм. Поэтому хоть картографический дизайн и занимает далеко не главную роль в жизни человека, однако влияние карты на человеческое сознание огромно. Где интересная карта способна остаться в памяти зрителя или даже изменить его взгляды не только о картографии, но и о нашем мире.

Список использованных источников

1. Картографический дизайн – Cartographic design [Электронный ресурс]. – URL: ru.wikibrief.org/wiki/Cartographic_design

2. Картографический дизайн: Учебное пособие / А.В.Руденко.–Казань:Казан.федеральный ун-т., 2023.– 101 с.

3. Эстезис – Картография воображения [Электронный ресурс]. – URL: aesthesis.ru/magazine/december16/fantasymaps?ysclid=lottq43b3534891303

4. Картографический дизайн. Монография / Гаврилов Ю. В. Новосибирск: СГГА, 2013. – 145 с

5. Как рисовать иллюстрации и карты в стиле фэнтези. Иллюстрированная книга/Джаред Бландо, 2021.–128 с.

СПЕЦИФИКА ТАКТИЛЬНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ В ДИЗАЙНЕ ИГРУШКИ АНТИСТРЕСС

Довгановская Е.Ю.[1], Васильева М.О.[2]
[1]ТПУ ОАР ИШИТР, 8Д11, e-mail: eyd9@tpu.ru
[2]ТПУ ОАР ИШИТР, ст. преподаватель, e-mail: vasilevamo@tpu.ru

В данной статье проводится исследование в области эргономики тактильных поверхностей дизайна игрушек антистресс с целью изучить специфику их влияния на человека и его эмоциональное состояние.

Ключевые слова: материал, тактильность, влияние, антистресс, эмоции.

Введение

В современной жизни мы все больше сталкиваемся с удаленными формами коммуникации, что ведет к уменьшению количества тактильных контактов и приводит к тактильному дефициту. Люди окружены стрессовыми ситуациями. Работа, учеба, личные отношения – все это может вызывать тревогу и беспокойство. Игрушки антистресс помогают расслабиться и снять накопившееся напряжение в теле. Они представляют собой компактные и простые в использовании предметы, помогающие отвлечься от проблем, успокоиться и улучшить эмоциональное состояние человека. В данном исследовании изучается, как различные тактильные поверхности игрушек антистресс могут способствовать уменьшению негативного воздействия стресса на организм, и как важно понимать специфики работы тактильных ощущений на человека [1].

Антистресс игрушка

Антистресс игрушки – это специальные игрушки, созданные для снятия негативного воздействие стресса на организм и повышения уровня комфорта. Они обладают множественными формами и текстурами, а также предлагают различные способы взаимодействия, например, сжатие, прокрутка, щелчок или растягивание. Часто в стрессовых ситуациях человек не понимает слов, и поэтому важно взять его за руку или обнять, то есть воздействовать на него тактильно, так как в экстренных случаях прикосновения оказывают наибольшее целебное действие. Так, игрушки антистресс и работают. Они помогают сосредоточиться, уменьшить уровень напряжения и агрессии. Их можно использовать как на работе или в школе, для улучшения концентрации и увеличения продуктивности, так и дома, для отдыха и успокоения. Часто их применяют при реабилитации после травм.

Акцент на ладонях и пальцах при использовании игрушек сделан не просто так. На подушечках пальцев находится много нервных окончаний. Кожа на пальцах и ладонях человека достаточно чувствительная. На кистях рук сосредоточено много точек, стимуляция которых не только может позитивно отразиться на психическом состоянии, но и положительно повлиять на работу внутренних органов и систем. В тот момент, когда человек мнет тактильно приятную игрушку антистресс, осуществляется воздействие на нервные окончания и точки. В итоге это приводит к улучшению общего самочувствия.

История антистресс игрушек. Традиционные и современные

Антистресс игрушки имеют довольно интересную историю, которая связана с постепенным осознанием важности управления стрессом и тревогой в повседневной жизни. Эти игрушки стали очень популярными в последние десятилетия, но их истоки уходят далеко назад. Они появились во времена династии Мин в Китае, примерно 3500 лет назад. В небольшом городке Баодин на Северо-Китайской равнине те, кто практиковал традиционную китайскую медицину, создали шарики Баодин, чтобы занять руки. Все начиналось с грецких орехов и постепенно превратилось в шарики из нержавеющей стали, железа или хрома. Оба шарика могли поместиться в одной руке и постоянно вращаться на ладони. Считалось, что постоянное движение гладких шариков успокаивает и погружает пользователя в медитативное состояние. Также, самые известные – это греческие комболои, антистрессовые камушки, японская кендама, лестница Иакова, волчки, счеты, кубик Рубика и пазлы. С развитием технологий и массового производства в XX веке, антистресс игрушки начали приобретать новые формы и материалы. Одним из наиболее популярных типов антистресс игрушек стал "антистрессовый мяч". Этот мяч, изготовленный из специального эластичного полимера, позволяет

сжимать и разжимать его в руке. Также, одни из примеров – это антистресс куб, узел, спиннер и т.д. В основном для их создания используются гладкие приятные на ощупь поверхности с объемными частями. То, что возможно перебирать в руках, мять, вращать и просто щупать.

Тактильные ощущения

Тактильные ощущения играют важную роль в нашей жизни. Тактильные данные поступают от сенсорных рецепторов, расположенных в коже, мышцах и сухожилиях. Они предоставляют информацию о внешнем мире и формируют представления о положении тела в пространстве [2].

Виды тактильных игрушек (разные тактильные поверхности)

В дизайне игрушек антистресс обычно используются разнообразные текстуры для поверхностей. Например, игрушки могут иметь поверхность с рельефным покрытием, чтобы пользователи могли массировать пальцы или ладони, улучшая микроциркуляцию и расслабляя мышцы. В дизайне игрушек антистресс часто комбинируются разные тактильные поверхности, создавая интересные текстурные комбинации. Игрушка может иметь гладкую поверхность с добавлением рельефных элементов или иметь шершавое покрытие и гладкие элементы.

1. Гладкая поверхность: например, пластик, стекло, силикон, металл или шлифованное дерево.
2. Ворсистая поверхность: поверхности с ворсом или плотными нитями.
3. Рельефная поверхность: например, кожа, береста.
4. Шероховатая поверхность: например, резина, ткань, поролон.
5. Гелевая поверхность: игрушки содержат гелевые податливые наполнители или полимерные материалы.

Оценка влияния поверхностей материалов на человека

Для изучения поставленного вопроса было решено провести тестирование среди возможных пользователей антистресс игрушек. Метод семантического дифференциала – это инструмент, используемый в социальных науках и психологии для измерения отношений и оценок по отношению к концепту, объекту или идее. Метод основан на предложении людям серии противоположных слов или фраз, которые описывают определенный аспект или характеристику того, что они должны оценить. Например, эти слова могут быть «холодный» и «теплый», «приятный» и «отталкивающий», или «дружелюбный» и «враждебный». Респонденты должны указать свое отношение к тому, что они оценивают, выбирая определенную позицию на шкале между предложенными парами слов.

Дерево гладкое		
Шершавый	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	Гладкий
Твердый	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	Мягкий
Надежный	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	Хрупкий
Воспримчивый к температурам	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	Невоспримчивый к температурам

Рис. 1. Метод семантического анализа

Было протестировано десять образцов разных материалов, таких как стекло, наждачная бумага, несколько видов дерева, два вида металла, резина и кожа, в случайном порядке. Участники активно исследовали поверхности материалов ладонями и пальцами. Активное прикосновение позволяет избирательно и контролируемо изучать свойства тактильных стимулов, а на нейронном уровне активное прикосновение вызывает большую активацию в долях мозга.

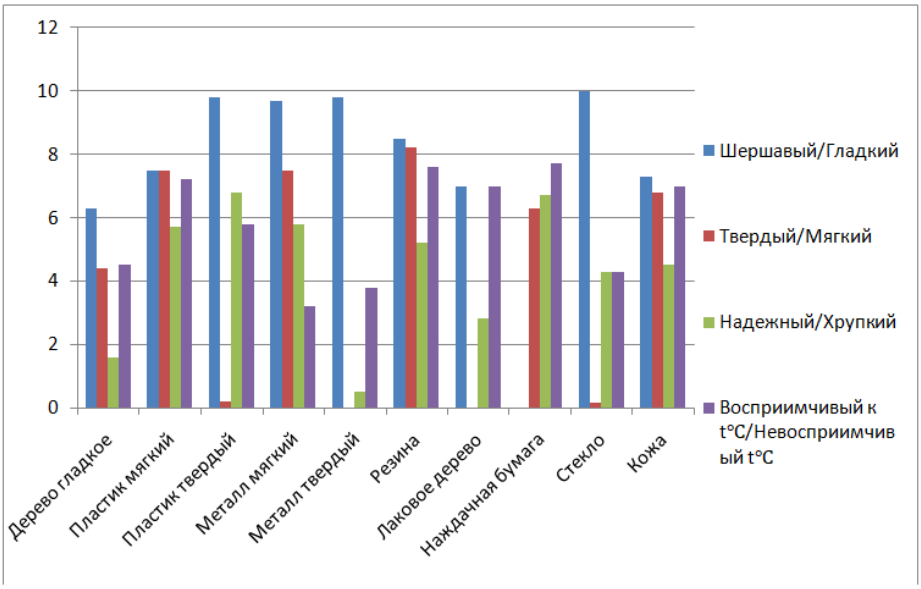


Рис. 2. График различных материалов по семантическому анализу

По результатам семантического дифференциала была выявлена существенная разница между шершавыми и гладкими поверхностями. Большинство резидентов предпочло гладкие поверхности или с небольшими рельефами шершавым поверхностям. Объясняя это тем, что первые приносят больше удовлетворения и спокойствия, в то время как вторые – неприятные чувства. Твердость и мягкость поделили среднее значение между собой, так как оба важны при проектировании антистресс игрушки. Для многих также оказался важным такой критерий материала, как надежность. От него зависит долговечность игрушки антистресс. Восприимчивость к температурам же оказалась не таким важным аспектом для резидентов, однако большинство все же предпочли невосприимчивость к температурам для поверхности.

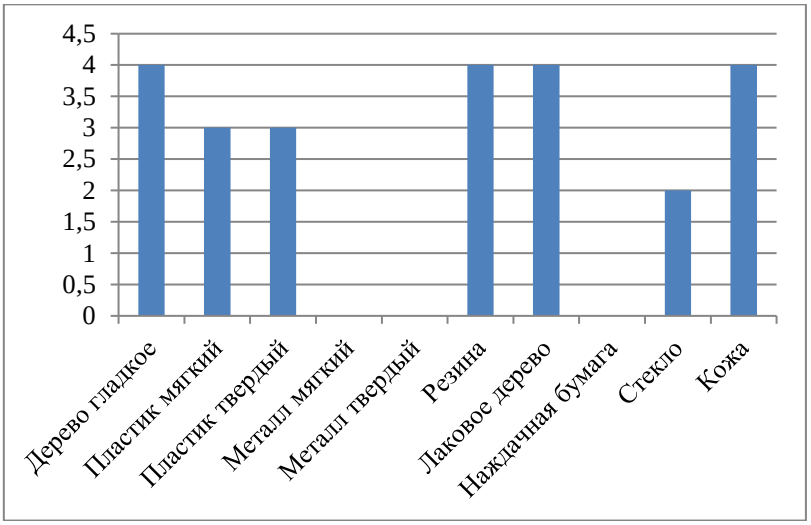


Рис. 3. График наиболее приятных тактильных поверхностей

Данные показали, что гладкие, надежные и мягкие поверхности, невосприимчивые к температурам, воспринимались респондентами более позитивно в эмоциональном плане, чем шершавые, твердые и хрупкие поверхности, восприимчивые к температурам. Сами студенты заявили, что предпочитают более приятные на ощупь поверхности, отталкивая при этом варианты использования других материалов даже для небольших элементов антистресс игрушки.

Значит, что сенсорные и эмоциональные аспекты прикосновения при оценке разных поверхностей материалов связаны между собой. Сначала прикосновение к поверхности стимулирует

механические и тепловые рецепторы под кожей. Эти сигналы переносятся на внешние области мозга [3]. Первый уровень обработки относится к сенсорным суждениям. В контексте осязания это то, насколько мягкой, шероховатой, скользкой, теплой и т. д. ощущается поверхность. Впоследствии эти суждения передаются в другие области мозга, где они объединяются. Предполагается, что вегетативная нервная система изначально чувствительна к сильной возбуждающей стимуляции. Осязание является важным чувством для человека, поскольку оно позволяет контактировать с окружающей средой, воспринимать ветер, влажность, изменения температуры, рельеф, шероховатость, мягкость и т.д. Осязание – это наиболее развитое чувство при рождении. Выделяется пять основных видов прикосновений, влияющих на тактильное восприятие человека: твердость (твердый, мягкий), свойства трения (влажный, сухой, липкий, скользкий), температура (горячий, холодный), мелкая шероховатость (грубый, гладкая) и крупная шероховатость (неровная, рельефная) [4].

Помимо этого, люди способны ассоциировать прикосновение к разным текстурам с разными эмоциями. Прикосновение к некоторым неодушевленным предметам и текстурам может вызывать приятные ощущения, тогда как прикосновение к другим вызывает неприятные. Важность передачи различных аспектов эмоций посредством тактильных ощущений стало все чаще признаваться. В частности, что мягкость и гладкость текстуры связывают с приятностью прикосновения к ней, а шероховатость и грубость – с неприятными ощущениями и негативными эффектами [5].

Вывод

Игрушки антистресс могут служить средством саморегуляции и альтернативным способом для борьбы с негативными эмоциями. Люди могут лучше контролировать окружающие их ситуации и принимать более обдуманные решения. Это поможет лучше функционировать как профессионально, так и лично, и улучшить качество жизни. Исследование демонстрирует, что учет, какие именно материалы будут использованы при проектировании и использовании таких предметов, как антистресс игрушки, помогает снизить стрессовую нагрузку на организм, благодаря хорошему пониманию специфики работы тактильных ощущений.

Список источников и литературы

1. Шиффман Х.Р. Ощущение и восприятие 5-е изд. – СПб.: Питер, 2003. – 923 с.: ил. – (Серия «Мастера психологии»).

2. Ананьев Б.Г. Психология и проблемы человекознания: избран. психол. тр. / Б.Г. Ананьев; под ред. А.А. Бодалева; Рос.акад.образования,Моск.психол.-социал.ин-т. – М.; Воронеж: Моск. психол.-социал.ин-т [и др.], 2005 (ФГУП ИПФ Воронеж). – 431 с.; 21 см. - (Психологи России: серия / Рос. акад. образования, Моск. психол.-социал. ин-т).; ISBN 5-89502-572-2 (МПСИ).

3. Рунге В.Ф. Эргономика в дизайне среды: Учебное пособие / В.Ф. Рунге, Ю.П. Манусевич; под ред. Шимко Владимира Тихоновича — 2-е изд., дополненное – М.: Архитектура-С, 2016. – 328 с.: ил.

4. Brauer J., Xiao Y., Poulain T., Friederici A.D. and Schirmer A. Frequency of maternal touch predicts resting activity and connectivity of the developing social brain // Cerebral Cortex. – 2016. – Vol. 26(8). – pp. 3544-3552.

5. Пьюселик Фрэнк Р. Магия НЛП без тайн: Учебное пособие / Фрэнк Р. Пьюселик, Байрон А. Льюис; Изд-во «Речь», 2013. – 144 с.: ил.

СОЗДАНИЕ ДИЗАЙН-КОНЦЕПЦИИ КОРМУШЕК ДЛЯ ПИТОМЦЕВ

Зайцева Е.М. [1], Кухта М.С. [2]
[1] ТПУ ИШИТР ОАР, студент гр. 8Д01, e-mail: emz3@tpu.ru
[2] ТПУ ИШИТР ОАР, профессор, д-р филос. н., e-mail: kuhta@tpu.ru

Аннотация

В данной статье представлен обзор существующих автоматических кормушек для питомцев, проведен анализ восприятия животными цветов и представлены четыре концепции дизайна кормушек. Исследование включает в себя оценку эффективности и удобства использования данных концепций с целью оптимизации уровня комфорта и заботы о питомцах.

Ключевые слова: автоматические кормушки, дизайн-концепция, питомцы.

Введение

Актуальность дизайна автоматической кормушки для домашних питомцев с дополнительными возможностями обусловлена растущим спросом на удобные и функциональные устройства для ухода за животными. Современный образ жизни не всегда позволяет собственникам заниматься своими питомцами должным образом, в том числе следить за их кормлением. На рынке уже присутствуют автоматические кормушки для собак, однако они могут быть усовершенствованы путем добавления новых возможностей, таких как контроль потребляемой пищи и дистанционное управление. Такие возможности сделают жизнь не только питомцев, но и их хозяев более простой и комфортной.

Основная часть

Принцип работы автоматических кормушек для собак состоит в автоматической подаче определенного количества корма в заданное время. Это обычно осуществляется с помощью таймера или программы, которые можно настроить на определенное время и объем пищи [1].

Некоторые модели автоматических кормушек для собак также оснащены датчиками, контролирующими количество потребляемой пищи и предотвращающими переедание животного. Кроме того, некоторые кормушки могут предлагать возможность дистанционного управления, что позволяет владельцам контролировать кормление своего питомца из любой точки мира с помощью мобильного приложения [2].

Для успешной разработки новой дизайн-концепции автоматической кормушки необходимо было в первую очередь проанализировать аналоги кормушек (Таблица 1).

Таблица 1

Анализ аналогов автоматических кормушек

Название модели	Кол-во прие-мов пищи в день	Максималь-ный объем корма в миске	Вмести-мость контейнера	Настрой-ка времени подачи и объема корма	Мобиль-ное приложение	Встроен-ная камера и динамик
Arf Pets	4	10 гр - 400 гр	1,14 кг	Да	Да	Динамик
Smart Feed	12	30 мл - 950 мл	2,7 кг	Да	Нет	Нет
WESTLINK 6L	4	10 гр - 390 гр	6 л	Да	Нет	Динамик
Xiaomi Smart	4	10 гр - 50 гр	4,3 л	Да	Да	Нет
Kitfort KT-2081	4	10 гр - 100 гр	4,3 л	Да	Да	Да

Для максимальной эффективности и удобства использования умной кормушки для животных можно добавить следующие функции:

1. Автоматическое взвешивание порции корма для контроля питания животного.

2. Встроенный датчик уровня корма, который отправляет уведомление в приложении, когда уровень падает до заданного значения.

3. Встроенная камера и микрофон для реального времени наблюдения за животным и получения уведомлений о его приеме пищи.

4. Подключение к смартфону для удаленного контроля кормления и настройки кормушки, интеграция с приложениями для контроля здоровья животного.

5. Настройки порций для разных размеров животных и типов корма.

6. Возможность добавления лекарственных добавок в корм для животного, если это необходимо.

7. Встроенный датчик движения, который автоматически закрывает крышку кормушки.

8. Резервная батарея обеспечивает непрерывное питание миски в отсутствие электричества (присутствует в Arf Pets Automatic Pet Feeder).

9. Запирающийся бак с магнитной крышкой обеспечивает доступ питомца только к предусмотренной пище (присутствует в Arf Pets Automatic Pet Feeder).

10. Возможность мыть элементы кормушки в посудомоечной машине: крышку, бак для корма, миску. Миска из нержавеющей стали, остальные изделия - из пластика и нержавеющей стали (PetSafe Smart Feed Automatic Dog and Cat Feeder).

11. Возможность поднятия миски с кормом на определенную высоту для удобства средних и крупных пород собак.

Ни одна из существующих автоматических кормушек не подходит в полной мере для крупных пород собак, для которых миска с кормом должна находиться выше уровня пола для удобства питомца. Это особенно важно при заболеваниях позвоночника, патологиях пищевода или длинной шерсти у питомца. Желательно закрепить миску на уровне локтевого сустава питомца [3].

Цвета товаров для животных имеют свою специфику из-за особенностей зрения собак и кошек. Они видят мир менее ярко и контрастно, чем люди из-за меньшего количества конусов в их глазах. Поэтому они воспринимают мир в оттенках серого, синего и желтого (рис. 1) [4].



Рис. 1. Отличие в восприятии цвета людей и собак

Это означает, что именно эти цвета стоит использовать как при оформлении корпуса автоматической кормушки, так и на элементах, к которым нужно будет привлечь внимание собаки. Учитывая все эти данные, были созданы дизайн-концепции автоматических кормушек.

Результаты работы

Концепция номер 1 получила рабочее название «SnackStation». Отличительными чертами данной концепции являются единый силуэт, сенсорный экран, простая геометричная форма, углы скошены и слегка закруглены, окошко находится в передней части (рис. 2).

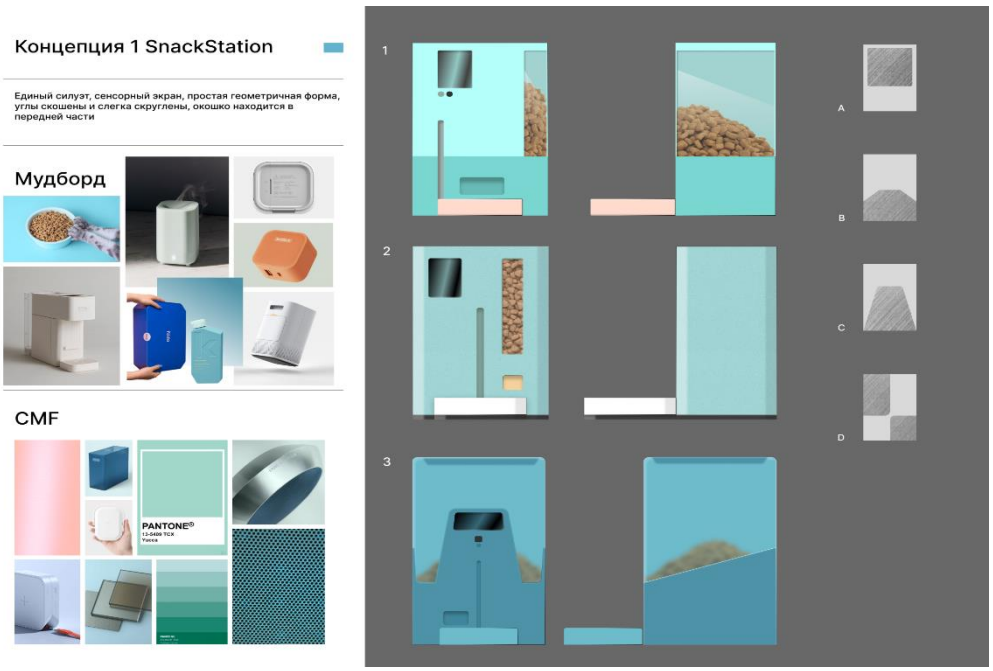


Рис. 2. Концепция SnackStation

Концепция номер 2 получила рабочее название «Лакомка». Отличительными чертами второй концепции являются разделенный силуэт, механическое управление (кнопки), округлая геометричная форма, небольшое окошко для оценки количества корма (рис. 3) [5].

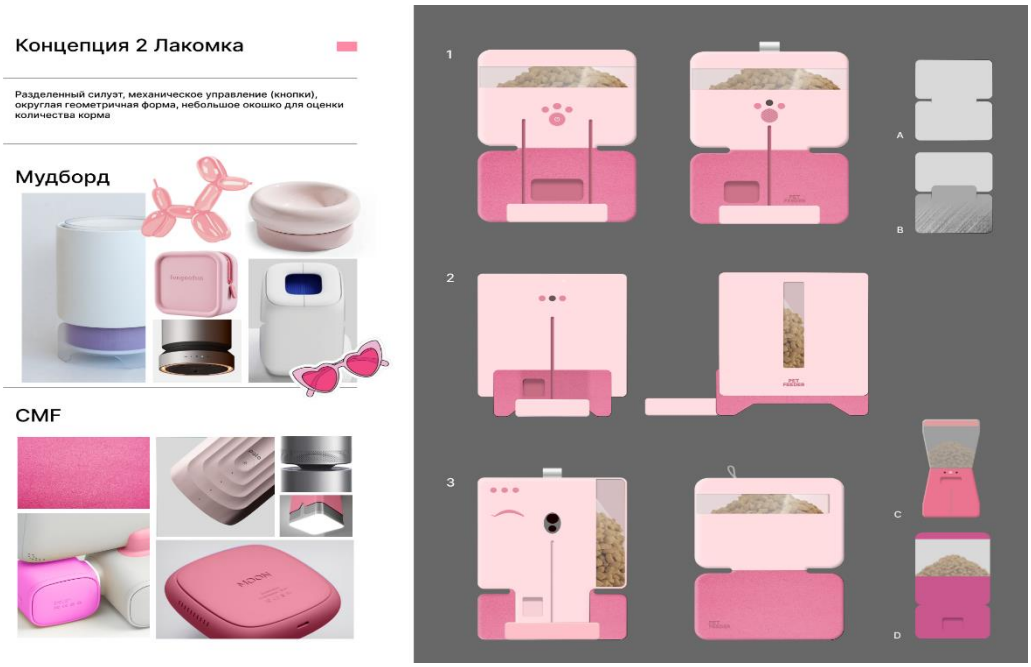


Рис. 3. Концепция Лакомка

Концепция номер 3 «MealMate» Имеет округлые формы, капсульный силуэт, прозрачный бак с кормом, управление с помощью кнопок (рис. 4).

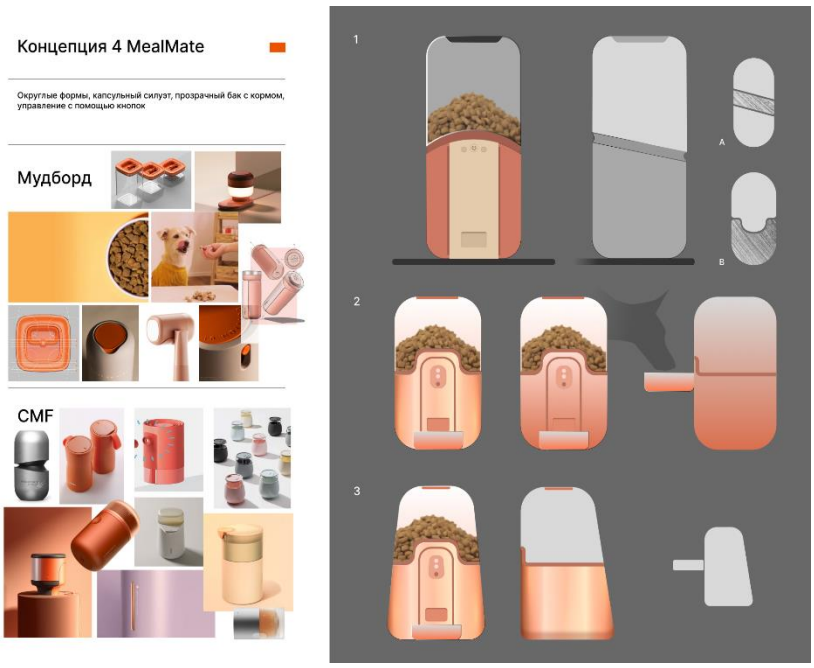


Рис. 4. Концепция MealMate

Концепция номер 4 «Витамино». В данной концепции форма состоит из нескольких блоков, конструкция поднимается вручную и фиксируется на определенной высоте. В конструкции присутствуют модули разных цветов, которые можно заменить на аналогичные, но с другим цветом (рис. 5) [6].

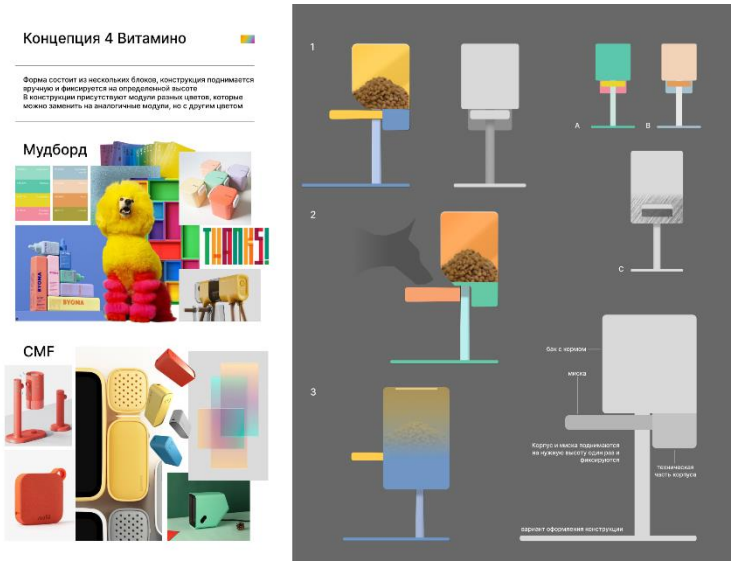


Рис. 5. Концепция Витамино

Умные автоматические кормушки для животных обычно оснащены несколькими типами датчиков, которые позволяют контролировать количество и качество корма, а также следить за поведением животного. В данном случае предлагается использовать:

Инфракрасный датчик препятствий используется для определения корма внутри бака, чтобы избежать повреждения устройства и уведомлять о необходимости пополнения запаса (рис. 6). Размеры 43×16×7 мм.



Рис. 6. Инфракрасный датчик препятствий

Далее необходим контроллер, например, Arduino Uno. Контроллер используется для управления всеми компонентами умной автоматической кормушки для животных (рис. 7). Размеры 69×53×10 мм.



Рис. 7. Arduino Uno контроллер

Wi-Fi и Bluetooth модули, которые используются для связи с другими устройствами, такими как смартфоны или планшеты, для удаленного управления кормушкой (рис. 8). Размеры 60×25×10 мм.



Рис. 8. Wi-Fi и Bluetooth модуль

Тензодатчик для весов, используется для точного измерения веса корма в миске, для определения момента, когда ее нужно поднять (рис. 9). Размеры 80.5×14×14 мм.



Рис. 9. Тензодатчик для весов

Резервную батарею 5000 mAh, используется для поддержания работы устройства в случае отключения электропитания (рис. 10). Размеры 75×55×10 мм.

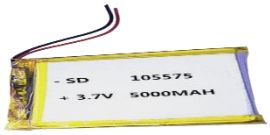


Рис. 10. Резервная батарея

Широкоугольная микрокамера с обзором 170 градусов и микрофоном/аудио используется для наблюдения за животным и контроля за его поведением (рис. 11). Размеры 12×12×15 мм.



Рис. 11. Микрокамера

Микро-динамик, используется для воспроизведения звуковых сигналов, таких как сигналы о выдаче корма или команд (рис. 12). Размеры 13×13×5 мм.



Рис. 12. Микро-динамик

В ходе проектирования датчики были распределены следующим образом:

В крышке бака с кормом находится датчик препятствий чтобы оценивать количество корма в баке. На передней панели находятся микрокамера и микро-динамик. В нижней части корпуса разместились Wi-fi и Bluetooth модуль, контроллер Arduino Uno, а также резервный аккумулятор. Тензодатчик был помещен в миску (рис. 13).

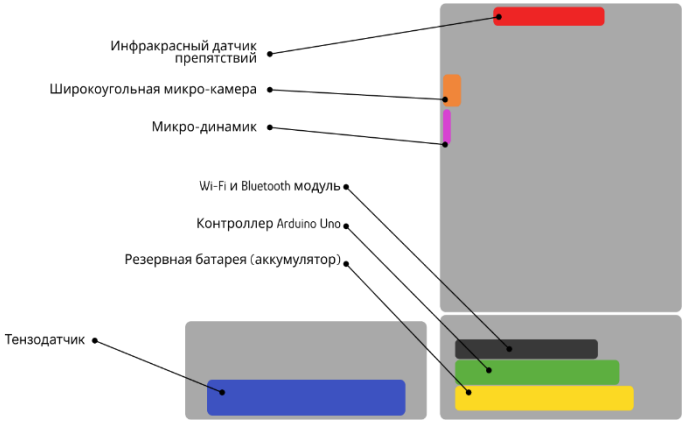


Рис. 13. Распределение датчиков в устройстве

Использование датчиков в умных кормушках обеспечивает безопасность и удобство для животных и эффективную работу устройства.

Заключение

Таким образом, разработка нового дизайна автоматической кормушки для животных позволит улучшить условия содержания животных и обеспечить им правильное питание. Перенимая полезные функции аналогов и привнося свои нововведения, можно создавать более удобные, функциональные и эффективные кормушки, которые будут способствовать поддержанию здоровья и комфортных условий жизни животных.

Список использованных источников

1. Автоматическая кормушка для кошек с дозатором // PetStory: сайт. – 2022. – URL: https://petstory.ru/knowledge/cats/cat-care/avtomaticheskaya-kormushka-dlya-koshek-s-taymerom/ (дата обращения: 05.02.2024).

2. Автоматические кормушки для кошек и собак: характеристики, устройство, обзор // Superarch.ru. : сайт. – 2020. – URL: https://superarch.ru/texnika/avtomaticheskie-kormushki-dlya-koshek-i-sobak (дата обращения: 15.02.2024).

3. Миски на штативе: а есть ли реальная польза? // Хвост-ньюс. Pet. : сайт. – 2022. – URL: https://hvost.news/animals/dogs-feeding/miski-na-shtative-a-est-li-realnaya-polza/ (дата обращения: 15.02.2024).

4. Шилкин А.Г. Ветеринарный офтальмолог о зрении животных // Центр Ветеринарной Офтальмологии.: сайт. – 2023. – URL: https://eyevet.ru/stoit-znat/vse-o-zrenii-zhivotnyh/ (дата обращения: 22.02.2024).

5. Кухта М.С. Инвариантность семантики в модели создания визуального образа дизайна // Известия Томского политехнического университета. – 2013. – Т. 323. – № 6. – С. 223-226

6. Соколов А.П., Кухта М.С. Математическое моделирование в бионическом дизайне // Труды Академии технической эстетики и дизайна. – 2016. – №. 1. – С. 17–21.

ВЛИЯНИЕ ФОРМЫ ОБЪЕКТОВ НА ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ РАЗВИТИЯ СИНДРОМОВ КАРПАЛЬНОГО ТУННЕЛЯ И БОКОВОГО ЭПИКОНДИЛИТА

Коваль С.Р.[1], Вехтер Е.В. [2]
[1]ТПУ ИШИТР ОАР, 8Д11, e-mail: srk10@tpu.ru
[2]ТПУ ИШИТР ОАР, доцент, к.п.н. e-mail: vehter@tpu.ru

Аннотация

Исследование направлено на оценку влияния формы объектов, и предотвращение синдромов карпального туннеля и бокового эпикондилита. Рассматриваются эргономические аспекты дизайна мышки и предлагаются решения для уменьшения давления на руки при работе за компьютером.

Ключевые слова: форма, дизайн компьютерной мышки, эргономика, влияние, антропометрия.

Введение

В современном мире, где высокая степень автоматизации и информатизации проникает во все сферы человеческой деятельности, комфорт при работе за компьютером становится неотъемлемой частью успешного выполнения трудовых функций.

Синдром карпального туннеля и боковой эпикондилит – это распространенные медицинские проблемы, связанные с долгосрочным или неправильным расположением рук при взаимодействии с различными объектами. Эти синдромы могут вызвать болевые ощущения, ограничить функциональность человека. Цель работы заключалась в исследовании влияния эргономичности формы и конструкции различных объектов и устройств на снижение риска развития синдромов, что является важным для здоровья человека и способствует созданию комфортных и безопасных условий труда.

Основная часть

Синдром карпального туннеля (СКТ) – неврологическое расстройство, характеризующееся длительными болями и онемением в пальцах кисти. Это обусловлено сдавлением срединного нерва между костями, поперечной кистевой связкой и сухожилиями мышц предплечья, проходящими к кисти в канале запястья [1]. СТК может развиваться у людей, работающих за компьютерами, из-за ряда факторов, связанных с их рабочей средой: монотонные движения, поза и положение рук, длительное время в одной позе, неправильная эргономика рабочего места. Согласно отчету Центра по контролю за заболеваниями в США, от синдрома карпального туннеля (СКТ) страдают от 3 до 6 % взрослого населения этой страны. В своем исследовании A. Dale выявил признаки компрессии срединного нерва у 8 % трудоспособного населения США [2].

Синдром бокового эпикондилита (СБЭ) – также известный как локтевой эпикондилит, это состояние, характеризующееся повреждением сухожилий в области локтевого сустава, сопровождаемое острой болью. Этот процесс ведет к нарушению движения в локтевом суставе, ограничивая способность человека выполнять сгибание и разгибание руки, что также приводит к ограничению подвижности кисти. Причиной эпикондилита считается длительное и повторяющееся перенапряжение мышц предплечья [3]. СБЭ может также развиваться у людей, работающих за компьютерами из-за: использование не эргономичных объектов, повторяющихся движений, неправильной позы, недостаточного разнообразия движений, неправильной эргономики рабочего места, давления на локоть. Общая статистика распространенности эпикондилита составляет от 10 до 15 % [4].

Эргономическое формообразование объектов – это подход к проектированию и созданию предметов, ориентированный на обеспечение максимального комфорта, безопасности и эффективности в использовании [5]. Оно принимает во внимание физиологические, психологические и антропометрические особенности человека, а также контекст использования. В данном контексте, эргономическое формообразование объектов играет важную роль в предотвращении развития различных синдромов, которые могут возникать вследствие неправильной нагрузки на тело в процессе работы в соответствие с рис. 1.

На основе изученных материалов такие как научная литература и проведенный обзор аналогов были сформулированы первичные требования к форме объектов, направленные на предотвращение синдромов:

1. Антропометрическая форма. Объекты должны иметь форму, которая соответствует естественным контурам и анатомии рук и запястья человека, минимизируя искривление и напряжение в суставах.

Клавиатуры. Клавиши должны иметь удобную форму с небольшим изгибом, чтобы соответствовать естественной форме пальцев. Оптимальное расположение клавиш должно минимизировать необходимость амплитудных движений рук. Корпус клавиатуры должна иметь небольшой уклон или изгиб, чтобы поддерживать естественное положение рук.

Мыши. Корпус мыши должен быть эргономичным, с учетом естественной кривизны руки, уменьшая напряжение на запястье и предплечье. Кнопки мыши должны быть легкими для нажатия, а колесо прокрутки должно иметь комфортную текстуру и сопротивление. Мышка должна быть достаточно большой, чтобы обеспечивать поддержку всей ладони, и иметь форму, соответствующую естественной форме руки.

Подставки для запястья. Подставка для запястья должна иметь форму, соответствующую естественной кривизне запястья, и обеспечивать поддержку вдоль всей его длины. Использование мягких материалов на подушках для запястья способствует амортизации и снижению давления.

Регулируемые подставки. Подставки с регулировкой высоты должны иметь интуитивные механизмы регулировки для настройки высоты в соответствии с индивидуальными предпочтениями пользователя. Возможность регулировки наклона позволяет пользователю настроить угол наклона для оптимального положения рук и запястья.

2. Поддержка запястья и руки. Форма объектов, таких как клавиатуры и мыши, должна обеспечивать эффективную поддержку для запястья и руки, уменьшая нагрузку на сочленения и предотвращая избыточное давление на мягкие ткани.

3. Регулируемость. Возможность регулировки высоты, наклона и других параметров объектов позволяет пользователям настраивать их под свои индивидуальные потребности и предпочтения.

4. Амортизация и мягкие материалы. Использование амортизирующих и мягких материалов в ключевых зонах контакта помогает снизить давление и предотвращает возможные травмы.

5. Стабильность и антискользящая поверхность. Объекты должны иметь устойчивую конструкцию и антискользящую поверхность, чтобы предотвращать смещение в процессе использования и обеспечивать стабильное положение рук.

6. Минимизация повторяющихся движений. Форма объектов должна способствовать минимизации повторяющихся движений, которые могут привести к перенапряжению и травмам.

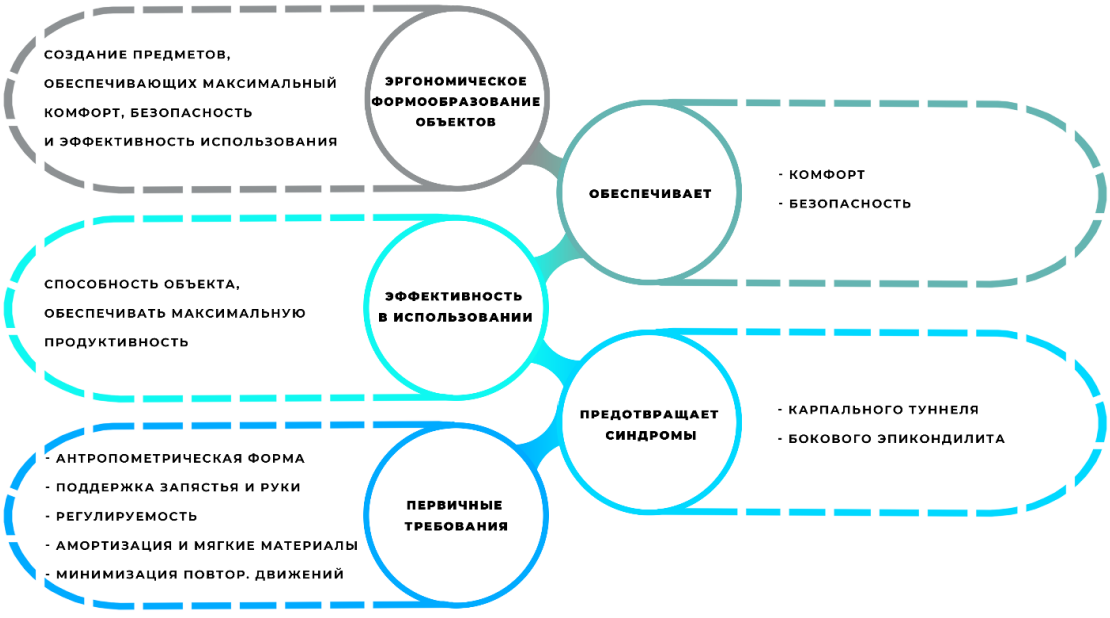


Рис. 1. Схема эргономического формообразование объектов

Результаты

Так были сформированы и проиллюстрированы в виде схемы в соответствие с рис. 2 эргономические решения для возможного предотвращения синдромов:

1. Клавиатуры с разделенными клавишами и низким профилем позволяют рукам находиться в естественном положении, снижая нагрузку на запястья и предотвращая избыточное изгибание. Также клавиши на клавиатуре должны иметь выгнутую форму соответствовать естественной форме кончиков пальцев. Сами клавиши должны располагаться вертикально и иметь низкий профиль это позволит рукам находиться в более естественном вертикальном положении, снижая нагрузку на суставы и предплечья. Корпус клавиатуры с регулируемым наклоном позволяют настроить угол наклона для создания оптимального положения для рук.

2. Мышь должна повторять анатомическую форму кисти так она будет поддерживать нейтральное и естественное положение запястья и локтевого сустава, помогают снизить нагрузку. Мышка должна иметь естественную кривизну, которая соответствует форме руки в покое. Это позволяет руке оставаться в естественном и расслабленном положении. Так же должна присутствовать подставка для большого пальца предотвращают наклон запястья внутрь и уменьшают давление на руки. Желательно использовать мыши с дополнительными кнопками они могут распределить функциональность между руками, снижая монотонность движений и нагрузку на одну сторону.

3. Подушка с амортизацией, обеспечивает комфортное и мягкое опорное положение для запястья. Это снижает давление на суставы и предотвращает избыточное нажатие на мягкие ткани. Подушка должна иметь размер и форму, соответствующие анатомии руки и запястья, чтобы обеспечить оптимальную поддержку и предотвратить изгибание и искривление.

4. Регулируемая подставка должна позволять изменять наклон в зависимости от индивидуальных предпочтений. Это позволяет настроить угол наклона так, чтобы рука и запястье оставались в нейтральном положении. Возможность регулировки высоты позволяет пользователям настраивать подставку так, чтобы уровень клавиатуры или мыши соответствовал их натуральному положению руки, что снижает нагрузку на суставы. Регулируемая подставка может включать дополнительную поддержку для предплечья, что способствует уменьшению напряжения и снижению риска бокового эпикондилита. Поверхность подставки должна быть антискользящей, чтобы предотвратить смещение и обеспечить стабильное положение руки и запястья. Форма подставки должна быть равномерной и обеспечивать поддержку всей длины запястья. Она может иметь небольшой изгиб, чтобы адаптироваться к анатомии запястья.

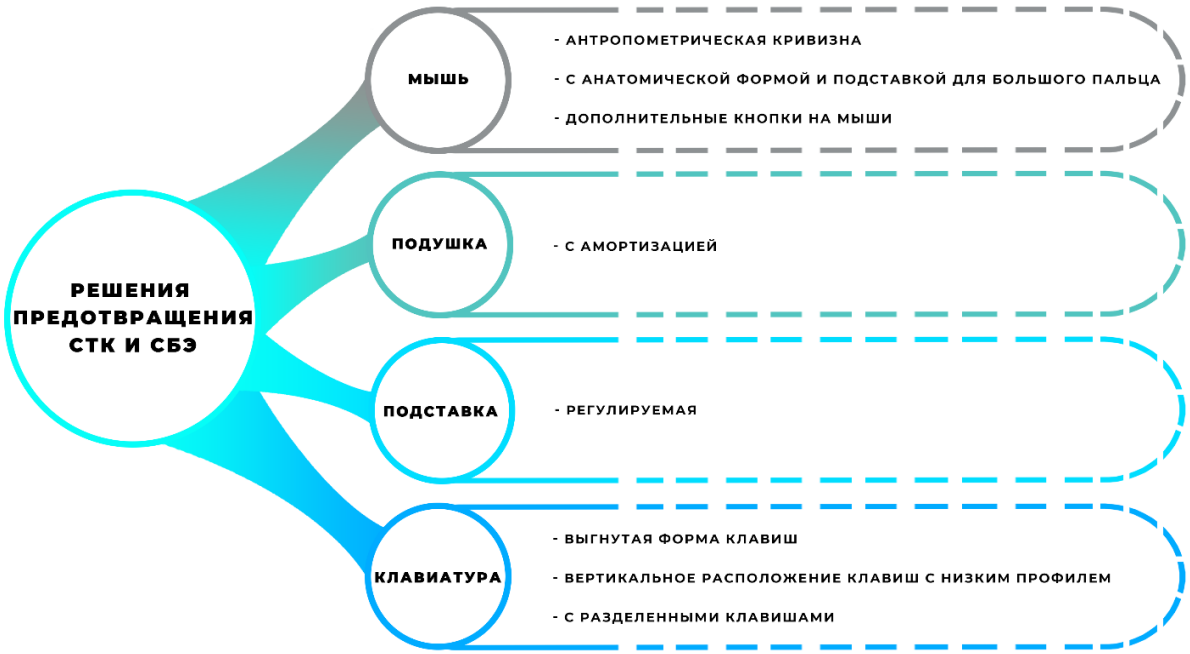


Рис. 2. Эргономические решения для предотвращения СТК и СБЭ схема

Форма объектов должна быть спроектирована с учетом предложенных требований. Это поспособствует минимизации риска развития синдромов и обеспечит максимальный комфорт для пользователя.

Заключение

Исследование демонстрирует, что учет эргономических принципов и предложенных критериев при проектировании может помочь снизить нагрузку на суставы и предотвратить долгосрочные негативные последствия. Эргономические решения снижают нагрузку на суставы и мышцы, уменьшая вероятность развития синдромов. Правильное формообразование объектов способствует улучшению общего комфорта за рабочим местом, что повышает производительность.

В ходе проведенного исследования было рассмотрено влияние эргономического формообразования объектов на комфорт пользователей, в контексте предотвращения развития синдромов карпального туннеля и бокового эпикондилита. Одним из ключевых аспектов исследования стало выявление и составление критериев для будущего проектирование, способствующих созданию эргономичных объектов, адаптированных к естественному положению человеческого тела.

Список использованных источников

1. Нажмудинов Р.З. Прогностическая значимость клинико-электрофизиологических предикторов эффективности консервативной терапии синдрома карпального канала: учебник. – Санкт-Петербург: Российская национальная библиотека (РНБ), 2022. – 25 с.

2. Байтингер А.В., Черданцев Д.В. Синдром карпального канала: современное состояние вопроса // Научная статья. – АНО «НИИ микрохирургии». – 2018. – С. 12–18.

3. Лейдерман Е.Л. Диагностика и физиотерапевтическое лечение болевого синдрома при плечевом эпикондилите : дис. ... канд. мед. наук: 14.00.13: защищена 2008: утв. 2008. – Санкт-Петербург, 2008. – 24 с.

4. Туннельный синдром запястья// Клиника высоких медицинских технологий им. Н.И. Пирогова СПбГУ: сайт. – 2024. – URL: https://www.gosmed.ru/lechebnaya-deyatelnost/spravochnik-zabolevaniy/travmatologiya-bolezny/tunnelnyy-sindrom-zapyastya/

5. Зинченко В.П., Мунипов В.М. Основы эргономики: учебник. – Москва: Логос, 2001. – 356 с.

АЛГОРИТМ ГЕНЕРАЦИИ ДИЗАЙН ФОРМЫ КОНЦЕПТА

Козаченко Е.Е.[1], Кухта М.С.[2]
[1] ТПУ ОАР ИШИТР, аспирант, группа А2-64, e-mail: eek18@tpu.ru
[2] ТПУ ОАР ИШИТР, профессор, д-р филос. наук, e-mail: kuhta@tpu.ru

Аннотация

В данном исследовании освещен вопрос генерации форм промышленных объектов для оптимизации процесса разработки концепта на начальных этапах.

Ключевые слова: дизайн, форма, формообразование, генерация форм, алгоритм, концепт.

Введение

Генерация формы дизайн объекта, полностью является задачей дизайнера, которому необходимо учесть все условия и требования для разработки промышленного объекта, чтобы в итоге получить высококлассный и безопасный продукт. В начале проектирования (формирования концепции) в связи с издержками профессии дизайнер, может столкнуться с проблемой генерации разнообразных и уникальных форм объектов, из-за усталости, привыкания к определенной модели проектирования или креативного выгорания [1]. Данная ситуация актуальна, как для новичков, так и для профессионалов. Особенно важно, то, что эта проблема усиливается при соблюдении обязательных правил безопасности и эргономики, что в свою очередь являются ограничениями проектирования.

В рамках данной статьи описан алгоритм генерации форм примитивных объектов, для упрощения процесса проектирования дизайн объектов на начальном этапе (создания концепций). Алгоритм возможно реализовать в компьютерной программе по 3D-моделированию, которая на основании шагов будет генерировать различные варианты форм концепта, тем самым освобождая дизайнера в необходимости самостоятельно генерировать принципиально разные формы [2].

Описание алгоритма на примере простого объекта

Процесс дизайн-проектирования промышленного объекта — это трудоемкий процесс, который занимает несколько этапов:

- концептуальный этап;
- этап проработки концепции;
- этап реализации прототипа;
- этап апробации концептуального решения;
- этап доработки продукта;
- запуск продукта [3].

Данный процесс помимо временных ресурсов, также затрачивает и финансовые, исходя из чего формируется необходимость оптимизации процесса проектирования, например снизить количество рисков и затраченного времени. Чем быстрее и качественнее продукт будет реализовываться дизайн-продукция, тем конкурентоспособнее будет продукт.

Алгоритм состоит из нескольких шагов, уточняющих характеристики будущего промышленного объекта:

- Шаг № 1: выявление элементов (части объекта), предопределяющих объект по функции.
- Шаг № 2: утверждение расположения элементов относительно друг друга.
- Шаг № 3: утверждение габаритов элементов.
- Шаг № 4: конкретизация необходимых размеров элементов с точки зрения эргономики.
- Шаг № 5: назначение геометрии.

В качестве примера работа алгоритма описана на простом немеханическом объекте – заварочный чайник.

Каждый простой (не имеющий механизм) объект такие как стул, стол, чашка состоят из частей и элементов создающие единую систему – объект, в данном случае чайник (система) имеет несколько элементов каждый из которых выполняет свою обязательную функцию, отказавшись от которой скорее всего будет утеряна функциональная особенность объекта [4].

Данный шаг полезен для дизайнера, тем, что позволяет понять, что в объекте играет важную и второстепенную роль и что можно убрать, при этом сохранив полностью функциональность объекта.

На рис. 1 указаны все элементы чайника и функции которые эти элементы выполняют.

№	ЭЛЕМЕНТ	ФУНКЦИЯ
1	**ЁМКОСТЬ**	ДЛЯ ХРАНЕНИЯ ЖИДКОСТИ
2	**РУЧКА**	ДЛЯ УДЕРЖАНИЯ ОБЪЕКТА РУКОЙ(АМИ)
3	**НОСИК**	НАЛИВАТЬ ЖИДКОСТЬ
4	**КРЫШКА**	ХРАНИТЬ ТЕПЛО И ЗАЩИТИТЬ ОТ МУСОРА
5	**ГОРЛЫШКО**	ВЛИВАТЬ ЖИДКОСТЬ В ЁМКОСТЬ



ЧАЙНИК – МИКРОСИСТЕМА*

Рис. 1. Выявление элементов и функций объекта

Следующим немаловажным шагом в алгоритме является утверждение расположения каждого элемента. Для того, чтобы создать объект в программе необходимо на каждом шаге уточнять что необходимо смоделировать в программе, начиная от элементов и заканчивая формой этих элементов. Итогом алгоритма является генерации формы системы (объекта), в данном случае чайника (рис. 2).

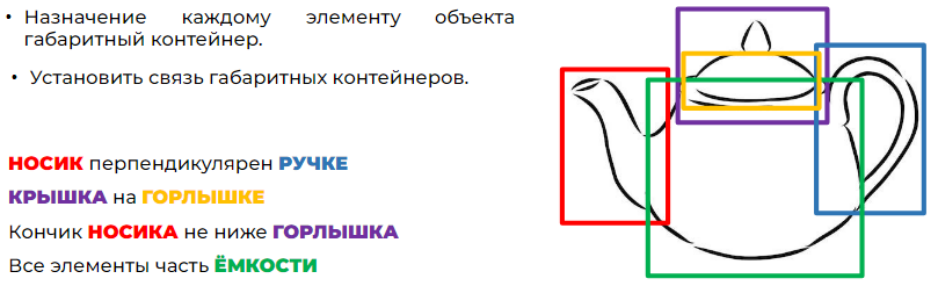


Рис. 2. Назначение габаритного контейнера каждому элементу

После назначения габаритного контейнера каждому элементу чайника, необходимо установить взаимосвязь контейнеров между собой, чтобы избежать нелогичного и не эргономичного расположения элементов. Например, в условии можно указать, что ручка и чайник должны быть параллельны друг друге, крышка не меньше горлышка, а носик не ниже горлышка.

В третьем шаге, необходимо уточнить размеры габаритных контейнеров, так же с помощью взаимосвязи. Например, радиус горлышка равен радиусу крышки и т.д. (рис. 3).

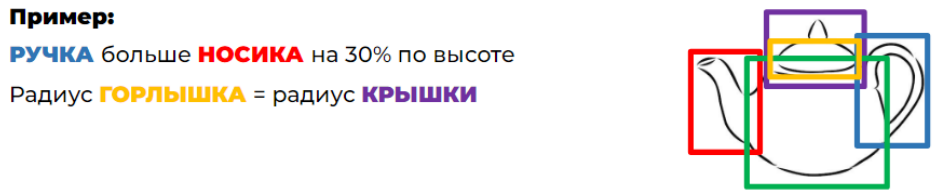


Рис. 3. Назначение габаритного контейнера каждому элементу

Шаг № 4 является конкретизацией Шага № 3 и так же этапом проверки всех элементов, которые обязательно должны соответствовать эргономическим требования (размеры ручек, высота и ширина сидений, рабочих поверхностей и т.д.) Например, толщина и размер ручки оптимальный для хвата, радиус горлышка оптимален для возможности доступа руки, ручка сбалансирована с общей емкостью [5].

На заключительном пятом шаге необходимо назначить геометрию, которая будет применяться для всех элементов. На данном этапе возможно выбрать несколько примитивов, которые рандомным

образом будут назначаться в качестве любого элемента, чем больше форм примитивов, тем сложнее и не типичней будет выглядеть итоговая форма (системы) [6].

Выводы

Скорость генерации концепта в программе занимает несколько секунд, в то врем как мыслительный процесс дизайнера может продолжаться длительное время, не считая того, что процесс моделинга (Modeling) или скетчинга (Sketching) занимает дольше времени чем секунда, так что алгоритм будет актуален при необходимости создать черновые формы объекта, которые дизайнеру будет проще доработать, нежели создавать каждую форму системы с нуля.

Заключение

Проектирование дизайн-формы зависит от множества факторов, и прежде, чем перейти к изготовлению (выбор материалов и технологии изготовления) объекта необходимо визуально оценить реальность применения изготовления той или иной формы промышленного объекта [10]. Визуальная оценка формы позволит оптимизировать процесс дизайн-проектирования и избежать высокие затраты на переделку прототипов.

Список использованных источников

1. Панкина, М.В. Основы методологии дизайн-проектирования: учебное пособие: Рекомендовано методическим советом Уральского федерального университета для студентов вуза, обучающихся по направлению подготовки 54.03.01, 54.04.01 «Дизайн» / М.В. Панкина; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина. – Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2020. – 150 с.
2. Kukhta M.S., Kazmina O.V., Sokolov A.P., Arventjeva N.A., Soroka A.A., Homushku O.M., Zaitseva S.V., Sergeyeva M.M. The influence of glass and metal properties on the peculiarities of an item of art's shaping in ethno-style // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2014. – Vol. 66. – № 1. – Article n. 012046. – P. 1-6.
3. Козаченко Е.Е., Кухта М.С. Формирование критериев к алгоритму генерации дизайн формы концепта; материалы XIX Всероссийской научной конференции студентов и молодых ученых ФГБОУ ВО Уральский государственный архитектурно-художественный университет им. Н.С. Алфёрова. – 2024.
4. Кухта М.С., Соколов А.П., Данила К.Г. Анализ процессов формообразования в дизайне декоративных светильников // Дизайн. Материалы. Технология. – 2012. – № 2(22). – С. 10-14 с.
5. С.Ф. Сергеев. Инженерная психология и эргономика. – М.: НИИ школьных технологий, 2008. – 176 с.
6. Соколов А.П., Кухта М.С. Математическое моделирование в бионическом дизайне // Труды Академии технической эстетики и дизайна. – 2016. – № 1. – С. 17-21.

СОЦИАЛЬНО-КУЛЬТУРНЫЕ АСПЕКТЫ В ПРОМЫШЛЕННОМ ДИЗАЙНЕ, ВЛИЯНИЯ СОЦИАЛЬНЫХ И КУЛЬТУРНЫХ ФАКТОРОВ НА ФОРМУ И ФУНКЦИЮ ПРОМЫШЛЕННОГО ОБЪЕКТА

Маркер Н.А.[1], Хмелевский Ю.П.[2]
[1] ТПУ, ИШИТР, гр. 8Д11, e-mail: nam36@tpu.r
[2]ТПУ, ИШИТР, ОАР, старший преподаватель, e-mail: hmelevskiy@tpu.ru

Аннотация

Исследование освещает влияние социокультурных аспектов на промышленный дизайн, уделяя внимание их влиянию на внешний вид, функциональность и этические аспекты продуктов. Выделяются ключевые факторы, такие как традиции, религиозные убеждения, социальные изменения и глобализация, подчёркивается, как они формируют дизайн в соответствии с различными культурными контекстами

Ключевые слова: социально-культурные факторы, культура, промышленный дизайн.

Актуальность

В современном мире дизайн играет ключевую роль в формировании внешнего облика и функциональности различных объектов, начиная от бытовых товаров и заканчивая промышленными установками. Промышленный дизайн, в частности, олицетворяет собой симбиоз искусства и инженерии, стремясь создать продукты, которые не только удовлетворяют потребности пользователя, но и приносят эстетическое удовольствие.

Однако дизайн не существует в вакууме, и его развитие и формирование тесно связаны с социокультурными аспектами окружающей среды. Социально-культурные факторы, такие как традиции, религиозные убеждения, социальные изменения, и глобализация, оказывают значительное воздействие на промышленный дизайн и формулирование дизайнерских концепций. Понимание этой взаимосвязи является неотъемлемой частью работы дизайнера в современном мире.

Введение

Промышленный дизайн – это область, которая объединяет искусство, технологию и функциональность с целью создания продуктов, которые не только отвечают потребностям общества, но и приносят эстетическое удовольствие [1]. Однако сегодняшний промышленный дизайн невозможно рассматривать в изоляции от социокультурных факторов, которые оказывают влияние на его эволюцию [2].

Исследование социокультурных аспектов в промышленном дизайне имеет важное значение для понимания того, как дизайн формируется под воздействием культурных факторов и как он может отражать разнообразие общества. Понимание этой динамики поможет дизайнерам создавать более вдохновенные и соответствующие требованиям продукты, а также учесть множество аспектов при проектировании будущих изделий.

Социокультурные аспекты в промышленном дизайне

Социокультурные аспекты в промышленном дизайне включают влияние общественных и культурных факторов на дизайн, охватывая культурные ценности, традиции и потребительские предпочтения. Эти аспекты формируют уникальность и функциональность продуктов, учитывая идентичность и символику.

Исторически, промышленная революция и движения, такие как ВХУТЕМАС и Баухаус [3], внесли значительные изменения в дизайн, акцентируя внимание на ручном труде, функциональности и интеграции искусства с техникой. Модернизм и функционализм 20-го века подчеркнули стремление к простоте и практичности, в то время как послевоенные изменения привели к акценту на привлекательности и инновациях в дизайне.

Исследование влияния социально-культурных факторов на дизайн

Социокультурные факторы значительно влияют на дизайн, определяя визуальный стиль, цветовые решения и функциональность объектов. В разных культурах предпочтения могут варьироваться от минимализма до яркости и декоративности. Символика и традиции также играют

важную роль, особенно в контексте религиозных и обрядовых объектов [4]. На примере развития посуды демонстрируется, как культурные и временные факторы влияют на их дизайн и символизм. Посуда отражает религиозные и социальные аспекты, художественное значение и культурные символы [5]. Дизайн всех промышленных объектов в какой-то степени является отражением исторических и социально-культурных факторов.

Основные выводы и результаты исследования представлены в виде таблицы 1, где каждый социально-культурный фактор оценивается с точки зрения его влияния на промышленный дизайн в целом и в настоящем.

Таблица 1

Влияние социально-культурных факторов на промышленный дизайн

Социальные и Культурные Факторы	**В целом влияние на Промышленный Дизайн**	**Влияние на промышленный дизайн в настоящем**
Религиозные Убеждения	- Интеграция символики и образов в дизайн, создание предметов для религиозных церемоний. -Изготовление специальных предметов, отвечающих религиозным требованиям.	Включают элементы местной культуры в дизайн и адаптируют продукты к местным рынкам.
Традиции и Этнические Особенности	- Сохранение и передача уникальных характеристик культуры через дизайн. - Использование традиционных узоров, цветов и материалов, чтобы отразить национальную идентичность.	Продолжают влиять на этические вопросы и иногда форму продукта, учитывая религиозные требования.
Влияние Войны	- Милитаризация и инновации: Военные конфликты часто стимулируют развитие новых технологий и инноваций в дизайне. Например, воздушные суда, разработанные во времена войн, способствовали развитию авиационного дизайна. Также, многие медицинские и коммуникационные технологии были созданы военными исследованиями. - Послевоенное восстановление: после окончания войны дизайн был направлен на восстановление и воссоздание, воспроизводя новые, кардинально отличавшиеся от предыдущих стили и эстетику.	Остается важным фактором в разработке военной и безопасной техники.
Социальные Изменения	- Изменения в образе жизни: Социальные изменения, такие как увеличение мобильности, равноправие полов, увеличение числа одиноких людей и семейных структур, влияют на потребности и предпочтения в дизайне. Например, создание компактной и многозадачной мебели для небольших жилых пространств. - Уделение внимания специфическим группам: Разработка продуктов и услуг, ориентированных на специфические группы населения, такие как люди с ограниченными физическими возможностями, старшее поколение или дети. Продукты должны быть более удобными, доступными и безопасными для таких групп. - Социальные ценности и требования: Изменения в социальных ценностях, такие как акцент на здоровом образе жизни, экологичности и справедливости, могут повлиять на создание продуктов, поддерживающих эти ценности.	Продолжают определять современные тренды в дизайне, отражая изменения в обществе и потребительских ожиданиях.
Экологические Ценности	- Поддержка устойчивого дизайна и использование экологически чистых материалов. - Разработка экологичных упаковок и продуктов с минимальным воздействием на окружающую среду. - Создание дизайна, способствующего утилизации и переработке продуктов.	Приводят к созданию более экологичных и устойчивых дизайнерских решений.

Технологический Прогресс	- Внедрение новых технологий в дизайн, создание инновационных продуктов и систем управления. Развитие "умных" продуктов, которые взаимодействуют с пользователем и окружающей средой (например, умные домашние устройства).	Открывает новые возможности для инноваций и дизайна продуктов на основе современных технологий [6].
Глобализация	- Обмен и влияние культур из разных частей мира, создание глобальных стандартов и трендов в дизайне. - Мультикультурный дизайн, объединяющий элементы разных культур.	Продолжает способствовать обмену культурными идеями и внедрению разнообразных стилей в дизайне [7].

Заключение

Социокультурные аспекты, такие как традиции, этнические особенности, религиозные убеждения, влияние войны, социальные изменения, экологические ценности, технологический прогресс и глобализация, уже оказали значительное влияние на промышленный дизайн, формируя его в соответствии с разнообразными культурными и социальными контекстами. Глобализация и технологический прогресс усиливают процессы взаимодействия между культурами и способствуют слиянию различных стилей и тенденций в промышленном дизайне. Стоит отметить, выявленные социально-культурные факторы влияли и влияют на дизайн не независимо друг от друга, а в совокупности, при этом один аспект может, как дополнять иной, так и быть его антиподом.

К тому же социокультурные аспекты играют ключевую роль в промышленном дизайне, и их учет и анализ являются неотъемлемой частью успешной работы дизайнера. Эта тема представляет собой интересное направление для дальнейших исследований и развития в области дизайна. Исследование социокультурных аспектов в промышленном дизайне имеет большое значение в современном мире, где культурное разнообразие и глобализация становятся все более заметными. Это позволяет дизайнерам создавать продукты, которые сочетают в себе разнообразные культурные влияния, способствуя культурному обогащению и взаимопониманию. Для успешной работы в области промышленного дизайна важно бережно относиться к культурным элементам, избегать неправомерного заимствования и аппроприации, а также учитывать этические аспекты в создании дизайна. Знание этих факторов и понимания значения их влияния позволяет проследить за тенденциями развития промышленного дизайна, что в свою очередь даёт возможность для создания более совершенного изделия, отвечающего на индивидуальные запросы современного потребителя.

Список использованных источников

1. Современный промышленный дизайн: Теория и практика: Учебное пособие. / И.И. Иванов, П.П. Петров, Москва: Изд-во "Дизайн". – 2021.

2. Дизайн как социально культурный феномен. [Электронный ресурс]. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/dizayn-kak-sotsiokulturnyy-fenomen/viewer (дата обращения 09.11.2023).

3. Роль ВХУТЕМАСа и Баухауза в становлении образования в области промышленного дизайна. [Электронный ресурс]. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/rol-vhutemasa-i-bauhauza-v-stanovlenii-obrazovaniya-v-oblasti-promyshlennogo-dizayna (дата обращения 15.12.2023).

4. Литургические предметы: история и символизм. [Электронный ресурс]. – URL: https://azbyka.ru/liturgicheskie-predmety-istorija-i-simvolizm (дата обращения 06.12.2023).

5. Посуда в истории культуры: Учеб. пособие. / Борзова Е.П., Гордеева О.С., Чистяков А.Н., Санкт-Петербург: Изд-во СПбКО. – 2000. – С. 48-53.

6. Технологические инновации и их влияние на промышленный дизайн: Учеб. Пособие / Н.К. Лебедева, Казань: Изд-во КГУ, 2022.

7. Глобализация и дизайн: взаимодействие мировых трендов и локальных культур в современном дизайне. // "Дизайн и инновации". – 2018. – С. 45-58.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭРГОНОМИКИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С 3D ПРИНТЕРОМ НА ЭТАПЕ КОМПОНОВКИ И ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Нестеров Т.М.[1], Вехтер Е.В. [2], Хмелевский Ю.П. [3]
[1]ТПУ ИШИТР ОАР, 8Д11, e-mail: tmn2@tpu.ru
[2] ТПУ ИШИТР ОАР, Доцент, e-mail: vehter@tpu.ru
[3] ТПУ ИШИТР ОАР, Ст. преподаватель, e-mail: hmelevskiy@tpu.ru

Аннотация

Исследование посвящено особенностям проектирования технической зоны 3д-принтера с учётом эргономики взаимодействия с ней.

Ключевые слова: 3д-принтер, эргономика, проектирование, антропометрия, соматография.

Введение

Исследование эргономики взаимодействия с 3д-принтером на этапе компоновки, проектирования и технического обслуживания 3D-принтеров является актуальной темой в современной индустрии 3D-печати. Принтеры, используемые для создания трехмерных объектов на основе цифровых моделей, приобретают все большую популярность и востребованность во всевозможных сферах: от прототипирования и производства до медицины и архитектуры. С ростом числа установленных 3D-принтеров возрастает и необходимость в их усовершенствовании.

Эргономика, как наука о взаимоотношениях между человеком и технической зоной, играет важную роль в обеспечении эффективности и безопасности 3D-принтеров. Правильно разработанные и оптимизированные с точки зрения эргономики рабочие места и процессы могут значительно повысить производительность, комфорт и удовлетворенность работников, а также простых пользователей.

Основная часть

Основные проблемы, связанные с компоновкой и тех. зоной 3д-принтеров

1. Суть проблемы удобства обслуживания технической зоны 3D-принтеров заключается в том, что для выполнения техобслуживания или замены компонентов, а также устранения неполадок нужен свободный доступ к внутренним компонентам, однако из-за компактного и часто сложного дизайна многих 3D-принтеров, доступ к этим зонам может быть ограничен или вовсе недоступен без особых инструментов, что усложняет быструю и эффективную работу сервисных инженеров и обладателей принтеров, повышая время и трудоемкость технического обслуживания [1].

2. Кроме вышеупомянутой задачи, существует проблема логистики проводов в технической зоне 3D-принтеров. Она заключается в необходимости эффективно организовать маршруты проводов для питания и передачи сигналов так, чтобы минимизировать их количество и длину, облегчить обслуживание, исключить вероятность запутывания или износа проводов от движущихся частей или при переноски принтера, что влияет на надежность работы принтера и общую стоимость его изготовления.

3. Проблема весового аспекта при проектировании 3D-принтеров заключается в том, что для обеспечения оптимальной стабильности и уменьшения вибраций у принтера важно размещать более тяжелые компоненты у базы устройства (его днища), тем самым понижая центр тяжести и минимизируя риски смещения при работе, что критично для точности и качества печати.

На основе проведенного анализа аналогов в различных сегментах рынка 3D принтеров, были внимательно изучены их плюсы и минусы – это позволило сформировать ценное понимание текущих трендов, потребностей пользователей и технологических ограничений. Используя эту информацию, было принято решение разработать эскиз концепции в соответствии с рис. 1. которая решала бы вышеперечисленные проблемы. В данном эскизе приведена компоновка технической зоны 3д принтера (блок питания и материнская плата), была продумана открытая система для лёгкого и быстрого доступа к основным элементам данной компоновки, был учтён фактор логистики проводов, поскольку данная система минимизирует расстояние до основных узлов соединений проводов. И последним учтённое решение – весовой аспект при проектировании данной технической зоны [2].

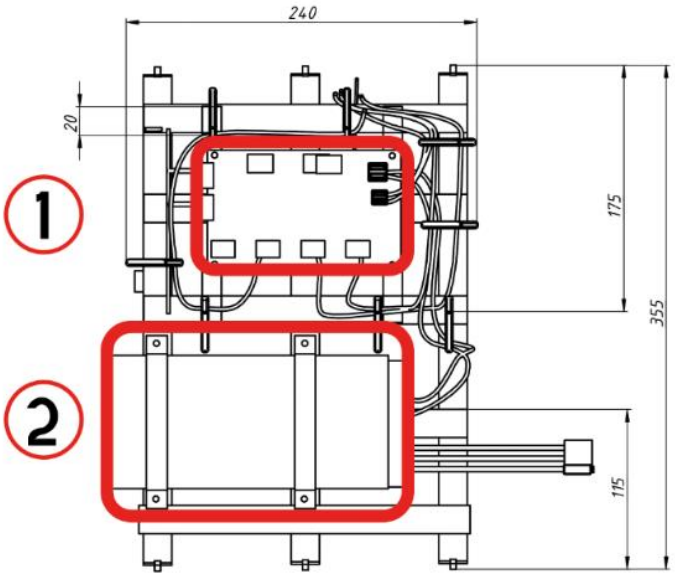


Рис. 1. Эскиз компоновки тех. зоны
1. *Блок материнской платы*
2. *Блок питания*

А после утверждение создание 3д модели и его визуализации на основе выполненного эскиза в соответствии с рис. 2.

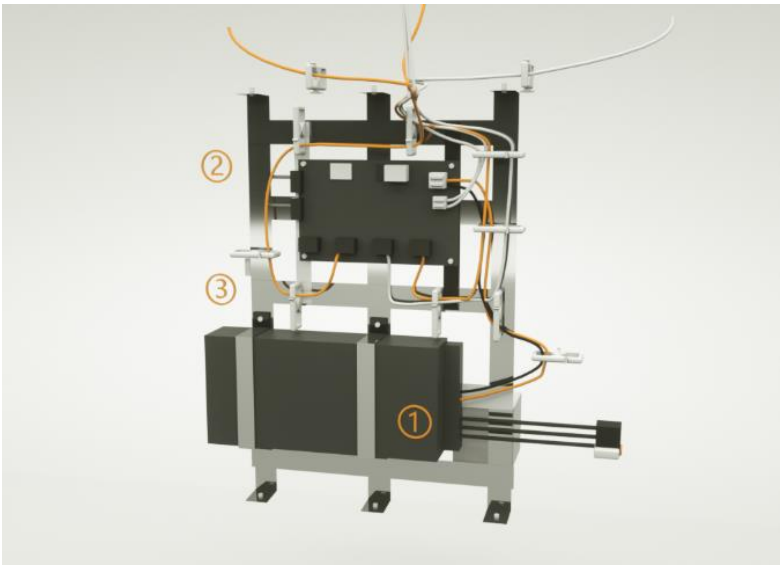


Рис. 2. 3D -модель проектируемого изделия
1. *Блок питания*
2. *Материнская плата*
3. *Сетка для крепления*

После основного этапа моделирование был выполнен соматографический анализ данной концепции. В контексте проектирования технической зоны 3д-принтера эргоанализ является важным этапом, поскольку 3д-принтер – это инструмент, с которым работают люди и поэтому важно обеспечить им удобные и безопасные условия труда. Для качественного эргономического анализа был взят метод плоских манекенов. В этом методе используются плоские модели человека, с учетом пропорции человеческого тела [3].

Основным сценарием соматографического анализа стало изучение осмотра технической зоны 3д-принтера, мужчиной и женщиной, и в данном случае исследования показали, что обе руки

комфортно располагаются и им очень удобно работать в технической зоне в соответствии с инструкциями по обслуживанию как показано на рис. 3, 4.

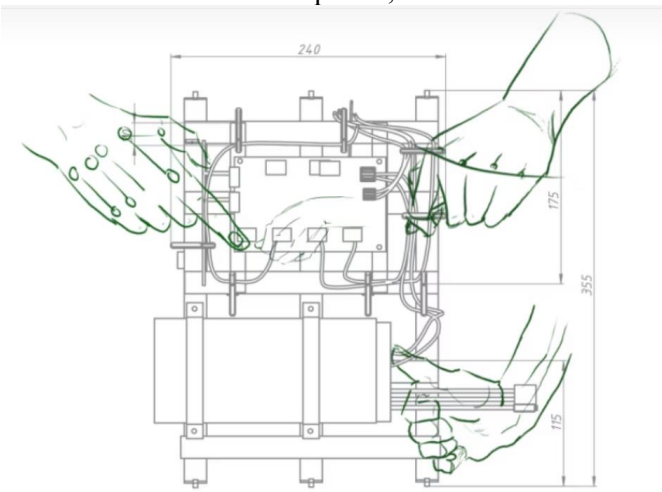


Рис. 3. Соматография тех. зоны сбоку, мужчина 95 перцентиль

Данная конструкция обеспечивает возможность легкой масштабируемости на более масштабные форматы 3д-принтеров с некоторыми доработками в области проектирования под конкретный размер принтера и удобства в оборудовании проводами и компонентами, благодаря хорошо продуманной логистике размещения, а также весовых параметров. Это способствует оптимизации работы и повышению стабильности 3D-принтера не только стандартных размеров, но и после минимальных модификаций – и для более крупногабаритных устройств [4].

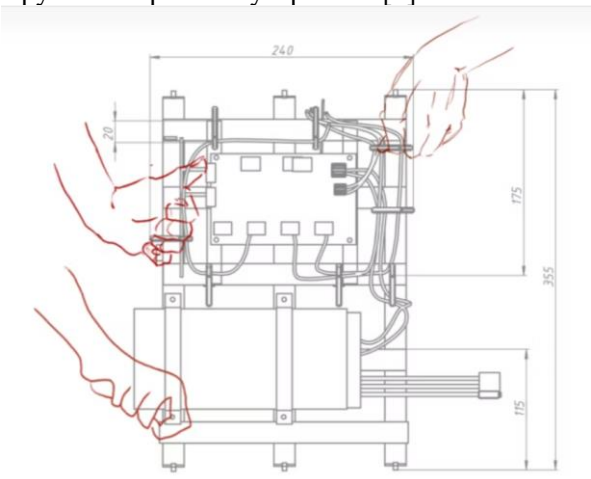


Рис. 4. Соматография тех. зоны сбоку, женщина 5 перцентиль

Заключение

Разработка данного компоновочного решения позволяет адаптировать принтер, в частности техническую зону под различные задачи и требования пользователей, сохраняя при этом высокую надежность и эффективность работы. Кроме того, весовой аспект важен для минимизации нагрузок на движущиеся части принтера, что позволяет увеличить срок их службы и снизить вероятность механических сбоев, а также добиться большей стабильности при печати.

Таким образом, созданная 3D-модель является фундаментом для будущих инновационных конструкций в области тех. зоны 3D-принтеров, которые могут быть настроены для широкого спектра применений с учетом индивидуальных потребностей пользователей и особенностей их работы.

Изучение и анализ проблем, связанных с техническим обслуживанием 3D-принтеров, а также компоновкой и внедрением перспективных эргономических решений имеют огромный потенциал для совершенствования этой области производства. Помимо улучшения условий труда и благополучия

работников и пользователей, эргономические решения могут способствовать сокращению времени и затрат на обслуживание, повышению качества процесса печати и снижению вероятности возникновения ошибок.

Список использованных источников

1. Шкиль О.С. Основы эргономики в дизайне среды: Справочник / Под ред.: А. Дональд; Изд-во М.: «АмГУ», 2010 — 49 с.

2. Основные механизмы и функции 3D-принтера Электронный ресурс. – URL: https://tp3d.ru/index.php?information_id=17&route=information/information

3. Эргономика: Учебное пособие для вузов. / А.Г. Кочетов, А.В. Маляренко. М.: «Юрайт», 2018. – 91 с.

4. Эргономика рабочего места: Учебное пособие / Н.Л. Сорокина, Ю.В. Сафонова. М.: «Логос», 2016. – 115 с.

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОЛОРИСТИКИ В ДИЗАЙНЕ ВЕТЕРИНАРНОГО ОПЕРАЦИОННОГО СТОЛА

Петренко А.Д.[1], Хмелевский Ю.П.[2]
[1]ТПУ, ОАР, ИШИТР, группа 8Д01. E-Mail: adp19@tpu.ru
[2]ТПУ, ОАР, ИШИТР, ст. преподаватель. E-Mail: hmelevskiy@tpu.ru

Аннотация

В работе методом опроса экспертов (студентов-дизайнеров) определяется наилучшее цветовое сочетание для проектируемого ветеринарного операционного стола.

Ключевые слова: ветеринарный операционный стол, цветовое сочетание, исследование, опрос, дизайн

Введение

В связи с тем, что выбранная автором тема выпускной квалификационной работы подразумевала проектирование ветеринарного операционного стола, в список необходимых задач входила и разработка внешнего вида этого оборудования. Чтобы результат разработки наилучшим образом соответствовал критериям и условиям работы с ним, было решено провести исследовательскую работу на тему подходящего для данного устройства цветового сочетания.

Цель работы: выявить наилучшее цветовое решение для дизайна ветеринарного операционного стола.

Необходимые задачи: изучить теоретическую информацию по дизайну медицинского оборудования, цветовым сочетаниям и их использованию, создать несколько вариантов цветовых сочетаний ветеринарного операционного стола, провести опрос экспертов в дизайне с целью выбора наилучшего варианта, проанализировать результаты опроса, оформить отчетные и презентационные материалы.

Основная часть

По оценке специалистов ART UP Studio, имеющих опыт разработки медицинских устройств с 2006 года, подтвержденной анализом мнений крупнейших дизайнерских агентств, таких как немецкое WILDDESIGN и израильское ARAN, а также всемирной премией в области дизайна Red Dot Design Award, были сформулированы 5 основных трендов для сферы медицинских устройств.

Первым популярным течением можно назвать минималистичность форм. Из-за специфики назначения медицинского оборудования, его часто производят в геометрически простых, легко понятных глазу формах. При этом минималистичность не означает угловатость – напротив, под ней подразумеваются скругленные углы, плавные бионические линии, общая обтекаемость и искривленность, – если, конечно, речь идет о новых устройствах. Это и способствует лучшему восприятию оборудования персоналом при работе с ним, и уменьшает нервозность пациентов при виде оборудования [1].

Если в оборудование встроены электроприводы, компьютер или другие электронные компоненты, управление ими переносится на сенсорные экраны. Как следствие цифровизации, сенсорное управление внедряется повсюду, и несмотря на то, что в некоторых частных случаях правильным решением будет сделать физические кнопки, в большинстве современных медицинских устройств используется именно сенсорный экран. Соответственно, добавляется необходимость создания интерфейса управления [1].

В плане цветовых решений популярно бело-черное оформление. Основным цветом в медицинском оборудовании, как правило, является белый, дополнительный же обычно черный, синий или зеленый. Это обосновано тем, что синий и зеленый цвета успокаивают человека в раздражающей и зачастую тревожной среде, такой, как больница, в то время как черный цвет нейтрален. Менее популярны, но иногда используются светло-оранжевый или красный.

Первая опубликованная статья об эффективном использовании зеленого цвета в медицине датирована 1914 годом и написана американским хирургом доктором Гарри Шерманом. Во время работы в операционной он заметил, что традиционное белое окружение было слишком ярким с новой для того времени системой электрического освещения, и вызывало напряжение и усталость глаз. Тогда

доктор Шерман решил поэкспериментировать с цветом своей операционной, перекрасив все в зеленый по причине того, что зеленый является цветовым дополнением красному гемоглобину. После этого он обнаружил, что его глаза могут «опираться» на детали и текстуру ран, не конкурируя с «посторонним светом». Примерно в то же время в медицине только входила мода на цветотерапию, а учитывая, что зеленый славился успокаивающими качествами, то в конечном счете использование этого цвета в больничных условиях стало распространенным по всему миру [2].

При проектировании медицинских изделий лучшим выбором цвета для заливки большей части формы является использование фонового цвета, на который могут быть выборочно применены цветовые контрасты. Хорошие отправные точки – оттенки белого и серого. В таком случае контраст цвета на нейтральном фоне легко воспринимается, а разумное использование цветового контраста делает продукт более понятным и эргономичным. Для придания устройству «солидности» можно использовать переходы фонового цвета от высокого значения к низкому (делать фоновый цвет темнее). По результатам исследования Джо Хэллока “Распределение цветов” (2003), самый часто выбираемый и предпочтительный цвет у мужчин и женщин - синий (его выбирают 57 % мужчин и 35 % женщин) [3].

При изготовлении медицинской техники применяется широкий спектр материалов. Ко всем из них предъявляются следующие требования:

– отсутствие токсичности и реакции на биологические ткани или жидкости;

– устойчивость к коррозии;

– устойчивость к обработке антисептиками или взаимодействию с ними.

Все материалы для медицинских инструментов соответствуют ГОСТам и обладают конкретными химическими, технологическими и механическими характеристиками.

Механические характеристики – это твёрдость, пластичность, прочность, вязкость и упругость.

Химические характеристики обусловлены составом, влияющим на свойства сред и веществ.

Технологические характеристики связаны с разнообразными методами переработки материалов в инструменты и другое оборудование.

Все свойства переплетены между собой. Они тесно взаимодействуют и влияют на уровень качества изделий.

Сырье для медицинской отрасли может быть органическим или неорганическим. Органическое сырье представляет собой материалы растительного или животного происхождения, например, лен, древесина, хлопок, шерсть, кости. Неорганическое сырье – металлы и их сплавы, керамика, стекло, минералы. Подвидом неорганического сырья является синтетика – смола, каучук, пластик [4].

Самый популярный материал для изготовления различных приборов медицинского назначения – хирургическая сталь 316L. Помимо железа и углерода, она включает в себя хром (18 %), никель (10 %) и молибден (5 %), придающие ей отличную стойкость к коррозии и механическим повреждениям [5]. В этом и заключаются причины ее популярности. Сталь чрезвычайно трудно повредить при ежедневном обращении, на ней не образуется случайных вмятин или царапин, в которых могут закрепиться бактерии или остаться грязь. Также используются и другие марки, например, 12Х18Н10Т [6].

Что касается пластмасс и полимеров, для производства деталей и корпусов медтехники широко применяются ABS-пластик, поливинилхлорид (ПВХ), поликарбонат PC, PC/ABS, полибутилентерефталат PBT, полиамид PA, полиметилметакрилат PMMA [7].

Для покраски металлической медтехники обычно используются порошковые краски, обладающие сопротивлением к различным химическим веществам, не реагирующие с окружающей средой и не издающие запахов. Порошковая краска является тонким полимерным покрытием, при 200 градусах цельсия отлично прикипающее к стали. Ее положительные свойства обеспечиваются сплошной структурой.

Различные составы порошковых красок – эпоксидные, эпокси-полиэфирные, полиэфирные, полиуретановые, полиакриловые, – имеют стойкость к различным химикатам и отличаются разными укрывающими свойствами. Подобрав правильный состав, можно обеспечить очень долгий срок эксплуатации изделия. Порошковая покраска глянцевыми и гладкими красками позволяет создать ровную поверхность, которая не скапливает грязь и очень легко от нее очищается [8].

Пластиковые же детали обычно окрашивают на этапе производства, заранее придавая пластмассе необходимый цвет.

Для фиксации пациентов нередко применяют репсовую ленту, сделанную из полиэстеровых нитей. Благодаря своей жесткости, репсовая лента устойчива к деформации и истиранию, хорошо

держит форму. При этом она достаточно мягкая, чтобы ее легко можно было изгибать и складывать. Благодаря особому плетению, репс гигроскопичен и хорошо пропускает воздух. В качестве быстрых застежек обычно используется лента Велкро.

Стандартом при дизайне всего, что как-либо связано с медициной – помещений, мебели, приборов, инструментов, – считается белый цвет. Это оправданно и с точки зрения визуального восприятия, – так как белый у подавляющего большинства людей ассоциируется со всем чистым, светлым, искренним и положительным, – и с логической точки зрения, поскольку белый резко контрастирует с грязью или кровью. Использование других светлых оттенков, конечно же, не исключается, но ставит белый цвет и всю светлую часть цветового спектра в приоритет [9].

При этом дополнительный, акцентный цвет частично зависит от направленности проектируемого объекта. Если его предполагается использовать в процессе лечения, хорошим решением будет применение зелено-синего диапазона, так как он, по словам Иоганна В. Гете, придает человеку ощущение успокоения, умиротворения и равновесия, необходимых во время болезни [10]. В случае, если объект предназначен для больничной среды реабилитации, подходящими цветами станут те, что находятся в желто-оранжевом диапазоне. Комбинация их с белым добавят пациентам хорошего настроения, желания жить и активно бороться с последствиями болезни или травмы [9].

А если прибор или устройство будет использоваться при экстренной помощи, наилучшим решением будет красный акцент, ибо красный является визуальным раздражителем и направляет человека быстро и активно действовать. С другой стороны, красный может слишком привлекать к себе внимание, поэтому его использование должно быть обосновано функционалом конкретного объекта. Если привлечение внимания не требуется, дополнительный цвет может быть серым или черным.

Также возможно использование серого или светло-серого цвета. Он не обладает яркостью белого и может как дополнять его, подчеркивая форму объекта или некоторые его элементы, так и быть основным.

Таким образом, теоретически, дизайн ветеринарного операционного стола должен включать в себя белый или серый цвет, красный либо синий и черный. Белый обеспечит чистоту образа и простоту уборки стола, красным будут выделены какие-то элементы регулировки и комплектные приборы, черный и серый могут выступить в качестве подчеркивающих цветов.

Всего было создано восемь вариантов цветового решения объекта (рис. 1).

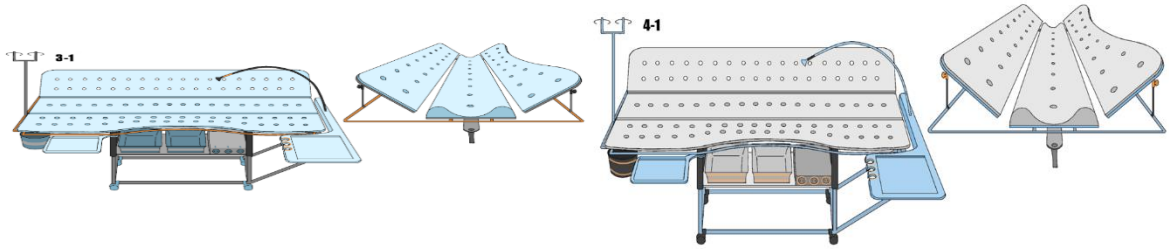


Рис. 1. Два из восьми вариантов цветовых решений

Первое в качестве основного цвета (цвета столешницы, ножек, резиновых накладок и выдвижных столиков) предлагало светло-серый и темно-серый. Как акцентный цвет использовался красный, и это решение, на авторский взгляд, относительно других выглядело чересчур агрессивным и не слишком проработанным.

Решение номер 1-1 аналогично первому, но дополнительными цветами являются оранжевый и голубой. Эти два цвета на цветовом круге располагаются напротив, и, как следствие, отлично сочетаются [11]. Более «активные» части корпуса выделены оранжевым, статичные опоры – наоборот, синим.

Второй вариант (нумерация производилась в соответствии с логикой цветовых решений; то есть, решение 1-1 – это незначительно измененное решение 1, вариант 2-1 – незначительно измененный вариант 2, и так далее) представляет возможное сочетание красного и голубого. Вместе эти два дополняющих цвета (на субъективный взгляд автора) больше склоняют к сосредоточенности, нежели голубой и оранжевы.

В свою очередь, рыжий (оранжевый) и синий более приятны глазу. Как и на предыдущем изображении, в решении 2-1 голубым окрашены малоподвижные места и дополнительное крепление по периметру, к которой можно привязывать животное на столе и крепить стойку для капельницы. Оранжевый цвет имеют розетки для подключения электроинструментов, держатели для них же и подвижный светильник.

В третьем варианте появляется чистый черный цвет. В частности, им окрашены ручки регулировки угла наклона столешницы, верхние части опор стола и гибкий светильник. Основным цветом в качестве эксперимента стал светло-голубой – так как он в целом нейтрален и визуально довольно схож с белым. Тем не менее, он не очень приятно контрастирует с черным и красным.

Решение 3-1 снова отличается от предыдущего лишь наличием оранжевого на месте красного. Однако, тенденция большей привлекательности контрастной пары цветов сохраняется и здесь. Контейнеры и ведро снизу выкрашены в более темный тон синего; в общем, светлыми в этих двух вариантах остались только рабочие поверхности, все остальное несколько темнее. Несмотря на такую логику, оба эскиза 3 выглядят менее аккуратными, чем, например, первые.

Четвертое решение имеет светло-серую поверхность стола (резиновые накладки), а все металлические части плюс светильник получили более насыщенный синий цвет, более подходящий к красному. Активные элементы так же выделены энергичным цветом, а ножки стола, колеса и ведро для жидких отходов – черным.

Этот же оттенок синего остался и в решении 4-1, чтобы проверить, не будет ли он лучше смотреться с оранжевым в качестве дополнительного цвета. Некоторые части – например, блок розеток и слив для жидкостей, – остались серыми во всех вариантах эскизов, так как внимания им при работе за столом почти не уделяется. На этом варианты цветовых решений закончились, и можно было переходить к проведению опроса с целью выявить наилучший.

После того, как эскизы цветовых решений были сочтены достойными, с помощью опроса экспертов – студентов направления «Промышленный Дизайн» четвертого и третьего курсов, – необходимо было выяснить, какое из них является наиболее перспективным для доработки.

Опрос проводился с использованием сервиса Google Forms. В начале опрашиваемым предоставлялось описание, содержащее информацию о том, как именно следует выбирать варианты и указывающее необходимость объяснения своего выбора.

По итогу опрос прошли восемь экспертов. Двое из них не выразили своего мнения касательно выбранного варианта текстом, поэтому их ответы не были учтены.

Первый эксперт выбрал вариант 2, обосновав это тем, что «дополнительные элементы» контрастны по отношению к цвету стола. Второй эксперт выбрал вариант 4-1, заметив, что холодный цвет поверхности стола (варианты 3 и 3-1) не совсем уместен, так как «слишком отталкивает, чтобы класть на него животное», в то время как в четвертом эскизе холодные (синие) только боковые поверхности для инструментов.

Третий эксперт также остановился на варианте 4-1, пояснив выбор словами «голубой цвет наиболее уместен для медицинского оборудования, поскольку он успокаивает». Четвертый эксперт выбрал вариант 1-1, при этом уточнив, что два контейнера внизу расположены не совсем удачно, если ими будут пользоваться часто, так как врачу придется нагибаться, чтобы получить доступ к ним, и было бы лучшим решением расположить их где-нибудь повыше, возможно, сбоку. В ящики не предполагается складывать инструменты первой необходимости, используемые во время проведения операций, но тем не менее, данный комментарий респондента уместен. Пятый эксперт выбрал вариант 4-1, обосновав свой выбор тем, что «нравится, что зоны выделены определенными цветами».

Последний, шестой эксперт остановился на варианте 1-1, сказав, что «нравится контрастное сочетание цветов, которое может лучше подчеркнуть функциональное различие между окрашенными элементами. Также нравится в этом варианте то, что кушетка выполнена в сером цвете, так как он менее маркий, чем светло голубой, что особенно актуально для животных. Помимо этого, голубая кушетка неприятно ассоциируется с человеческой больницей». Этот ответ был наиболее развернутым и аргументированным из всех.

Таким образом, трое опрошенных предпочли вариант 4-1, двое – вариант 1-1, и один – вариант 2. Самые популярные варианты имеют сочетание белого, оранжевого и голубого цветов, что указывает дальнейшее направление работы.

Заключение

По выбранному цветовому сочетанию была выполнена трехмерная модель стола. Основной цвет большинства металлических частей – голубой, при этом накладки на стол светло-серые, а из-за их большой площади создается ощущение, что именно серый – основной цвет объекта. Модель наглядно показала, что цвета смотрятся уместно и обоснованно (рис. 2).

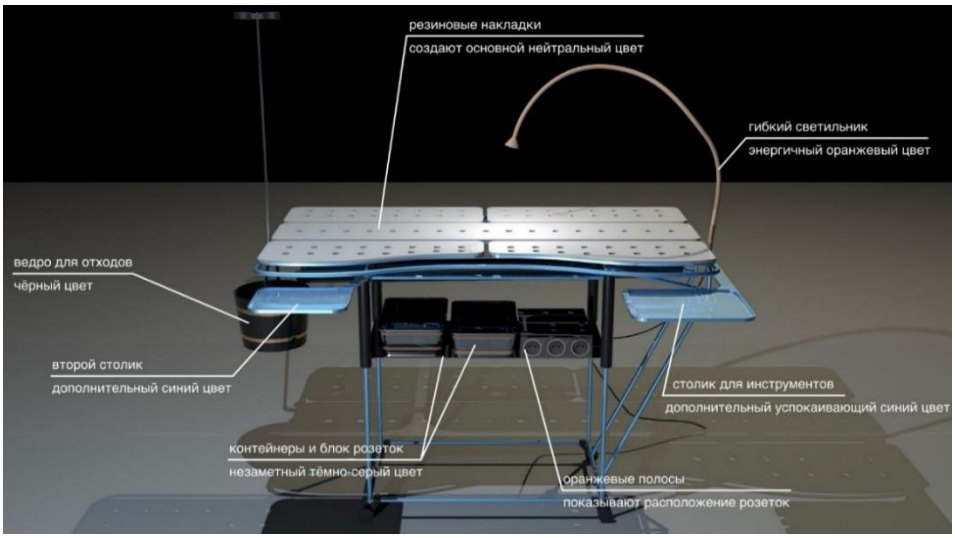


Рис. 2. Трехмерная модель стола

Также при помощи моделирования стало ясно, что в дальнейшей доработке нелишним будет пересмотреть способ сбора жидких отходов, в случае если подвешенное ведро, несмотря на всю его практичность, будет оценено негативно. Переделки конструкции, вероятно, потребует и гибкий светильник, вызывающий ощущение, что он может согнуться под собственным весом, что было бы крайне неудачно во время работы за столом.

Список использованных источников

1. Дизайн-тренды медицинского оборудования // Art Up Studio: сайт. – 2019. – URL: https://art-up.ru/ru/arkhiv-novostej/154-dizajn-trendy-meditsinskogo-oborudovaniya-2019 (дата обращения: 28.09.2023)

2. Цвета в медицине // National Library of Medicine: сайт. – 1914. – URL: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1641114/ (дата обращения: 30.09.2023)

3. Исследование «Распределение цветов» // Joe Hallock: сайт. – 2003. – URL: https://www.joehallock.com/?page_id=1281 (дата обращения: 30.09.2023)

4. Материалы для изготовления медицинских инструментов // МедЭкс-Интер: сайт. – 2020. – URL: https://www.medexinter.ru/stati/materialy-dlya-izgotovleniya-medicinskih-instrumentov/ (дата обращения: 30.09.2023)

5. Состав хирургической стали // M-STEEL.BY: сайт. – URL: https://m-steel.by/o-xirurgicheskoj-stali.html (дата обращения: 30.09.2023)

6. Нержавеющая сталь в медицине // Глобус Сталь: сайт. – URL: https://www.globus-stal.ru/articles/nerzhaveyushchaya-stal-v-meditsine-prichiny-masshtabnogo-primeneniya/ (дата обращения: 30.09.2023)

7. Полимеры в медицине // Юсиджи: сайт. – 2020. – URL: https://ucgrus.com/statyi/polimery-v-meditsine-2020 (дата обращения: 10.10.2023)

8. Чем красить металл // Металлокомплект: сайт. – URL: https://krasim.metallizdeliya.ru/products/medical/ (дата обращения: 10.10.2023)

9. Кухта М.С., Хмелевский Ю.П. Особенности выбора цветовых решений в дизайн-проектировании объектов зоны медицинской реабилитации [Статья]. – (дата обращения: 16.10.2023)

10. Михеева М.М. Цвет в дизайне: методическое указание по курсу «Цветоведение и колористика». – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. – 63 с. – (дата обращения: 16.10.2023)

11. Сочетания на цветовом круге // Художник Онлайн: сайт. – URL: https://www.hudozhnik.online/blog/chvetovoi_krug, свободный. – (дата обращения: 20.11.2023).

РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ ЭРГОНОМИЧНОГО СТЕКЛОДУВНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Пилькина А.А[1], Вехтер Е.В[2]
[1] ТПУ ИШИТР ОАР, студент гр. 8Д01, e-mail: aak296@tpu.ru
[2]ТПУ ИШИТР ОАР, доцент, к.п.н. e-mail: vehter@tpu.ru

Аннотация

Статья посвящена анализу процесса ручного стеклоделия в традиционной технике «Мурано». В исследовании использовались описательные и инструментальные методы профессиографирования для выявления эргономических проблем. Был разработан передвигающийся тросовый манипулятор со специальным рабочим органом. Итоговое решение позволяет избавить мастера от вредных и опасных факторов, не нарушает традиционную технологию и сохраняет ценность ручного труда.

Ключевые слова: стеклодувная трубка, эргономика, манипулятор, рабочий орган.

Введение

На сегодняшний день стеклянные изделия, выполненные в традиционных техниках, например «Мурано», ценятся не меньше, чем во время расцвета стеклоделия. Ручная работа со стеклом предполагает высокое качество материала, прочность конструкции и уникальные эстетические характеристики, несравнимые с изделиями массового производства. Однако условия труда стеклодувов не соответствуют современным требованиям эргономики и безопасности.

Стеклодувы вынуждены выполнять множество физически тяжёлых и опасных для здоровья операций. Специфика их работы заключается во всевозможных манипуляциях со стеклодувной трубкой и заготовкой, закреплённой на ней. Представленное на рынке оборудование не позволяет полностью автоматизировать механические операции. Существующие устройства являются статичными или направлены на работу непосредственно с заготовкой (без стеклодувной трубки), что не позволяет раскрыть возможности традиционной технологии.

Целью данной работы является анализ эргономических проблем в области ручного стеклоделия и разработка способов их решения. В результате будет представлена концепция оборудования для рабочего места стеклодува. Устройство направлено на выполнение физически тяжёлых для человека операций.

Особенности работы стеклодува в современных условиях

Стеклодув – мастер по созданию различных объектов утилитарного и эстетического назначения путём выдувания их из стекломассы специальной металлической трубкой [1]. Данная работа помимо творческих способностей требует множество физических ресурсов и выносливости, так как условия в мастерской и особенности технологии довольно тяжёлые.

Стеклодувная трубка – основной инструмент мастера. Представляет собой полую металлическую трубку из толстостенной стали, на треть, обшитую деревом. Её длина достигает от 900 до 1500 мм, диаметр – 8-35 мм. Именно ей зачерпывается расплав стекла, температура которого свыше 1000 °С [2]. Согласно традиции, стекломасса находится на трубке во время всей работы за исключением финальной обработки. Придание необходимой формы может осуществляться на данный момент 3-мя способами: выдувание, литьё, формование. Ни один из способов не обходится без вращения заготовки, ведь именно оно позволяет добиваться идеально круглого в сечении сосуда.

Современные реалии так или иначе наложили отпечаток на процесс создания муранского стекла. Сегодняшние стеклодувы могут приобрести шихту вместо того, чтобы её готовить, выбор составов, пигментов и свойств стал шире. Топливные печи были заменены на электрические, более безопасные, удобные и не требующие регулярного обслуживания. Появились такие вспомогательные механизмы как автоматические дверцы печей, стойки с роликами, шлифовальные диски для финальной обработки и так далее. Использование горелок значительно упростило процесс поддержания необходимой температуры заготовки, особенно для средних и мелкогабаритных изделий. Но вместе со стремительно развивающейся техникой меняется и общественный уклад, выраженный в нормативных требованиях и законодательных актах. Современные условия труда должны быть безопасными для жизни и здоровья человека.

Учитывая размер стеклодувной трубки и назначение предметов, а часто это люстры, вазы, движения мастера должны компенсировать вытянутую тяжёлую конструкцию в руках. Это требует больших физических затрат и множество пространства вокруг. Серьёзные физические затраты на регулярной основе со временем приводят к заболеваниям и общему ухудшению самочувствия, а свободное пространство в мастерской порождает проблему удалённости рабочих областей друг от друга, которая также приводит к первой проблеме.

По данным причинам очень важно провести анализ эргономических проблем в области ручного стеклоделия и разработать концепцию их решения при помощи соответствующего оборудования.

Эргономический анализ рабочего процесса стеклодува

Для осуществления полноценного эргономического исследования будут подключены описательные и инструментальные методы профессиографирования для получения первичной информации [3]. Также, будут использоваться такие методы эмперической группы как наблюдение, анализ процессов и продуктов деятельности и беседы со специалистом. Наблюдение будет осуществляться при помощи видеоматериалов о работе стеклодува, анализ процессов – базироваться на методической литературе о стеклодувном деле, беседы – проходить в формате общения через электронные ресурсы. Из интерпритационных методов будут использованы приёмы измерения рабочей нагрузки и субъективной оценки утомления [4]. В дальнейшем эти данные будут систематизированы по принципам первичной обработки.

Вращение стеклодувной трубки сопровождает практически каждую операцию мастера. Особенно тяжёлым является многочасовое прокручивание инструмента с большим весом стекломассы. Вес может доходить до 30-ти килограмм при производстве крупных ваз или плафонов. Помимо снижения производительности труда ввиду физической утомляемости, это может привести к тендовагиниту, карпальному туннельному синдрому и артриту кистей рук [5].

В самом наименовании профессии кроется такая операция, как выдувание стекла. Это самое первое действие для формирования из стеклянной капли – сосуда [6]. Процесс выдувания происходит в один заход, с минимальными паузами для вдоха. Сопротивление естественному дыханию приводит к барогипертензии, а вследствие увеличения артериального давления, одышке и головокружению. Барогипертензия может стать хроническим сосудистым заболеванием, в таком случае неизбежно снижение работоспособности, постоянные боли в лёгких и затрудненное дыхание. Также, ткани лёгких могут травмироваться и пропустить воздух из внутренней части в плевральную [7].

Тепловое облучение – влияние теплового излучения от технологического оборудования и заготовок на человека. Тепло излучается от поверхностей печей и от заготовки, находящейся в непосредственной близости с мастером. Рабочая температура стекломассы достигает 650-720 °С. К последствиям регулярного теплового облучения можно отнести нарушение в работе теплорегулировочного механизма, повышенную нагрузку на сердечно-сосудистые и дыхательные системы [8]. Сгущение крови, вызванное утратой возможности удерживать воду, ухудшает питание тканей и органов, появляются резкие судороги.

Физическая утомляемость в результате длительных перемещений – результат неграмотного размещения рабочих зон. Работа со стеклом в муранской технике – априори физически тяжёлый процесс. Дополнительная нагрузка в виде ходьбы от верстака до печи усиливает усталость мастера. Следует понимать, что все перемещения сопровождаются нагрузкой – весом стеклодувной трубки и стекломассы. Порой нужно перемещать заготовку не только по горизонтали, но и по вертикали. К примеру, при необходимости погрузить заготовку в форму. То есть сначала нужно провернуть трубку на 90 градусов, затем поднять настолько, чтобы нижняя точка стекломассы не касалась верхней поверхности формы, и вращательными движениями полностью опустить её внутрь, а далее извлечь из формы обратно.

Процесс создания сложных, крупногабаритных или сильно вытянутых объектов, коих производится большое множество – характеризуется парной работой мастеров. В то время как один человек удерживает и прокручивает заготовку, второй – может оттягивать её часть, брать на понтию, выравнивать лопатками и так далее. Порой даже довольно простую операцию невозможно совершить самостоятельно из-за того, что до конца или середины заготовки сложно удобным образом дотянуться. Таким образом, одной из эргономических проблем рабочего места является отсутствие вспомогательных средств для самостоятельной работы с крупными или вытянутыми по одной из сторон объектами.

Таким образом, были выявлены следующие эргономические проблемы:

1. Большие нагрузки на кисти рук при ручном прокручивании стеклодувной трубки с большим весом стекломассы.
2. Серьёзные нагрузки на дыхательную систему в процессе выдувания изделий.
3. Тепловое облучение.
4. Большие физические затраты мастера в процессе перемещения заготовки.
5. Отсутствие возможности самостоятельно работать со средними и крупными заготовками.

Формирование концепции эргономичного оборудования для стеклоделия

Некоторые выявленные эргономические проблемы могут быть решены созданием и внедрением в пространство мастерских многофункционального мобильного устройства. Оно не сможет являться универсальным рабочим местом, так как работа над крупными изделиями требует множества манёвренного пространства. Но оно может выступать в качестве помощника, когда в нём появляется необходимость.

Первостепенными задачами устройства являются удержание и прокручивание стеклодувной трубки. Передавать вращательный момент инструменту способны ролики. Эффективность передачи вращательного движения от ролика трубке может регулироваться их размерами и количеством. Фиксация осуществляться силой прижима роликов к заготовке. Такой способ применяется в харвестерных головках [9]. Силы вальцов (харвестера средней мощности) достаточно чтобы удерживать и протаскивать стволы до 1000 кг. Таким образом, оптимально будет использовать несколько прокручивающихся вальцов в двух местах фиксации заготовки.

Для того чтобы избавить мастера от необходимости самостоятельного перемещения тяжёлых заготовок, необходимо предусмотреть принцип движения устройства. При этом важно учитывать следующие особенности:

- Пространство мастерской ограничено.
- В процессе работы мастер совершает множество передвижений, которым не должны препятствовать посторонние объекты.
- Движение должно осуществляться по горизонтальной и вертикальной осям.
- Траектория движения не линейна.

Исходя из данных особенностей, оптимальным будет использование принципа автоматического перемещения трубки навесу, а не по поверхности пола. Это позволит сохранить пространство, использовать любые типы направляющих, которые не будут подвергнуты загрязнению и не будут выступать препятствиями, как в случае монтажа на полу. Также, это увеличит диапазон выбора конструкции, поскольку объект может опускаться вниз под собственным весом.

Таким образом, оборудование должно представлять собой размещённую на поверхности потолка мобильную установку, фиксирующую, прокручивающую и перемещающую стеклодувную трубку. Непосредственно с объектом перемещения будет взаимодействовать рабочий орган, осуществляющий захват, прокручивание и поворот. Управление оборудованием должно осуществляться автоматически через пульт**.**

При разработке и внедрении такого оборудование в стеклодувную мастерскую в компетенции промышленного дизайнера входят следующие **задачи**:

1. Выбор механизмов в соответствии с поставленной целью.
2. Изучение принципа работы и основных деталей.
3. Анализ сценария пользования оборудованием и его учёт при дальнейших задачах.
4. Компоновка частей механизма исходя из пространства и особенностей рабочего процесса.
5. Проектирование корпуса и оболочек для удобного и безопасного взаимодействия человека с оборудованием.
6. Подбор оптимальных материалов.

Также, важно обозначить **требования к проектируемому оборудованию**. Это позволит выдержать баланс между требованиями безопасности пользователя, возможностями технологий и особенностями пространства.

1. Осуществление фиксации стеклодувной трубки, её поворота вокруг своей оси и относительно точки в пространстве, перемещение по трём осям.
2. Компактность оборудования и процесс эксплуатации, не создающий препятствия для работы мастеров.

3. Понятный, удобный и безопасный способ взаимодействия с пользователем.

4. Лёгкая адаптация к различным по площадям и планировкам пространствам мастерских.

5. Эффективная работа оборудования с учётом особенностей микроклимата и порядка рабочего процесса мастеров.

6. Небольшое энергопотребление, так как в пространстве очень много крупных потребителей.

В качестве подхода в проектировании был выбран системный подход. Системный подход основан на представлении объекта в качестве системы, и включает в себя разложение крупных проблем на более мелкие составляющие, их анализ, рассмотрение способа их взаимосвязи, удержания этих составляющих в неразрывном единстве [10]. По этой причине процесс проектирования был разложен на 2 уровня: комплексный, в котором планируются основные узлы и связи между ними, и компонентный, в котором узлы раскладываются на детали и рассматриваются более подробно.

Комплексный уровень проектирования

На данном уровне раскрываются общие задачи проектирования. Необходимо рассмотреть оборудование как систему, состоящую из нескольких взаимосвязанных частей. За перемещение стеклодувной трубки по длине и ширине мастерской будет отвечать устройство по типу кран-балки. За перемещение по высоте и поворот относительно пола – система электролебёдок. За другие повороты будет отвечать основание манипулятора, одновременно выступающее в качестве платформы с креплением тросов и опорно-поворотного устройства. Рабочий орган должен фиксировать и вращать стеклодувную трубку. Таким образом, разрабатываемое оборудование представляет собой мобильный тросовый робот со специальным рабочим органом (рис. 1).

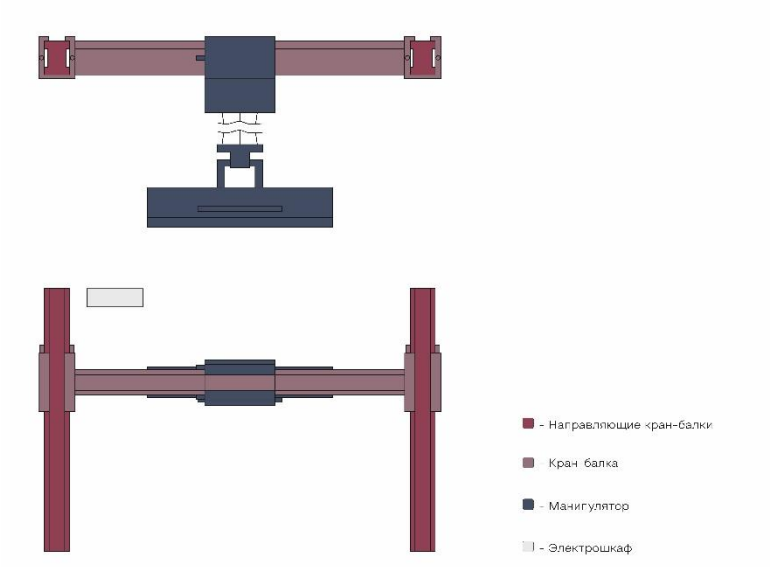


Рис. 1. Комплексная схема оборудования

Части данной системы имеют последовательные и параллельные связи. Все парные элементы друг с другом находятся на одном уровне. Представленные на схеме части имеют иерархическую структуру (рис. 2).

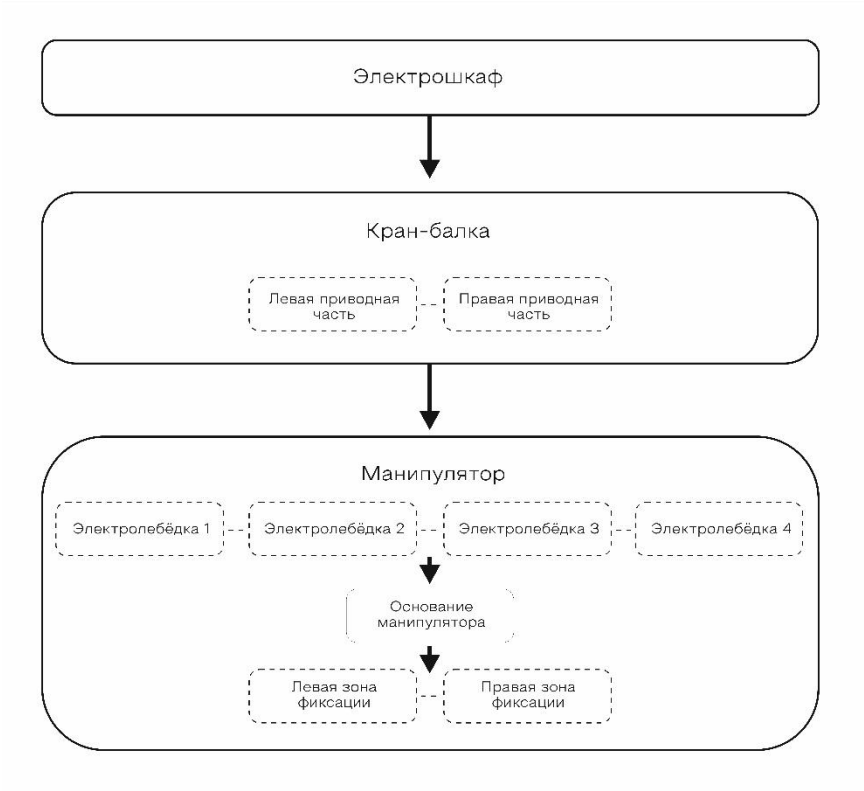


Рис. 2. Взаимосвязь компонентов

Однако важно рассматривать взаимосвязи не только внутри разрабатываемой системы, но и способ её взаимодействия с непосредственным пользователем в контексте среды. Для этого был составлен сценарий пользования.

Перед началом работы мастер должен будет откинуть крышку на рабочем органе. Будучи уже со стеклодувной трубкой в руках, он разместит её между роликами и закроет рабочий орган. Так как вращение практически нельзя прекращать, запуск роликов будет осуществляться не только с пульта, но и на самом РО. После запуска трубка уже прочно зафиксирована и вращается вокруг своей оси, мастер имеет возможность отойти за пультом управления или инструментом. При размещении стеклодувной трубки в зоны фиксации, важно сместить её таким образом, конец трубки с заготовкой оставался на весу больше, чем другой. Это необходимо для того, чтобы тепло от стекла и нагревающейся трубки не передавалось устройству. Также, это важно в случае погружения заготовки в печь. Для того чтобы мастер быстро сориентировался в степени смещения, на трубку заранее будут надеты насадки в двух местах. Именно они должны вступить в контакт с роликами. Их материал будет дополнительно предотвращать проскальзывание, и обеспечивать меньший износ роликов.

Компонентный уровень проектирования

Данный уровень подразумевает детальное рассмотрение имеющихся частей. Конструкция кран-балки представляет собой 2 линейных направляющих оси, прикреплённых к поверхности потолка. По ним при помощи механических крепёжных пластин с шарико-винтовым приводом передвигается балка – в виде такой же направляющей оси. На балке имеется крепёжная пластина для каретки, контроллер, блок питания, гибкий короб-канал с проводами. На направляющих так же размещены контроллер, блок питания и провода. Электрошкаф представляет собой стандартную конструкцию.

Отдельное внимание следует уделить манипулятору. На крепёжной пластине балки расположена каретка с 4-мя электрическими лебёдками со стальными тросами. Тросы перекрещиваются для компенсации нагрузки. На них подвешено основание и рабочий орган (РО) манипулятора. Основание имеет платформу для крепления тросов, а также серводвигатель. Относительно него происходит поворот РО. Устройство РО представляет собой вытянутую полую балку с 2-мя захватными зонами. Конструкция захватной зоны представлена на рис. 3.

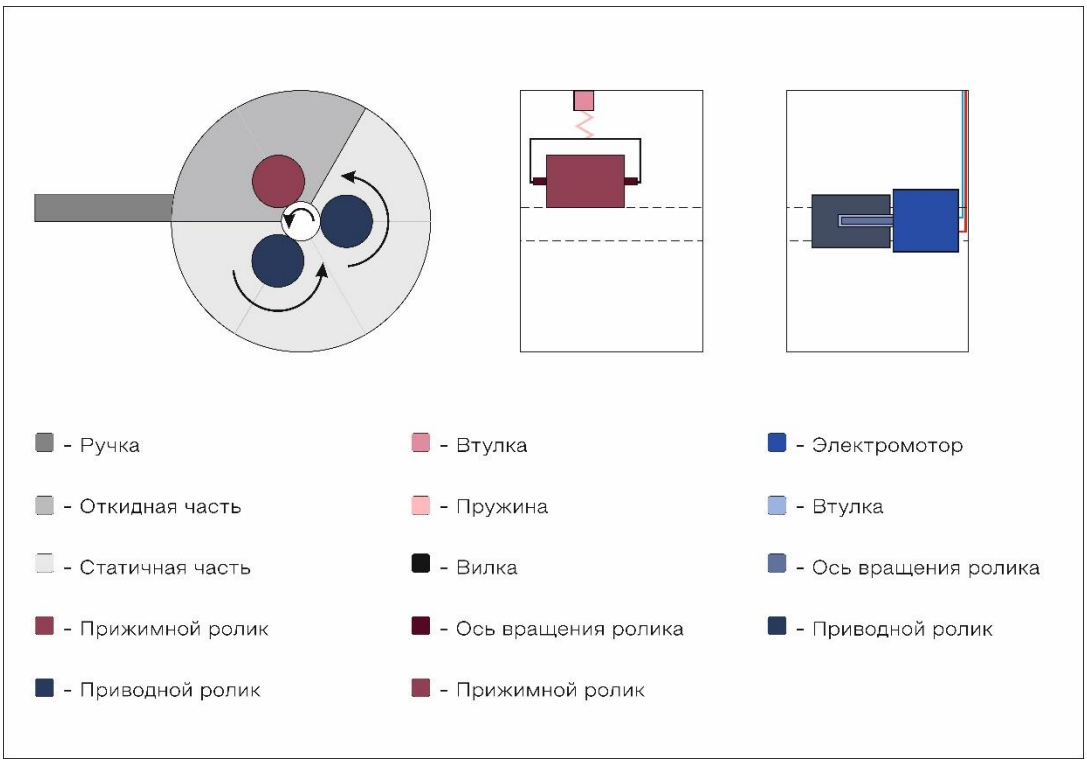


Рис. 3. Устройство зоны захвата

Рабочий орган представляет собой 2 участка для взаимодействия со стеклодувной трубкой, соединённые полой балкой, к которой крепится опорно-поворотное устройство. Внутри участков располагаются по 3 ролика (1 из которых ведущий, 2-прижимных). Конструкция прижимного ролика состоит из втулки, фиксирующей положение пружины, пружины, прикреплённой к ней вилки, оси, располагающейся на 2-х концах вилки, ролика, надетого на ось. Пружина позволяет максимально прижать ролик к трубке, благодаря чему осуществляется фиксация. Ведущий ролик имеет электромотор, ось, втулку, надетую на ось, ролик, надетый на втулку. Именно он запускает вращательное движение, передаёт его трубке и прижимному ролику. К электромотору необходимо подводить электричество, поэтому ведущий ролик не может быть изолирован от каркаса конструкции РО. Прижимной можно вынести на крышку, так как для его работы не требуется электроэнергия.

Таким образом, были составлены схемы разрабатываемого оборудования, которые дают общее представление и детальное видение отдельных компонентов. Они будут использованы в дальнейшем процессе проектирования.

Заключение

В результате проделанной работы был сформулирован ряд эргономических проблем, возникающих в процессе работы стеклодува, и предложена концепция их решения. Данная область требует бережного отношения к традиционному порядку работы и при этом нуждается в усовершенствовании условий труда мастера. Разрабатываемое оборудование способно снизить нагрузку на стеклодува в таких ситуациях как: длительное удерживание и прокручивание стеклодувной трубки, перемещение инструмента по мастерской, погружение в форму или печь. При этом рабочая область устройства способна адаптироваться под размеры помещения, увеличивать количество манипуляторов для одновременной работы нескольких мастеров и сохранять свободное пространство. От другого стеклодувного оборудования концепция отличается мобильностью, гибкостью системы и многофункциональностью, которые были достигнуты в результате глубокого анализа деятельности мастеров.

Список использованных источников

12. Современный стеклодув // Veryimportantlot: сайт. – 2022. – URL: https://veryimportantlot.com/ru/news/blog/kto-takoj-stekloduv

13. Сергеев Ю. П. Выполнение художественных изделий из стекла: учебник для художественных вузов и училищ. – Москва: Высшая школа, 1984. – 240 с.

14. Методы и технические средства эргономики. Классификация эргономических методов// Московский энергетический институт (ТУ) Кафедра инженерной экологии и охраны труда: сайт. – 2012. – URL: http://ftemk.mpei.ru/bgd/bgd_.htm#Metod_erg

15. Воронин В. М. Эргономика больших систем: учебник. – Екатеринбург: УрГУПС, 2017. – 385 с.

16. Последствия синдрома запятстного канала: основные причины и симптомы, осложнения // Первая медицинская клиника: сайт. – 2015. – URL: https://pervaya-medklinika.ru/posledstviya-sindroma-zapyastnogo-kanala

17. Фролов К. В. Машиностроение // Энциклопедия – Москва: Машинсостроение, 1995. – 622 с.

18. Буллезная эмфизема легкого// Красота и медицина: сайт. – 2010. – URL: https://www.krasotaimedicina.ru/diseases/zabolevanija_pulmonology/bullous-pulmonary-emphysema

19. Действие высоких температур на человека // Роспотребнадзор: сайт. – 2011. – URL: https://34.rospotrebnadzor.ru/content/193/5764/

20. Колесников П.Г., Долматов С.Н., Федорченк И.С. Харвестеры. Устройство, эксплуатация, сервисное обслуживание // Учебное пособие – Красноярск: СибГУ им. М. Ф. Решетнева, 2023. – 92 с.

21. Малыгин Д. В. Введение в инженерную специальность: учебное пособие. – Санкт-Петербург: БГТУ, 2023. – 104 с.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ИЗДЕЛИЙ С УЧЕТОМ ОСОБЕННОСТЕЙ ИХ ДАЛЬНЕЙШЕГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ МЕТОДОМ FDM ПЕЧАТИ

Полех Е.С.[1], Кухта М.С.[2]
[1] ТПУ, ИШНПТ, 4НМ21, e-mail: poshleevha@mail.ru
[2]ТПУ, отделение машиностроения, профессор, e-mail: kuhta@tpu.ru

Аннотация

В статье рассматриваются примеры ошибочного дизайн-проектирования моделей, изготавливаемых методом FDM печати. Для оптимизации 3D-печати, с целью сохранения качества получаемых изделий, приведены рекомендации по устранению исследуемых ошибок моделирования.

Ключевые слова: дизайн; аддитивное производство; FDM печать; 3D-принтер.

Введение

Появление аддитивных технологий обеспечило возможность изготавливать принципиально новые и сложные детали. FDM-печать, является наиболее экономичным способом производства нестандартных термопластичных деталей и прототипов. Для каждого изделия необходимо обеспечить условия изготовления с минимальными затратами времени и материала. Для эффективного использование метода FDM печати необходимо обладать профессиональными навыками работы со специальным оборудованием – 3D-принтерами. На качество печати оказывают влияние множество различных факторов: особенности принтера, параметры печати, качество материала, внешние факторы [1].

Другая существенная причина, из-за которой напечатать геометрию будет сложно, это конструктивные особенности исходной модели. При дизайн-проектировании любого изделия необходимо понимать особенности его производства конкретным методом. Если техническое задание предполагает использование аддитивных технологий (FDM печать), важно заранее адаптировать модель на этапе моделирования под данный метод [2]. Целью данного исследования является получение наиболее качественной и эффективной 3D-печати изделий методом FDM при правильном дизайн-проектировании модели. Задачи, которые необходимо было выполнить для достижения цели работы:

- Анализ дизайна 3D-моделей различной конструкции.
- Выделение самых частых ошибок в конструкции изделий на этапе моделирования.
- Предложение различных способов решение выявленных проблем: на этапе изготовления и проектирования.

Основная часть

Рассмотрим некоторые ошибки при проектировании, которые снижают качество изготовленного изделия на 3D-принтере:

1) *Толщина стенки.* Если в конструкции модели есть стенки, которые необходимы только для ограничения внутреннего пустого пространства, то излишняя толщина этих стенок приводит к неэффективной печати и к лишнему использованию материала. Для обеспечения оптимальных результатов узкая стенка не должна иметь зазоров между двумя сторонами [3]. Наличие зазоров означает меньшую ударопрочность обеих стенок, поскольку они не могут усиливать друг друга из-за зазора между ними (рис. 1). Большое заполнение детали, конечно, может помочь решить эту проблему, но это увеличивает время печати и расход материала.

Другой способ - увеличить количество слоев стенок, но это также приводит к большему количеству расходного материала. Если на изделие не воздействуют значительные нагрузки, то на этапе проектирования детали необходимо учитывать толщину стенки. Оптимальным значением является толщина стенки, равная 16-20 мм для сопла диаметром 0,4-0,5 мм соответственно (рис. 2). Эта толщина соответствует 2 линиям стенки. Детали, сконструированные таким образом, обеспечивают прочность во многих случаях применения, минимизируют время и затраты пластика на изготовление.

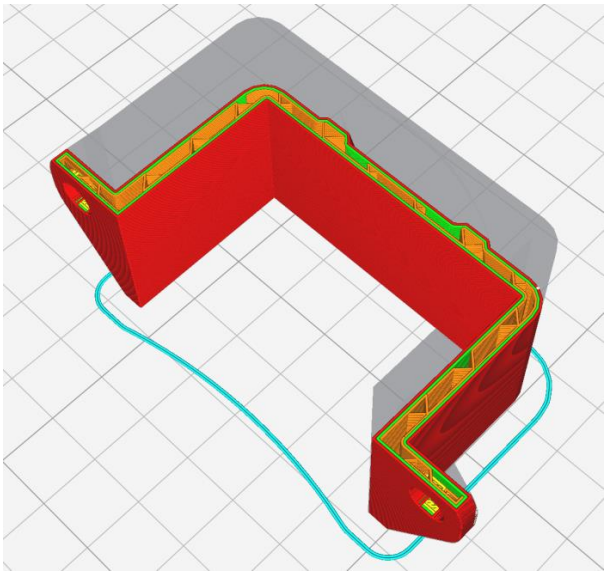


Рис. 1. Держатель удлинителя с большим зазором в стенке

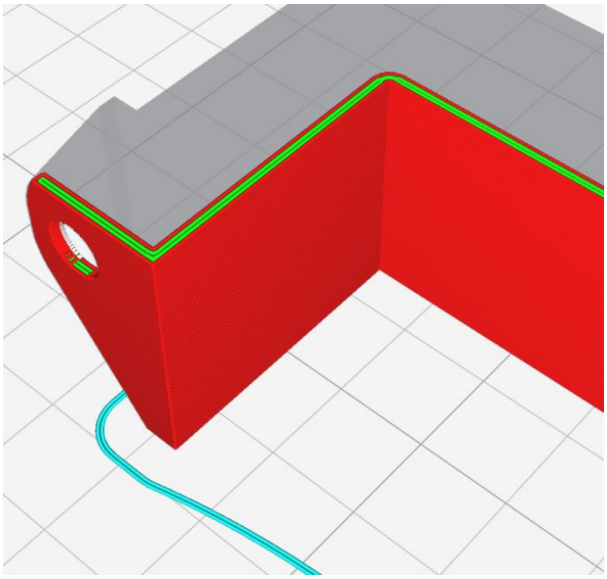


Рис. 2. Держатель удлинителя со стенкой 1,6 мм

2) *Скругленные поверхности.* Искривленная геометрия, обращенная к плоскости рабочего стола 3D-принтера, не дает качественного результата печати (рис. 3). Применение такого геометрического элемента приводит к тому, что во время печати эти слои опускаются вниз и вызывают цепную реакцию так, что под последующими слоями также не остается материала. Часто это просто вопрос замены закругленных углов на фаски менее 40 градусов. Скругление кромок эстетически приятнее выглядят в дизайне цифрового файла, но после печати они выглядят уже совсем иначе. Простым решением этой проблемы является замена закругленных углов на фаски под углом 40 градусов.

Многие модели создаются благодаря имитации существующей конструкции, оптимизированные для изготовления другим способом, например, литьем под давлением (рис. 4) [4]. Чаще всего данные детали оказываются не адаптированными под FDM печать.

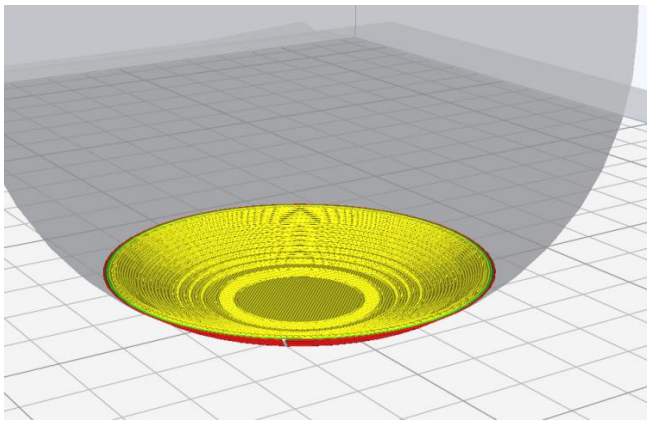


Рис. 3. Скругление на основании детали

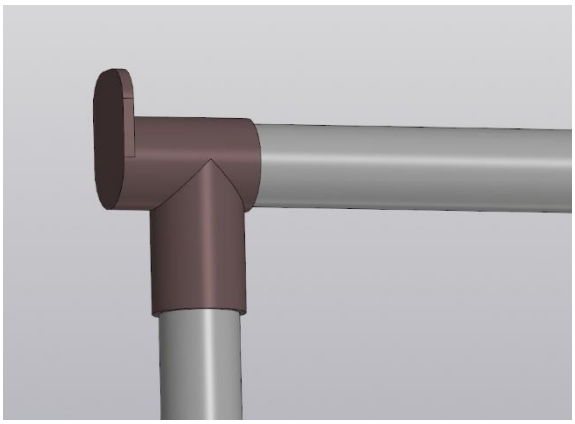


Рис. 4. Уголок

Если существует возможность отклониться от первоначального дизайна изделия, возможно легко и быстро достичь качественной печати. Первый способ представляет из себя создание хотя бы одной плоской поверхности, на которой будет возможно напечатать деталь (рис. 5). Это сделает деталь прочнее, но в следствии такого приема возникает недостаток в виде крутого выступа в верхней части цилиндра. Данный способ применим, если в сечении цилиндра допускается отклонение круглости [5]. Другой способ предполагает создание плоской области, позволяющей напечатать деталь под углом (рис. 6). Это обеспечивает сохранение цилиндрической формы, и в деталь вносятся меньшие изменения.

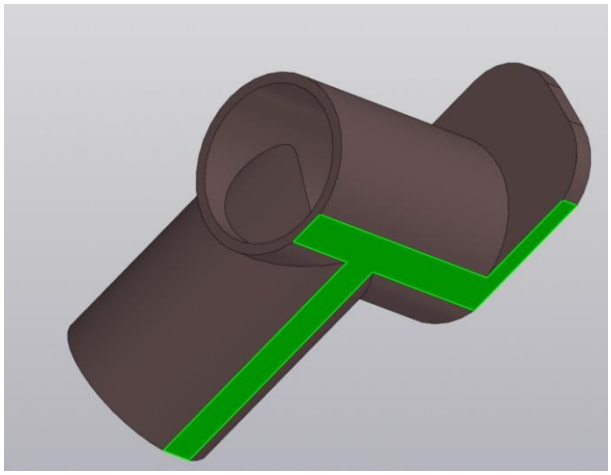


Рис. 5. Плоская поверхность для печати

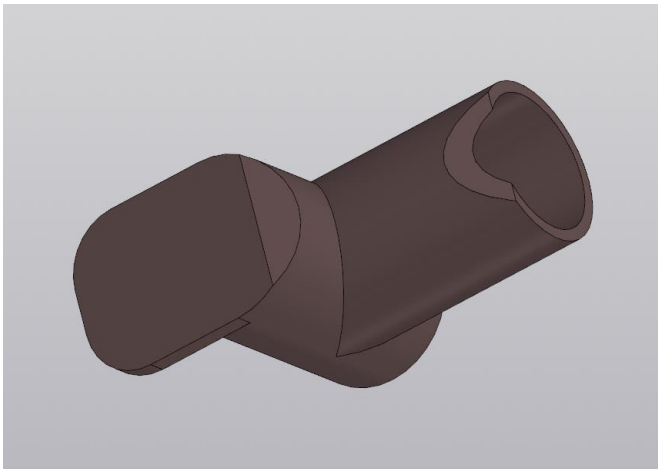


Рис. 6. Плоская поверхность для печати детали под углом

3) *Отсутствие оптимальной ориентации модели.* При трехмерной печати ориентация изделия является одним их самых важных дизайнерских решений, которое необходимо учитывать при создании детали. Именно это определяет разницу между деталями, которые сохраняют свою прочность в течении многих лет и теми, которые разрушаются при минимальной нагрузке.

В качестве наглядного примера приведена модель вешалки для ключей (рис. 7). Конструкция вешалки – еще один пример, когда знакомая привычная форма была превращена в 3D-модель, полностью игнорируя производственный процесс [6]. Для печати такой модели необходимы поддержки, а также самое слабое место находится прямо у основания крючка, если печатать его, как показано на рисунке 7. Круглый крючок имеет шероховатую ступенчатую поверхность даже с поддерживающими структурами. Если оставить дизайн изделия неизменным, то необходимо менять ориентацию детали – перевернуть конструкцию на боковую поверхность. Но в данном случае будет добавлено много вспомогательного материала в виде каймы для обеспечения адгезии первого слоя и поддерживающих структур.

Другим решением этой проблемы является изменение формы крючков, располагая их под углом 40-65 градусов. Это не делает крючки прочнее, но позволяет напечатать их без поддержек. Для дополнительной прочности предложено добавить прямой участок, который можно укрепить металлическим винтом сзади. При добавлении резьбы в модели и дополнительного усиления, крючок становится практически невозможно отломать у основания.

Самый быстрый и дешевый способ сделать вешалку прочной – напечатать крючки отдельно, расположив их на боковую грань (рис. 8).

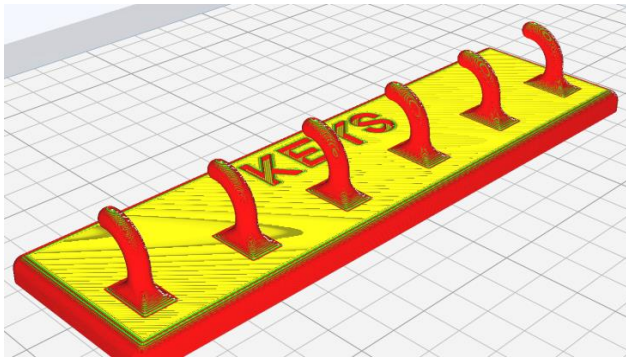


Рис. 7. Вешалка для ключей

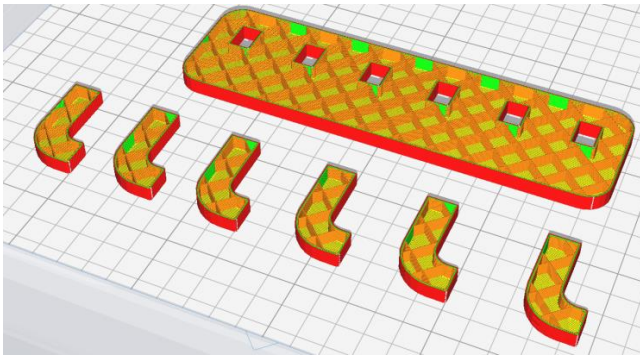


Рис. 8. Плоская поверхность для печати детали под углом

В основании предусмотрены квадратные отверстия, в которые будут вставляться крючки. Вместо цилиндрической формы предпочтение отдается прямоугольному сечению с фасками. Это также позволяет упростить попадание в пазы на основании. Для того, чтобы крючки вошли в отверстия, необходимо точно понимать допуски вашего принтера, либо допускать возможную последующую

механическую постобработку. Данные решения на этапе дизайн-проектирования обеспечивают изделию прочность и долговечность.

Заключение

На этапе дизайн-проектирования любого изделия необходимо понимать особенности его производства конкретным методом. Нельзя допускать игнорирование производственного процесса.

При использовании технологии FDM печати, необходимо:

- Учитывать конструктивные особенности исходной модели;
- Прогнозировать ориентацию модели с учетом расположения слоёв печати для получения наиболее эффективного результата;
- Принимать необходимые дизайнерские решения, позволяющие адаптировать модель под данный метод (например, разделение модели на составные части).

Данные решения на этапе моделирования облегчают печать, обеспечивают изделию высокое качество изготовления, требуемую прочность и долговечность при малой затрате времени и материала.

Список использованных источников

1. Василенко Е.В., Мурадова В.В. 3D-печать и ее применение в дизайне // MODERN SCIENCE. – 2021. – № 7-2. – С. 39–42.

2. Смирнов, М.А. FDM-технология: особенности применения, преимущества, недостатки / М.А. Смирнов, Н.О. Рыбкин, О.Л. Ксенофонтова // Сборник научных трудов вузов России "Проблемы экономики, финансов и управления производством". – 2021. – № 48. – С. 115-122.

3. Кондрашов С.В., Пыхтин А.А., Ларионов С.А., Сорокин А.Е. Влияние технологических режимов FDM-печати и состава используемых материалов на физико-механические характеристики FDM-моделей (обзор) // Труды ВИАМ. – 2019. – №10 (82). – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-tehnologicheskih-rezhimov-fdm-pechati-i-sostava-ispolzuemyh-materialov-na-fiziko-mehanicheskie-harakteristiki-fdm-modeley

4. 3D печать и моделирование: основы, применение и будущее // Научные Статьи.Ру – портал для студентов и аспирантов. – Дата последнего обновления статьи: 05.11.2023. – URL: https://nauchniestati.ru/spravka/3d-pechat-i-modelirovanie/

5. Трошин А.А., Захаров О.В. Обзор технологических возможностей FDM-3D принтеров // Современные материалы, техника и технологии. – 2020. – № 1 (28). – С. 61-65.

6. Аддитивные технологии в современном искусстве и дизайне // 3D week. – URL: https://3d-week.ru/additivnye-tehnologii-v-sovremennom-iskusstve-i-dizajne/.

ДИЗАЙН-ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОМПЛЕКТА ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ ДЛЯ ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Плещинская А.И.[1], Васильева М.О.[2]
[1]ТПУ ИШИТР ОАР, гр. 8Д11, e-mail: Aip29@tpu.ru
[2]ТПУ ИШИТР ОАР, старший преподаватель, e-mail: vasilevamo@tpu.ru

Аннотация

Данная статья рассматривает проблему зонирования помещения с помощью различных световых сценариев. В публикации исследованы современные источники света, проведен анализ характеристик и формы ламп, а также предложено проектное решение комфортного светосценария и конструкция светильников.

Ключевые слова: световой сценарий, концепция, формообразование, эргономика светильников, источники искусственного света.

Введение

В настоящее время дизайн световой среды является актуальной задачей. Организация комфортного света благотворно влияет на зрительную работу, определяет эмоциональное восприятие окружающего мира, стабилизирует рабочие процессы, обеспечивая психологический настрой. Проектирование светового оборудования для создания определенных светосценариев остается приоритетным направлением в промышленном производстве. Главной целью работы является создание комплекта светильников, которые станут элементом локального освещения в жилых помещениях и общественных пространствах.

Основная часть

В процессе разработки художественного образа комплекта светильников были задействованы следующие методы проектирования: метод ассоциации, эмпирический, экспериментальный, инженерный, экспертный, имитационный, макетирование.

Свет является основным инструментом в создании атмосферы внутренних пространств, подчеркивает, выделяет фактуры поверхностей и раскрывает его. Освещение выявляет архитектонику интерьера в целом и обеспечивает её восприятие [1]. Изменяя направление освещения, можно создавать визуальные иллюзии: увеличить размер комнаты, разделить или объединить пространство.

Освещение может быть разделено на 4 основных типа:

1. Общий свет, который дает хорошее пространственное освещение.

2. Местное (акцентное) освещение для подчеркивания какой-то области.

3. Направленное освещение, которое выдвигает что-либо на передний план.

4. Драматургическое освещение, которое настраивает на определенные эмоции.

Комплект разрабатывается для освещения жилых комнат, комнат отдыха, таких как спальни и гостиные, небольшие холлы, фойе, а также залы кафе и кофеен. Для таких помещений стоит выбирать теплый, приглушенный свет, который не будет раздражать и будет способствовать комфортному восприятию людей, находящихся в помещении.

За основу концепции была взята форма Сатурна, в соответствии с рис. 1.

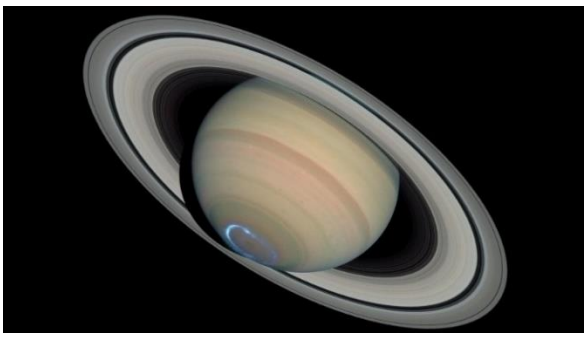


Рис. 1. Изображение планеты Сатурн

Идея определяется в создании иллюзорного эффекта светового шара «левитирующего» в воздухе, при помощи зеркальной поверхности, отражающей половину шара и образуя тем самым цельную форму. Для организации светосценария возможно использовать направленность света и свойства отражающих поверхностей.

Исследования показали, что в помещениях для отдыха и гостиных лучше избегать резкого откровенного света. Однако, должен присутствовать источник направленного света для таких занятий, как чтение, рукоделие и т.п. Согласно требованиям, СНиП 52.13330.2011, степень освещенности для спален и гостиных должна составлять 150 Лк, а для общественных пространств по типу ресторанов и кафе – 200 Лк.

Установлено, что наиболее привычными являются синие оттенки света (свет неба, освещение на больших высотах) или свет со смешением в желтизну (поздний или ранний дневной свет) [2].

Для общего и местного освещения могут быть использованы источники света с цветовой температурой от 2400 К до 6800 К. Теплый белый свет находится в диапазоне 2700-3200 кельвинов, дневной белый – 3500-4500, белый – 5000-6000, холодный белый 6000-8000.

Интенсивность ультрафиолетового излучения в диапазоне длин волн 320-400 нм не должна превышать 0,03 Вт/м2. Наличие в спектре излучения длин волн менее 320 нм не допускается, согласно СНиПу 23-05-95 и ГОСТу 19190–84.

Для искусственного освещения следует использовать энергоэффективные источники света, отдавая предпочтение при равной мощности источникам света с наибольшей световой отдачей и сроком службы. Это может быть также важно для ламп, расположенных в потолочных люстрах, поскольку замена лампы в таком источнике освещения предполагает наибольшее затруднение.

Искусственные источники света бесконечно разнообразны, они могут иметь отражатели, рассеиватели, лампы различного типа, мощности и светоотдачи, в соответствии с таблицей 1.

Таблица 1

Анализ – сравнение ламп.

Наименование	Цветовая температура, К	Энергоэф-фективность, Lm/Вт	Цветопередача	Срок службы (часов)	Температурный режим окружающей среды, °С	Наличие вредных веществ/ультрафиолетовое излучение
Люминесцентная лампа	2700-6000	60-90	70-80	10000-15000	+5…+30	Есть Высокое
Светодиодная лампа	2800-10000	100-150	75-95	50000-100000	-40…+60	Нет Нет
Натриевая лампа	2000	80-120	25	20000	-30…+50	Есть Очень высокое

Согласно проведенному анализу, можно выделить наиболее подходящий источник искусственного света по разным категориям. В категории «цветовая температура» наибольший диапазон имеет светодиодная лампа, что позволяет добавить в конечный объект функцию регулировки температуры. Обычная лампа накаливания имеет очень теплый свет, как галогеновая и натриевая лампы. Ртутная лампа слишком голубая и не входит в предполагаемый диапазон. Люминесцентная лампа, как и светодиодная, обладает широким цветовым диапазоном.

У ламп накаливания (обычная и галогеновая) низкая энергоэффективность, по сравнению с ртутной лампой. Лампы типа люминесцентной, натриевой и светодиодной отличаются самым высоким показателем в этой категории.

В категории «цветопередача» лидирующую позицию занимают лампы накаливания и светодиодные, натриевые находятся на самой нижней позиции.

Наименьший срок службы у обычных ламп накаливания, соответственно, её придется чаще заменять, чем все остальные. Наибольший срок службы у светодиодной лампы.

Самым низким температурным диапазоном обладают люминесцентные лампы, самым высоким – светодиодные, однако, представленный диапазон всех ламп удовлетворяет температурному диапазону, который может быть в жилом помещении.

У натриевых и ртутных ламп присутствует высокий процент ультрафиолетового излучения, у светодиодных ламп оно отсутствует. Во всех лампах, кроме ламп накаливания и светодиодных, содержатся вредные вещества.

Утилизация является одним из ключевых принципов выбора ламп. Светодиодные лампы и лампы накаливания можно выбрасывать с обычным мусором, они не содержат вредных веществ для людей и относительно безопасны для окружающей среды. Однако в светодиодных лампах присутствуют элементы, которые могут быть отделены и переработаны. Люминесцентные лампы необходимо обязательно сдавать на переработку, сбором таких ламп занимаются управляющие компании. Ртутные и натриевые лампы очень токсичны и принимаются на переработку только специальными организациями, что усложняет их утилизацию.

Для структуризации информации был проведен swot-анализ, по результатам которого 1 место занимает светодиодная лампа, 2 место – натриевая, 3 – люминесцентная, 4 – галогенная, 5 – ртутная и 6 – обычная лампа накаливания.

Таким образом, наиболее оптимальный вариант – светодиодная лампа, однако, итоговый выбор зависит от того, какие критерии, согласно концепции, будут стоять на 1 месте при выборе источника освещения.

В результате рассмотрения характеристик различных аспектов и специфики форм ламп, очевиден выбор источника освещения и разработки предполагаемого светосценария. Возникает понимание начала этапа формообразования и подбора материалов.

Как выше было сказано, за основу концепции плафона комплекта светильника была взята форма Сатурна. Иллюзию шара создает половина сферы, которая крепится к круглой пластине. Композицию общей формы боковой проекции шара подчеркивает дугообразная трубка, что демонстрирует ключ на рис. 2.

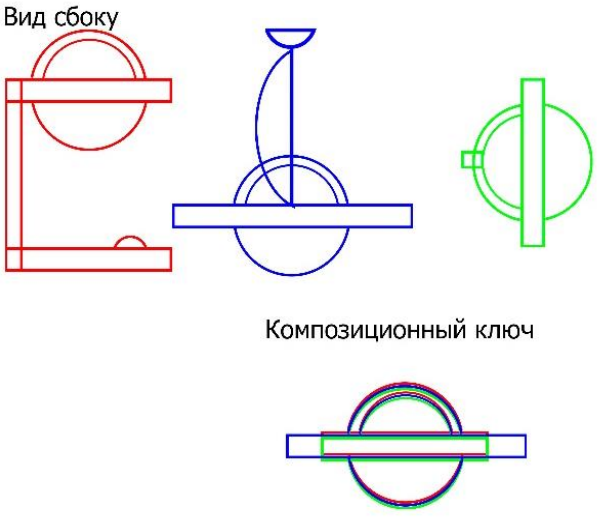


Рис. 2. Композиционный ключ

Такая форма обусловлена, во-первых, выбранным художественным образом объекта, во-вторых, попыткой упрощения формы объекта, в-третьих, восприятие округлых контуров формы требуют меньше когнитивных усилий её понимания, чем объектов с острыми углами и гранями.

Эффект подвисшего в воздухе шара создаётся за счёт отражения. Зеркало имеет идеально гладкую поверхность, что позволяет ему не поглощать, а отражать свет. Отражение формируется благодаря слою амальгамы, который преломляет лучи света.

Для создания верхней дуги используется метод гибки профильной металлической трубы диаметром 10 мм. Плафон представляет собой закрытую конструкцию в форме полукруга диаметром 200 мм, такая форма плафона помогает создавать мягкий рассеянный свет. Для создания плафона может быть использовано стекло и метод литья стекла под давлением. Плафон крепится к пластине при помощи резьбы. Для нарезания резьбы используют резцы разной конструкции. Наружная резьба выполняется при помощи резца, напоминающего отрезной, внутренняя – инструментом с повернутой на 90° твердосплавной напайкой. Круглая пластина, представляющая собой основание может быть выполнена из разных материалов: металл, пластик. Могут быть использованы листы пластика или металла толщиной 10 мм. Круг из листа может быть вырезан на ЧПУ станке. Отверстия в фанере могут быть вырезаны при помощи специальной насадки на дрель или корончатого сверла. Для скругления углов металла используются шлифовальные станки. Для создания зеркальной поверхности может быть использована самоклеящаяся зеркальная пленка или зеркальная краска. Для подвода электричества может быть использован стандартный патрон для ламп цоколя Е27 или GX53, высотой до 50 мм в случае с настольной и настенной лампами. Для потолочного варианта может быть использована готовая конструкция с креплением к потолку полукруглого вида, с длиной провода от 0,25 метров. Поворотный механизм представляет собой стандартную фурнитуру из цилиндра и пластины для крепления к основанию – пластине, для этого в ней предусмотрено сглаживание. Телескопический механизм представляет собой стандартную конструкцию, представленную в штативах и радиоантеннах. Основание настольной лампы может быть отлито из пластика, для устойчивости внутрь помещается утяжелитель диаметром до 190 мм, весом около 650 г. Элемент управления представляет собой стандартную конструкцию клавишного переключателя круглой формы. Для крепления используются болты М10х15, М6х15, винты М4х15 мм.

Для выполнения прототипа может использоваться фанера с учётом размеров отверстий, но без резьбы.

Для того, чтобы прототип настольного светильника мог быть изготовлен с использованием листов фанеры, конструкция может быть немного видоизменена. Плафон делается несъемным, поскольку на фанере сложно нарезать резьбу, смена лампочки производится через верхний отсек, в соответствии с рис. 3.



Рис. 3. Механизм смены лампочки

Цветовое решение объектов подобрано на основе аналоговой схемы по цветовому кругу Иттена, в соответствии с рис. 4. Цвета примерно повторяют цветовую гамму Сатурна.

В случае, если в качестве материалов используется металл, окрашивание может происходить с помощью технологии порошковой покраски. Пластиковые изделия приобретают цвет уже на этапе литья. Окраска фанеры производится автоматизированным путём с помощью конструкции, напоминающей большие валики.

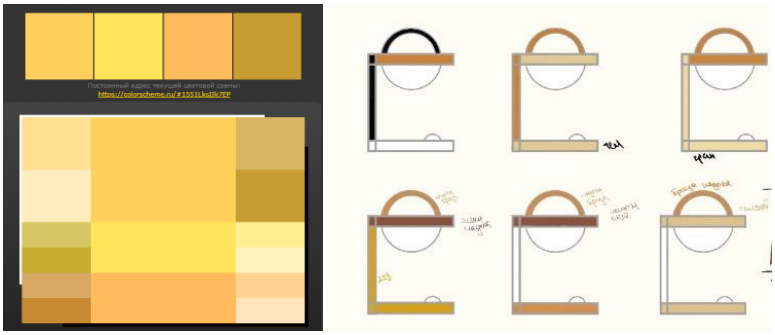


Рис. 4. Цветовое решение

Плафоны светильников имеют полукруглую форму и полупрозрачный внешний вид, что позволяет создавать рассеянный свет. У настольного светильника присутствует полукруглая ручка, позволяющая поворачивать светильник на 180°, в соответствии с рис. 5.

Телескопическая ножка настольного прибора позволяет выдвигать лампу на высоту до 400 мм. В формате концепции предполагается, что на втором кольце плафона будут располагаться светодиоды для перевода светильника в режим ночника.

Зеркальная поверхность на внутренней пластине создает визуальный эффект цельного шара.

Замена лампочки производится с помощью выкручивания плафона.

Для светильника может быть использована лампа цоколя E27, мощностью 10 Вт, световым потоком 800 Лм или GX53, мощностью 10 Вт, световым потоком 1000 Лм, с цветовой температурой 4000К.



Рис. 5. Поворот светильника

Настенный и потолочный светильник имеют похожую конструкцию, за исключением того, что в них отсутствует возможность поворота плафона. Смена лампы происходит идентичным образом, что и в настольной. Для зоны отдыха необходимы лампы мощностью от 12 до 15 Вт на кв.м.

Не возникает трудностей при замене ламп и обслуживании светильников. Процессы регулировки положения источника света и высоты светильника, включения, выключения и перевода в режим ночника, представлены схематично на рис. 6. (голубой цвет соответствует антропометрическим признакам кисти рук мужчины 95-го перцентиля, жёлтый – женщине 5-го перцентиля.)

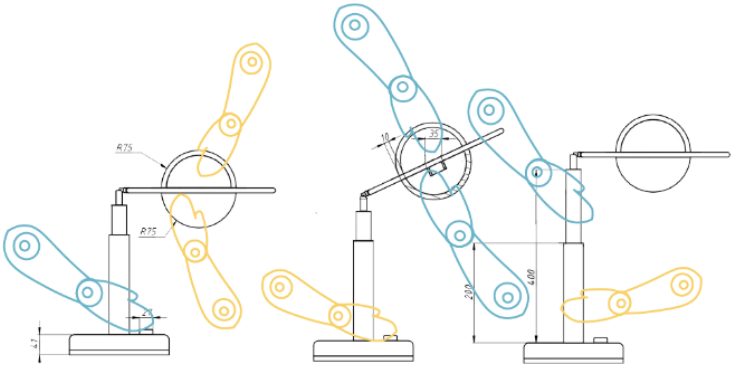


Рис. 6. Взаимодействие человека с объектом

Поскольку свет – главный художественно-выразительный и функциональный инструмент, светильники должны адаптироваться в интерьер по внешнему виду и по световому сценарию, который они образуют. На рис. 7 представлен пример генерации комплекта в стилистику ретро футуризма. Адаптивность форм плафонов даст возможность применить их и в других стилистических решениях.



Рис. 7. Светильники в интерьере

Заключение

В результате был разработан комплект светильников, которые выполняют функцию зонирования и являются элементами локального освещения, а также элементами декора.

Кроме того, объекты получились универсальными, подходящими для любого интерьера и помещений разного назначения: от жилых до общественных.

Список литературы:

1. Соррел К. Пространство и свет в современном интерьере. – Кладезь букс, 2007. – 137 с.
2. Луизов А.В. Цвет и свет. – Энергоатомиздат, 1989. – 256 с.
3. Килпатрик Д. Свет и освещение. – М.: Мир, 1988. – 223 с.
4. Рунге В.Ф., Манусевич Ю.П. Эргономика в дизайне среды: Учебное пособие / В.Ф. Рунге, Ю.П. Манусевич; под ред. Шимко Владимира Тихоновича — 2-е изд., дополненное — М.: Архитектура-С, 2016 — 328 с.: ил.
5. Норман Д. дизайн привычных вещей. – М.: МАНН, ИВАНОВ И ФЕРБЕР, 2013. – 497 с

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИИ ПО 3Д МОДЕЛИРОВНИЮ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ТВОРЧЕСКИЙ РАБОТ В 3Д ГРАФИКЕ

Н.И. Рашитов[1], А.В. Шкляр[2]
[1]ТПУ ИШИТР ОАР, студент гр. 8Д11, e-mail: tpu@tpu.ru
[2]ТПУ ИШИТР ОАР, доцент, к.т.н. e-mail: shklyarav@tpu.ru

Аннотация

Статья посвящена анализу программ по 3Д моделированию для создания творческих работ, исходя из определенных критерии.

Ключевые слова: 3Д моделирования, творчество, искусство, инструменты, программное обеспечения, полигоны.

Введение

В настоящий момент 3D-моделирование является неотъемлемой частью современного мира, в программах для 3д моделировании создают множество объектов, как промышленного характера, по типу машиностроения, архитекторы, медицины, так и художественное произведение, кино, игры, иллюстрации и многое другое для создания творчества. существуют множество инструментов, от традиционных по типу письменности, музыки, и живописи, до современных цифровая живопись, кино и игровой индустрии, В данной статье рассмотрим, что такое творчество в обширном понимании, а также в конкретной ситуации, а именно в 3Д графике, что такой инструмент как 3Д моделирования, считается ли оно творчеством, если его создатели физики и программисты, также в данной статье проведен сравнительный анализ программ для 3Д моделировании, какая из них подходит для создания творчества.

Описание алгоритма

Что такое творчество. Творчество – это процесс или акт создания чего-либо нового, оригинального и выразительного. Оно может проявляться в различных областях жизни, включая искусство, науку, литературу, музыку, технологии и многие другие. В творческом акте человек привносит свою уникальность, воображение, эмоции и интеллектуальные способности, чтобы придумать, создать или преобразить что-то новое [1].

Творчество в субъективном понимании – это процесс генерации идей, концепций и форм образного мышления. Это способность соединять и переосмысливать уже существующие идеи и концепции, а также создавать новые связи между ними, что позволяет получать оригинальные результаты. В творчестве возможна экспериментами, рискованнее и инновационный подход к решению задач. Творчество исходит из самого глубокого ядра человеческого существования - нашей способности мыслить, воображать и создавать смысл. Возникающие идеи, концепции или произведения искусства могут быть вдохновлены эмоциями, впечатлениями, опытом, общением с другими людьми, а также природными явлениями и окружающей средой. Творчество может возникнуть из необходимости решить проблему, из желания выразить свои мысли или просто из желания познать и исследовать новые грани бытия. СБЭ может также развиваться у людей, работающих за компьютерами из-за: использование не эргономичных объектов; повторяющиеся движения; неправильная поза; недостаточное разнообразие движений; эргономика рабочего места; давление на локоть [2].

Программное обеспечения по 3Д моделированию для создание творческих работ в 3Д графике. В мире современных технологий 3D моделирование занимает особое место в креативных отраслях и индустрии. Эта техника позволяет создавать виртуальные объекты и сцены, которые выглядят реалистично и уникально. Благодаря программному обеспечению для 3D моделирования, творческие процессы стали более доступными и эффективными. Одним из аспектом анализа стала ограничения, поскольку каждая программа имеет инструменты для создания 3Д графики, а инструменты имеют свойства ограничения, а именно ограничения в своих использования, возможность менять функции внутри самого инструмента, снимает эти ограничения, и создает разнообразные аспекты к созданию новых инструментах, не важно полностью с нуля или же брать уже существующие инструменты. К таким типам относятся ноды или же способ программирования этих нод обычно используется для

обозначения элементов или компонентов модели, которые имеют определенные свойства или функциональность. В различных программных пакетах для 3D. В некоторых программах, таких как Blender или Maya, "нода" может представлять собой графический элемент, который содержит информацию о положении, преобразованиях, материалах и других атрибутах объекта в 3D сцене. Эти ноды могут быть связаны между собой, чтобы формировать иерархию объектов, и они могут быть настроены через графический интерфейс или программирование, а также визуальное программирование очень распространённо в Houdini — это подход к созданию и управлению компьютерной графики и спецэффектами с помощью графического интерфейса вместо традиционного написания кода. Houdini предлагает мощный инструментарий для создания и анимации трехмерных моделей, визуальных эффектов и симуляций. Преимущество визуального программирования в Houdini заключается в том, что оно позволяет создавать сложные процедурные эффекты в удобном и интуитивном графическом интерфейсе. Вместо того, чтобы писать код, вы можете соединять готовые узлы (node) и настраивать их параметры, что упрощает процесс создания сложных эффектов и сокращает время разработки. Houdini также обладает возможностями для работы с процедурной генерацией, что означает, что вы можете создавать модели, текстуры, анимации и другие элементы с помощью алгоритмов и параметрических подходов. Это позволяет создавать повторяемые и вариативные результаты, а также легко изменять параметры процедур для получения разных визуальных эффектов [3].

Autodesk Maya. Одной из самых универсальных программ для 3D-моделирования, которые я могу предложить, является Autodesk Maya. Вот несколько причин, по которым я считаю ее такой: Большой функционал: Autodesk Maya предлагает широкий спектр инструментов и возможностей для создания разнообразных 3D-моделей. Она поддерживает моделирование, анимацию, визуализацию, симуляцию и многое другое. Эта программа имеет все необходимые инструменты для работы как с научно-техническими моделями, так и с креативными проектами.

Индустриальный стандарт: Autodesk Maya является одной из наиболее популярных программ для 3D-моделирования и широко используется в различных отраслях, включая анимацию, киноиндустрию, игровую разработку и архитектурное проектирование. Большое количество профессиональных художников и дизайнеров предпочитают работать именно с этой программой.

Гибкость и расширяемость: Autodesk Maya предоставляет возможность расширить ее функциональность с помощью плагинов и сценариев. Это позволяет пользователям настраивать программу под свои индивидуальные потребности и интегрировать ее с другими инструментами и процессами в их рабочем процессе [4].

Хотя Autodesk Maya может быть сложной для начинающих пользователей, она обладает огромным потенциалом и мощными инструментами для профессиональной работы. В конечном счете выбор программы для 3D-моделирования зависит от конкретных потребностей и предпочтений пользователя, но я считаю, что Autodesk Maya представляет собой одну из самых универсальных и функциональных программ в этой области [5].

Главный аспект в этом сравнительном анализе является универсальность, то есть со минимизирования ограничения и скудность инструментов в творческом моделировании. В последнее время такая программа является Autodesk Maya Подушка с амортизацией, обеспечивает комфортное и мягкое опорное положение для запястья. Это снижает давление на суставы и предотвращает избыточное нажатие на мягкие ткани. Подушка должна иметь размер и форму, соответствующие анатомии руки и запястья, чтобы обеспечить оптимальную поддержку и предотвратить изгибание и искривление.

Заключение

3D моделирования это всего лишь инструмент к созданию модели, алгоритмов, объектов, программ, эффектов и т. д. Суть таких программ — это кроссплатформенность, когда один проект возможность перенести в другой без каких-либо трудностей, а также программы должны давать пользователю к экспериментам со своими инструментами возможность изменять исходные значения для создания чего-то нового. Такая программное обеспечение большее в степени обладает Houdini. Данная программа обладает всеми перечисленными функциями, которая имеет каждая программная обеспечения, такие как моделинг, рендеринг, текстурирования, создание скриптов, нодов, освещении, анимации, процедурное моделирования, возможность редактирования их на исходных значениях внутри кода, и создает творческую свободу, но Houdini также имеет минус своих функции, это язык

програмирования VEX - это высокопроизводительный язык выражений, используемый во многих местах в Houdini, например, для написания шейдеров. Данный язык построен на C++, в основе VEX лежит концепция эффектов, которые представляют собой модули поведения, описывающие взаимодействие с внешним миром. Эффекты могут быть комбинированы и композированы, чтобы создавать сложное и многообразное поведение системы, из-за изучения нового языка визуального программирования программа Houdini является сложным профессиональном пакетом, но возможности данной программы безграничны. Проделанное исследование поможет художникам, дизайнерам и архитекторам сделать информированный выбор программного обеспечения для 3D-моделирования, учитывая их индивидуальные потребности и требования для создания уникальных и впечатляющих трехмерных моделей. Также в ходе работы для презентационного материала было создано видео контент для наглядного представления исследовательской работы [6].

Список использованных источников

1. Творчество – создание человеком новых ценностей во всех сферах жизнедеятельности [Электронный ресурс] Электрон. текстовые дан. – Режим доступа: https://veryimportantlot.com/ru/news/blog/chto-takoe-tvorchestvo - свободный (дата обращения: 08.12.2023)

2. Керлоу, Айзек В. Искусство 3D-анимации и спецэффектов / Текст и дизайн: Айзек В. Керлоу ; [пер. с англ. Е. В. Смолиной]. - Москва : Вершина, 2004 (ГП Моск. тип. j 13.). - 465, [1] с. : ил., табл., цв. ил.; 22 см.; ISBN 5-94696-071-7 (в обл.)

3. Watt A. 3D Computer Graphics. – Alan Watt. Publisher: Addison-Wesley, 1993. – 188 p.

4. Palamar T. Mastering Autodesk Maya 2016. – Todd Palamar. Publisher: Sybex, 2015. – 336 p.

5. 3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ: НАУКА И ИСКУССТВО [Электронный ресурс] Электрон. текстовые дан. – Режим доступа: https://www.3dpulse.ru/news/3d-wiki/3d-modelirovanie-nauka-i-iskusstvo/ (дата обращения: 09.12.2023)

6. Трёхмерное искусство [Электронный ресурс] Электрон. текстовые дан. – Режим доступа https://cameralabs.org/5583-trjokhmernoe-iskusstvo (дата обращения: 09.12.2023)

МУСОРНЫЕ БАКИ КАК ЭЛЕМЕНТ ГОРОДСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ: ДИЗАЙН И ИНТЕГРАЦИЯ В АРХИТЕКТУРУ

Рудаченко В.В.[1], Давыдова Е.М. [2]
[1]ТПУ ИШИТР ОАР, 8Д11, e-mail: vvr@tpu.ru
[2] ТПУ ИШИТР ОАР, ст. преподаватель, e-mail: davydova@tpu.ru

Аннотация

Исследование направлено на оценку влияния интеграции мусорных баков в малые архитектурные формы, которое позволяет не только обеспечить удобство использования, но и сохранить эстетику и функциональность места.

Ключевые слова: мусорные контейнеры, архитектура, концепция, влияние, интеграция.

Введение

Роль мусорных контейнеров в городской инфраструктуре и их дизайн приобретают особую важность в контексте развития современных городов. Управление отходами становится ключевым аспектом урбанистического планирования, а дизайн контейнеров влияет на общий облик городской среды. Отсутствие соответствия между архитектурой и дизайном мусорных контейнеров может негативно отразиться на визуальной целостности города.

Более того, в условиях увеличивающегося экологического сознания управление отходами становится важным инструментом для уменьшения негативного воздействия на окружающую среду. Интеграция мусорных контейнеров в городскую среду с учетом архитектурных особенностей способствует формированию более устойчивых и экологически ответственных городов.

Роль мусорных контейнеров в городской инфраструктуре

Мусорные контейнеры разнообразны по размерам, материалам и функциональности. Их классификация и маркировка по типам отходов упрощают сортировку и переработку. Изготавливаются из металла и пластика, а цветовое кодирование способствует экологическому сознанию. Регулируемый объем контейнеров оптимизирует эффективность сбора и утилизации отходов [1].

В рамках исследования проанализированы различные стандартизированные мусорные контейнеры, применяемые в разных странах мира. Такие контейнеры не являются аспектом, улучшающим внешний вид города, а на против портящим его, делая улицы не эстетичными и привлекают к себе внимание, показывая не с лучшей стороны. Большинство из них также неудобны в использовании, что может оказывать негативное воздействие на экологическую ситуацию. Кроме того, отмечается отсутствие системы сортировки мусора по различным типам материалов для удобства переработки.

Улучшение дизайна и интеграции мусорных контейнеров в городскую среду имеет ключевое значение для повышения качества жизни горожан, улучшения общего визуального облика города и создания эффективной системы управления мусором. Эти меры способствуют формированию более гармоничной и функциональной городской среды [1].

Дизайн мусорных контейнеров имеет значительное значение для комфорта и эстетики городской среды. Он должен соответствовать стилю застройки, с учетом эргономичных форм и применения долговечных материалов, устойчивых к погодным условиям. Эффективное использование пространства и гармоничные цветовые решения важны для создания приятного визуального восприятия. Декоративные элементы могут улучшить внешний вид, при условии их функциональности и устойчивости. Такой подход объединяет эргономику, функциональность, стиль и оптимизацию пространства [2].

Разработка нового дизайна мусорных баков может эффективно решить ряд текущих проблем, включая обслуживание, дезинфекцию и противостояние нелегальному выбросу мусора. Такие проекты не только улучшают внешний вид города, но и способствуют повышению удобства и функциональности для жителей и посетителей.

Внедрение устойчивых инноваций в дизайн и методы интеграции мусорных контейнеров в городскую среду становится все более важным в условиях растущей урбанизации и стремлений к охране окружающей среды. Эти инновации не только улучшают управление отходами, но также

способствуют созданию экологически устойчивых и привлекательных городских пространств. Различные методы и решения направлены на минимизацию негативного воздействия мусорных контейнеров и формирование городов будущего, ориентированных на устойчивое развитие.

Зеленые технологии, или greentech, представляют собой экологически безопасные технологии, производственные процессы и цепочки поставок, решающие проблемы в области переработки отходов, использования альтернативных источников энергии и другие экологически важные задачи. Эти инновации охватывают различные сферы, такие как биологическая очистка воды, генерация энергии из гидро- и солнечных источников, зеленые информационно-коммуникационные технологии (ИКТ), а также методы переработки органических отходов с целью их вторичного использования [3].

Интеграция мусорных баков в архитектурную среду может быть достигнута через использование инновационных дизайнерских решений. Это включает в себя выбор материалов, которые гармонично сочетаются с окружающей застройкой, а также разработку функциональных и удобных для использования мусорных контейнеров.

Психология восприятия архитектуры исследует психологические аспекты проектирования и использования архитектурных сооружений. Эта область занимается изучением восприятия пространства, взаимосвязи структуры и качеств среды с человеческой деятельностью и поведением, а также развитием коммуникации в различных ландшафтных условиях.

Для успешной интеграции мусорных баков в архитектурную среду необходимо изучить гармонии между функциональностью, дизайном и общим эстетическим восприятием окружающей среды. Следуя вышеуказанным рекомендациям, можно сформировать более устойчивую и визуально приятную городскую обстановку [4].

Важно учитывать, что успешная интеграция мусорных контейнеров в архитектурную среду требует внимательного изучения всех аспектов, начиная от их функциональности и дизайна и заканчивая общим эстетическим восприятием окружающей среды. Таблица 1 представляет обзор различных концепций и методов интеграции мусорных баков в архитектурную среду, облегчая выбор оптимального подхода для создания более устойчивой и приятной городской обстановки.

Таблица 1

Концепции и методы интеграции мусорных баков в архитектурную среду

Концепция / Метод	Описание	Преимущества
Подземные контейнеры	Контейнеры размещаются под землей, видны лишь отверстия для сброса мусора.	Сохранение эстетического вида, чистота улиц.
Скрытые контейнеры в архитектуре	Интеграция контейнеров в архитектурные элементы, сохранение гармонии визуального облика.	Сочетание функциональности и дизайна.
Умные контейнеры	Автоматический мониторинг уровня заполнения, оптимизация сбора мусора.	Эффективное использование ресурсов, сокращение затрат.
Арт-проекты с использованием контейнеров	Превращение контейнеров в объекты искусства, визуальное обогащение городской среды.	Мотивация граждан заботиться об окружающей среде.
Цветовые и декоративные решения	Окраска и украшение контейнеров, соответствие окружающей среде.	Визуальное улучшение и интеграция.
Образовательные элементы	Информационные панели о важности утилизации, повышение экологической осведомленности.	Поддержание осознанности и ответственности.

Таблица используется для систематизации информации и выбора оптимального подхода к интеграции мусорных баков в городскую среду с учетом их визуального воздействия, функциональности, эффективности использования ресурсов и образовательного потенциала.

Важным аспектом, подчеркивающим необходимость информации о мусорных контейнерах, является тесная взаимосвязь между интеграцией мусорных контейнеров и строящимся

мусоросортировочным заводом в Сибири. Учитывая, что такой завод планируется построить в Томской области, важно распространять информацию об эффективной интеграции мусорных контейнеров в городскую инфраструктуру. Это позволит эффективно сортировать отходы на уровне домохозяйств и пунктов сбора, будет способствовать успешной работе мусоросортировочных комплексов и обеспечит устойчивость и экологическую эффективность управления отходами на местах. Информационная осведомленность формирует основу для эффективной экологической культуры и вносит значительный вклад в успешное развитие систем управления отходами граждан. [5]

Результаты

В исследовании, посвященном эффективной интеграции мусорных контейнеров в городскую среду, были определены основные вопросы, которые должны обеспечить гармонию, удобство и экологическую устойчивость. На этой основе сформулированы рекомендации, учитывающие как визуальные, так и функциональные характеристики мусорных контейнеров.

Гармоничный дизайн контейнеров играет важную роль, их форма и цвет должны гармонировать с общим стилем застройки, но в то же время они не должны привлекать излишнего внимания. Предлагается концепция функциональности, в которой на первый план выходит простота использования. Дизайн должен быть понятным и полезным для всех возрастных групп.

Интеграция систем сортировки отходов направлена на поддержание экологической устойчивости. Разделение контейнеров по типам отходов облегчает последующую переработку. Кроме того, расположение контейнеров играет важную роль в эффективной интеграции. Расположение контейнеров должно учитывать потоки людей и их ежедневные маршруты и не допускать заторов в зонах разделения.

Интеграция мусорных контейнеров в ландшафт также важна для создания приятного визуального впечатления. Добавление зеленых насаждений и природных элементов вокруг урн может помочь интегрировать урны в окружающую среду. Размещение образовательных элементов, таких как информационные плакаты рядом с контейнерами, может повысить осведомленность населения о правилах разделения отходов и важности вторичной переработки. Не менее важно наладить систему регулярного обслуживания, чтобы поддерживать внешний вид контейнеров, предотвращать появление неприятных запахов и обеспечивать их бесперебойную работу [6].

Таким образом, интеграция мусорных баков в окружающую среду требует целостного подхода, учитывающего не только визуальные аспекты, но и функциональность, удобство использования и экологическую устойчивость.

Заключение

Исследование, посвященное эффективной интеграции мусорных контейнеров в городскую среду, подчеркивает важность учета различных аспектов, включая визуальное воздействие, функциональность, удобство использования и экологическую устойчивость. Разработанный дизайн мусорных контейнеров, представленный на рис. 1, получил гармоничный дизайн, соответствующий архитектурным формам города, совмещенный с оптимальным размещением и образовательными элементами, способствует не только удобству использования, но и формирует осведомленное общество, которое более ответственно относится к сортировке и переработке отходов.



Рис. 1. Мусорные контейнеры для интеграции в городскую среду

Кроме того, сохранение визуального городского пространства, включая исторические улочки, остается важным аспектом при интеграции мусорных контейнеров. Таким образом, поддержание

баланса между эстетическими, функциональными и экологическими аспектами необходимо для успешной интеграции контейнеров в городскую среду.

Список использованных источников

1. Виды мусорных контейнеров, история их появления [Электронный ресурс]. – URL: https://www.vavilon.spb.ru/vidy-musornyh-kontejnerov-istorija/ (дата обращения 06.11.2023)

2. Суперсовременные мусорки XXI века [Электронный ресурс]. – URL: https://dzen.ru/a/Xi_xDD1faQCtQr1r (дата обращения 06.11.2023)

3. Что такое "зеленые технологии"? Как это работает, типы, внедрение и примеры [Электронный ресурс]. – URL: https://myqrcards.com/poleznye-statyi/tpost/en3rivttl1-chto-takoe-zelenie-tehnologii-kak-eto-ra (дата обращения 08.11.2023)

4. Роль ландшафтной архитектуры в формообразовании общественных пространств современного города [Электронный ресурс]. – URL: http://dspace.bstu.ru/bitstream/123456789/4018/1/10.%20Ярмош.pdf (дата обращения 06.11.2023)

5. Под Новосибирском планируют начать строительство мусоросортировочных заводов в 2023 году [Электронный ресурс]. – URL: https://tass.ru/ekonomika/15270019 (дата обращения 06.11.2023).

6. Нефедов В. А. Ландшафтный дизайн и устойчивость среды. – СПб., 2002. – 295 с.: ил.

СЛОЖНОСТЬ ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ 3D MAX ДЛЯ НАЧИНАЮЩИХ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ

Сарычева А.К.[1], Шкляр А.В.[2]
[1]ТПУ ИШИТР ОАР, 8Д11, e-mail: aks28@tpu.ru
[2] ТПУ ИШИТР ОАР, доцент, к.т.н., e-mail: shklyarav@tpu.ru

Аннотация

Исследование направлено на выявление основных проблем в использовании программы 3D's Max начинающими, и, на основе полученных данных, составление рекомендаций по их решению.

Ключевые слова обучение, 3D моделирование, освоение, анализ, рекомендации.

Введение

Программа 3D's Max является одним из самых популярных инструментов для создания трехмерной графики и анимации. Многие студенты, дизайнеры, архитекторы и художники стремятся освоить эту программу, но сталкиваются с трудностями из-за ее сложного интерфейса и большого количества функций.

Данная статья позволит выявить основные проблемы, с которыми сталкиваются начинающие пользователи 3D's Max, и предложить методики обучения и рекомендации по упрощению процесса освоения программы. Это может помочь улучшить образовательные программы по обучению 3D-графике и анимации, а также разработать новые подходы к обучению, которые будут более эффективными для новичков.

Кроме того, исследование сложности освоения 3D's Max может быть полезным для разработки новых инструментов и функций программы, которые упростят процесс работы для начинающих пользователей. Таким образом, данная тема имеет большое значение для образования, развития индустрии компьютерной графики и улучшения пользовательского опыта [1].

Описание программы 3D's max

3D's Max — это программное обеспечение для 3D-моделирования, визуализации и анимации, разработанное компанией Autodesk. Она предлагает широкий спектр инструментов для создания высококачественных 3D-моделей и анимации. Возможности и функции 3D's Max включают: моделирование, анимация, освещение и текстурирование, рендеринг.

Программа 3D's Max может использоваться в различных областях:

- Анимация и киноиндустрия: создание спецэффектов, анимационных и короткометражных фильмов.
- Игровая индустрия: создание 3D-моделей персонажей, объектов и игровых уровней.
- Архитектурное моделирование: визуализация архитектурных проектов, создание виртуальных туров по зданиям и интерьерам.
- Продуктовый и промышленный дизайн: Создание 3D-моделей продуктов, прототипов и концепт-артов.
- Рекламная индустрия: создание визуальных эффектов, рекламных роликов и анимации.

Таким образом, 3D's Max является универсальным инструментом для работы с 3D-графикой и может использоваться в самых разных отраслях, где требуется создание высококачественных 3D-моделей, анимаций и визуализаций [2].

Сравнительный анализ программ для создания 3D-моделей

Сравнительный анализ Inventor и 3D's Max позволяет выявить различия и сходства между этими двумя программами 3D-моделирования.

Inventor — это программа автоматизированного проектирования, разработанная специально для инженеров и дизайнеров, участвующих в разработке промышленных изделий. Основными задачами Inventor являются создание технических чертежей, проектирование и моделирование деталей и узлов, а также создание технической документации. Он предлагает широкий набор инструментов для работы с механическими деталями и интегрируется с другими программами управления проектами [3].

3D's Max - наиболее широко используемое программное обеспечение для 3D-моделирования и анимации в индустрии развлечений, включая визуализацию для игр, фильмов, рекламы и архитектурного дизайна. Основные возможности 3D's Max включают моделирование объектов, создание анимации, освещение, текстурные кольца и рендеринг.

Сравнительный анализ показывает, что Inventor ориентирован на машиностроительный сектор и предлагает широкий набор инструментов для работы с механическими деталями и создания технической документации. 3D's Max, напротив, ориентирован на создание визуальных эффектов и анимации и подходит для проектов в сфере развлечений и визуализации.

Выявление основных проблем при освоении программы у новичков

Анкеты или опросы — это метод сбора информации, при котором респондентам (участникам опроса) задают вопросы, чтобы выяснить их мнения, убеждения, предпочтения и опыт. Для исследования был проведен опрос среди студентов дизайнеров, начинающих пользователей программы 3D's max и проанализированы их ответы [4].

В первом вопросе про общую длительность работы в программе, большинство ответило, что они знакомы с 3D's max от 6 месяцев до года.

Во втором вопросе про основные трудности при работе с программой, большинство ответило, что они испытывают затруднения при работе с освещением и материалами.

В третьем вопросе про то, какие ресурсы помогли бы вам лучше освоить программу 3D's Max, большинство ответило про видеоуроки или краткие пособия.

В четвертом вопросе про наиболее сложные инструменты или функции программы, большинство ответило про визуализаторы.

В пятом вопросе про возможные улучшения обучающих материалов для изучения программы, большинство ответило про наличие пособий на русском языке и про удобные ветки панелей.

Исходя из проведенного опроса, были проанализированы ответы, которые сами участники опроса посчитали преградой для дальнейшего обучения в 3D's max.

Результаты

Согласно полученным результатам, пользователям 3D's Max, испытывающим трудности с созданием реалистичных эффектов, можно рекомендовать уделить больше внимания изучению основных законов физики. Часто новички не понимают принципов работы освещения, теней, отражений, текстур и других физических явлений и поэтому не понимают, как связаны ветви инструментов различных функций 3D's Max. Взаимосвязь между различными ветвями инструментов 3D's Max и принципами, лежащими в основе освещения, теней, отражений, текстур и других физических явлений, имеет решающее значение для понимания 3D-графики. Поэтому понимание физических явлений и принципов работы с ними в 3D's Max позволит новичкам создавать более реалистичные, качественные 3D-модели и эффективно использовать инструменты программы для достижения желаемых результатов.

Однако, что касается визуализаторов и работы с ними, могут действительно возникнуть объективные сложности в работе, например, недостаточная производительность оборудования.

Чтобы упростить работу, рекомендуется использовать визуализатор, такой как Arnold - фотореалистичный трассировщик лучей для трехмерной графики, широко используемый в 3D's max.

Arnold имеет очень простой интерфейс, позволяющий легко создавать и визуализировать собственные интерьеры с удобным управлением параметрами рендеринга. В отличие от растеризации, Arnold использует трассировку лучей для расчета освещения и отражений. Это позволяет более точно моделировать физические свойства света и материалов, такие как преломление, отражение и рассеивание. Одной из отличительных особенностей Arnold является его высокая производительность. Благодаря распределенным вычислениям время рендеринга сокращается до доли необходимого. Это означает, что сложные сцены и анимация могут быть отрисованы за меньшее время, и даже новички без мощного оборудования могут создавать высококачественные рендеры [5].

Многие респонденты указали, что программа имеет только английскую раскладку. В этом случае не стоит искать 3D's Max на русском или любом другом языке; изучение английского языка в контексте 3D's Max важно по нескольким причинам:

Доступ к ресурсам и учебникам: Большинство учебников по 3D's Max, видео уроков, документации и сообщества доступны на английском языке. Если вы владеете английским, у вас есть доступ к широкому спектру ресурсов для обучения и профессионального развития.

Работа с иностранными клиентами и коллегами: В индустрии 3D-визуализации вам придется работать с иностранными клиентами и коллегами. Знание английского языка облегчает общение, обмен идеями и понимание требований проекта.

Понимание терминологии и документации: многие термины, инструкции к программе и документация предоставляются на английском языке. Знание английского поможет вам лучше понять эти материалы и эффективно использовать их в своей работе.

Таким образом, знание английского языка в программе 3D's Max не только облегчает работу с программой, но и обеспечивает доступ к ценным ресурсам, улучшает коммуникацию в международной среде и повышает профессиональную компетентность пользователя. Поэтому новичкам рекомендуется активно и без сопротивления изучать иностранный язык и использовать его в своей работе.

В свете вышесказанного начинающим пользователям 3D's Max важно выбирать качественные видео уроки и руководства на английском языке, чтобы получить полезные знания и навыки.

Заключение

В заключении подчеркнуто, что в исследовании были выявлены реальные проблемы в освоении программы начинающих пользователей и предложены рекомендации по их устранению.

Исследование предлагает практические советы о том, как легче и быстрее освоить 3D's max. Полученные результаты могут быть использованы дизайнерами интерьеров и будущими профессионалами в области 3D-моделирования для обеспечения качественного обучения.

Список использованных источников

1. 3D's Max. История самого популярного 3д-пакета на планете [Электронный ресурс]. – URL: https://3d-lab.studio/magazine/tpost/kx7iz38fe1-3ds-max-istoriya-samogo-populyarnogo-3d (дата обращения 20.12.2023).

2. Сферы применения 3D max [Электронный ресурс]. – URL: https://dzen.ru/a/X7bJpLVDrHSAVW-C (дата обращения 10.12.2023).

3. Autodesk Inventor [Электронный ресурс]. – URL: https://autodesk.by/index.php/ru/mashinostroenie-i-proizvodstvo/inventor (дата обращения 20.12.2023).

4. Анкетирование как метод исследования – виды, правила составления, анализ результатов [Электронный ресурс]. – URL: https://www.prostudenta.ru/article-1517.html (дата обращения 20.12.2023).

5. Основные принципы работы рендера Арнольд [Электронный ресурс]. – URL: http://uroki-maya.ru/20/osnovnye-printsipy-raboty-rendera-arnold (дата обращения 20.12.2023).

ОБРАЗ ИНТЕРЬЕРА КОСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ В МИРОВОМ КИНЕМАТОГРАФЕ

Симанович Е.Е.[1], Кухта М. С.[2]
[1]ТПУ ИШИТР ОАР, студент гр. 8Д11, ees27@tpu.ru
[2] ТПУ ИШИТР ОАР, д. филос. н., профессор, kuhta@tpu.ru

Аннотация

В статье рассмотрены интерьеры космических станций и кораблей, представленных в различных произведениях мирового кинематографа. Выделены особенности и элементы, которые могли бы быть использованы при проектировании реальной космической станции.

Ключевые слова: интерьер, космическая станция, стиль, невесомость, фильм.

Введение

Цель работы – проанализировать интерьеры космических станций и кораблей в различных фильмах и выявить образы и приемы, пригодные для использования при проектировании интерьера реальной космической станции.

Основная часть

Проектирование интерьера космической станции – сложная задача, требующая внимания к ряду важных аспектов. Среди них эргономичное устройство пространства – человеку должно быть удобно не только просто находиться на станции, но и вести определенную трудовую деятельность при условии значительно ограниченного пространства и специфической позы, связанной с условиями невесомости [1]. Также важно организовать световой режим, который бы не нарушал циркадные ритмы человека, создать комфортное звуковое и цветовое пространство, для поддержания психоэмоционального состояния космонавтов [2]. Чтобы найти подходящие образы для создания такого сложного проекта, можно обратиться к воображению человечества и мировому кинематографу.

Облик космической станции так или иначе отражается в различных фильмах. В зависимости от характера произведения, отличаться может как общая форма объекта, так и внутренний интерьер. Так, в более реалистичных картинах космическая станция может практически полностью копировать реальное положение вещей («Гравитация», «Время первых», «Салют-7» и т.д.), а в произведениях, относимых к жанру научной фантастики, присутствует большое число допущений («Солярис», «Интерстеллар», «Космическая одиссея 2001 года» и т.д).

Кроме неоспоримого влияния жанра, на интерьер и экстерьер космической станции может влиять временной период, в который был снят фильм. Так или иначе, стиль интерьера относится к футуризму, однако, необходимо учитывать, что некоторые из картин были сняты еще до того, как была запущена орбитальная станция «Мир» в 1986 году и соответствуют понятиям о футуризме именно того времени. Кроме того, современные режиссеры имеют больше возможностей в воплощении своей задумки благодаря интеграции компьютерной графики в съемочный процесс, поэтому могут создавать более масштабные и трудновоспроизводимые декорации.

Одним из культовых фильмов о космосе является Космическая одиссея 2001 года режиссера Стэнли Кубрика, снятая им еще в 1968.

В течение фильма зрителю представляется несколько разных кораблей, однако основное действие будет происходить на корабле «Дискавери», по внешней форме похожем на булаву, что показано на *рис. 1*. На корабле имеется несколько функциональных блоков, включающих условную жилую часть, помещения с различным техническим назначением, отсек с модулями для выхода в открытый космос и большой блок внутренней памяти бортового компьютера, занимающий отдельное помещение.

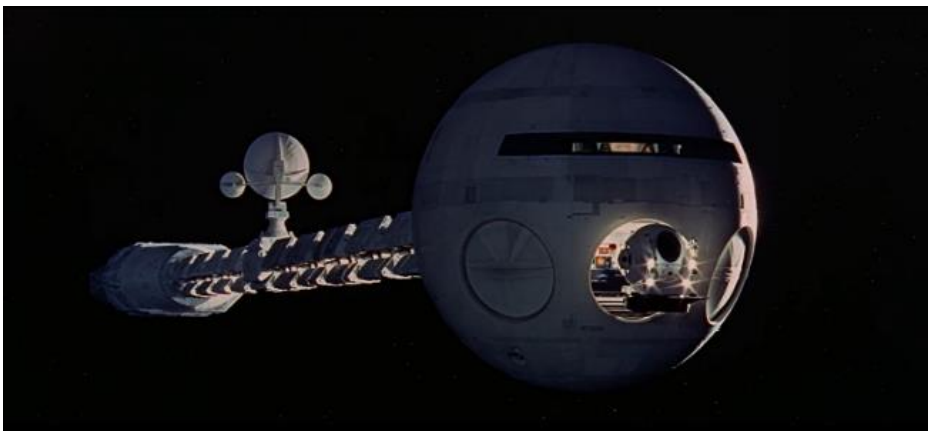


Рис. 1. Космический корабль «Дискавери»

Жилой блок корабля организован в соответствии с необычным решением гравитации в фильме. На *рис. 2, а* видно, что помещение представляет собой плоский цилиндрический объем, в котором человек перемещается не по верхнему или нижнему основанию цилиндра, а по его «стенкам». Соответственно, все элементы интерьера располагаются по тому же принципу. В этом помещении находятся спальные места членов экипажа, капсулы гибернации и рабочие места, оборудованные компьютерами. Спальные места по конфигурации ближе даже к кушетке, чем к одноместной кровати. Она имеет возможности регулировки по высоте от пола и наклона отдельных составных частей. Сразу над кроватью расположено встроенное в стену устройство связи и две ниши. Под самым потолком в стену вмонтирована лампа. На этом же корабле есть технический отсек восьмиугольной формы, выполненный также в белых тонах.

В начале фильма зрителю был показан другой корабль, в котором основным местом действия был вестибюль. Нем также представлено практически полностью белое помещение, организованное так же, как и жилой отсек на «Дискавери»: полом являются «стенки» цилиндра, а стенами – его основания, но диаметр этого цилиндра значительно больше. Освещается это пространство потолком, собранным из световых панелей. Белое, равномерно-мягко освещенное помещение разбавлено яркой мебелью необычной формы. Этот интерьер представлен на *рис. 2, б*.



Рис. 2. Интерьеры
а) спальное место члена экипажа; б) холл на одном из кораблей

Интерьеры корабля «Дискавери» служат прообразом для многих дизайнеров, создающих сегодня интерьеры в стиле ретрофутуризма. Невозможно позаимствовать композицию помещений для реальной космической станции из-за специфических представлений о гравитации и больших объемах помещений, однако сочетания цветов и форм все еще остаются актуальными.

Не менее примечательным фильмом, в котором можно подробно рассмотреть интерьер космической станции, является научно-фантастическая драма «Солярис», снятая режиссером Андреем Тарковским в 1972 году. В основе картины лежит одноименный роман Станислава Лема.

Форма внутренних помещений закругленная, что соответствует общей форме всей станции, показанной в сцене прибытия Криса Кельвина на орбиту Соляриса, изображенной на *рис. 3*. Она представляет собой плоское цилиндрическое тело, окруженное дополнительной кольцевидной частью. В самом фильме же будут представлены такие локации, как круговой коридор, проходящий по краю внутреннего цилиндрического тела, что понятно по положению его прямоугольных иллюминаторов, каюты участников полета, лаборатория, коридор с круглыми иллюминаторами,

который, предположительно, находится во внешнем кольце, библиотека и лаборатория. Важно также и то, что по сюжету на станции воссоздана искусственная гравитация, что также влияет на организацию пространств.



Рис. 3. Общий план орбитальной станции в фильме «Солярис»

Интерьеры станции достаточно разнообразны. Круглый коридор, встречающий зрителя, изображенный на *рис. 4, а*, обшит серым металлом, дуговые панели с ящиками на контрасте выкрашены в красный, каждая вторая секция по внутренней стороне окружности коридора оснащена выпуклым зеркалом. Сверху расположены прямоугольные окна-иллюминаторы, которые являются основным источником освещения.

Каюта Криса Кельвина, изображенная на *рис. 4, б* выполнена в светлых тонах. Комната круглая, стены оббиты мягким материалом. В комнате один круглый иллюминатор, который, по сути, заменяет собой окно. Также есть два типа дверей: входная распашная, как и большинство дверей на станции, а в шкафу автоматическая раздвижная. В целом, каюта значительно отличается от реальной. В настоящее время, на космической станции каюты космонавтов достаточно малы и нужны в основном только для того, чтобы человек мог поспать между рабочими сменами. У Тарковского каюта по функционалу практически полностью копирует комнату обычного человека: тут есть и небольшой столик, и два кресла, и достаточно большая кровать, книжные полки и большой экран телевизора.



Рис. 4. Футуризм в интерьере космической станции в фильме «Солярис»
а) коридор; б) каюта

Кроме очевидно футуристичных помещений в палитре интерьеров космической станции «Соляриса» можно выделить интерьер библиотеки, представленный на *рис. 5*. Само помещение, как и все остальные, имеет округлую конфигурацию. В отделке интерьера присутствует много дерева. Пол и часть стен покрыты темно-зеленым материалом, обивка сидений тоже темная. Основной источник освещения – большая хрустальная люстра в центре комнаты. Помещение немного выбивается из общего футуристичного контекста фильма своим более классическим, «земным» стилем и меньшей освещенностью.



Рис. 5. Интерьер библиотеки

Очевидно, что интерьеры, представленные в картине Тарковского, малопригодны для реализации в своем изначальном виде. Дело, в первую очередь, в том, что все пространство построено без расчета на реальную постоянную невесомость. В интерьерах много объектов, расположенных точно так же, как и на Земле, без дополнительных крепежей. Много и мелких предметов, вроде книг, различных статуэток, посуды, даже канделябры с зажженными свечами. В фильме даже есть сцена, подчеркивающая очевидный недостаток такой организации пространства: на небольшой промежуток времени искусственная гравитация на станции отключается и все это многообразие предметов пускается в свободный полет, чтобы затем прийти в полнейший беспорядок. Однако, общие колористические решения, формы и подбор текстур и фактур могут стать отправной точкой для проектирования интерьера реальной космической станции.

Еще один вариант организации пространства на космическом корабле предложил режиссер Ричард Викторов в своем научно-фантастическом фильме «Москва-Кассиопея» в 1973 году.

В фильме практически не показаны личные каюты членов экипажа, так что трудно судить об их устройстве, однако можно рассмотреть другие помещения, примеры которых приведены на *рис. 6*. Коридор восьмиугольный, чуть вытянут по вертикали. Цветовая палитра состоит из классической триады красного синего и желтого с добавлением белого цвета. Синий цвет основной, комбинация красного и желтого акцентная, выделяет важные элементы управления. Стены, как и в некоторых других помещениях, оббиты мягким материалом со стяжками. В других помещениях кроме этих цветов фигурируют бледно-желтые и коричневые тона. Как и в других произведениях футуристической направленности, в этом фильме в интерьерах присутствует металл, стекло и пластик.

Освещение на корабле в основном равномерное, рассеянное, что также характерно для подобных фильмов. Потолки относительно невысокие. Некоторые помещения неплохо адаптированы к возможной невесомости так как имеют минимум незакрепленных хрупких вещей и относительно эргономичное пространство.



Рис. 6. Интерьеры в фильме Москва-Кассиопея

Последний из анализируемых фильмов – научно-фантастическая романтическая драма Пассажиры Мортена Тильдума, вышедшая в свет в 2016 году. Здесь события происходят в космосе, на корабле, направляющемся с Земли на другую планету-колонию за множество световых лет от Земли. Корабль имеет несколько центральных блоков, в числе которых и двигатель, и перемычек и три больших спиральных секции по краям, что показано на *рис. 7*.

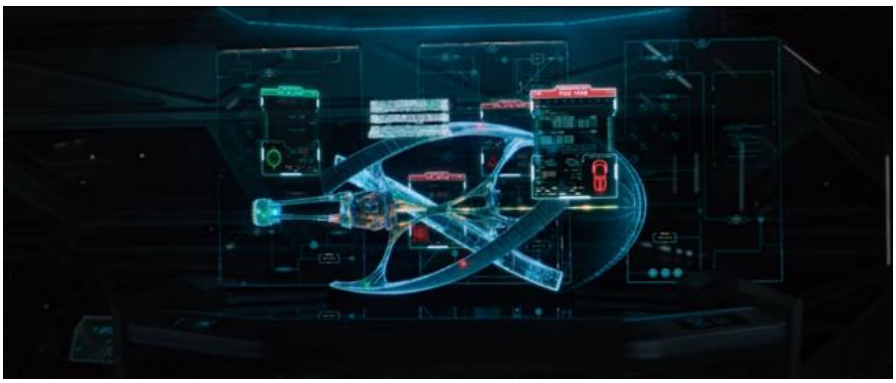


Рис. 7. Схема космического корабля «Авалон»

Космический корабль по задумке авторов имеет очень большие размеры, что позволяет как разместить в нем большое число разных по назначению помещений, так и сделать некоторые из них действительно огромными. Так, например, главный вестибюль корабля, изображенный на *рис. 8, а*,

имеет несколько уровней в высоту и достаточно большую площадь. Вся структура внешне похожа на каньон своими изогнутыми плавными контурами. Также на корабле предусмотрена смена режимов освещения с дневного на ночное. Дневной свет нейтрально-белый, ночной очевидно склонен к холодному спектру.

В сравнении с исполинскими масштабами вестибюля и большинства других помещений, каюты пассажиров самого низшего класса, к которым относится и главный герой фильма, отличаются скромностью. Как видно из *рис. 8, б*, комната представляет собой небольшое пространство, в котором размещена односпальная, скорее всего откидная кровать. Над ней и по бокам располагается система хранения с большим количеством ящиков различной конфигурации, что замыкает кровать в своеобразную нишу. Также есть некое подобие столика. В стене над кроватью имеется вытянутый решетчатый элемента, который, предположительно, является выходом вентиляционной шахты. По форме элементы комнаты отличаются от вестибюля: здесь нет таких же плавных переходов, все имеет четкие границы и углы.



Рис. 8. Интерьеры космического корабля «Авалон»
а) главный холл; б) каюта

В интерьерах корабля часто встечается повторяющийся дугообразный мотив, который задает форму части коридоров и комнат. Примеры представлены на *рис. 9*. Во всех случаях этот прием дополнительно подчеркивается разнообразной подсветкой. В коридорах это подсетка по низу стен и на них самих. Самое примечательное поомещение, основанное на этой же форме – комната с прямоугольным окном. Дуги здесь напоминают то ли ребра животного, то ли раковину моллюска. Подсветка также пущена по стыку пола и стены и между пластинами-дугами. Такой прием создает завораживающее, многослойное пространство, которым авторы фильма активно пользуются.



Рис. 9. Повторяющиеся элементы формообразования

Конечно, такой интерьер невозможно реализовать в реальной космической станции, как и в большинстве рассмотренных примеров. В первую очередь роль играет то, что рассматриваемое пространство значительно больше возможного реального, а также имеет совершенно другой функционал. В фильме Тильдума многое ориентировано на условия искусственной гравитации. При этом, заметно, что некоторые помещения вполне могут быть пригодны и в невесомости: в них практически нет незакрепленных объектов, нет большого количества мелких предметов, зато много относительно безопасных скругленных форм. На контрасте с ними существуют помещения, абсолютно в концепцию невесомости невписываемые: начиная от общей столовой, в которой никак не зафиксирован ни один стул и заканчивая баром, который относительно земного практически никаких изменений не претерпел. Стилистические решения интерьеров картины соответствуют современному пониманию футуризма: минималистичная цветовая гамма, состоящая в основном из бело-серых оттенков, такое же минималистичное наполнение пространств, обилие плавных, обтекаемых форм [3]. Палитра материалов также вписана в стиль: матовые и глянцевые металлические поверхности, пластик и стекло.

Очевидно, что многое из того, что кинематограф создает в образе космической станции малоосуществимо. Как видно из проведенного анализа, практически везде космические станции и корабли достаточно масштабны, что позволяет создавать большие помещения, в которых было бы комфортно человеку. В реальности такие решения очень затратны, поэтому космическая станция имеет крайне небольшие внутренние объемы. Их эргономика будет значительно отличаться. В таком проекте важно ориентироваться на то минимальное количество свободного пространства, которое необходимо человеку и описываются сферой, диаметр которой равен длине разведенных в стороны рук человека [4].

Также важно учитывать влияние микрогравитации на психологию и физиологию человека. Условия невесомости способствуют тому, что человеческое тело принимает специфическую позу, влияющую на зоны видимости и досягаемости. Чтобы восполнить возникающий по тем же причинам недостаток физической активности необходимо предусмотреть в интерьере тренажеры для космонавтов [5].

Для создания комфортных условий необходимо установить естественный режим освещения, имитирующий смену дня и ночи. Такое решение позволит поддержать биоритмы человека. Можно также организовать пространство при помощи цвета, объединяя и разделяя между собой плоскости и объекты для облегчения ориентации человека в пространстве и создания визуально приятной среды [6].

Заключение

В ходе работы были проанализированы различные произведения мирового кинематографа, в которых так или иначе освещены космические станции и корабли. Очевидно, что невозможно напрямую заимствовать представленные интерьеры для реальных проектов, так как многое в них основано на допущениях, характерных для жанра научной фантастики, но можно использовать:

- цветовые решения;
- световые сценарии;
- сочетания материалов;
- способы формообразования отдельных объектов и целых помещений.

Адаптируя эти элементы к условиям реальной космической станции, можно создать пространство, в котором человек сможет работать с комфортом и минимальным вредом для здоровья.

Список использованных источников:

1. Куклина А.В. Особенности нейтрального положения тела человека в условиях микрогравитации // Сборник статей XV Международной научно-технической конференции «Современные проблемы машиностроения». – Томск: Изд-во ТПУ. – 2022. – С. 261-263.

2. Симанович Е.Е. Дизайн интерьера Российской космической станции // Сборник статей XVI Международной научно-технической конференции «Современные проблемы машиностроения». – Томск: Изд-во ТПУ, 2024. – С. 478-480.

3. Футуристический стиль в интерьере – наглядное воплощение идей научной фантастики из далекого будущего // Veryimportantlot: сайт. – https://veryimportantlot.com/ru/news/blog/futuristicheskij-stil-v-interere.

4. Колосова И.И., Шкиро Е.А. Эргономика минимальных пространств // Вестник ТГАСУ. – 2011. – №4 (33). – С. 62-77.

5. Куклина А.В., Кухта М.С. Особенности влияния микрогравитации на физиологическое и психологическое состояние человека // Эргодизайн. – 2023. – №1 (19). – С. 62-68.

6. Кухта М.С., Варакута А.А. Специфика космического эргодизайна // Сборник трудов XIX Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодежь и современные информационные технологии». – Томск: Изд-во ТПУ, 2022. – С. 123-124.

ПРОТОТИПИРОВАНИЕ КАК ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРУДА С ПОМОЩЬЮ 3Д ПРИНТЕРОВ В ПРОМЫШЛЕННОМ ДИЗАЙНЕ

Степаненко А.А.[1], Вехтер Е.В.[2]
[1]ТПУ ИШИТР ОАР, студент гр. 8Д1, e-mail: aas367@tpu.ru
[2]ТПУ ИШИТР ОАР, доцент, к.п.н., e-mail: vehter@tpu.ru

Аннотация

Статья направлена на анализ возможностей 3Д прототипирования в решении задач промышленного дизайна.

Ключевые слова: 3Д принтер, прототипирование, макет, технология.

Введение

В современном мире все отрасли промышленности сталкиваются с необходимостью постоянного развития и инноваций для повышения своей конкурентоспособности на рынке. Одним из ключевых факторов успеха является эффективность труда, которая напрямую влияет на скорость разработки и производства новых продуктов. В этом контексте прототипирование с использованием 3D принтеров становится все более популярным инструментом для повышения эффективности труда в промышленных отраслях.

Особенности формообразования изделий при применении технологии быстрого прототипирования

В процессе достижения необходимых результатов через прототипирование существует важная взаимосвязь между дизайном и этапом создания прототипа. Дизайн, будучи отправной точкой, устанавливает основные параметры и эстетические критерии. Эти параметры в последующем трансформируются в трехмерные модели, где каждая деталь тщательно выверена.

Взаимодействие начинается с тесного сотрудничества между дизайнерами и инженерами на этапе создания концепции. При разработке дизайн-концепции учитываются технические ограничения и возможности технологии прототипирования. Это взаимодействие помогает предотвращать потенциальные проблемы, связанные с производством прототипа, и улучшает результаты в конечном продукте.

Прототипирование, в свою очередь, является мостом между идеей и конкретным изделием. В процессе создания прототипа дизайн подвергается проверке на практике, что позволяет выявить потенциальные недочеты и оптимизировать конструкцию. Обратная связь, полученная от прототипа, влияет на доработку дизайна, создавая цикл улучшения и совершенствования.

Технология быстрого прототипирования (БП) преобразует процесс создания изделий, предоставляя уникальные возможности для формообразования. Основанные на принципе наращивания материала слой за слоем, эти методы позволяют быстро и эффективно создавать трехмерные модели. Применение 3D-принтеров и других технологий БП открывает дизайнерам и инженерам новые перспективы.

Такая технология является весьма актуальной как на этапе конструирования, так и в производственном цикле благодаря тому, что дает возможность оценить достоинства и недостатки готового изделия, протестировать, а самое главное - внести изменения в конструкцию детали, которые не видны на чертежах до запуска в серийное производство.

В зависимости от конкретных потребностей и целей проекта, можно выделить различные взаимодействия между этими двумя этапами:

1) Черновой прототип для концептуального тестирования: когда основной акцент на экспериментировании с идеями и концепциями. Целью является ппроверка жизнеспособности идеи, выявление потенциальных проблем на ранних этапах.

2) Когда требуется максимальная точность и соответствие дизайну. В этом случае требуется хороший прототип для точной реализации дизайна.

3) Когда необходимо поэтапно совершенствовать дизайн и функциональность. Коррекция недостатков, улучшение деталей и тестирование различных вариантов. Обеспечивает гибкость для внесения изменений, улучшает конечный результат пошагово.

4) Функциональный прототип для тестирования производственных возможностей. Когда важна проверка технической и производственной реализуемости. Тестирование материалов, процессов изготовления и функциональности продукта. Позволяет идентифицировать потенциальные технические проблемы и оптимизировать производственные процессы.

Таким образом, для лучшего восприятия информации была выполнена схема, характеризующая взаимодействие прототипа с разными технологиями печати (рис. 1).

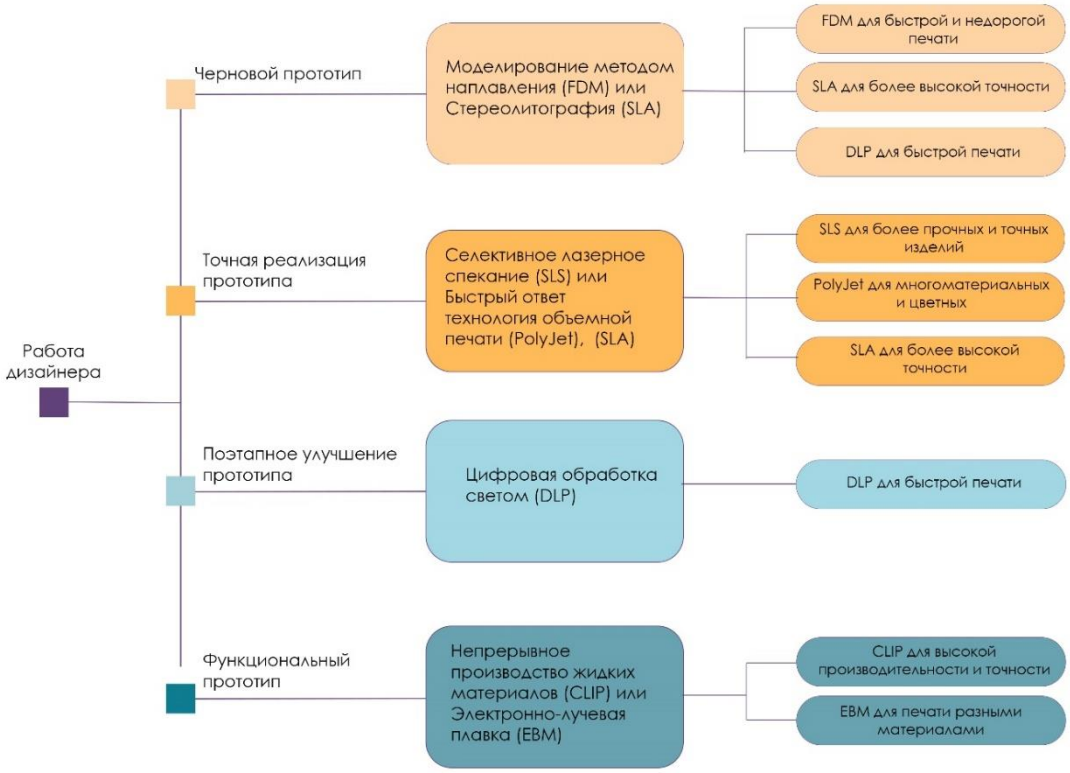


Рис. 1. Схема технологий печати

Выявленные проблемы в прототипировании:

1. Сложность в создании более гибких, пластичных прототипов, что может ограничить возможности оптимизации производства и улучшения конечного продукта.

2. Усадка пластика, после остывания, что может приводить к деформациям и, следовательно, снижать точность.

3. Чувствительность установки к изменениям температуры и влажности помещения; Влажность в пластике может привести к изменению его физических свойств, в том числе изменению относительной влажности, температуры плавления и вязкости пластика. Это может привести к неровностям и даже к поломке пластика в процессе печати.

4. Не качественно подготовлена модель, в следствии может привести к плохому результату.

Пути решения выявленных проблем:

1. Создание более гибких, пластичных прототипов:

Возможно, использование современных материалов для 3D-печати, таких как термопластичные полиуретаны или эластомеры. Эти материалы обладают высокой гибкостью и пластичностью, что позволяет создавать более гибкие прототипы.

2. Усадка пластика и деформации после остывания:

Использование технологий, которые уменьшают усадку, например, подогрев рабочей камеры или использование термически стабильных материалов. Также, оптимизация процессов охлаждения для предотвращения деформаций.

Дизайнеры могут внедрить компенсацию усадки в саму модель или разрабатывать поддерживающие элементы, предотвращающие деформации.

3. Чувствительность установки к изменениям температуры и влажности:

Использование 3D-принтеров с контролем температуры и влажности в рабочей зоне. Использование замкнутых систем для поддержания стабильных условий печати.

Выбор стабильных материалов с минимальной чувствительностью к влажности. Периодическая проверка и поддержание оптимальных условий в помещении для 3D-печати.

4. Некачественно подготовленная модель:

Использование программного обеспечения для автоматической проверки модели на ошибки перед отправкой на печать. Использование программных инструментов для ремонта некачественных моделей.

Внимательное и тщательное создание 3D-модели с учетом требований конкретной технологии печати.

Из вышеупомянутых этапов, решено остановиться более подробнее и протестировать на моделях малых архитектурных качество подготовленных моделей. Черновой макет исходя из схемы была выполнена по аддитивной технологии методом стереолитографии (SLA) в масштабе 1:100, и возникла проблема в некачественной подготовки модели, то есть не учтены размеры стенки крепежа сидения к спинке скамьи, при дальнейшей постобработке модель могла порваться. В этом случае проблему можно избежать, используя программное обеспечение для автоматической проверки модели на ошибки перед отправкой на печать.

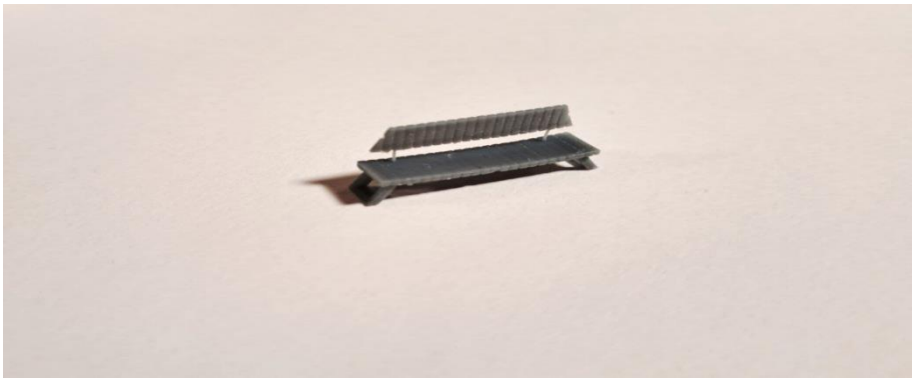


Рис. 2. Черновой макет

Заключение

В ходе исследовательской и практической работы, был проведен анализ различных сценариев взаимодействия между черновым и итоговым этапами создания прототипов. Каждый из этих сценариев предоставляет уникальные преимущества, с учетом конкретных потребностей и целей проекта.

В результате создания чернового макета с использованием аддитивной технологии выявлена проблема в некачественной подготовки модели, что подчеркивает важность использования программного обеспечения для автоматической проверки модели на ошибки перед отправкой на печать. Это позволит избежать потенциальных проблем и обеспечит более эффективный процесс создания прототипов.

Список использованных источников

1. Каннеса В, Фонда К. Доступная 3Д печать: книга. – Издания «Абус Салам – МЦФТ», 2013. – 191 с.

2. Каннеса В, Фонда К. 3Д печать коротко и максимально ясно: книга – Издания «LittleTinyH Books», 2016. – 72 с.

3. Горьков Д. Студия 3Д печати: книга – Издания: СПБ: «BHV-СПБ», 2015. – 254 с.

4. Рэдвувей Б., Гаррэт Б, Шофер Ф. 3D-печать. Практическое руководство: книга – Издания « ДМК-Пресс», 2020. – 220 с.

5. Холмогоров В., Горьков Д. 3Д печать с нуля: книга – Издание: «БХВ», 2019. – 218 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММ КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКИ В ПРОЕКТИРОВАНИИ ВЫСТАВОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ТОМСКОГО РУССКОГО ОРКЕСТРА МКЦ ТПУ

Усманова А.О.
Национальный исследовательский Томский государственный университет
Институт искусств и культуры, аспирант
e-mail: lina.usmanova.94@inbox.ru

Аннотация

Работа посвящена обзору методов проектирования выставочного оборудования, представляющих использование программ компьютерной графики: 3D Max, визуализатор Corona, программа для 2D графики Corel Draw и Adobe Photoshop. Актуальность подробного обзора проектирования обоснована в качестве вспомогательного материала для проектирования выставочного оборудования людьми не обладающими знаниями в данных программах.

Ключевые слова*:* компьютерная графика, выставочное оборудование, визуализация, рендер, проект.

Введение

Целью работы является демонстрация алгоритма проектирования выставочного оборудования посредством использования программ компьютерной графики, основанной на методике проектирования, созданной и апробированной при разработке модульного принципа проектирования в ландшафтной архитектуре. Алгоритм использования программ компьютерной графики в проектировании выставочного оборудования для томского русского оркестра МКЦ ТПУ поможет проектировать выставочное оборудование людям не обладающими знаниями компьютерных программ.

Двадцать первый век является периодом развития инновационных технологий, которые наблюдаются во всех сферах жизни. Рассматривая этапы исторического развития предметов с точки зрения цифровизации, стоит в первую очередь обратить внимание на проектирование жилища и проследить этапы создания архитектурных проектов в исторической хронологии. Стоит отметить, что первоначально архитекторы создавали проекты только в ручной графике, данный процесс был достаточно трудоемким и не допускал наличия ошибок. С развитием информационных технологий и компьютерной графики процесс создания архитектурных проектов вышел на новый уровень, а именно использование программ 2д и 3д графики позволили создавать архитекторам проекты интерьеров и экстерьеров в более короткие сроки. Также появилась возможность исправить ошибки на любом этапе проекта без необходимости. И, кроме того, компьютерная графика позволяет представить проект более эффектно с точки зрения визуального оформления.

Программа 3D Max представляет собой среду для 3д моделирования. 3д объекты в данном проекте выполнены с помощью следующих видов моделирования: примитивы (стандартные объекты), модификаторы, а также сплайновое моделирование. Рассмотрим подробнее управление каждым элементом программы.

Создание стандартного объекта в 3D Max и тестирование элементов «перемещение», «вращение» и «масштабирование»: 1. Открываем программу 3D Max и знакомимся с интерфейсом. 2. Справа в диалоговом окне находим графу Standard Primitives. 3. В графе Standard Primitives рассматриваем Object Type и выбираем любою стандартную геометрическую фигуру: Box,Cone,Sphere, GeoSphere, Cylinder, , Torus, Pyramid, Teapot, Plane, TextPlus.

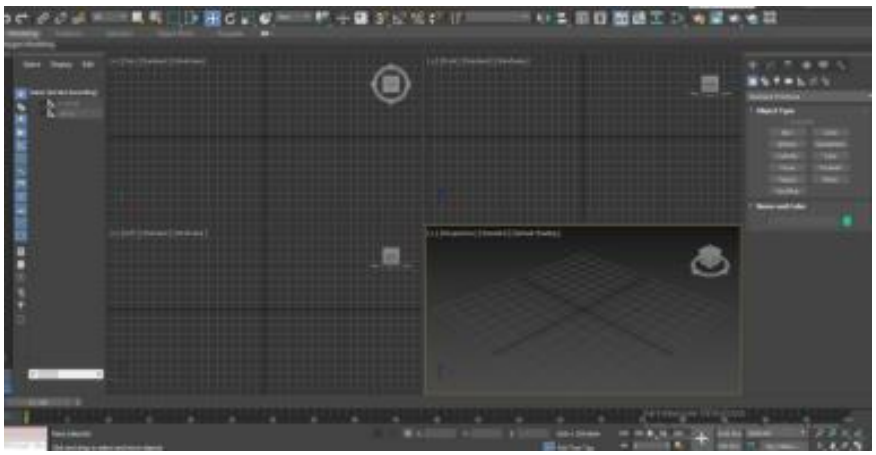


Рис. 1. Интерфейс программы 3D Max

Модификаторы представляют свойство с помощью, которого можно выполнять действия над объектом (выделить, повернуть, деформировать и так далее) или назначить ему определенные характеристики. В целом модификаторы позволяют создать сложные объекты в более короткие сроки. При этом у каждого модификатора есть отдельно настраиваемые параметры. Для работы с модификаторами необходимо в правом диалоговом окне выбрать блок Modifier list. Наиболее часто используемые модификаторы рассмотрим подробнее. **Bend** – изгибает объект в заданных границах, под выбранным углом и относительно одной из осей (X, Y, Z). **Shell** – воздействует на поверхности предмета, придавая ему толщину за счет дополнительных граней. **Twist позволяет создать скрученный объект из примитива Box. Ecstrude позволяет сделать объект объемным благодаря заданной толщине.**

Сплайновое моделирование представляет собой создание объемного изображения с помощью линий. Рассмотрим последовательность действий. 1. Выбираем видовое окно Front. 2. Затем в правом диалоговом окне ищем значок Splines. 3. В подобъекте Splines выбираем элемент Line. 4. Рисуем с помощью Line элемент модуля фронтального вида. Важно чтобы начальная и конечная точка сомкнулись при завершении рисунка. 5. Далее в правом диалоговом окне переходим во вкладку Modify и выбираем Modifler List. 6. В Modifler List находим модификатор Extrude. 7. В настройках подобъекта Extrude увеличиваем размер нарисованного контура. 8. Получаем готовую модель.

Форма модулей выставочного оборудования создана с помощью комплекса описанных выше элементов моделирования в программе 3д макс, а именно использование примитивов, модификаторов и сплайнов.



Рис. 2. Модуль экспозиции для клавишных инструментов

Визуализация – это реалистичное изображение, полученное с помощью возможностей компьютерной графики. Визуализация является следующим этапом проектирования. Рассмотрим подробнее каждый этап: 1. Открываем программу 3D Max с готовой смоделированной моделью. 2. В верхнем диалоговом окне находим Render нажимаем правой клавиши мыши и переключаемся на

Corona Render (предварительно дополнительно установив визуализатор к программе). 3. Далее находим значок Materials и переходим в настройки материалов. 4. В настройках материалов выбираем стандартный материал Corona Mtl. 5. Скачиваем бесплатные бесшовные текстуры для 3D Max. 6. Находим карту Bitmap открываем в ней скаченную ранее текстуру. 7. Карту Bitmap прикрепляем к Difuse в Corona Mtl. 8. От Corona Mtl перемещаем стрелочку на нужный объект моделирования. 9. В правом диалоговом окне находим значок свет, выбираем Sun и располагаем над смоделированным объектом. 10. В верхнем диалоговом окне нажимаем значок «Render». 11. В настройках Render выбираем необходимый формат изображения. 12. Нажимаем Render Setup. 13. Ждем некоторое время для просчета картинки. Нажимаем на значок сохранить в левом верхнем углу высветившегося окошка. Получаем готовое изображение визуализации проектируемого объекта. В проекте в данной программе созданы визуализации отдельных модулей (см. рис. 2).



Рис. 3. Визуализация проекта

Созданные 3D модели необходимо грамотно внедрить в среду. Среда, в которой будут размещены объекты моделирования выбирается, самостоятельно отталкиваясь от поставленных задачи. Это могут быть как определенные территории с планом местности, так и абстрактная среда, созданная, используя знания композиции. При внедрении объекта в среду по готовому плану необходимо поместить фото чертежа в программу 3D MAX в видовое окно Front и выполнить этапы сплайнового моделирования в описанном выше этапе моделирования. Таким образом изображаются габаритные размеры плана проектируемого помещения и отображаются в объеме. Далее повторяются этапы визуализации. Для отображения интерьера необходимо создать Box применить к нему карту Bitmap со скачанной бесшовной текстурой, далее подобрать удачный ракурс в сцене и нажать Render (см.рис.3). Для создания среды по воображению повторяются аналогичные действия, описанные выше. Добавляются приемы по симметрии и асимметрии композиции.



Рис. 4. Габаритные размеры в программе Corel Draw

Для создания габаритных размеров используется программа Corel Draw. Первоначально открываем программу и знакомимся с интерфейсом. 2. Создаем файл с размерами 420 мм. на 297 мм.

Стандартный размер листа А4. Горизонтальное или вертикальное расположение листа выбрать самостоятельно. 3. В левом диалоговом окне находим изображение квадрата щелкаем левой клавишей мыши и создаем произвольную плоскость на листе. 4. Далее возвращаемся в левое диалоговое окно и нажимаем снова на изображение квадрата и используя правую клавишу мыши выбираем другие геометрические фигуры и создаем симметричную композицию. 5. В верхнем диалоговом окне находим опцию «таблица» затем зажимаем правую клавишу мыши и выбираем графу «линейка», и в верхней части рабочей зоны находим шкалу в горизонтальной плоскости, нажимаем левую клавишу мыши, и передвигаем линию к объекту для выравнивания. Аналогичные действия совершаем с вертикальной плоскостью.

Для создания генерального плана используем также программу Corel Draw. Графические элементы (см. рис. 5) прорисовываются с помощью линии безье и инструмента заливка, габаритные размеры генерального плана проставляются аналогично размерам модулей экспозиции, описанных пунктом выше.

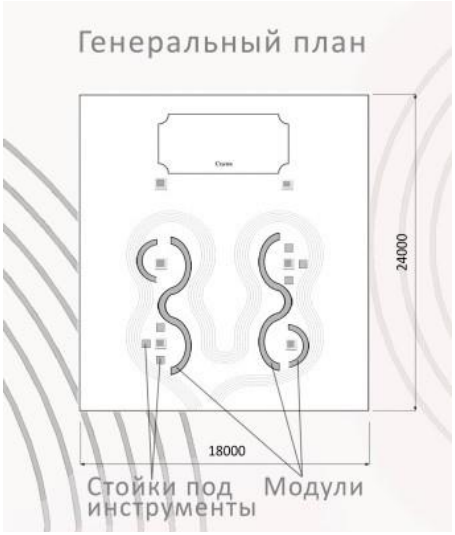


Рис. 5. Генеральный план в Corel Draw

Для презентации проекта выставочного оборудования для томского муниципального русского оркестра международного культурного центра Томского политехнического университета используется программа Adobe Photoshop. Для размещения объектов используются такие инструменты как копирование, вставка, масштаб, а также удаление фона волшебной палочкой. Кроме того, в Adobe Photoshop настраиваются шрифты для обозначения объектов на планшете, а также создается авторский шрифт названия проекта.



Рис. 6. Планшет проекта в программе Adobe Photoshop

Заключение

При рассмотрении всех процессов создания проекта выставочного оборудования можно сделать вывод о важности использования компьютерной графики в современных архитектурных и дизайнерских проектах. Результатом работы является описание алгоритма действий в процессе проектирования, который может быть использован в качестве вспомогательного материала для проектирования выставочного оборудования.

Список использованных источников

1. Ле Корбюзье. Архитектура XX века. – М.: «Прогресс», 1977. – 301 с.
2. Руднев И.Ю. Композиция в изобразительном искусстве. - М.: Мир науки, 2019.
3. Иконников А.В., Степанов Г.П. Основы архитектурного проектирования. – М.: Искусство, 1971. – 183 с.
4. Ефимов А.В. Объемно-пространственная композиция в архитектуре. – М.: Стройиздат, 1981. – 145 с.
5. Тарасов Л. В. Этот удивительно симметричный мир. – Москва: Просвещение, 1982. – 120 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНТЕГРАЦИИ VR-ТЕХНОЛОГИИ В ВЕДУЩИЕ ОРГАНИЗАЦИИ

Фонакова Т.В.
ТПУ ИШИТР ОИТ, гр. 8ИМ31, e-mail: tvb11@tpu.ru

Аннотация

В данной работе проведен анализ внедрения VR в российские организации, произведена классификация используемых продуктов по сферам интеграции. Были определены критерии и показатели для оценки эффективности использования технологий VR. Результаты исследования позволяют понять текущее состояние интеграции VR в российскую экономику, выявить успешные практики и определить направления для дальнейших исследований и разработок в данной области.

Ключевые слова: виртуальная реальность, обучение, интеграция, российский опыт

Введение

В современном обществе технологии виртуальной реальности (VR) становятся все более интегральной частью повседневной жизни. Распространение VR и увеличение спроса на использование данных технологий связано с возрастающей доступностью и эффективностью использования геймифицированных продуктов в различных областях деятельности. На сегодняшний момент, в рамках отечественного образования многие высшие учебные заведения России оснащены VR-лабораториями, или же исследуют данные технологии и разрабатывают продукты, способные решать ключевые задачи обучения с использованием виртуальной реальности.

Популяризации технологий виртуальной и дополненной реальности способствуют федеральные программы такие как: «Образование-2024», «Цифровая школа», «Цифровые образовательные среды» и «Ключевые направления цифровой экономики России» [1].

VR предоставляет возможности для создания иммерсивных сред, в которых пользователи могут взаимодействовать с виртуальными объектами и пространствами, расширяя границы реального мира. В России наблюдается увеличение интереса к применению VR в различных секторах экономики, от образования и медицины до производства и маркетинга.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью определения целевой аудитории, внедряющей VR в жизненный цикл организаций, и отсутствием единой статистики по внедренным и используемым VR-решениям в отечественных организациях.

Целью работы является исследование отечественного рынка внедрения и использования технологий виртуальной реальности.

Для достижения поставленной цели сформулированы следующие задачи:

1. Анализ внедренных решений в российские организации на основе открытых данных.
2. Классификация используемых продуктов по сферам интеграции.
3. Изучение тенденций и перспектив развития технологий виртуальной реальности на российском рынке, а также оценка потенциала их влияния на различные сферы деятельности.
4. Определение возможных критериев, показателей для оценки эффективности использования технологий виртуальной реальности.

Объектом исследования являются процессы внедрения и использования технологий виртуальной реальности в Российской Федерации.

Предметом исследования выступает пользовательский опыт от использования VR.

Интеграция VR в крупные предприятия России

На сегодняшний день множество российских компаний и учреждений начинают активно внедрять технологии виртуальной реальности в свою деятельность. Примерами таких интеграций могут служить обучающие тренировочные программы для сотрудников с использованием VR, создание виртуальных обзорных экскурсий для клиентов в сфере туризма и гостиничного бизнеса, а также разработка виртуальных прототипов продуктов в инжиниринговых компаниях.

В ходе исследования отобраны 15 крупных организаций, которые успешно внедрили технологии виртуальной реальности (VR). Анализ данных выявил, что лидирующей областью использования этих технологий является обучение сотрудников и подготовка кадров. Данные о результате отбора представлены в таблице 1.

Таблица 1

Интегрированные решения в российские компании

№	Организация	Тип организации	Продукты	Область использования
1	РЖД	Крупнейший перевозчик российской сети железных дороге	VR-симуляторы для обучения машинистов поездов, VR-путешествия по РФ для выбора маршрута	Образование, туризм
2	Группа «Лукойл»	Нефтянная компания	Виртуальные тренажеры для обучения сотрудников на нефтеперерабатывающих заводах	Образование
3	Сбер	Банковская компания	VR-приложения для обучения сотрудников в сфере финансов и банковского дела	Образование
4	Ростех	Государственная корпорация по содействию разработке, производству и экспорту высокотехнологичной промышленной продукции	Виртуальная реальность для обучения кадров в оборонной промышленности	Образование
5	Группа «М.видеоЭльдорадо»	Компания в сфере торговли бытовой техникой иэлектроникой	VR-технологии для обучения продавцов в розничной торговле	Образование
6	Роскосмос	Государственная корпорация по космической деятельности	VR-симуляторы для обучения космическим инженерам и космонавтам	Образование
7	Газпромнефть	Нефтянная компания	Виртуальные тренажеры для обучения работе на нефтяных и газовых месторождениях	Образование
8	МТС	Компания, предоставляющая телекоммуникационные услуги, цифровые и медийные сервисы	VR-программы для обучения специалистов в области телекоммуникаций, VR-тренажеры по подбору и оценке персонала	Образование, управление персоналом
9	Росатом	Государственная корпорация по атомной энергии	VR-технологии для обучения ядерных специалистов, VR-тренажеры для обучения стропальщиков.	Образование
10	Аэрофлот	Авиакомпания	VR-симуляторы для обучения авиаперсонала	Образование
11	X5 Retail Group	Розничная торговая компания	VR-приложения для обучения персонала в сфере розничной торговли	Образование
12	Северсталь	Сталелитейная и горнодобывающая компания	VR-симуляторы для обучения в металлургической промышленности; платформа для обучения "Метасфера"	Образование, управление персоналом
13	Ростелеком	Провайдер цифровых услуг и сервисов	Виртуальные тренажеры для специалистов связи и информационных технологий	Образование
14	НЛМК	Сталелитейная компания	Система дистанционного управления промышленными кранами	Строительство
15	BIOCAD	Биотехнологическая компания	VR-тренажеры для обучения сотрудников в биотехнической отрасли	Образование

Рассмотрим решения, представленные в таблице.

Одной из организаций, внедривших VR в области обучения, является ОАО «Российские железные дороги» (РЖД). Компания использует тренажеры-симуляторы для обучения дежурных по переезду, монтеров пути, сигналистов, бригадиров пути и составителей поездов. В процессе обученя сотрудникам предоставляется возможность воссоздать как стандартные, так и нестандартные ситуации, возникающие в реальной практике. Помимо обучения компания разрабатывает виртуальные туры по железнодорожным маршрутам России, позволяя пассажирам предварительно ознакомиться с маршрутом и достопримечательностями на пути. Такие виртуальные туры способствуют повышению интереса к путешествиям на железнодорожном транспорте и улучшают качество обслуживания клиентов [2].

«Лукойл» использует более 15 обучающих программ, направленных на решение реальных задач, таких как – пуск насоса или печи, работы на высоте, работы с оборудованием. Обучение направлено как на новых сотрудников, так и на опытных, желающих отработать новые технологические задачи [3].

Также, с целью обучения сотрудников, в Сбере с помощью VR слушатели осваивают навыки публичных выступлений перед виртуальной аудиторией, моделированной как конференц-зал [4]. Для улучшения оказываемых услуг сотрудникам также демонстрируют видео-360 от лица пожилых людей с эффектами потери слуха, зрения и ориентации в пространстве [5]. Данный подход помогает сотрудникам лучше понимать потребности пожилых людей и оказывать им адекватную помощь. Симуляцию можно запустить на всех устройствах аудитории одновременно или предложить для самостоятельного изучения.

Корпорация "Ростех" активно внедряет технологии виртуальной и дополненной реальности для обучения специалистов в области военного дела. Например, холдинг "Технодинамика", входящий в состав Госкорпорации "Ростех", разработал интеллектуальный тренажер, направленный на обучение производству и ремонту боеприпасов для ракетно-артиллерийского комплекса "Град" в виртуальной реальности [6]. Кроме того, объединенная двигателестроительная корпорация "Ростеха" внедрила VR-технологии для обучения сотрудников на рыбинском предприятии "ОДК-Сатурн" [7]. С использованием виртуальной реальности изучаются технологические процессы работы с оборудованием, а также отрабатываются действия в области промышленной безопасности и охраны труда. В корпоративном учебном центре применяемые симуляторы реальности позволяют оттачивать навыки безопасной работы с электроустановками, обучают правильным действиям в случае разлива аммиака и алгоритмам оказания первой медицинской помощи при травмах.

ПАО «МТС» использует виртуальный тренажер для подбора и оценки персонала. Кандидат погружается в VR–среду, где выполняет тестовые задания, оценивающие время реакции, восприимчивость информации, стрессоустойчивость и прочие мягкие навыки. Результаты тестирований помогают специалистам по кадрам точнее и качественнее оценивать кандидатов [8].

Компания "Северсталь" внедрила платформу управления иммерсивным обучением "Метасфера", разработанную ею же внутри своей структуры - компанией "Северсталь-инфоком". Упомянутая платформа предоставляет менеджерам возможность организации процесса обучения пользователей на VR-тренажерах. Эта система включает в себя регистрацию пользователей на курсы, выдачу заданий, обновление образовательного контента и его запуск на различных устройствах. Кроме того, данное решение позволяет осуществлять сбор аналитических данных о прохождении обучающих программ, включая запись наиболее распространенных ошибок пользователей, среднее время прохождения курсов, уровень концентрации внимания и другие параметры [9].

Технологии VR также активно внедряются в строительную отрасль. Например, Новолипецкий металлургический комбинат (НМЛК) представляет запуск системы дистанционного управления промышленными кранами с использованием технологии виртуальной реальности (VR). Мостовые грейферные краны с возможностью дистанционного управления будут внедрены на складе длиной 300 метров. С использованием данной системы планируется осуществлять выгрузку сыпучих материалов из железнодорожных вагонов и последующую их транспортировку внутрь предприятия. Дистанционное управление осуществляется с помощью специального пульта, оснащенного крановыми джойстиками и кнопками, а также виртуальной реальности (VR) очков. Эти устройства обеспечивают операторам обзор виртуальной кабины. Работники, управляющие кранами, могут подключаться к любому из трех кранов с одного и того же рабочего места [10].

Технологии VR/AR отлично подходят для решения маркетинговых задач в строительстве. Можно демонстрировать заказчикам готовую виртуальную модель здания или продавать квартиры в жилом комплексе при помощи виртуальных туров [11].

Виртуальная реальность активно интегрируется в медицинскую отрасль. Примером использования VR-устройств для диагностики служит решение российской компании Total Vision, которая разработала шлем для диагностирования болезней глаз. Специальные датчики, встроенные в дисплей, позволяют выявить в глазу человека «слепые зоны», которые могут указывать на те или иные недуги, связанные с ухудшением зрения [12].

Также, использование VR перспективно в области психиатрии, что доказывает исследование, проводившееся на базе лаборатории психофармакологии ФГБНУ «Научный центр психического здоровья». В ходе работы исследовался вопрос релевантности применения технологий виртуальной реальности для релаксации пациентов с шизофренией. Достигнуты результаты, свидетельствующие о положительной динамике: переживание диффузных психофизиологических нарушений, уменьшились [13]. Для лечения также применяется VRET (virtual reality exposure therapy), направленной на избавления от посттравматического синдрома, тревожности, фобий, депрессии и боли. Диапазон возможностей VR-терапии широк от восстановления ментального здоровья участников боевых действий до лечения пациентов с расстройством пищевого поведения [14].

VR используют и для реабилитации пациентов. Например, для восстановления движения в голеностопном суставе, для нейрореабилитации, для реабилитации после инсульта, для лечения фантомной боли, и др. [15].

Таким образом, VR-продукты классифицируются по типу решаемой задачи на:

1. Решения, направленные на образование (подготовка специалистов в самых различных областях).
2. Решения для строительства (например, дистанционное управление техникой, снижающее травматизацию сотрудников).
3. Решение для моделирования и исследований.
4. Решения, использующиеся в медицине (от диагностики до лечения).
5. Решения, использующиеся для управления персоналом и менеджменте (от отбора кадров до организации процессов внутри компаний).
6. Маркетинговые продукты.

Показатели для измерения эффективности использования технологии VR

В ходе исследования было обнаружено, что в настоящее время отсутствуют систематизированные данные относительно того, какие экспериментальные методы и критерии эффективности необходимо применять для оценки выгод от внедрения технологий виртуальной реальности. Медицинские исследования, касающиеся реабилитации пациентов, в данной области неоднозначны [15].

Для каждой отрасли присущи уникальные маркеры для измерения эффективности от внедрения данных технологий, так как технологии виртуальной реальности охватывают огромный спектр областей деятельности человека.

В рамках изучения данного вопроса проанализированы зарубежные исследования в области влияния VR на образование.

На базе Монтеррейского института технологий и высшего образования проведено экспериментальное исследование, суть которого заключалась в определении эффективности от использования VR при изучении векторов на вводном курсе физики. Участников поделили на контрольную и экспериментальную группы, общее количество студентов – 94 первокурсника (от 18 до 20 лет). Контрольная группа проходила традиционный вводный курс в университете, а экспериментальная прошла тот же курс с сеансами виртуальной реальности. Измерение эффективности выполнялось с помощью анкетирования «до и после». Опрос состоял из 8 качественных вопросов, 6 открытых вопросов и 2 вопросов «да/нет». В ходе данного исследования достигнуты следующие результаты:

1. Нормированный прирост обучаемости у контрольной (0,38) и экспериментальной (0,36) группы, что означает одинаковое обучение.
2. Нормализованный результат обучения в рамках шести вопросов, касающихся визуализации, у контрольной (0,14) и экспериментальной (0,27) группы, что свидетельствует о разнице в результатах обучения.
3. Согласно данным из опроса, посвященном средствам обучения, от 82 до 97 процентов студентов считает, что виртуальная реальность помогла им лучше понять изучаемый материал [16].

Также, изучен исследовательский опыт Хэнаньского технического университета, сосредоточенный на вопросе изучения влияния технологии виртуальной реальности на вовлеченности учащихся. В ходе мета-анализа достигнуты следующие результаты: рассчитано значение эффекта для каждого исследования и общий размер эффекта (0,85), что свидетельствует о статистически значимом уровне положительного влияния на вовлеченность в обучение. В исследовании оценивалось влияние виртуальной реальности в четырех областях: когнитивное, эмоциональное, поведенческое и социальное участие. Значения величины эффекта воздействия для когнитивной вовлеченности составила 0,467, для эмоциональной вовлеченности – 0,248, для поведенческой вовлеченности – 0,458, а для социальной активности составила 0,316. В совокупности примененная технология оказала значительное положительное влияние, стимулирующее воздействие VR является многогранным и многоуровневым [17].

Московский государственный университет провел экспериментальное исследование, направленное на сравнение эффективности применения технологий виртуальной реальности с традиционными образовательными средствами. В качестве испытуемых выступили 29 участников, отобранные посредством теста на знание английского языка. В ходе эксперимента для каждого участника предъявлялась последовательная стимуляция – один раз текст, один раз видео в двумерном формате и виртуальная реальность. Были достигнуты следующие результаты: количество правильных ответов значимо изменялось после прочтения текста ($t = 4,4$, $p < 0,001$) и после погружения в виртуальную реальность ($t = 3,7$, $p < 0,001$). Просмотр видео продемонстрировал меньшую эффективность ($t = 0,867$, $p = 0,394$). Таким образом, выявлена положительная динамика влияния представления информации в виде текста и в виртуальной реальности [18].

Исследовательскую ресурсоемкость представляет собой эксперимент, проведенный в Донском государственном техническом университете. В эмпирической части участвовало 396 человека, которые были опрошены дважды (с интервалом в две недели). В качестве контента выступили проекты, направленные на формирование объективной картины истории Великой Отечественной войны, представленные в виде текста, видео и VR. В ходе исследования достигнуты следующие результаты: 87 % считают увлекательным процесс обучения с помощью VR; более 72 % отметили максимальную эффективность VR-формата и видеоформата; 83,59 % посчитали материал, представленный VR, наиболее интересным; при оценке общей эффективности респонденты выделили VR-формат (61 %) [19].

Таким образом, исследованиями подтверждается, что универсальными объективными измеримыми показателями могут выступать:

1. Улучшение обучения и запоминания: оценка уровня усвоения материала и повышения образовательных результатов при использовании VR в образовательных учреждениях;

2. Улучшение вовлеченности и участия: оценка уровня вовлеченности и участия пользователей в различных сферах деятельности при использовании VR.

Для дальнейших исследований определены следующие векторы:

1. Улучшение работы и производительности: измерение увеличения эффективности и качества работы в различных отраслях бизнеса благодаря применению VR.

2. Снижение затрат и времени: оценка экономической эффективности внедрения VR через уменьшение затрат на обучение, техническое обслуживание или ресурсы производства.

3. Повышение удовлетворенности клиентов: оценка уровня удовлетворенности потребителей продуктами и услугами, созданными с использованием VR.

4. Улучшение безопасности и снижение рисков: измерение уменьшения вероятности несчастных случаев и ошибок благодаря тренировочным симуляциям в виртуальной среде.

Заключение

В заключении по поставленным задачам отмечается следующее:

1. Выявлено разнообразие сфер применения использования технологий виртуальной реальности в отечественных организациях. Анализ позволил понять текущее состояние интеграции VR в различные отрасли и выявить наиболее успешные практики.

2. Проведена классификация используемых продуктов по сферам интеграции, что позволяет систематизировать информацию о применяемых VR-технологиях и их целевых областях, что способствует более точному пониманию специфики использования VR в различных секторах экономики России.

3. В рамках изучения тенденций и перспектив развития технологий виртуальной реальности на российском рынке выявлены основные направления развития данной отрасли и потенциальные сферы их влияния, что позволяет прогнозировать будущее развитие VR и подготавливать стратегии для адаптации к изменениям.

4. Определены возможные критерии и показатели для оценки эффективности использования технологий виртуальной реальности, что включает в себя разработку методов измерения эффективности внедрения VR и оценку его влияния на ключевые показатели производительности и результативности в различных сферах деятельности.

В целом, выполнение поставленных задач позволило получить более полное представление о текущем состоянии и перспективах развития технологий виртуальной реальности в России, а также определить направления для дальнейших исследований и практического применения данных технологий.

Список использованных источников

1. Благодетелева Н.К. Тенденции и перспективы использования современных VR-технологий в иноязычном образовании в системе высшего образования России // Мир науки, культуры, образования. – 2023. – № 3. – С. 109-113.
2. Кочетова А.О., Надежкин В.А., Чудаков Л.А. Применение технологии виртуальной реальности при подготовке кадров в железнодорожном комплексе // Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте. – Самара: Самарский государственный университет путей сообщения. – 2023. – С. 228-231.
3. Вейс Ю.В., Алфимов Г.Д. Влияние VR технологий на эффективность производства в нефтегазовом комплексе // Экономика и бизнес: теория и практика. – 2023. – № 5-1. – с. 79-83.
4. Васильев М. С. Применение VR/AR-технологий в организации // Цифровая трансформация управления: проблемы и решения. – Москва: Государственный университет управления. – 2023. – С. 37-39.
5. Сергеева Е. В. Иммерсивные кейсы с фото/видео 360° в оценке компетенций будущих педагогов // Известия волгоградского государственного педагогического университета. – 2023. – № 7. – С. 24-30.
6. Тищенко О.В., Семенова М.С. Виртуальная реальность – перспективное направление подготовки обучающихся // Сборник статей II Международного научно-исследовательского конкурса. – Петрозаводск: Международный центр научного партнерства «Новая Наука» (ИП Ивановская И.И.). – 2023. – С. 45-51.
7. Митин Р.А., Позднякова Е.А., Сорокин А.Г. Применение VR технологий в обучении промышленной безопасности в условиях цифровой трансформации производства // Новые материалы и технологии в ракетно-космической, авиационной и других высокотехнологичных отраслях промышленности. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью "12 АПРЕЛЯ". – 2022. – С. 49-53.
8. Илюхина Л.А., Богатырева И.В. Концепция управления персоналом в условиях цифровой трансформации // Креативная экономика. – 2022. – № 6. – С. 2445-2462.
9. Кольева Н.С., Даниелян А.С. Перспективы использование VR/AR технологий в металлургии // Цифровая трансформация общества и информационная безопасность. – Екатеринбург: Уральский государственный экономический университет. – 2023. – С. 84-88.
10. Москвичев М.А. Цифровая трансформация строительных организаций // Экономика: вчера, сегодня, завтра. – 2023. – № 3-1. – С. 294-304.
11. Баранкова Ю.В., Зимнюкова А.А. Применение и внедрение VR-технологий в сферу недвижимости // Коммерция и сервис: проблемы и перспективы развития. – Москва: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)". – 2021. – С. 54-58.
12. Смирнов М.А., Ксенофонтова О.Л. Использование AR/VR технологий в условиях цифровой трансформации здравоохранения // Сборник научных трудов ВУЗов России "Проблемы экономики, финансов и управления производством". – 2022. – № 50. – С. 98-101.
13. Никонова Е.Ю., Рупчев Г.Е., Морозова М.А., Бурминский Д.С. Применение технологии виртуальной реальности для релаксации при шизофрении (пилотное исследование) // Национальный психологический журнал. – 2023. – № 4 – С. 78-89.
14. Зеленский М.М., Рева С.А., Шадеркина А.И. Виртуальная реальность (VR) в клинической медицине: международный и российский опыт // Российский журнал телемедицины и электронного здравоохранения. – 2021. – № 3. – С. 7-20.
15. Канарский М.М., Некрасова Ю.Ю., Борисов И.В., Бондарь В.А., Воронцова В.С., Шуненков Д.А. VR-технологии в нейрореабилитации // Вестник Всероссийского общества специалистов по медико-социальной экспертизе, реабилитации и реабилитационной индустрии. – 2021. – № 1. – С. 59-70.
16. Campos E., Hidrogo I., Zavala G. Impact of virtual reality use on the teaching and learning of vectors // Education and Society: New Approaches for New Challenges. – 2022. – № 7. – С. 59-70.

17. Jingyuan Chen, Zongjian Fu, Hongfeng Liu, Jinku Wang Effectiveness of Virtual Reality on Learning Engagement: A Meta-Analysis // International Journal of Web-Based Learning and Teaching Technologies. – 2024. – № 19. – С. 1-14.
18. Ковалев А.И., Роголева Ю.А., Егоров С.Ю. сравнение эффективности применения технологий виртуальной реальности с традиционными образовательными средствами // Вестник московского университета. – 2019. – № 4. – С. 44-58.
19. Дружба О.В.1 Хан Р.С., Тихиня П.А. Особенности восприятия различных форматов образовательного контента: проблемы эффективности // Инновационная наука: психология, педагогика, дефектология. – 2023. – № 5. – С. 64-72.

ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА КОЛОРИСТИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ МЕБЕЛИ ДЕТСКОЙ КОМНАТЫ

Шейкина Е.А.[1], Хмелевский Ю.П.[2]
[1]ТПУ, ИШИТР, ОАР, студент гр. 8Д11, e-mail: eas142@tpu.ru
[2] ТПУ, ИШИТР, ОАР, ст. преподаватель, e-mail: hmelevskiy@tpu.ru

Аннотация

Исследование рассматривает влияние цвета на эмоциональное состояние и развитие детей, а также их визуальное восприятие. Выявляется значимость выбора цветовой гаммы мебели для детской комнаты с психологической и практической точек зрения, представляя результаты опроса с детьми разных возрастов.

Ключевые слова

Колористическое решение, детская комната, визуальное восприятие, эмоциональное состояние, влияние цвета.

Введение

Одним из ключевых аспектов при создании комфортной и стимулирующей среды в детской комнате является выбор цветовой гаммы мебели. Цвета оказывают существенное влияние на эмоциональное состояние, настроение и активность детей, а также влияют на их восприятие окружающего мира.

Данная статья направлена на изучение особенностей выбора колористического решения мебели для детской комнаты с учетом психологических и практических аспектов. В процессе исследования было уделено внимание влиянию цвета на эмоциональное состояние и развитие детей, колористическим значениям цветов, а также было изучено визуальное восприятие цветов детьми.

Анализ значения цвета

Изучение значения цвета, его воздействие на человеческое восприятие и эмоции представляет собой ключевой аспект в теории колористки. Различные ученые колористы, специализирующиеся в области цветоведения, внесли огромный вклад в понимание, как цвета влияют на нас в повседневной жизни. Данные о значении цветов представлены в таблице 1.

Таблица 1

Значение цвета – мнение колористов

Цвет	Мнение колористов
Красный	Активность, гнев, страсть [1, 2, 3].
Желтый	Радостный, бодрый, живой [1, 2, 3].
Фиолетовый	Беспокойство, «искусственность», любознательность [1, 2, 3].
Синий	Спокойность, гармоничность, благополучие [1, 2, 3].
Зеленый	Стабильность, спокойствие, цвет яда [1, 2, 3].
Белый	Свет, чистота, стерильность [1, 2, 3].
Черный	Покой, отрицание, элегантность [1, 2, 3].

Психология цвета и его влияние на эмоциональное состояние детей

Существует целый раздел в психологической науке, изучающий способность человека воспринимать и обозначать цвета, который так и называется – психология восприятия цвета. Цвета вызывают свои ассоциации и символизируются с разными чувствами и эмоциями, поэтому это важнейший фактор выбора колористического решения для детских комнат. Данные мнения психологов о цвете представлены в таблице 2.

Таблица 2

Значение цвета – мнение колористов

Цвет	Мнение психологов
Красный	Активность, агрессия [4],[5],[6].
Желтый	Радость, оптимизм [4],[5],[6].
Фиолетовый	Мистичность, «неживой» [4],[5],[6].
Синий	Стабильность, независимость [4],[5],[6].
Зеленый	Гармония, контроль [4],[5],[6].
Белый	Чистота, открытость [4],[5],[6].
Черный	Траур, скорбь [4],[5],[6].
Серый	Угнетение [4],[5],[6].
Розовый	Романтичность, чистота-[4],[5],[6].

Выявления визуального восприятия цветов у детей

Исследование, направленное на изучение особенностей выбора колористических решений мебели детской комнаты, подразумевает не только вышеперечисленные факторы для выбора, но визуальные предпочтения детей разных возрастных категорий [7].

Дети в возрасте от 1-5 и 6-11 классов находятся в различных этапах развития, но при этом в своих возрастных группах уже могут обладать схожими предпочтениями в выборе цветовых решений для своих комнат [8]. Такое объединение позволит исследовать общие тенденции и схожие предпочтения в выборе мебели для детских комнат, а также упростит процесс сбора данных и анализа. Поэтому для исследования были выбраны две возрастные группы: младшие школьники (1-5 класс) и старшие (6-11 класс).

Для создания опроса была выбрана данная мебель единого образца, но представленная в разных цветах, результаты опроса по двум возрастным категориям представлены в таблице 3.

Таблица 3

Результаты опроса о визуальном восприятии цветов

Предмет	Выбор 1-5 классов	Выбор 5-11 классов
Учебное кресло	Белый, черный, красный, фиолетовый	Белый, синий, черный
Стол	Белый, фиолетовый, зеленый	Белый, черный, фиолетовый
Кровать	Белый, черный, зеленый	Белый, черный, синий

Результаты исследования

Результаты опроса по цветовому восприятию респондентов 1-5 и 5-6 классов, мнение колористов и психологов в качестве итога исследования представлены в таблице 3.

Таблица 4

Сводка результатов

Цвет	Мнение колористов	Мнение психологов	Мнение 6-11 классы	Мнение 1-5 классы
Красный	Активность, гнев, страсть	Активность, агрессия	Злость	Злость
Желтый	Радостный, бодрый, живой	Радость, оптимизм	Радость	Радость
Фиолетовый	Беспокойство, «искусственность», любознательность	Мистичность, «неживой»	Удивление, волнение	Удивление
Синий	Спокойность, гармоничность, благополучие	Стабильность, независимость	Спокойствие	Грусть, спокойствие
Зеленый	Стабильность, спокойствие, цвет яда	Гармония, контроль	Активность, спокойствие	Активность
Белый	Свет, чистота, стерильность	Чистота, открытость	Спокойствие	Спокойствие
Черный	Покой, отрицание, элегантность	Траур, скорбь	Страх	Страх
Серый	-	Угнетение	Грусть, усталость	Спокойствие, усталость
Розовый	-	Романтичность, чистота	Нежность	Радость, нежность

В результате исследования восприятия различных цветов детьми, учащимися с первого по одиннадцатый класс и систематизации данных по данной тематике с точки зрения колористки и психологии можно увидеть, что в большей степени мнение респондентов совпадает с мнением колористов и психологов, и можно выделить следующие особенности использования различных оттенков в проектировании мебели в детской.

Красный цвет

Исходя из представленных данных, красный цвет ассоциируется с такими эмоциональными состояниями, как активность, гнев, страсть, агрессия и злость, согласно мнению колористов, психологов и учащихся 1-5 и 6-11 классов.

Положительное влияние красного цвета при использовании в колористическом решении для мебели детской комнаты может проявиться в стимулировании активности и энергичности у детей. Этот цвет также может способствовать развитию творческого мышления и организованности.

Однако, важно учитывать, что избыточное использование красного цвета в интерьере детской комнаты может привести к излишней агрессивности и возбуждению у детей. Таким образом, при выборе мебели и цветового решения для детской комнаты рекомендуется учесть баланс между стимулирующим воздействием и избегать излишней агрессивности. Рекомендуется использовать в зонах активности.

Общий вывод состоит в том, что использование красного цвета в колористическом решении для мебели детской комнаты может оказывать как положительное, так и отрицательное влияние на эмоциональное состояние и поведение детей, и важно учитывать эти аспекты при создании интерьера детской комнаты.

Жёлтый цвет

Исходя из представленных данных о жёлтом цвете можно сделать вывод, что он имеет положительное влияние при использовании в колористическом решении для мебели детской комнаты. Мнение колористов, психологов и учащихся всех классов совпадает в отношении радостного, бодрого и живого эффекта этого цвета. Он ассоциируется с радостью, оптимизмом и способствует созданию

положительной эмоциональной атмосферы. Эти данные позволяют сделать вывод о благоприятном воздействии желтого цвета на детскую психику и его способности стимулировать позитивные эмоции у детей. Рекомендуется использовать в активных и нейтральных зонах.

Фиолетовый цвет

Использование фиолетового цвета в колористическом решении для детской комнаты имеет свои особенности, которые могут оказать как положительное, так и отрицательное влияние на детей. Удивление у детей из 1-5 классов может быть стимулировано применением фиолетового цвета, поскольку он является некоторой неожиданностью и необычной заметкой в цветовой палитре. Психологический аспект мистичности и чувства неживого также может создать у детей любознательность и воображение, способствуя развитию творческого мышления. Однако, возможное чувство беспокойства, вызванное применением фиолетового, может быть проблематичным для детей, особенно если они склонны к тревожности. Восприятие фиолетового как "искусственного" также может вызвать дискомфорт или неприязнь у детей, особенно если комната полностью оформлена в этом цвете.

Исходя из представленных данных о фиолетовом цвете, его воздействие в колористическом решении для мебели детской комнаты обладает как положительными, так и отрицательными аспектами. Мнение колористов относительно беспокойства и "искусственности" указывает на потенциальное создание напряжения или беспокойства. С другой стороны, мнение психологов о мистичности и "неживом" эффекте, а также удивление со стороны учащихся 6-11 классов, указывает на возможную способность этого цвета пробудить любопытство и вызвать интерес. Поэтому рекомендуется использовать в зонах с творческим назначением.

Таким образом, применение фиолетового цвета в детской комнате может иметь как положительные, так и отрицательные стороны, и его воздействие будет зависеть от индивидуальных предпочтений и особенностей ребенка. Для создания идеального пространства необходимо тщательно взвесить потенциальные эффекты этого цвета на эмоциональное состояние детей и учесть индивидуальные особенности ребенка.

Синий цвет

Использование синего цвета в колористическом решении для мебели детской комнаты представляет собой сложное влияние, которое зависит от контекста и возрастных особенностей детей.

Согласно мнению колористов, синий цвет ассоциируется со спокойствием, гармонией и благополучием, что делает его подходящим для создания умиротворенной атмосферы. Ученики 6-11 классов также ассоциируют его со спокойствием, что подтверждает его положительное влияние на эмоциональное состояние.

Однако, ученики 1-5 классов видят в синем цвете не только спокойствие, но и ассоциируют его с грустью, что указывает на возможное негативное влияние на младших школьников.

Исходя из этого, использование синего цвета требует тщательного планирования и учета контекста. Важно создать баланс и комбинацию с другими цветами и элементами дизайна, чтобы обеспечить положительное воздействие на детей различных возрастных категорий.

Тем не менее, обобщенный вывод о положительном влиянии синего цвета в детской комнате также подкрепляется мнением психологов о его ассоциации с независимостью, что также может быть положительным аспектом в восприятии синего цвета детьми. Кроме того, его способность вызывать спокойствие и «благополучие» подчеркивает его благоприятное воздействие на общее эмоциональное состояние детей.

Таким образом, синий цвет представляет собой благоприятный выбор для использования в мебели и дизайне детской комнаты, влияя положительно на эмоциональное состояние детей, но требует внимательного подхода к возрастным особенностям. Рекомендуется использовать в спокойных зонах, нейтральных и зонах сна.

Зеленый цвет

Согласно колористам, зеленый цвет ассоциируется со стабильностью и спокойствием, однако также может быть воспринят как цвет яда, что вносит элемент негатива. С другой стороны, психологи видят в зеленом цвете гармонию и контроль, принося в обстановку уравновешенность.

Ученики 1-5 классов связывают зеленый цвет с активностью, в то время как ученики 6-11 классов ассоциируют его со спокойствием, что указывает на возможное стимулирующее и спокойное воздействие цвета в зависимости от возрастных особенностей. Этому в зависимости от возраста зленый цвет необходимо использовать в зонах бодрости и активности или в зонах спокойствия.

Таким образом, использование зеленого цвета в детской комнате требует тщательного учета и взвешивания потенциального воздействия на разные возрастные группы детей. При этом необходимо учитывать возможные негативные ассоциации, такие как цвет яда, и стремиться к созданию пространства, способствующего психологическому комфорту и благополучию детей.

Белый цвет

Использование белого цвета в колористических решениях для мебели детской комнаты может иметь как положительное, так и отрицательное влияние. Согласно мнению колористов, белый ассоциируется со светом, чистотой и стерильностью, что предполагает яркое, свежее и пространственное ощущение в комнате, однако также может создавать впечатление холодности. С психологической точки зрения, белый цвет ассоциируется с чистотой и открытостью, что в целом может способствовать созданию светлой, уютной и открытой атмосферы.

Мнение учеников 1-5 и 6-11 классов, связывающих белый цвет с ощущением спокойствия, указывает на то, что использование белого цвета может способствовать созданию умиротворенной обстановки, а также обе возрастные группы предпочли белый цвет в качестве основного цвета мебели при опросе.

Таким образом, можно сказать о явном положительном влиянии белого цвета. Использование белого цвета в интерьере детской комнаты может создать ощущение простора, света, чистоты и спокойствия, но также может вызывать впечатление стерильности и холодности. Поэтому важно учитывать индивидуальные предпочтения, возрастные особенности и сочетать белый цвет с другими теплыми оттенками, чтобы создать гармоничное и уютное пространство. Использовать белый цвет можно в зонах с нейтральным настроением, учебных или спокойных зонах.

Черный цвет

Использование черного цвета в колористическом решении для мебели детской комнаты может иметь как положительное, так и отрицательное влияние, особенно учитывая различные мнения. Согласно мнению колористов, черный цвет ассоциируется с покоем, отрицанием и элегантностью, однако также вызывает страх среди учеников как 1-5 классов, так и 6-11 классов.

Это свидетельствует о том, что черный цвет может вызывать различные эмоциональные реакции в зависимости от возраста и индивидуальных предпочтений. В контексте детской комнаты страх, связанный с черным цветом, может препятствовать созданию спокойной и уютной атмосферы, необходимой для расслабленного и безопасного детского пространства.

С учетом этих факторов, использование черного цвета для мебели детской комнаты требует осторожности. Важно сочетать черный цвет с другими более светлыми и более радостными тонами, использовать в спокойных зонах детской комнаты чтобы создать гармоничное и поддерживающее хорошее настроение пространство для детей.

Серый цвет

Использование серого цвета в колористическом решении для мебели детской комнаты представляет собой сложный вопрос, поскольку различные мнения специалистов указывают как на его негативное, так и на положительное влияние.

С одной стороны, психологи выделяют потенциальное угнетение, связанное с серым цветом, а ученики 6-11 классов ассоциируют его с грустью и усталостью. Это указывает на возможность создания атмосферы, которая не способствует позитивным эмоциям в детской комнате. Отсутствие комментариев со стороны колористов также указывает на нейтральный характер восприятия этого цвета.

С другой стороны, ученики младших классов видят в сером цвете скорее спокойствие, а психологи отмечают его нейтральный характер на данном возрастном уровне. Это говорит о возможности более нейтрального и спокойного воздействия серого цвета на младшие возрастные категории.

Исходя из этих противоречивых данных, важно внимательно подходить к использованию серого цвета в детской комнате, особенно обращать внимание на возрастную группу. Необходимо учитывать комбинацию с другими цветами и предметами интерьера, чтобы создать баланс, способствующий спокойной и уютной атмосфере, и избежать угнетающего воздействия этого цвета. Поэтому разумно рассмотреть альтернативные, более яркие и жизнерадостные цветовые решения для создания более позитивной и поддерживающей эмоциональной обстановки в детской комнате.

Розовый цвет

Использование розового цвета в колористическом решении для мебели детской комнаты имеет

в основном положительное влияние. По мнению психологов, розовый цвет ассоциируется с романтичностью, нежностью и чистотой, что способствует созданию мягкой, уютной и приятной атмосферы в детской комнате. Ученики 6-11 классов ассоциируют его с нежностью и радостью, в то время как ученики 1-5 классов связывают его просто с нежностью.

Такие ассоциации указывают на положительное воздействие розового цвета на эмоциональное состояние детей и их психологический комфорт, независимо от возрастной группы. В обеих возрастных категориях рекомендуется использовать розовый цвет в спокойных зонах комнаты. В целом, использование розового цвета для мебели детской комнаты является благоприятным выбором, способствующим созданию уютной, радостной и психологически комфортной обстановки, которая будет соответствовать как интересам младшего, так и старшего возраста.

Заключение

Цвета оказывают значительное воздействие на наши чувства, эмоции и наше поведение. Они могут быть стимулирующими или успокаивающими, могут вызывать радость или грусть, возбуждать или вызывать расслабление. Именно поэтому выбор цветового решения играет важную роль, особенно когда речь идет о детях.

При создании цветовых решений для детских помещений важно учитывать разнообразие эмоций и потребностей детей. Необходимо балансировать между яркими и насыщенными цветами, способствующими активности, и спокойными, умиротворяющими оттенками. Кроме того, важно учитывать пропорции цветов в интерьере, чтобы создать гармоничное и сбалансированное пространство, способствующее разностороннему развитию детей.

Проведенный опрос среди детей возрастом 1-5 и 6-11 классов позволил выявить колористические предпочтения детей разных возрастных групп и их визуальное восприятие цвета. После анализа данных опроса были обнаружены наиболее предпочтительные цветовые решения для детей каждой возрастной группы.

Исследование предоставляет практические рекомендации по выбору колористического решения для мебели детских комнат, учитывая возрастные особенности и предпочтения детей, мнения психологов и колористов. Полученные результаты могут быть использованы дизайнерами интерьеров, педагогами и родителями для создания комфортной и стимулирующей среды, способствующей развитию и здоровому психологическому состоянию детей.

Список используемых источников

1. Михеева М.М. Цвет в дизайне: методическое указание по курсу «Цветоведение и колористика» – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. – 63 с.

2. Люшер М. Цвет вашего характера. – М.: Вече, 1997. – 236 с.

3.Чидзиива Хидеяки Гармония цвета: Руководство по созданию цветовых комбинаций / Пер. с англ. И.А. Бочкова. – М.: ООО «Издательство Астрель», 2003. – 142 с

4. Широкова Г.А. Справочник дошкольного психолога / Серия «Справочники» - Ростов н/Д: «Феникс», 2004. – 384 с.

5. Под ред. А.И. Копытина Диагностика в арт-терапии. – СПб.: Речь, 2005. – 80 с.

6. С. В. Велиева Диагностика психических состояний детей дошкольного возраста: учебно-методическое пособие. СПб.: Речь, 2005. – 240с.

7. К.М. Шевелева Ю.П. Хмелевский выбор цветового решения в дизайне интерьера детской комнаты для детей дошкольного возраста/ Томский политехнический университет. –2018 – 2стр.

8. Ваганов П. Д., Яновская Э.Ю., Манджиева Э.Т. Периоды детского возраста / ГБОУ ВПО РНИМУ Им. Пирогова, Минздрав России, г. Москва, 2018 – 6 с.

РОЛЬ ДИЗАЙНА В РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМ СОЦИАЛЬНОЙ КОММУНИКАЦИИ

Конева Е.С.[1], Шкляр А.В.[2]
[1]ТПУ ИШИТР, группа 8Д01, e-mail: esk45@tpu.ru
[2]ТПУ ИШИТР ОАР, доцент, к.т.н. e-mail: shklyarav@tpu.ru

Аннотация

Проблемы социальной коммуникации разнообразны и зачастую решаются с помощью психологов. В статье рассматриваются способы преодоления некоторых из проблем коммуникации в результате направленного использования возможностей дизайна.

Ключевые слова: социальная коммуникация, проблемы социальной коммуникации, роль дизайна, страх разочарования, механизмы переключение внимания.

Введение

Социальная коммуникация оказывает влияние на человека через каналы восприятия [1]. Понимание дизайна как посреднике в процессе коммуникации и способе социализации между обществом и создаваемым продуктом позволяет вызвать желаемый отклик у целевой аудитории. Механизмы и способы воздействия на поведение человека с помощью инструментов дизайна могут эффективно решить задачи социальной коммуникации. Роль дизайна заключается в понимании особенностей социального опыта, а также в использовании знаний о психологии дизайна.

Проблемы социальной коммуникации

Причинами появления проблем социальной коммуникации является участие человеческого фактора и развитие цифровой среды [2]. К проблемам социальной коммуникации относятся: отсутствие доверия, нарушение диалогового режима, страх разочарования, неоправданное ожидание, зависимость от чужого мнения и искажение информации. Проблемы социальной коммуникации вызваны субъектами этого процесса. Многие проблемы можно избежать, если субъекты коммуникации не будут настраивать себя негативно и будут больше концентрироваться на излагаемой информации.

Одно устройство, скорее всего, не может решать все проблемы социальной коммуникации. Выбор приоритетных задач может основывать на следующих критериях: востребованность, научная значимость, коммерческая реализуемость и область применения. Для дальнейшего исследования выбрана проблема «страх разочарования», который возникает в результате стремления к психологическому благополучию. Согласно опросу, проведенному в 2016 году российскими учеными, более 50 % опрашиваемых хотят сохранить свое психологическое благополучие, ограждая себя от трудных ситуаций [3]. Согласно другим данным, 78 % населения испытывают страхи [4]. В научных публикациях изучается природа страха, причины его появления и способы борьбы с ним. С коммерческой точки зрения решение поставленной задачи может стать основой проектирования индивидуального устройства, позволяющего быстрее достигать цели потребителей.

Роль дизайна в решении проблем социальной коммуникации

В процессе социальной коммуникации возникают различные ситуации: человек сам себя пугает, страх получения негативной реакции от публики, негативный опыт в прошлом, угрозы со стороны других людей, страх неизвестности. Перечень проблемных ситуаций необходим для оценки роли дизайна в преодолении указанных затруднений. Дизайн – это деятельность, направленная на воздействие на пользователя при помощи инструментов дизайна [5]. Коммуникативная функция дизайна использует механизм переключения внимания на объекты, не связанные с проблемой, с целью вызывать у пользователя эмоции, которые будут сильнее страхов. Социальная функция дизайна основана на наблюдении за поведением человека для поиска механизмов управления поведением человека.

Оценка психологических методов [6], которые решают проблемы социальной коммуникации, и функций дизайна. Сформулированы гипотезы привлечения дизайна к решению важной проблемы социальной коммуникации – преодоление страха разочарования:

1. Инструментом переключения внимания для уменьшения страха при помощи дизайна является использование разнообразия цветовых оттенков. Примером объекта, в котором используется

такой механизм, является игрушка калейдоскоп. Разнообразные узоры из цветного стекла переключают внимание человека со страха на рассматривание получившихся картинок.

2. Механизмом переключения внимания для преодоления страхов при помощи дизайна является наблюдение за движением. В лава лампе используется механизм переключения внимания на движение жидкости [7]. В данном примере человеку становится интересно наблюдать за неповторимыми движениями, что приводит к снижению уровня страха.

3. Механизмом переключения для борьбы со страхами при помощи дизайна является использование сенсорной стимуляции. Например, чтобы отвлечься от мыслительной деятельности, достаточно взять в руки шероховатый объект.

4. Инструментом повышения концентрации внимания для уменьшения страха разочарования при помощи дизайна является ограниченная цветовая гамма. Например, на приборной панели автомобиля используется около трех цветовых оттенков, чтобы не отвлекать водителя от дороги.

5. Механизмом изменения отношения к предстоящему событию для борьбы со страхом при помощи дизайна является добавление позитивной эмоции к ситуации. Например, когда человек волнуется, ему становится холодно. Теплый чай согреет человека и изменит отношение к ситуации.

6. Инструментом, который вызывает азарт у человека, для преодоления страхов при помощи дизайна является игровая деятельность. Данный механизм используется в лайках. Количество, поставленных лайков вызывает азарт у человека, и он начинает соревноваться сам с собой или с кем-либо.

Анализ эффективности возможных решения

Для оценки гипотез с точки зрения эффективности, применимы следующие критерии оценки: экономическая эффективность, многофункциональность, мобильность, безопасность во время эксплуатации. Наименее эффективным способом борьбы со страхами является игровая деятельность, поскольку возникает больше рисков во время самостоятельного использования устройства. Также объекты, в которых присутствует движение сложнее транспортировать, однако если подобрать прочные материалы, то можно избежать поломки устройства. Объекты, которые вызывают положительные эмоции, могут применяться во всех описанных ранее ситуациях. Тактильные объекты могут вызывать разную реакцию у пользователя, поэтому нужно тщательно выбирать поверхности. Для создания объекта для борьбы со страхами эффективнее использовать механизм переключения внимания на движение или сенсорную стимуляцию.

Заключение

Дизайн в решении проблем социальной коммуникации играет значимую роль. Методики управления поведением пользователя известны в психологии и могут быть реализованы в объектах дизайна. Указанный подход позволяет разрабатывать объекты применимые в одной или нескольких проблемных ситуациях. Практическое подтверждение предложенных гипотез позволит усилить роль дизайна в решении проблем социальной коммуникации.

Список используемой литературы

1. Подгорецки Ю. Социальная коммуникация - наука века. – Ополе: б.н., 2015.

2. Серегин А.А. Проблемы современной социальной коммуникации. Манускрипт. [В Интернете]. – URL: manuscript-journal.ru/ (дата обращения: 23.10.2023)

3. Психологическое благополучие.Инфопедия.[В Интернете]. – URL:infopedia.su (дата обращения: 02.11.2023)

4. Статистика страхов среди Россиян. РБК. [В Интернете]. – URL: rbc.ru/life. (дата обращения: 03.11.2023)

5. Желондиевская Л.В. Функции дизайна в современной коммуникации. – Москва: б.н., 2014.

6. Зайцева Т.В. Теория психологического тренинга. Москва: Смысл, – 2002.

7. Лавовая лампа. Википедия. [В Интернете]. – URL: ru.wikipedia.org/wiki (дата обращения: 05.12.2023)

КОРПУС БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

Момот Ю.М.[1], Вехтер Е.В.[2]
[1]ТПУ ИШИТР ОАР, студент гр. 8Д01, e-mail: ymm7@tpu.ru
[2] ТПУ ИШИТР ОАР, доцент, к.п.н., e-mail: vehter@tpu.ru

Аннотация

Выявление особенностей проектирования корпусов беспилотных летательных аппаратов (далее БПЛА) с точки зрения конструкции и формы корпуса, эргономики, технической эффективности, и внешней привлекательности. Разработка корпуса БПЛА для контроля и анализа состояния воздуха, воды и почвы в разных регионах. Конструкция корпуса позволяет встраивать специальные датчики и использовать аппарат при различных условиях эксплуатации.

Ключевые слова: промышленный дизайн, беспилотный летательный аппарат, экологический мониторинг, проектирование корпуса, аэродинамика, эргономика.

Введение

Одним из перспективных направлений развития БПЛА можно выделить экологический мониторинг, он включает в себя сбор данных, анализ и составление карт местности по состоянию атмосферы, воды, почвы, уровню радиации на исследуемой местности. Использование БПЛА может существенно снизить затраты на проведение экологического мониторинга по сравнению с традиционными методами, такими как ручные измерения или использование стационарных станций мониторинга [1]. Актуальность работы обусловлена ростом экологических проблем, развитием технологий в области беспилотных систем и сенсоров и экономической эффективностью такого подхода по сравнению с традиционными методами мониторинга. Цель работы заключается в проектировании беспилотного летательного аппарата для экологического мониторинга, с учетом требований эргономики, технической эффективности и внешней привлекательности.

Основная часть

В ходе исследования и изучения информации о БПЛА, имеющихся в свободных источниках, было решено остановиться на более узком направлении – квадрокоптерах [2 В процессе консультации с экспертами, профессионально занимающимися разработкой и научной деятельностью в сфере БПЛА, и пользователями, выявлены проблемы в уже существующих конструкциях квадрокоптеров., Сформулированные проблемы частично можно решить с помощью промышленного дизайна. К ним относятся: вибрации, низкая стабильность; сопротивление ветру, нарушение контроля; низкая энергоэффективность, малое время полета; падения, поломка конструкции, эргономика управления, внешняя привлекательность. Проведено патентное и аналоговое решение на возможные пути их решения [3, 4]. По итогам проведенного анализа выявлено несколько критериев, ориентируясь на которые, можно решить выявленные проблемы. В каждом критерии определялись особенности, которые улучшат работу БПЛА.

Критерии проектирования:

Гашение вибраций и шумов. Гашение вибраций и шумов в квадрокоптере может быть уменьшено за счет конструктивного проектирования несколькими способами: гладкая, плавная форма рамы, увеличение расстояния между камерой и корпусом, использования легких материалов (которые описаны ниже), интеграция в конструкцию рамы виброгасители, стабилизаторов, амортизирующих креплений [5].

Рама. Идеальной является именно та рама, которая одновременно является прочной и устойчивой, а также легкой и аэродинамичной. Основными критериями, которые необходимо учитывать при проектировании корпуса БПЛА, являются: гладкая, обтекаемая форма, минимизация веса, устойчивость и защита электроники с продуманной системой обдувания, чтобы избежать перегрева.

Материалы. Критерии для выбора материалов: цена (максимально дешевый), жесткость (максимально жесткий), прочность (максимально прочный), вес (максимально легкий), устойчивость к коррозии (максимально устойчивый). По всем параметрам наилучшими характеристиками обладает

карбон, на втором месте – алюминий, на третьем – пластик. Карбоновые волокна: это очень прочный и легкий материал, но также относительно дорогой и тяжелый в обработке. Алюминий обеспечивает высокую прочность и долговечность корпуса, но может быть более тяжелым, чем другие материалы. Он не такой прочный, как карбон, но его легче обрабатывать. Пластик - более доступный материал, однако он менее прочный и жесткий. Наилучшим решением будет использовать смешанные материалы в зависимости от функционала различных деталей.

Монтаж, сборка. Количество деталей и креплений в квадрокоптере может применяться в зависимости от размера и сложности дрона. Типичный квадрокоптер будет состоять из следующих деталей: рама, двигатели, винты, батарея, стабилизатор, камера, крепежи. Квадрокоптер с меньшим количеством и весом деталей будет легче, что может улучшить его летные характеристики и время автономной работы. Среди всех вышеперечисленных деталей, обязательных в конструкции квадрокоптера, как-то повлиять на размеры и количество можно только в раме и крепежах. Поэтому особое внимание дизайнер должен уделить именно этим вещам. В идеальном варианте рама может составлять всего одну деталь.

Посадочная опора. Существует несколько самых популярных способов крепления шасси к дрону: крепление посадочных стоек к раме, крепление стоек к фюзеляжу под углом. Наиболее устойчивым среди этих вариантов является *крепление 4 стоек к фюзеляжу*. Поскольку 4 стойки могут обеспечить более устойчивое положение, чем 2. Крепление к фюзеляжу предотвратит поломку лучей рамы при достаточно жестком приземлении. Также можно использовать несколько дополнительных приемов, которые помогут обеспечить более удобное пользование потребителю: складные стойки, регулируемые ножки, шасси только на передней части, шасси с двусторонней амортизацией.

Пульт управления. Правильный подход и наилучший принцип проектирования пульта управления квадрокоптером с точки зрения промышленного дизайна: ориентация на пользователя, эргономичный хват руки, долговечность, стиль в соответствие с корпусом квадракоптера, панель управления с минимальным количеством кнопок и эргономичными размерами (размеры кнопок 10-12 мм, расстояние между кнопками – 5-7 мм).

Эстетичный вид. Одним из немаловажных аспектов с точки зрения дизайна является эстетичный вид. Его можно обеспечить за счет формы, цвета, материала, размера и количества элементов. Вот некоторые конкретные элементы дизайна, которые могут сделать квадрокоптер современным и эстетичным: единый стиль; плавные, гладкие линии; минималистичный дизайн; выделение деталей цветом, формой или фактурой; выбор цвета по: видимости, долговечности.

По всей проанализированной информации была составлена функциональная схема для упрощения процесса проектирования (рис. 1). В ней показано, какие критерии могут повлиять на каждую из проблем.

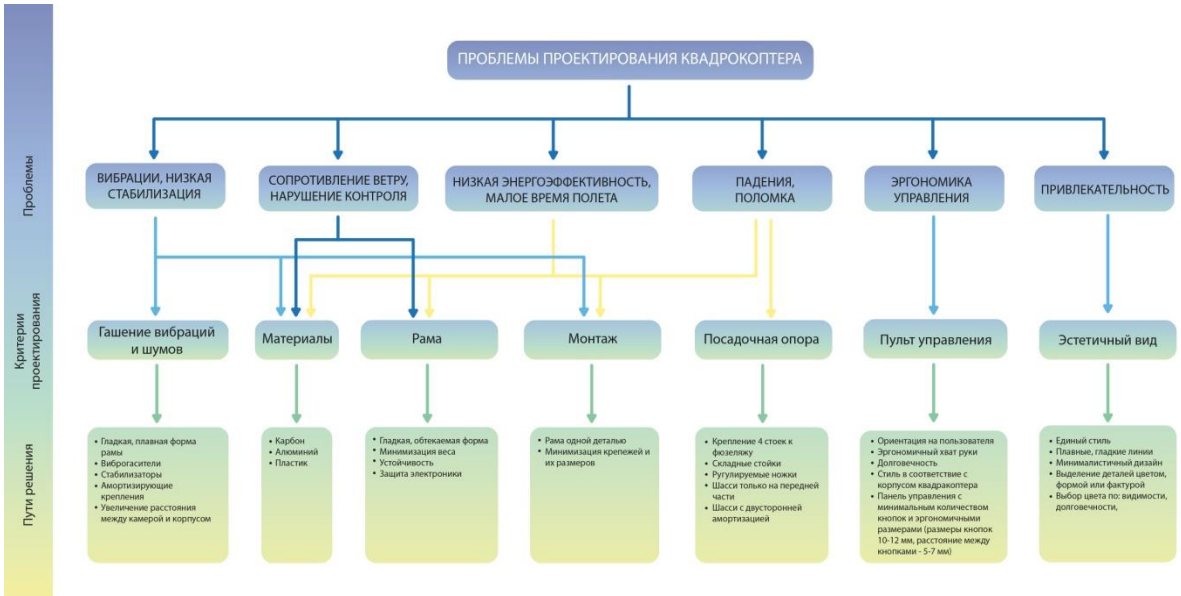


Рис. 1. Функциональная схема проектирования

Результаты

Экологический мониторинг с помощью БПЛА может быть использован в нескольких направлениях – анализ почвы, воздуха, воды, а также измерение электромагнитных полей. Для измерения каждого из них необходимы определенные датчики, собирающиеся в общую конструкцию. Интеграция этих датчиков к общей конструкции корпуса будет осуществляться отдельными блоками. Например, для анализа состояния воздуха будет отдельный конструкторский блок, который с помощью элементов крепления присоединяется к основному корпусу БПЛА. Также и для остальных. Предполагается возможность крепления блоков по отдельности или же вместе (что существенно утяжелит вес БПЛА).

После патентного и аналогово исследования БПЛА с уклоном на экологический мониторинг, были выделены следующие **блоки** (в количестве 5 штук, а также крепление тепловизора на один из них):

- Камера (с возможностью крепления к ней тепловизора).
- Радар или лидар.
- Блок анализа газов (датчики концентрации газов, пыли и аэрозолей, термодинамические датчики).
- Контейнер для взятия пробы воды.
- Блок анализа магнитных полей (антенна, магнитометр, радиочастотный идентификатор и анализатор спектра).

Ниже представлена комбинаторная схема, которая демонстрирует различные варианты крепления блоков к корпусу (рис. 2) [6]. Камера и контейнер для взятия проб воды могут быть размещены только снизу, остальные блоки как сверху, так и снизу. Крепление происходит с помощью полуоборотного фиксатора с магнитом.

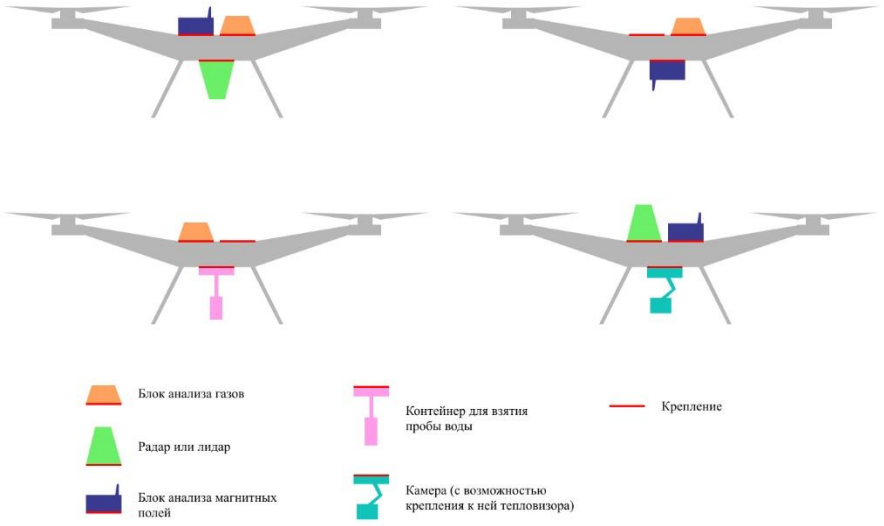


Рис. 2. Комбинаторная схема

Для эскизирования было решено взять только сам корпус дрона, чтобы определиться со стилем и последующем формообразованием. Дополнительные блоки будут разработаны в дальнейшем. В результате эскизирования было создано 3 концепции для корпуса. У каждой из них предполагается отверстия сверху и снизу.

Эскиз № 1 представляет собой конструкцию плавной крестообразной формы (рис. 3).

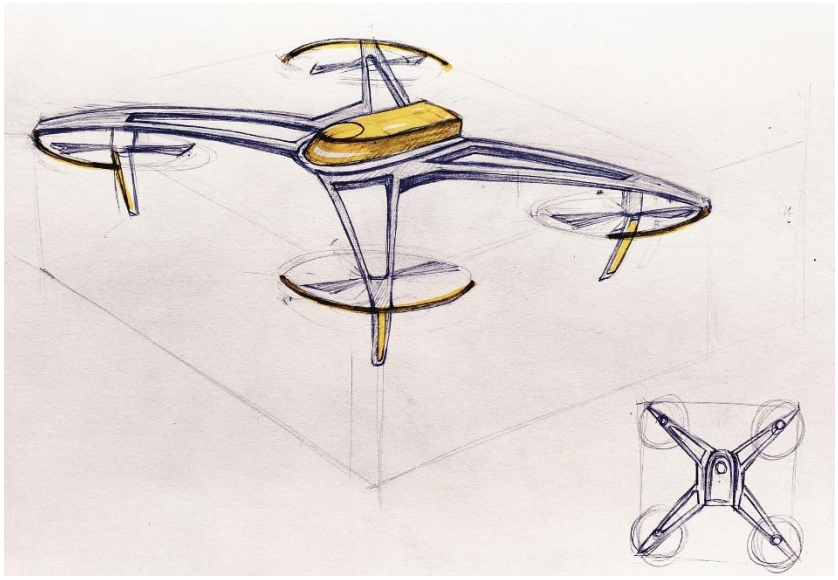


Рис. 3. Эскиз №1

Визуально ярким петном является центральная часть корпуса, там располагается вся функцианальная «начинка». Конструкция имеет осевую симметрию. Лопасти защещены полукругом. Имеется посадочная опора с подсветкой. Имеется 1 место для крепления блоков сверху и 2 снизу.

Эскиз №2 имеет более геометричную форму, в основе которой лежит шестигранник (рис. 2). Симметрия центральная. Здесь посадочная опора уже расположена ближе к центру. Лопасти также имеют защитную конструкцию. Имеется 1 место для крепления блоков сверху и 1 снизу.

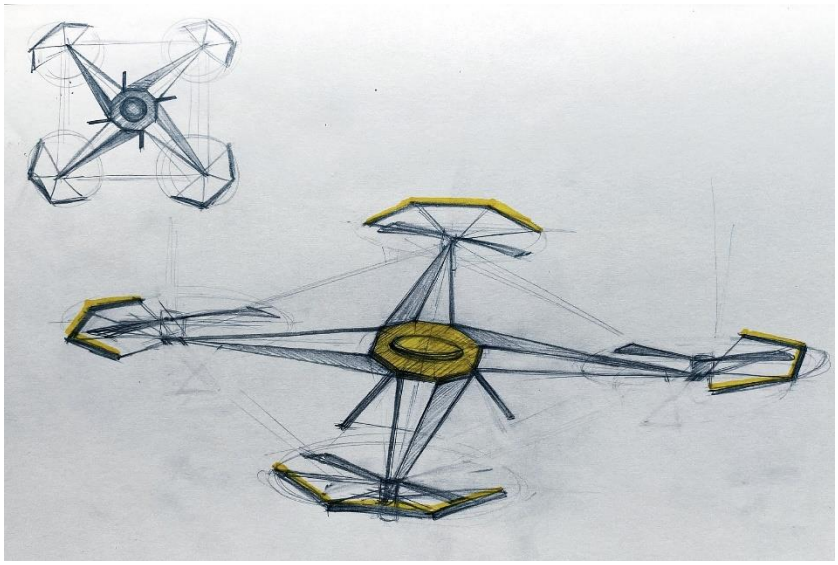


Рис. 4. Эскиз №2

В основе формообразования эскиза №3 лежат окружности и прямоугольник (рис. 5). Симметрия осевая. Имеется съемный защитный механизм лопастей, сочетающий в себе и функции посадочной опоры. Имеется 1 место для крепления блоков сверху и 2 снизу.

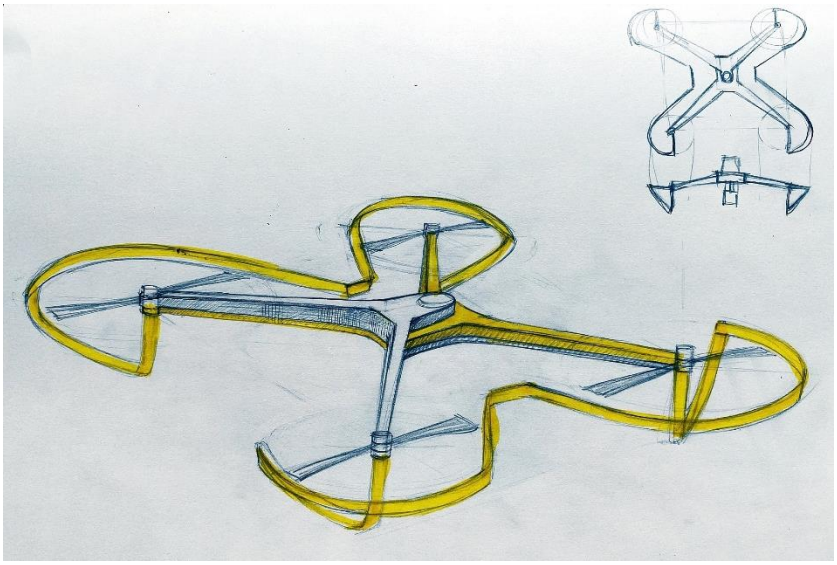


Рис. 5. Эскиз №3

Далее все эскизы были оценены по 10-ти бальной шкале по каждому из ранее выявленных критериев (Таблица 1). Оценка проводилась на основе визуального анализа эскизов (объемов, формы, эргономики). В итоге, самая лучшая оценка оказалась у эскиза №1, он взят на дальнейшую доработку и моделирование.

Таблица 1

Сравнительная таблица эскизов по критериям проектирования БПЛА

	Эскиз 1	Эскиз 2	Эскиз 3
Гашение вибраций и шумов	9	6	5
Минимизация веса	7	9	8
Минимизация количества монтажных деталей	8	7	9
Устойчивость	9	7	8
Защита внутренних и внешних функциональных компонентов	9	8	10
Наличие и надежность посадочной опоры	9	7	7
Гармоничность, целостность формы. Эстетичный внешний вид	10	8	10
Итог:	8.71	7.42	8.14

Заключение

По результатам исследования были выявлены основные проблемы, выявлены критерии для проектирования и на их основе предложены пути решения для поставленных проблем. Получена структурированная информация и схемы, которые позволят с помощью промышленного дизайна сделать конструкцию БПЛА более эргономичной, технически эффективной и внешне привлекательной. Разработана конструкция БПЛА для экологического мониторинга, представлена комбинаторная схема с наиболее полезными блоками. Представлено 3 эскизные концепции и проведена их оценка по ранее выявленным критериям.

Список использованных источников

1. Апкин Р.Н., Минакова Е.А. Экологический мониторинг // Учебное пособие – Казань. – 2015. – 128 с.
2. Квадрокоптер // Wikipedia: сайт. – 2015. – URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Quadcopter (дата обращения: 01.02.2024).
3. Официальный магазин DJI в России // DJI : сайт. – URL: https://4vision.ru/?ysclid=lu8lk4ccz274688256 (дата обращения: 01.02.2024).
4. Роспатент платформа // Роспатент : сайт. – 2022. – URL: https://searchplatform.rospatent.gov.ru/ (дата обращения: 01.02.2024).
5. Казневский В.П. Аэродинамика в природе и технике // Учебно-педагогическое пособие – Москва. – 1958. – 136 с.
6. Михеева М.М. Основы системного дизайна // Методическое указание – Москва. – 2010. – 59 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ PYTHON БИБЛИОТЕК ДЛЯ ЛИНЕЙНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ РАСТРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Манасян А. Л.[1], Дёмин А.Ю. [2,3]
[1] ТПУ ИЩИТР ОИТ, 8В13 e-mail: alm5@tpu.ru
[2] ТПУ ИЩИТР ОИТ, e-mail: ad@tpu.ru
[3] Томский государственный университет, доцент ИФПМКН

Аннотация

Данное исследование оценивает эффективность различных Python библиотек для линейной фильтрации растровых изображений. Анализируются библиотеки, такие как OpenCV, Pillow, scikit-image и SciPy. Исследование включает сравнение производительности и качества фильтрации каждой библиотеки для обработки растровых изображений.

Ключевые слова: Фильтрация изображений. Линейная фильтрация. Image processing.

Введение

Анализ реализации алгоритмов фильтрации изображений на Python является актуальной темой современной компьютерной графики и обработки изображений. В связи с растущим спросом на обработку изображений в таких областях, как компьютерное зрение [1], медицинская диагностика [2], развлекательная индустрия и многих других [3], алгоритмы фильтрации изображений становятся все более важными для исследований и практического применения. Исследование реализации алгоритмов фильтрации изображений позволит оценить их производительность и эффективность. Такой анализ может стать основой для выбора наилучшей библиотеки при разработке программ обработки изображений.

Теоретическая часть

Под термином «фильтрация изображений» понимается процесс обработки изображений, в результате которого получается изображение того же размера, что и исходное, с применением определённых правил, называемых фильтрами. Обычно цвет каждого пикселя в полученном изображении зависит от цветов пикселей, расположенных в его окрестности на исходном изображении [4]. Фильтрация изображений является важной составляющей в задачах компьютерного зрения, распознавания образов и обработки изображений.

В данном исследовании планируется использование таких типов фильтров, как фильтр Гаусса, контрастоповышающая фильтрация и фильтр обнаружения границ, для модификации изображений. Для этого проведём анализ четырёх популярных библиотек Python с целью определения их эффективности при применении указанных фильтров к изображениям.

Практическая часть

Создадим набор тестовых изображений различного размера, чтобы оценить производительность алгоритмов фильтрации на различных объёмах данных.

Для проведения сравнительного анализа реализации фильтрации изображений с учётом производительности на Python используем следующие библиотеки:

- Воспользуемся библиотекой time для измерения времени выполнения определённых участков кода.
- Для чтения и вывода изображения воспользуемся библиотекой matplotlib.

Построим графики зависимости скорости выполнения каждого фильтра от количества пикселей в Jupyter Notebook.

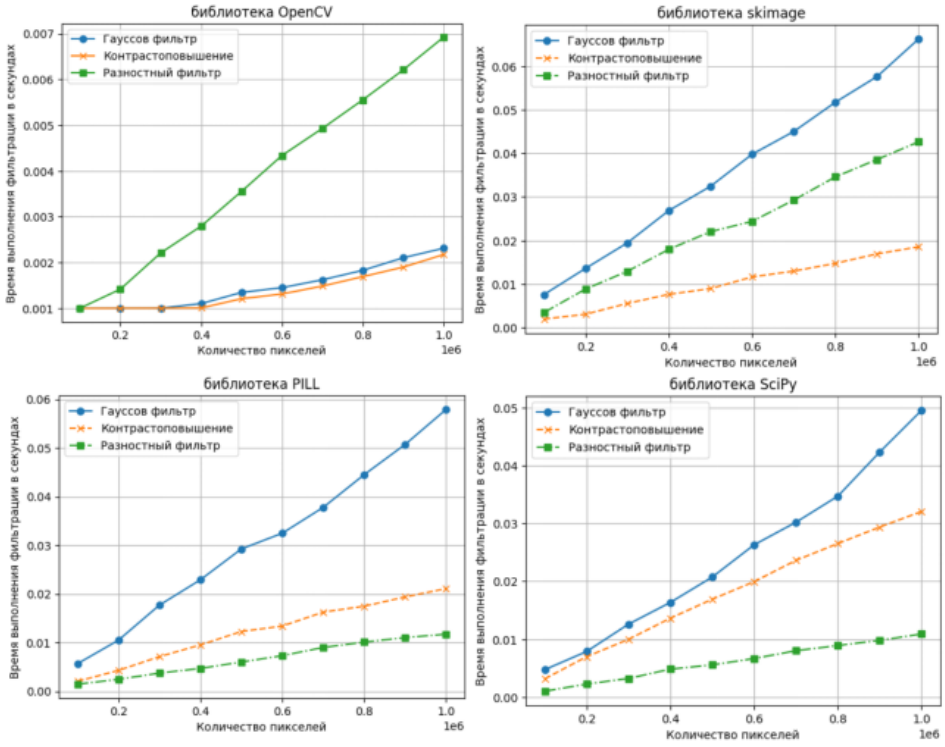


Рис. 1. Графики сложности алгоритмов, реализующих линейную фильтрацию в различных библиотеках Python

Для оценки результата фильтрации рассмотрим исходные и полученные изображения и графики, показывающие время выполнения одного и того же фильтра при использовании разных библиотек.

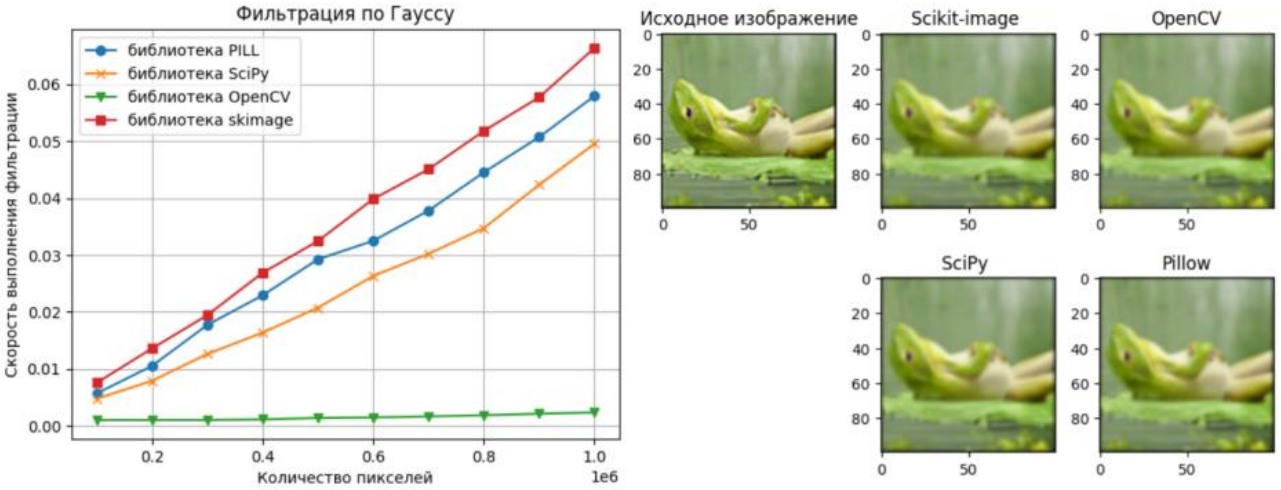


Рис. 2. Результаты фильтрации по Гауссу

По результатам анализа графиков и изображений можно сделать вывод, что оптимальным выбором для применения фильтрации по Гауссу является библиотека OpenCV. Данная библиотека демонстрирует значительно более высокую скорость при выполнении указанной задачи по сравнению с фильтрами других библиотек. Например, среднее время выполнения фильтрации самого крупного изображения (разрешение 1000x1000) составляет 0.0023 секунды, в то время как для остальных библиотек данное значение составляет 0.05 секунды и выше.

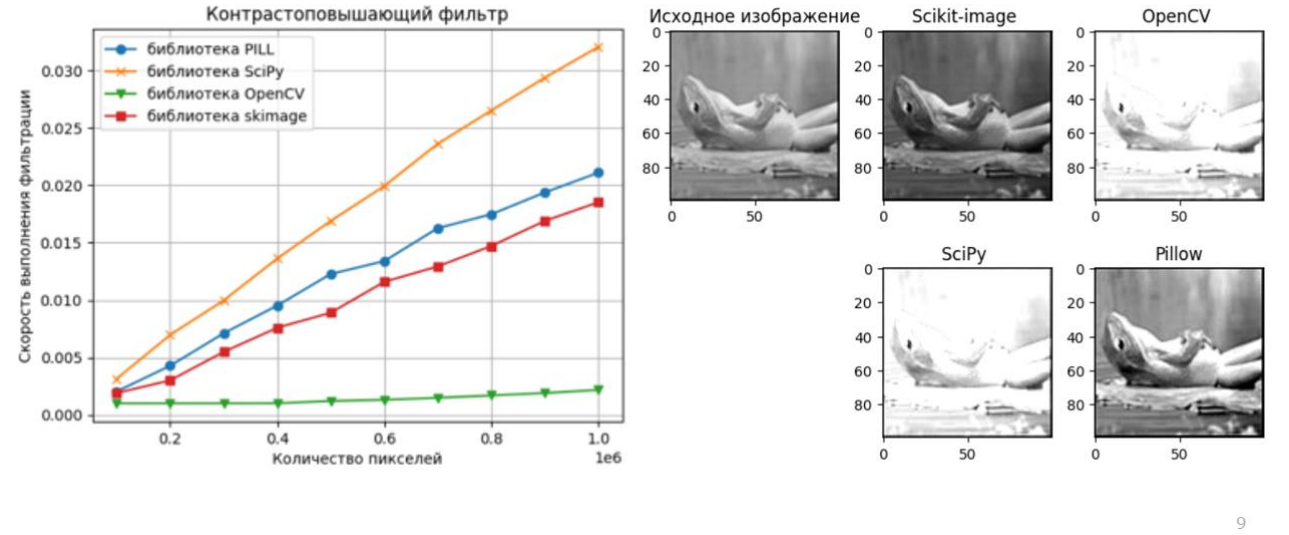


Рис. 3. Результаты контрастоповышающей фильтрации

По результатам анализа контрастоповышающей фильтрации изображений с одинаковыми параметрами следует отметить фильтр, представленный в библиотеке Pill, который демонстрирует удовлетворительное среднее время выполнения операций обработки изображений. Несмотря на высокую производительность фильтрации изображений в OpenCV, окончательное обработанное изображение с использованием аналогичных параметров не соответствовало ожиданиям в отношении качества и желаемого эффекта.

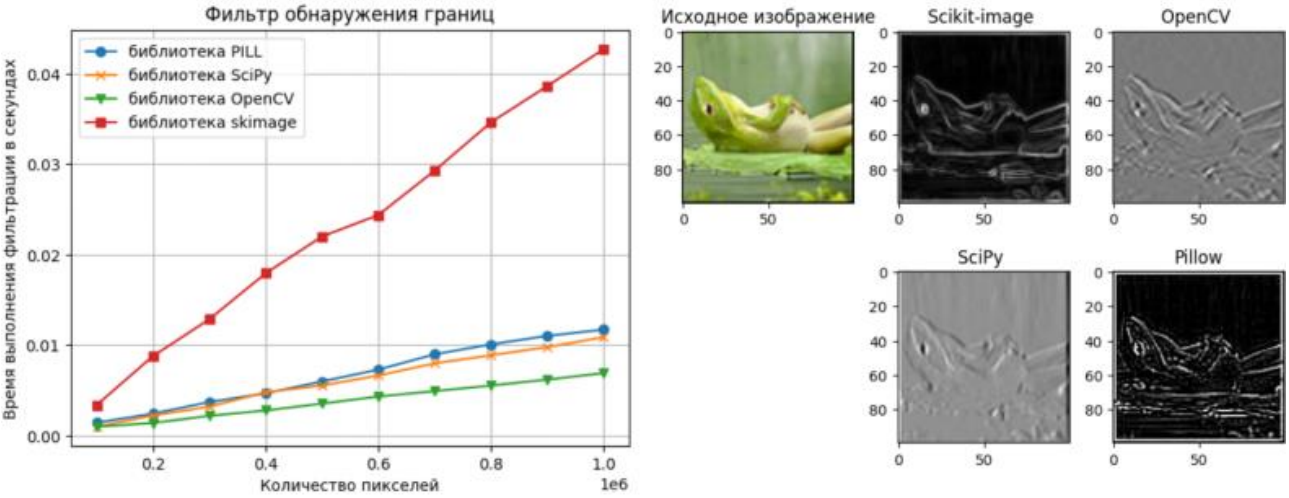


Рис. 4. Результаты фильтрации обнаружения границ

В результате проведения фильтрации с целью обнаружения границ наиболее эффективными библиотеками оказались SciPy и OpenCV. Эти библиотеки продемонстрировали оптимальные временные характеристики выполнения фильтрационных процессов и выдали окончательные изображения, соответствующие поставленным требованиям. Рекомендуется воздержаться от применения библиотеки Scikit-image в данной задаче, поскольку она показала наибольшее время обработки изображений.

Анализ результатов и рекомендации

После анализа четырёх библиотек, проведём обобщённые выводы по каждой из них в контексте наилучшего подхода к задаче фильтрации.

OpenCV. Все три фильтра данной библиотеки показали высокую скорость работы по сравнению с аналогичными библиотеками. Несмотря на более длительное время выполнения фильтра обнаружения границ (в среднем 0.007 секунды) по сравнению с фильтром Гаусса и контрастоувеличивающем фильтром (в среднем 0.002 секунды), этот показатель значительно ниже средних временных параметров аналогичных фильтров из других библиотек. Проведённый анализ конечных изображений подтверждает рекомендацию использовать данный фильтр для задач размытия и выявления границ

Python Imaging Library (PIL). Исследование показало, что данная библиотека демонстрирует превосходное качество выходных изображений при использовании контрастоувеличивающей фильтрации по сравнению с другими аналогичными библиотеками. Кроме того, её результаты по Гауссовской фильтрации оказались на уровне средних значений. Обобщенно все рассмотренные фильтры показали сравнимую среднюю скорость выполнения операций.

SciPy. Наиболее впечатляющие результаты были достигнуты в области фильтрации обнаружения границ, где библиотека продемонстрировала второе наилучшее время выполнения и соответствующее качественное окончательное изображение. Не рекомендуется использовать эту библиотеку для задач контрастоувеличения из-за наиболее длительного времени выполнения фильтрации в соответствующей области применения. По фильтрации Гаусса библиотека показала средние показатели.

Scikit-image. Проведённые исследования показали, что данная библиотека выделяется самым продолжительным временем выполнения операций фильтрации по Гауссу и обнаружению границ. В то же время, в контексте задач контрастоувеличения, фильтр, представленный в этой библиотеке, демонстрировал средние временные характеристики, при этом обеспечивая одно из наилучших качеств выходных изображений среди изученных методов.

Заключение

В данной работе изучены различные методы линейной фильтрации и их реализация в наиболее популярных библиотеках Python. Для оценки качества полученных результатов в фильтрации был подобран ряд изображений. Были построены графики сложности алгоритмов фильтрации для различных библиотек, на основе которых проведён анализ их производительности, и предложены рекомендации по их использованию. В дальнейшем планируется исследование кода библиотек с целью разработки эффективных высокоскоростных методов обработки изображений в Python.

Список использованных источников

1. Методы фильтрации изображений в рентгеновской компьютерной томографии. – Текст : электронный // URL:https://cyberleninka.ru/article/n/metody-filtratsii-izobrazheniy-v-rentgenovskoy-kompyuternoy-tomografii/viewer (дата обращения: 10.04.2024).
2. Методы фильтрации изображений в рентгеновской компьютерной томографии. – Текст: электронный // CyberLeninka. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/metody-filtratsii-izobrazheniy-v-rentgenovskoy-kompyuternoy-tomografii/viewer (дата обращения: 10.04.2024).
3. Filtering in Computer Graphics. – Текст: электронный // GeeksforGeeks. – URL: https://www.geeksforgeeks.org/filtering-in-computer-graphics/ (дата обращения: 10.04.2024).
4. Растровые алгоритмы– Текст : электронный // – URL: https://portal.tpu.ru/SHARED/a/AD/Education/Tab2/CG_filterring.pdf (дата обращения 10.04.2024).

ИНТЕГРАЦИЯ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ И БЕСПРОВОДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ КОНТРОЛЯ И ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Гительман В.С.[1,2], Курганов В.В.[3]
[1] ТПУ ИШИТР ОАР, 8ТМ22, e-mail: vsg16@tpu.ru
[2] АО «ТомскНИПИнефть», отдел АСУ ТП, инженер II категории, e-mail: GitelmanVS@tomsknipi.ru
[3] ТПУ ИШИТР ОАР, доцент, e-mail: kurganov@tpu.ru

Аннотация

В настоящей работе описывается возможность применения беспроводного протокола интернета вещей MQTT в целях визуализации данных технологического процесса посредством инструментов дополненной реальности. На примере существующей системы автоматического регулирования температуры разработано приложение в среде Unity, позволяющее получать с датчиков параметры технологического процесса и воздействовать на систему с помощью задания уставок.

Ключевые слова: дополненная реальность, автоматизированное рабочее место (АРМ), автоматизированная система управления технологическими процессами (АСУ ТП), AR-приложение, MQTT.

Введение

На сегодняшний день многие предприятия оснащены системами автоматического управления. Визуализация данных в таких системах происходит посредством SCADA-систем, мнемосхем оператора. В данном случае операторский контроль технологических параметров производится с использованием классических стационарных АРМ (персональных компьютеров). В результате оператор и персонал не обладают мобильностью и гибкостью в работе, что не позволяет повысить эффективность их труда. Применение беспроводных протоколов предполагает дополнительную возможность внедрения на предприятие мобильных АРМ, представляющих собой смартфоны и планшеты, на которых предусматривается запуск мобильной SCADA-системы и приложений дополненной реальности. Использование мобильных АРМ на производстве способствует как повышению гибкости и мобильности персонала в работе, так и уменьшению простоев и затрат на ремонт оборудования [1].

Таким образом, с целью расширения возможностей в части контроля параметров технологического процесса и повышения эффективности труда персонала в данной работе предлагается подход к визуализации данных с использованием интеграции дополненной реальности и беспроводных протоколов передачи данных. Целью работы является реализация применения протокола интернета вещей MQTT для повышения возможностей визуализации и контроля технологических параметров в системах АСУ ТП посредством разработки AR-приложения и мобильных АРМ на базе специализированных SCADA-систем.

Основная часть

В данной работе используется беспроводной протокол передачи данных MQTT, являющийся легковесным сетевым протоколом обмена сообщениями по принципу «издатель – подписчик» (publisher/subscriber). MQTT представляет собой протокол интернета вещей и находит широкое применение для организации межмашинных (M2M) взаимодействий [2]. Производители отечественных SCADA-систем внедряют данный протокол и в современные SCADA-системы. Например, SCADA-системы TeslaSCADA2, SmartICS, TRACE MODE 7, MasterSCADA 4D поддерживают протокол MQTT. Таким образом, протокол беспроводной передачи MQTT имеет широкие перспективы использования в системах АСУ ТП.

Приведенная на рисунке 1 математическая модель системы автоматического регулирования температуры обменивается данными с сервером CODESYS OPC SERVER, на который поступают управляющие воздействия на преобразователь частоты векторный (ток 4-20 мА) со стороны среды математического моделирования. В математическую модель со стороны сервера приходят данные с датчика температуры (ток 4-20 мА).

Для визуализации параметров технологического процесса и использования возможностей записи уставок температуры разработана мнемосхема оператора мобильного АРМ на основе программного обеспечения TeslaSCADA2 (рисунок 1). На визуальные элементы приведенной на рисунке 1 мнемосхемы по протоколу MQTT поступают данные технологического процесса. В результате реализовано взаимодействие между KEPServer EX6, выполняющим конвертацию промышленного протокола OPC UA в протокол MQTT, и SCADA-системой TeslaSCADA2. Данная SCADA-система позволяет создавать проекты для мобильных устройств на основе протокола MQTT. Теги OPC UA формируются на базе разработанной математической модели в среде моделирования SimInTech с использованием OPC UA сервера. Таким образом производится двухстороннее преобразование протоколов OPC UA и MQTT посредством обмена данными KEPServer EX6 и SimInTech.

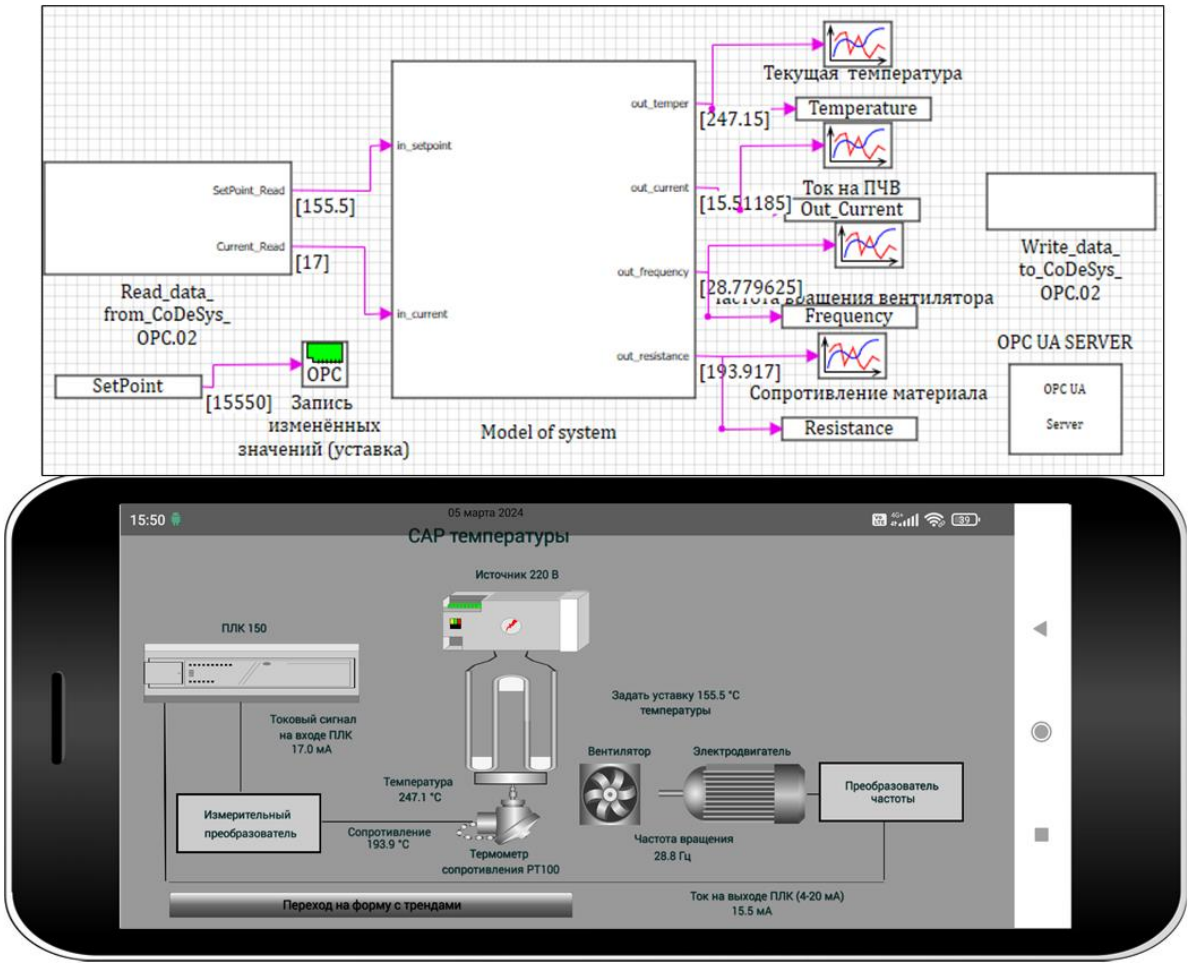


Рис. 1. Операторская мнемосхема для мобильного АРМ в среде TeslaSCADA2 и обмен данными со средой математического моделирования SimInTech

В представленной мнемосхеме реализована привязка MQTT-тегов к текстовым меткам. Для импорта проекта на смартфон требуется запуск приложения TeslaSCADA Runtime на мобильном устройстве, находящемся в одной Wi-Fi сети с ноутбуком (рис. 2). После выполнения необходимых шагов в TeslaSCADA IDE выбирается опция "Load On Device" в меню "File". При корректном выполнении действий устройство для импорта проекта отобразится в выпадающем списке. После загрузки проекта на устройство производится открытие и запуск мнемосхемы.

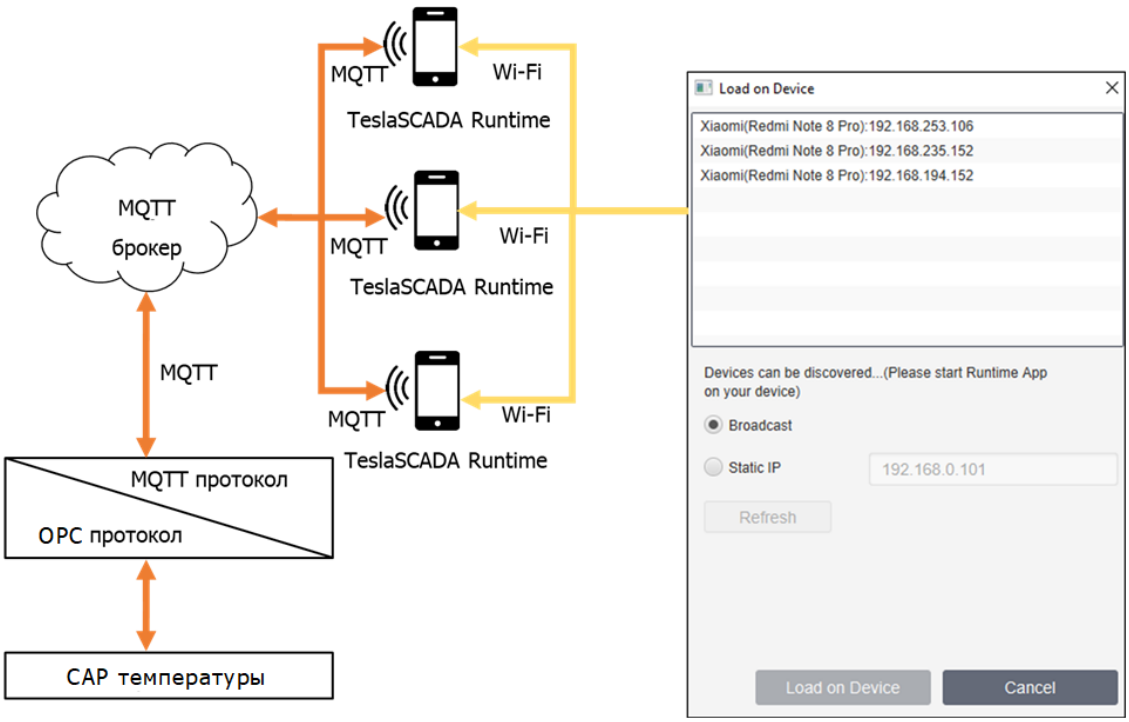


Рис. 2. Принцип обмена данными АСУ ТП с мобильными устройствами по протоколу MQTT и импорт проекта из TeslaSCADA IDE на смартфон с запущенным приложением TeslaSCADA Runtime

Таким образом, реализовано успешное взаимодействие системы АСУ ТП с приложением TeslaSCADA Runtime, запущенным на смартфоне, посредством двухстороннего преобразования протокола OPC UA в протокол MQTT.

Для САР температуры разработано AR-приложение в среде Unity с использованием плагина Vuforia [3], выбранного из-за его простоты создания сценариев работы с AR-объектами, а также возможности распознавания не только 2D-картинок, но и 3D объектов. Для связи по протоколу MQTT в дополненной реальности применена библиотека M2MqttUnity [4]. Программный код был разработан и использован в рамках существующего проекта по разработке САР температуры.

Объекты привязаны к QR-кодам для облегчения отслеживания. QR-коды были выбраны в качестве отслеживаемых изображений из-за своей детализации. Это позволяет приложению легко определять изображения QR-кодов в реальном мире и накладывать на них виртуальные метки.

После разработки AR-приложения проект был импортирован на смартфон. Проведена отладка и проверка работоспособности AR-приложения для стенда САР температуры. В дополненной реальности отображаются метки, на которые передаются данные, публикуемые в MQTT-топиках. Работа приложения осуществляется в режиме реального времени. Результат представлен на рисунке 3.



Рис. 3. Результат работы приложения дополненной реальности

Интеграция беспроводного протокола MQTT с AR-приложением реализована успешно. Передача данных по каждому технологическому параметру через интервал времени менее 1 секунды.

Результаты

Итоговым результатом работы является разработанное AR-приложение в среде Unity, а также мобильный АРМ, созданный посредством SCADA-системы TeslaSCADA2. С использованием протокола MQTT реализована возможность визуализации, контроля параметров и управления процессами через смартфон/планшет.

Заключение

Таким образом, показан подход к расширению возможностей АСУ ТП в части визуализации данных и контроля параметров посредством разработки мобильных АРМ на основе дополненной реальности и протокола MQTT. Применение технологий дополненной реальности в АСУ ТП и на производстве будет способствовать улучшению визуального восприятия параметров технологического процесса со стороны персонала и сокращению времени реагирования сотрудников на возникающие ситуации [5].

Список использованных источников

1. Попов Д.М., Кравченко С.Н., Санкина О.В. Разработка системы мониторинга технологического оборудования мясоперерабатывающего предприятия. Аграрная наука. – 2023. – № (9). – С. 156-160. https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-156-160.

2. Костеннов, Т. В. Сравнение протоколов связи для организации M2M-взаимодействий в SCADA-системах и системах промышленного интернета вещей / Т. В. Костеннов // Математические структуры и моделирование. – 2023. – № 2(66). – С. 91-102. – DOI 10.24147/2222-8772.2023.2.91-102. – EDN TFAFDU.

3. 60+% AR приложений созданы на платформе Vuforia // vuforia: сайт. – 2024. – URL: https://vuforia.mont.com/about.html.

4. M2MQTT для Unity // github: сайт. – 2024. – URL: https://github.com/gpvigano/M2MqttUnity.

5. Система сбора и отображения данных сенсоров киберфизической системы с применением дополненной реальности / Д. И. Исаенко, Е. А. Логвинова, А. В. Никитин [и др.] // Инфокоммуникационные технологии. – 2022. – Т. 20. – № 2. – С. 34-41. – DOI 10.18469/ikt.2022.20.2.04. – EDN AAGNYJ.

МЕТОДЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВИЗУАЛЬНЫХ ЭФФЕКТОВ (VFX) ДЛЯ РЕКЛАМНЫХ РОЛИКОВ

Гарифуллин Ф.А.
ТПУ ОАР ИШИТР, студент гр.8Е02, e-mail: fag6@tpu.ru

Аннотация

В данной статье исследуются методы разработки и интеграции визуальных эффектов в видео на примере реальных кейсов, акцентируя внимание на использовании современных инструментов трекинга, моделирования, анимации, постобработки и звукового дизайна. Проанализированы ключевые аспекты и техники, позволяющие сочетать 3D модели и анимации с реальными видео, обеспечивая тем самым создание привлекательных рекламных материалов.

Ключевые слова: трекинг, 3D моделирование, анимация, Blender, Adobe after effects.

Введение

На сегодняшний день на мировых фриланс-платформах, ориентированных на работу цифровых художников, наблюдается устойчивый рост спроса на производство видеороликов, включающих элементы 3D-графики. Данный тренд маркетологи используют в качестве инструмента для формирования эмоциональной связи между потребителем и продуктом. Важно подчеркнуть, что для успешной интеграции графических элементов в реально снятое видео, цифровым художникам требуется владение широким спектром программного обеспечения, обеспечивающего выполнение таких операций, как трекинг, 3D-моделирование, анимация, работа со светом и композитинг. Тем не менее, даже при наличии соответствующих навыков, достижение результата, отвечающего всем требованиям заказчика, остается сложной задачей из-за отсутствия универсального алгоритма для получения высококачественного исходного продукта.

В этой связи, основная проблема заключается не только в технической сложности процесса, но и в необходимости глубокого понимания художественной и эстетической стороны проекта, что требует от специалиста способности адаптировать и интегрировать 3D-графику таким образом, чтобы она гармонично дополняла видеоматериал, не нарушая его целостности и убедительности. Достижение такого уровня профессионализма предполагает не только техническую грамотность, но и развитое чувство стиля, понимание композиционных закономерностей и умение работать в мультидисциплинарной команде.

Следовательно, в рамках данной научной статьи будут детально рассмотрены варианты и способы создания качественных видеороликов на основе реальных заказов и проектов. В частности, основное внимание будет уделено анализу двух пайплайнов по созданию видеоролика с интеграцией 3D-графики, начиная от инициализации проекта и заканчивая выходом финального продукта. Данный анализ позволит выявить ключевые этапы работы, определить потенциальные сложности и предложить эффективные решения для их преодоления.

Таким образом, представленное исследование направлено на формирование комплексного понимания процесса создания визуально привлекательных и технически сложных видеороликов с использованием 3D-графики. Результаты работы могут стать основой для разработки рекомендаций по оптимизации процессов проектирования и производства цифрового видеоконтента, что, в свою очередь, способствует повышению качества исходной продукции и укреплению позиций специалистов на рынке цифрового дизайна и видеопродакшна.

Основная часть

В основной части данной статьи рассмотрим два различных пайплайна по созданию VFX роликов, с особым акцентом на различия в методах трекинга и постобработки. Оба подхода будут продемонстрированы на реальных кейсах создания рекламных материалов.

1. Исследование и реализация методов трекинга в After Effects и Blender

Трекинг [1] – процесс отслеживания движения камеры либо объектов в видео для добавления, изменения или удаления элементов в кадре с сохранением их правильного положения, ориентации и масштаба относительно исходных сцен. Трекинг позволяет виртуальным объектам или эффектам следовать за движущимися в кадре элементами натурально, как будто они – часть оригинальной сцены.

В инструментарий Adobe After Effects встроен плагин “3D camera tracker” [2] который автоматически покадрово просчитывает движение камеры в пространстве. Работу плагина можно описать несколькими этапами. Первоначально происходит анализ видеосеквенции, идентифицируя точки отслеживания, которые могут быть использованы для расчета движения камеры. Каждая точка представляет из себя уникальные визуальные характеристики, позволяющие отслеживать ее перемещение между кадрами. Далее на основе собранных данных о перемещении точек рассчитывается движение камеры, определяется ее масштаб, величина поворота, фокусное расстояние. На рисунке 1, представлены результаты трекинга двух видеороликов After Effects.

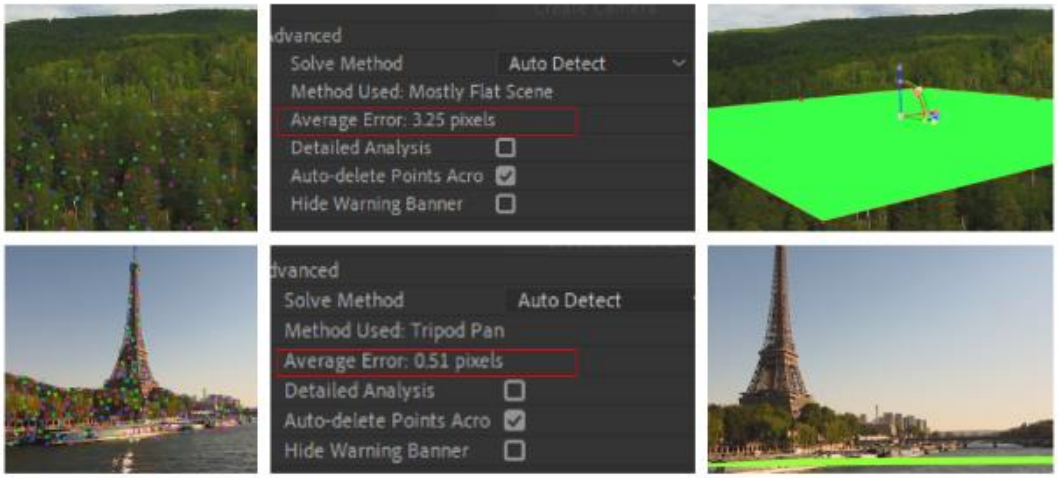


Рис. 1. Результаты трекинга двух видео в adobe after effects

Процесс трекинга в Blender [3] требует больших усилий и не всегда приводит к получению низкого значения среднеквадратичной ошибки отклонения точек [4], чаще всего трекинг в Blender стоит использовать для работы с контрастными роликами и там, где камера приближена к статичному движению.

Первое видео, представленное на рисунке 1, демонстрирует лес с высоким разрешением 6384*1344. Оно содержит множество контрастных точек между деревьями и листьями, а также имеет значительную продолжительность. В этих условиях Blender столкнулся с трудностями при автоматическом трекинге из-за большого количества точек. Это потребовало ручного вмешательства для добавления меток там, где происходила потеря предыдущих меток. В то же время, After Effects справился с задачей, но полученное значение ошибки в 3.25px не соответствует высокому качеству трекинга. Однако, учитывая, что финальный продукт включал в себя движение 3D объекта в воздухе с эффектом размытия, было принято решение остановиться на достигнутом результате.

Во втором случае использование трекера в after effects привело к ошибке 0.51px, трекер же в blender из-за присутствия воды в кадре справился с решением задачи довольно плохо и выдал ошибку решателя в более чем 7px.

Если трекинг производился в after effects, то после получения достаточно низкой ошибки решателя, при помощи плагина далее экспортируется файл формата “.json” и импортируется в Blender (рис. 2).

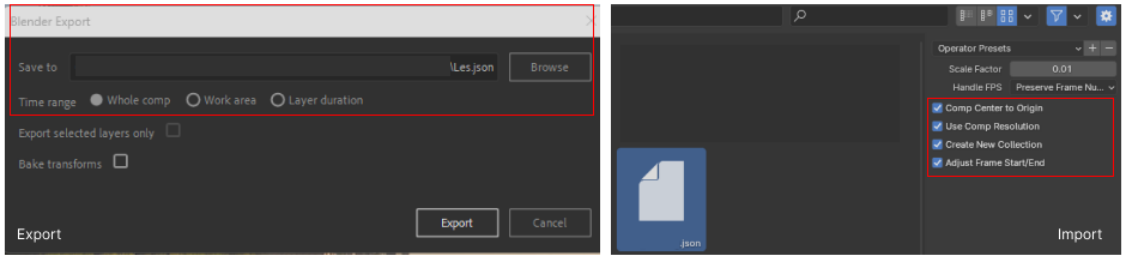


Рис. 2. Процесс экспорта и импорта

После получения отслеженного покадрового перемещения камеры в пространстве начинается следующий этап работы, это процесс создания моделей объектов и анимация.

2. Моделирование и анимации

На рисунке 1, в двух видеороликах основной задачей является презентовать продукт, и первоначально необходимо реализовать реалистичные 3D модели объектов. В первом видеоролике задача была связана с реализацией модели вертолета и созданием его текстур, в рамках данной задачи использовался функционал blender для создания модели используя предоставленные чертежи, далее реализовалась UV-развертка для нанесения текстур и материалов. Процесс моделирования, развертка и текстуры представлены на рисунке 3, 4.

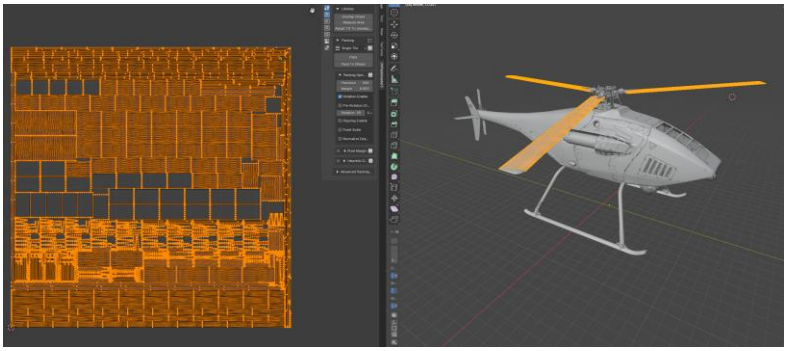


Рис. 3. Модель вертолета и развертка лопастей



Рис. 4. Модель вертолета с текстурами

Во втором видеоролике была более комплексная задача, необходимо было так же реализовать модели вертолетов, а также продукта, который должен быть прикреплен по задумке к вертолету. Результаты моделирования и наложения текстур на объекты представлены на рисунке 5.

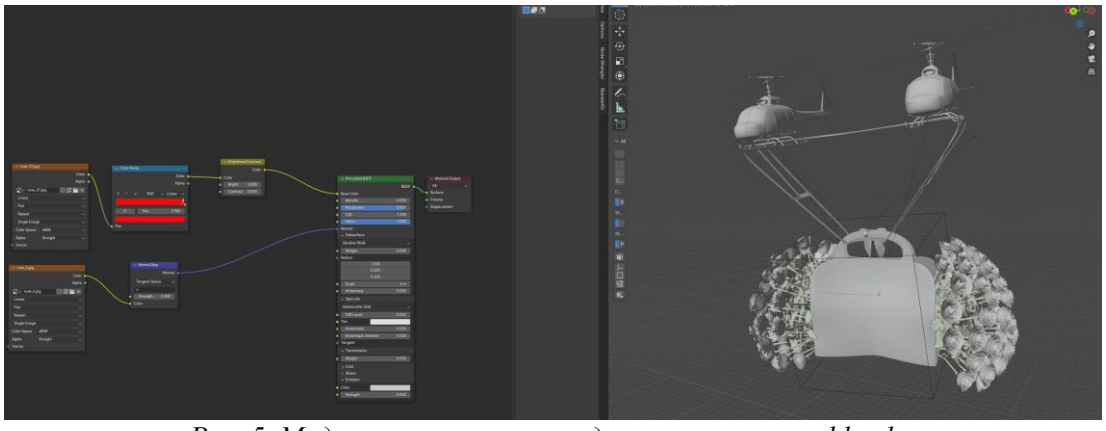


Рис. 5. Модели вертолетов и редактор текстур в blender

В двух задачах акцент анимации поставлен на летательных аппаратах. Задача в подобных случаях решается созданием кривой перемещения и использования модификатора “follow path” в blender, так как стандартное перемещение по кривой во времени будет казаться не натуральным, то

дополнительно применяются модификаторы к кривым перемещения, задающие шум к движению и вращению объектов. Модификаторы и результат их применения представлен на рисунке 6.

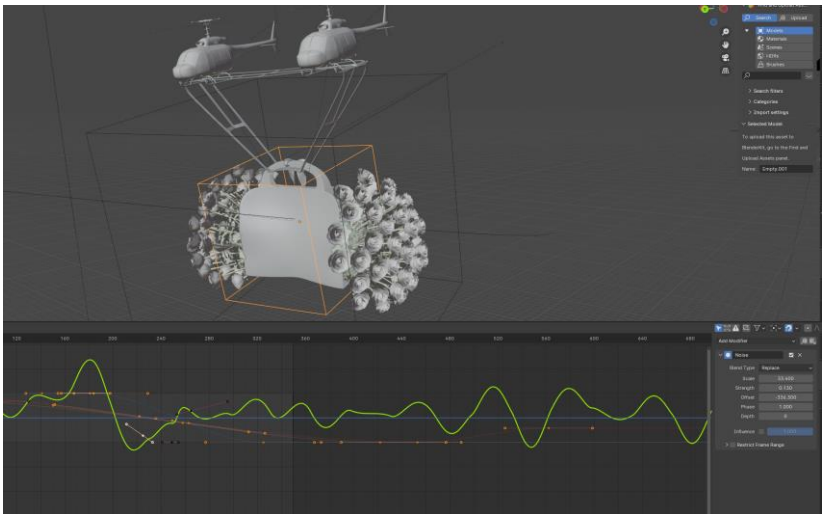


Рис. 6. Редактор анимационных кривых и модификатор шума для кривой перемещения

Так же в случаях, где на объект необходимо наложить несколько анимаций сразу, как например вращение лопастей и перемещение объекта, то наиболее правильным будет использование функционала по созданию пустышек и привязывания к ним костей для простого управления объектом, результат представлен на рисунке 7.

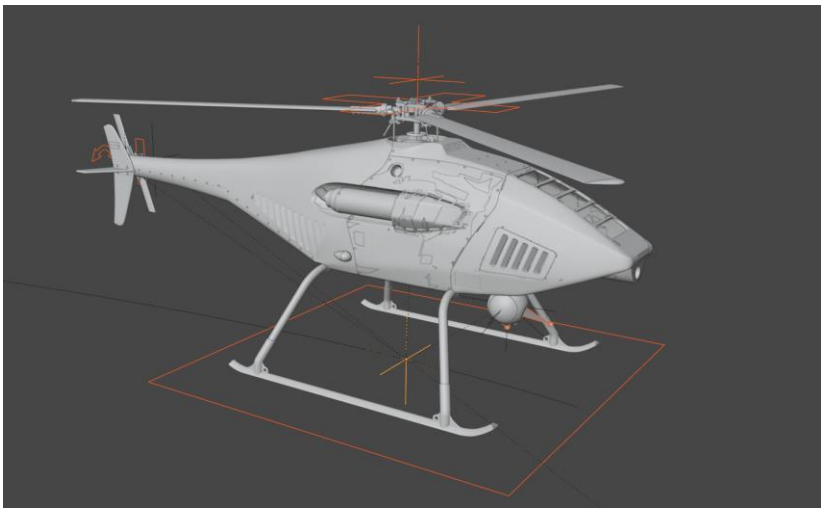


Рис. 7. Риггинг вертолета

После создания моделей, текстурирования и реализации анимации, необходимо правильно выставить свет таким образом чтобы повторить свет в видео, снятом на камеру.

3. Постобработка и саунд-дизайн

Этап постобработки начинается после того, как рендер анимации был успешно выполнен с прозрачным фоном и сохранен в формате секвенции кадров ".png". Данный формат выбирается из-за его способности сохранять высокое качество изображения и поддерживать прозрачность, что является критически важным для последующей интеграции анимированных объектов в видеоролики. Для процесса постобработки может быть использован встроенный видеоредактор Blender, который предлагает ограниченный набор инструментов для работы с видео (рис. 8).



Рис. 8. Окно видеоредактора Blender

Одной из ключевых особенностей является возможность работы с нодами [5], которые позволяют выполнить детальную коррекцию света и цвета, добавить различные визуальные эффекты и тонкости, улучшающие визуальное восприятие готового продукта. Пример использования системы нодов для коррекции рендера представлен на рисунке 9.

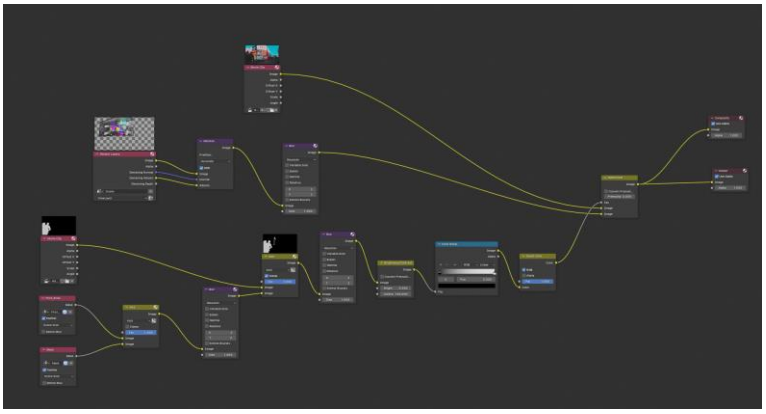


Рис. 9. Последовательность нод для настройки и корректировки цвета

Для реализации проектов с несложными анимациями и когда требуется достижение быстрых результатов, видеоредактор Blender представляет собой ценный инструмент [6]. Его встроенные функции позволяют выполнять широкий спектр задач постобработки и анимации без необходимости переключения между различными программами. Такой подход может существенно ускорить процесс создания видеороликов, особенно на начальных этапах разработки или при работе над проектами с ограниченными сроками.

Однако важно учитывать, что скорость рендеринга в Blender может быть значительно выше по сравнению с узкоспециализированным программным обеспечением, таким как Adobe Premiere Pro и Adobe After Effects. Это различие в производительности в основном обусловлено тем, что Blender является мощным инструментом для 3D-моделирования и анимации, который не всегда оптимизирован для работы с видео постобработки так же эффективно, как программное обеспечение, специально разработанное для этих целей

Для достижения высокого качества финального продукта предпочтительнее выбрать Adobe Premiere Pro в качестве основного инструмента постобработки. Это обусловлено возможностью работать с большим количеством различных форматов файлов и использовать видеокодеки для широкоформатных экранов. Так, например один из разрабатываемых видеороликов рамках данной научной статьи воспроизводился на широкоформатном экране и в таком случае для воспроизведения видео необходимо было использовать кодек dxv3, который blender не способен поддерживать.

Заключение

В данной статье были рассмотрены методы разработки и интеграции визуальных эффектов в рекламные видеоролики, освещая использование современных технологий трекинга, моделирования, анимации и постобработки. Особенное внимание уделялось трекингу как фундаментальной операции, определяющей качество взаимодействия 3D-объектов с реальными сценами. Практические кейсы

продемонстрировали, как сочетание инструментов Blender и Adobe After Effects позволяет достигать впечатляющих результатов, создавая запоминающиеся и визуально привлекательные рекламные материалы.

Однако, процесс постобработки выявил предпочтение в пользу Adobe Premiere Pro, особенно когда требуется поддержка разнообразных форматов файлов и видеокодеков, адаптированных для воспроизведения на широкоформатных экранах. В качестве иллюстративного примера, использование кодека “dxv3” для одного из проектов подчеркнуло ограничения Blender в этом контексте и продемонстрировало необходимость применения специализированного ПО для достижения наилучшего качества.

Таким образом, успешное создание визуальных эффектов для рекламных видеороликов требует не только владения техническими инструментами, но и глубокого понимания их возможностей и ограничений. Выбор подходящего программного обеспечения и его правильное применение играют решающую роль в создании качественного продукта, способного удовлетворить ожидания заказчиков и заинтересовать аудиторию.

Список используемых источников:

1. Vladlen K., Xingui Z. Tracking objects as points/ European conference on computer vision. – 2020. – С. 474-490. – URL: /https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-58548-8_28

2. Adobe. (n.d.). Отслеживание движения камеры в 3D. Получено из Adobe After Effects Help. – URL: https://helpx.adobe.com/ru/after-effects/using/tracking-3d-camera-movement.html

3. Blender Foundation. (n.d.). Introduction to Tracking. Получено из Blender 2.91 Manual. – URL: https://docs.blender.org/manual/en/latest/movie_clip/tracking/introduction.html

4. Blender Community. (n.d.). Solve error high with good track. Получено из Blender Stack Exchange. – URL: https://blender.stackexchange.com/questions/53435/solve-error-high-with-good-track

5. Pylvänäinen, T. (– 2021). Visual Effects and Post-Production Techniques in Small Scale Film Production. Metropolia University of Applied Sciences. – URL: https://www.theseus.fi/handle/10024/808787

6. Blain, J. (– 2021). The Complete Guide to Blender Graphics: Computer Modeling & Animation, 5th ed. CRC Press. – URL: https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.1201/9780429196522/complete-guide-blender-graphics-john-blain

УДАЛЕННЫЙ МОНИТОРИНГ РЕАКЦИИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ НА ВИРТУАЛЬНЫЙ КОНТЕНТ

Туев Д.В. [1], *Видман В.В.* [2]
[1] *НИ ТПУ, г. Томск (студент гр. 8ИМ31 ОИТ, ИШИТР), e-mail: dvt18@tpu.ru*
[2] *НИ ТПУ, г. Томск (старший преподаватель ОИТ, ИШИТР), e-mail: vidman@tpu.ru*

Аннотация

В докладе рассматриваются способы подключения датчиков к портативным VR-устройствам и записи данных с них. Был реализован прототип программного комплекса для мониторинга VR-пользователя. Он состоит из приложений для ПК и VR-шлема. Приложение для VR воспроизводит видео и передает данные на ПК. Приложение на ПК синхронно выводит видео и отображает принимаемые данные.

Ключевые слова: 360-видео, виртуальная реальность, психиатрия, Android, Unity.

Введение

В современном мире, пронизанном быстрыми технологическими изменениями, виртуальная реальность (VR) вступает в область психиатрии, предоставляя уникальные возможности для исследования, диагностики и терапии различных психических расстройств. Виртуальная реальность, представляющая собой симуляцию окружающей среды с использованием компьютерной графики, открывает новые перспективы в области психического здоровья. Применение VR в диагностике психиатрических расстройств создает контролируемую среду для проведения наблюдений и тестирования, что может существенно повысить объективность и репрезентативность результатов.

Самыми доступными на момент выполнения исследования являются портативные VR-системы (состоящие из шлема и пары контроллеров) от компаний Meta[1] и PICO. Они работают под управлением модифицированной версии операционной системы для мобильных устройств Android. Например, ОС на шлемах имеет более строгие ограничения доступа приложений к системе и отсутствие некоторых API, из-за чего не все Android-приложения поддерживаются. Для реализации VR-приложений на низком уровне используются проприетарные API от производителей устройств или открытый API OpenXR [2][7][8]. На высоком уровне часто используются коммерческие игровые движки, предоставляющие инструментарий для разработки трехмерных приложений, игр и симуляций.

Целью работы является проектирование и разработка приложения для удаленного мониторинга реакции пользователя на виртуальный контент.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

1. Провести анализ способов подключения медицинских датчиков к портативным VR-устройствам.
2. Спроектировать прототип с учетом медицинских и технологических требований.
3. Реализовать прототип.

Подключение датчиков к устройству

Для проектирования приложения требуется рассмотреть способы подключения устройств к VR-системам.

Подключение напрямую к устройству

Android предоставляет API для подключения внешних устройств по Bluetooth. Это позволяет подключаться к датчикам, поддерживающим Bluetooth или Bluetooth Low Energy. Данная технология поддерживается в микроконтроллере ESP32 и многих смарт-часах. Вследствие ограниченности версий Android, использующихся на VR-шлемах, связь по Bluetooth может работать некорректно.

Альтернативным способом является подключение по USB и использование OTG-кабеля. Для Android существует библиотека, реализующая драйверы популярных USB-UART преобразователей [1]. Данный способ позволяет обмениваться данными с любыми современными

[1] *Компания Meta Platforms Inc. внесена в реестр экстремистских организаций, ее деятельность в России признана экстремистской деятельностью.*

микроконтроллерами или с ПК. Недостатком данного способа является наличие кабеля, способного повредить USB-порт на VR-шлеме при резком вращении головы пользователя.

Подключение по локальной сети

Любое приложение для Android имеет доступ к локальной сети устройства, даже на ограниченных версиях Android для VR-шлемов. Приложение может создавать TCP/IP-сокеты для подключения к другим хостам (TCP-клиент) или запускать TCP-сервер, к которому могут подключаться другие хосты.

Подключение по локальной сети через посредника

Данный способ является расширением предыдущего. На посреднике (ПК или смартфоне) запускается TCP-сервер или клиент. Посредник же подключается к устройству посредством Bluetooth, USB или иного способа, принимает данные с датчика и передает их по локальной сети на VR-шлем.

Подключение по сети Интернет

В данном случае датчик передает информацию на сервер, расположенный в облаке. Программа на VR-шлеме подключается к этому серверу по сети Интернет и принимает данные с датчика. Данный способ имеет место быть только если датчик не позволяет передавать данные по локальной сети напрямую, а только поддерживает связь со сторонним сервером, управляемым производителем датчика. Медицинские данные должны быть надежно защищены от доступа сторонних лиц, что в данном случае невозможно обеспечить.

Функции прототипа

Прототип приложения должен обладать следующим набором функций.

1. Прототип должен проигрывать контент в формате видео.
2. Прототип должен в VR-шлеме воспроизводить видео.
3. Прототип должен на ПК показывать изображение, которое видит VR-пользователь.
4. Прототип должен сохранять данные в файл.
5. Прототип должен работать на Meta Quest 2.
6. Прототип должен работать на PICO 4.

Форматы видео

Для реализации прототипа требуется исследовать, какие форматы видео используются в виртуальной реальности.

360-видео – это видео в сферическом формате. Оно может быть просмотрено в любом направлении. Для видео в формате 360 существует несколько способов проекции сферы на плоскую картинку.

1. Кубическая текстура (cubemap). Каждый кадр делится на сетку из 6 прямоугольников. Каждая ячейка этой сетки является одной из граней куба.
2. Равнопромежуточная проекция [3] (equirectangular projection). Сфера проецируется на прямоугольник по определенной формуле. Пример представлен на рисунке 1.

YouTube также поддерживает формат «mesh», при использовании которого в видеофайл записывается 3D-модель с произвольными позициями вершин и UV-координатами.

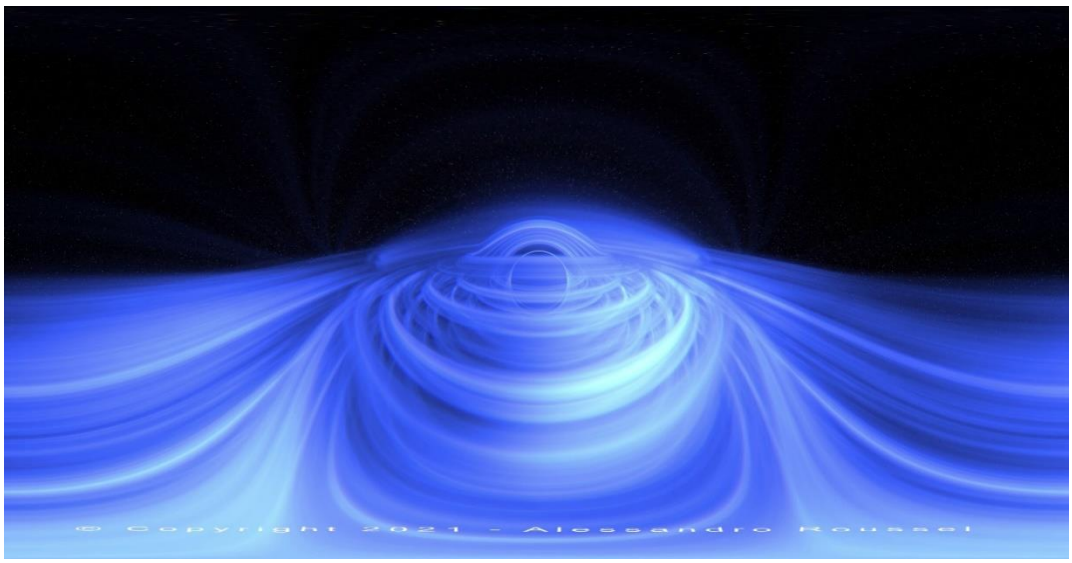


Рис. 1. Кадр 360-видео в формате равнопромежуточной проекции
Источник: Falling into a realistic Black Hole (VR 360°)
Автор: ScienceClic English

Формат VR180 был разработан YouTube. В отличие от 360-видео, его угол обзора – полусфера, но видео хранит изображение для двух глаз, тем самым предоставляя ощущение глубины. Спецификация VR180 [11] поддерживает только формат «mesh», описанный выше. Пример кадра в этом формате представлен на рисунке 2.



Рис. 2. Кадр VR180-видео
Источник: Meanwhile 4D
Автор: TomSka

Фоновая запись данных

В ходе исследования возникла гипотеза: возможно разработать приложение, которое будет в фоновом режиме записывать данные, пока на переднем плане работает игра или VR-плеер. Данное приложение, при срабатывании предварительно настроенного триггера, делает снимок экрана, и тем самым получает направление взгляда. Были найдены следующие варианты реализации: WebXR-плеер [4], запуск второго VR-приложения на фоне, перехват через OpenXR API Layers [6], служба Android для создания скриншотов.

В результате анализа каждого варианта реализации самым перспективным оказался последний вариант. WebXR-плееров с открытым исходным кодом и активной поддержкой найдено не было. Ни

Meta Quest, ни PICO не позволяют запускать несколько VR-приложений одновременно и не поддерживают OpenXR API Layers.

Для проверки гипотезы был создан прототип варианта реализации с использованием службы Android. Данный прототип после запуска создает снимки экрана каждые 5 секунд и сохраняет во внутреннее хранилище. В результате разработки прототипа было выявлено, что Meta Quest 2 не поддерживает Media Projection API [5], из-за чего приложение-прототип закрывается с ошибкой при попытке запустить службу. Но при тестировании на PICO 4 прототип запустился и функционировал корректно. Однако, такая реализация не имеет доступа к VR-датчикам (например, направлению взгляда глаз).

Система записи данных

Одними из функций прототипа являются запись данных в файл и их отображение. Для этого прототип программы должен иметь систему записи данных, собирающую информацию со всех настроенных датчиков. Реализованная система предоставляет интерфейсы для приема данных с датчиков (например, из VR-системы или по Bluetooth) и их последующей передачи (например, в файл или по сети). Наличие синхронизации изображения подразумевает клиент-серверную архитектуру и передачу данных от VR-шлема к ПК. Для этого и на ПК, и на VR-шлеме создается по одному экземпляру блока записи данных. По TCP/IP данные передаются с VR-шлема на ПК и выводятся на экране. Диаграмма обмена данными между приложениями представлена на рисунке 3.

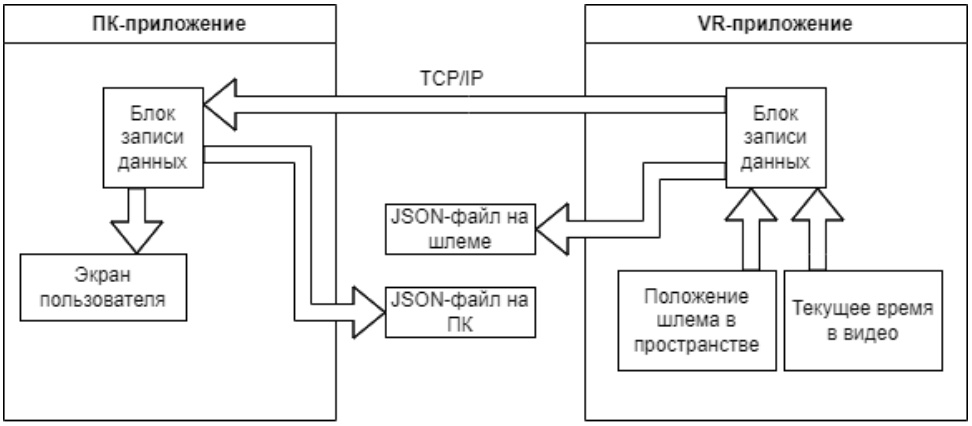


Рис. 3. Диаграмма обмена данными между устройствами

Результаты

Для реализации прототипа был выбран движок Unity. Он бесплатен для личного и академического использования, поддерживает VR на ПК и портативных шлемах, а также и имеет компонент для воспроизведения видео в качестве текстуры. Для декодирования видео из файла в текстуру используется компонент Video Player из Unity. Поддерживается видео в контейнере MP4 и кодеке H.264.

При запуске ПК-приложения, оно запускает сервер и ожидает подключения VR-приложения (рис. 4). Для реализации сетевого подключения была использована библиотека Netcode for GameObjects [1]. VR-приложение выводит список всех найденных серверов (рис. 5).

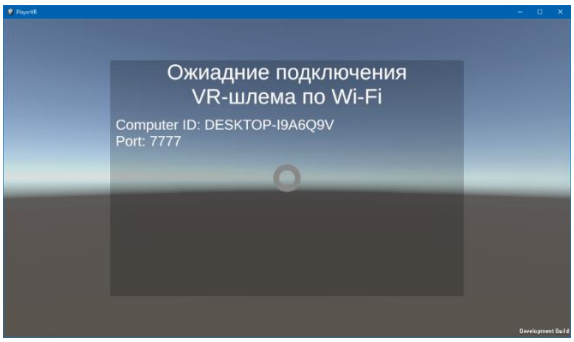


Рис. 4. Снимок стартового экрана ПК-приложения

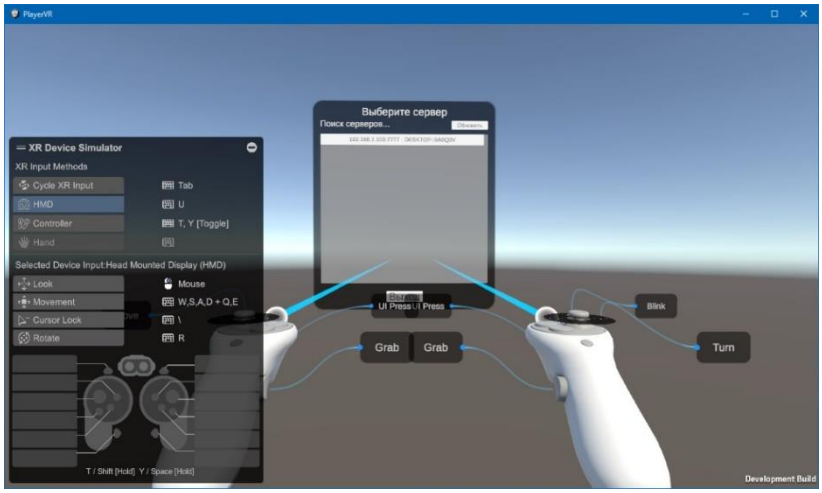


Рис. 5. Снимок стартового экрана VR-приложения

После подключения VR-шлема, пользователю предоставляется список видео, доступных для проигрывания (рис. 6). После выбора видео, оно проигрывается и на VR-шлеме, и на ПК.

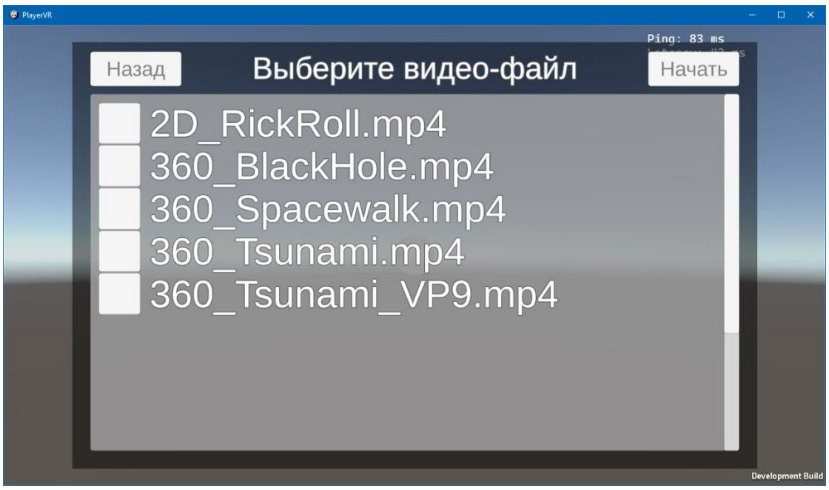


Рис. 6. Список видео в ПК-приложении

Во время проигрывания видео, направление взгляда выводится пользователю ПК в виде кольца (рис. 7).

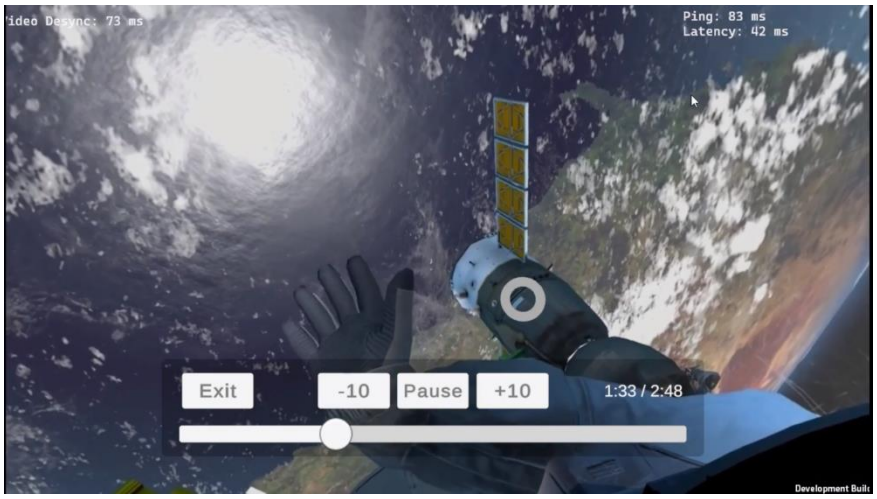


Рис. 7. Отображение видео в ПК-приложении

Заключение

На начальном этапе работы был проведен анализ способов подключения различных датчиков к портативным VR-системам. Было выявлено, что наиболее универсальными способами подключения является подключение по локальной сети устройства напрямую или с помощью посредника – ПК, который принимает данные от датчика и передает их по локальной сети.

В ходе проектирования и разработки прототипа приложения возникла гипотеза, что существует возможность разработать фоновую службу, которая будет записывать необходимые данные. Был разработан прототип, подтверждающий гипотезу. Однако, этот прототип имеет два существенных ограничения: он работает только на VR-шлемах PICO и не имеет доступа к системе пространственного отслеживания, а значит не имеет возможность фиксировать ориентацию шлема в пространстве и направление взгляда.

В результате выполнения работы был спроектирован и реализован прототип приложения для воспроизведения VR-контента в видеоформате 360 и фоновой фиксации медицинских показателей. Прототип состоит из приложения для ПК и приложения для VR-шлема. И ПК, и VR-шлем, синхронно воспроизводят одно и то же видео. VR-приложение отправляет данные на ПК, который отображает их на экране.

Список использованных источников

1. About Netcode for GameObjects – Unity3D [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://docs-multiplayer.unity3d.com/netcode/current/about/ (дата обращения: 29.03.2024)
2. About OpenXR & Unity – PICO developer [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://developer-global.pico-interactive.com/document/unity-openxr/ (дата обращения: 29.03.2024)
3. Equirectangular Projection [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://mathworld.wolfram.com/EquirectangularProjection.html (дата обращения: 29.03.2024)
4. Getting Started with PWAs** [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://developer.oculus.com/documentation/web/pwa-gs/ (дата обращения: 29.03.2024)
5. Media Projection API – Android [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://developer.android.com/reference/android/media/projection/MediaProjection.html (дата обращения: 29.03.2024)
6. OpenXR Loader – Design and Operation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://registry.khronos.org/OpenXR/specs/1.0/loader.html (дата обращения: 29.03.2024)
7. OpenXR Specification [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://registry.khronos.org/OpenXR/specs/1.0/html/xrspec.html (дата обращения: 29.03.2024)
8. OpenXR Support for Meta Quest and Quest 2 [2] ** [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://developer.oculus.com/documentation/native/android/mobile-openxr/ (дата обращения: 29.03.2024)
9. Unity User Manual [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://docs.unity3d.com/Manual/index.html (дата обращения: 29.03.2024)
10. usb-serial-for-android [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://github.com/mik3y/usb-serial-for-android (дата обращения: 29.03.2024)
11. VR180 Video Format Specification [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://github.com/google/spatial-media/blob/master/docs/vr180.md (дата обращения: 29.03.2024)

[2] *Веб-сайт Oculus принадлежит компании Meta Platforms Inc, которая внесена в реестр экстремистских организаций, ее деятельность в России признана экстремистской деятельностью.*

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОТСЛЕЖИВАНИЯ ПРОГРЕССА ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ В РАМКАХ ОБУЧАЮЩЕГО ТРЕНАЖЕРА “РЕМОНТ УЧАСТКА ТРУБОПРОВОДА”

Ермолаев Е.М.[1], Лоскутов В.В.[2]
[1] ТПУ, ИШИТР, 8ИМ31, e-mail: puchek01@yandex.ru
[2] ТПУ, ОИТ ИШИТР, ст. преподаватель, e-mail: rewenger@tpu.ru

Аннотация

В данной статье рассматривается задача по реализации системы отслеживания прогресса пользователя. Задача решена созданием системы отслеживания прогресса на основе связного графа. В результате работы получена система отслеживания прогресса, и апробирована ее работа в рамках обучающего тренажера «Ремонт участка трубопровода».

Ключевые слова

Квестовая система, последовательность шагов, тренажер, система прогресса, VR, виртуальная реальность.

Введение

Технологии виртуальной реальности активно развиваются в последнее десятилетие и продолжают укреплять свои позиции в сфере образования. Причина такого интереса кроется в наглядности процесса обучения, его удешевлении, возможности безопасно совершать ошибки, нарабатывать механическую память и так далее [1,2].

В рамках научной работы была поставлена задача разработки интерактивного тренажёра, обучающего последовательности операций ремонта участка трубопровода. Во время разработки тренажёра появилась необходимость спроектировать и разработать систему, отслеживающую выполнение пользователем последовательности шагов. Выполнение всей последовательности шагов означает успешное завершение тренажёра. Отсутствие подобной системы приводит к дополнительным временным затратам, сложно изменяемой и трудно масштабируемой архитектуре. Шаги, созданные с помощью данной системы, должны иметь возможность состоять из нескольких действий, либо выполняться параллельно с другими шагами. Система должна быть легко масштабируемой и удобно расширяемой.

На основе поставленных требований был проведен анализ уже имеющихся систем, но найденные варианты оказались слишком перегруженными не нужной для работы функциональностью и не обладали достаточной гибкостью и удобством в модификации, рассчитанными на игры [3,4]. Это обуславливает необходимость данной работы.

Основная часть

Решение производственной задачи по ремонту участка трубопровода состоит из большой последовательности шагов. На основе них была создана блок-схема (рис. 1) последовательности действий, которые необходимо выполнить пользователю для прохождения тренажера.

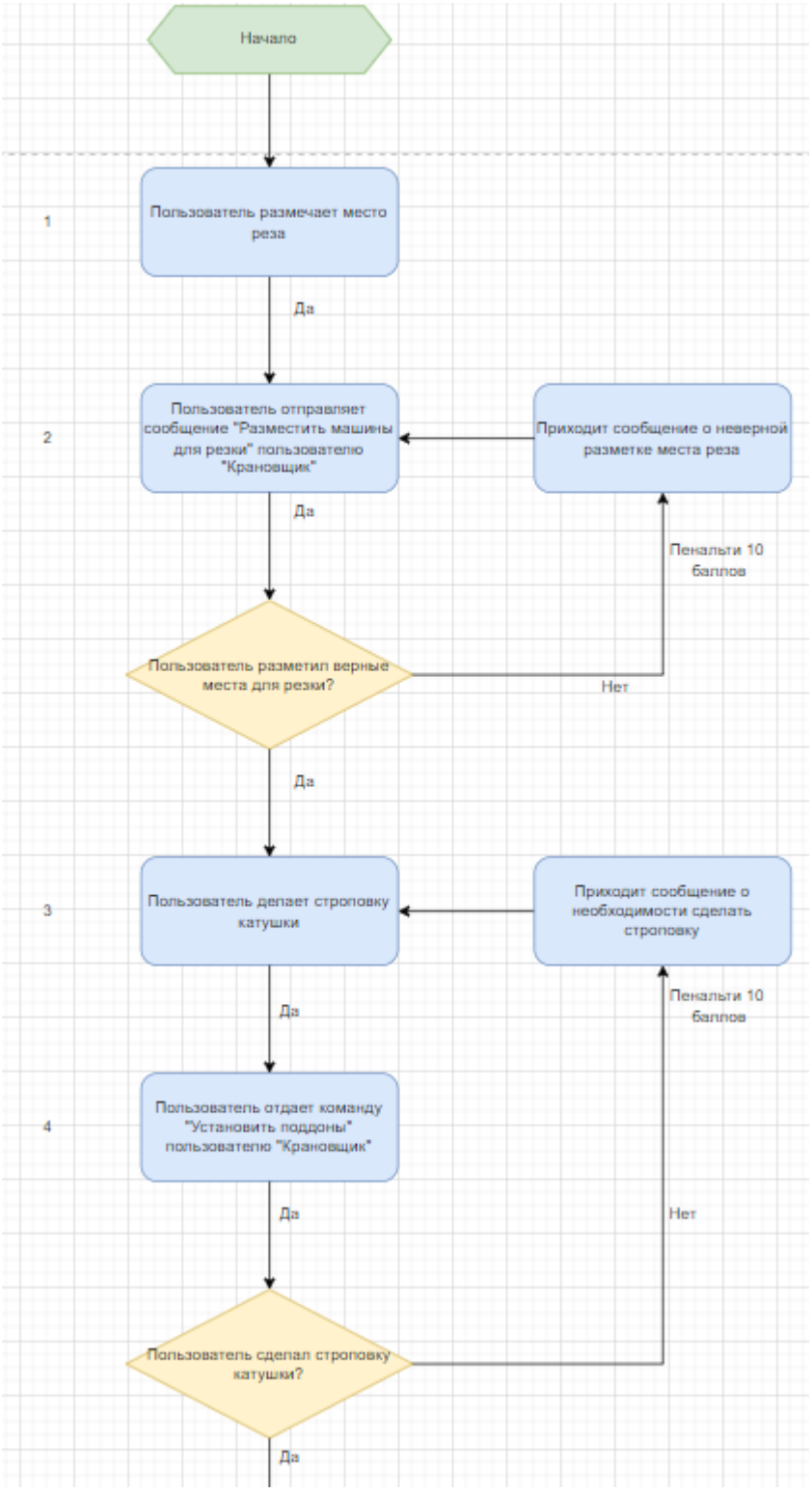


Рис. 1. Часть блок-схемы

При проектировании системы было решено представить последовательность действий в виде связного графа, состоящего из узлов и рёбер [5]. Работа конечной системы представлена в виде схемы на рисунке 2.

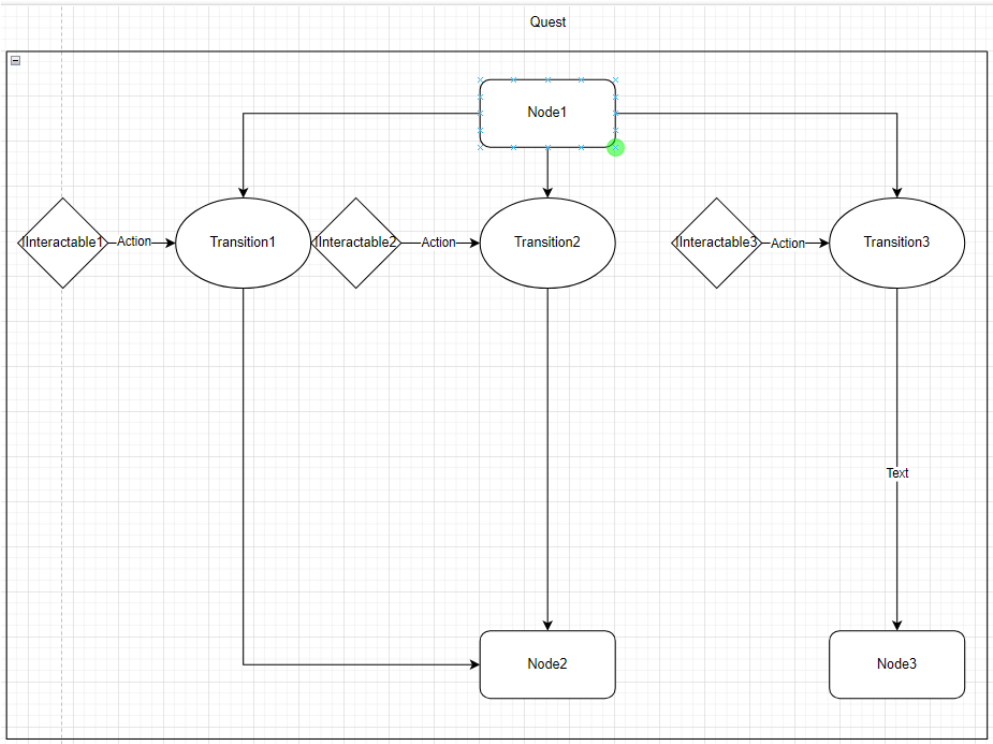


Рис. 2. Схема работы системы

В системе, есть три базовых класса: Transition, Node, Quest и объекты, реализующие интерфейс IInteractable. Класс Transition -– представляет из себя переход между двумя объектами класса Node, а Quest контролирует данный процесс. Интерфейс IInteractable реализуется непосредственно объектом, который указывает параметры для проверки правильности выполнения шага, а также событие, которое вызывает проверку внутри подписанного на него перехода. Если параметры совпадают с эталонными, сохраненными в Transition, то срабатывает событие перехода и активируется следующий узел, ссылка на который хранится в Transition. Если ссылка пуста или такого узла не существует, то происходит событие завершения последовательности, и система деактивируется.

Для данной системы была создана система автоматического прохождения, которая запускается при необходимости проведения тестирования. Это позволит значительно ускорить отладку создаваемой последовательности шагов на базе основной системы. Она реализована с помощью класса Tester, схема ее работы представлена на рисунке 3.

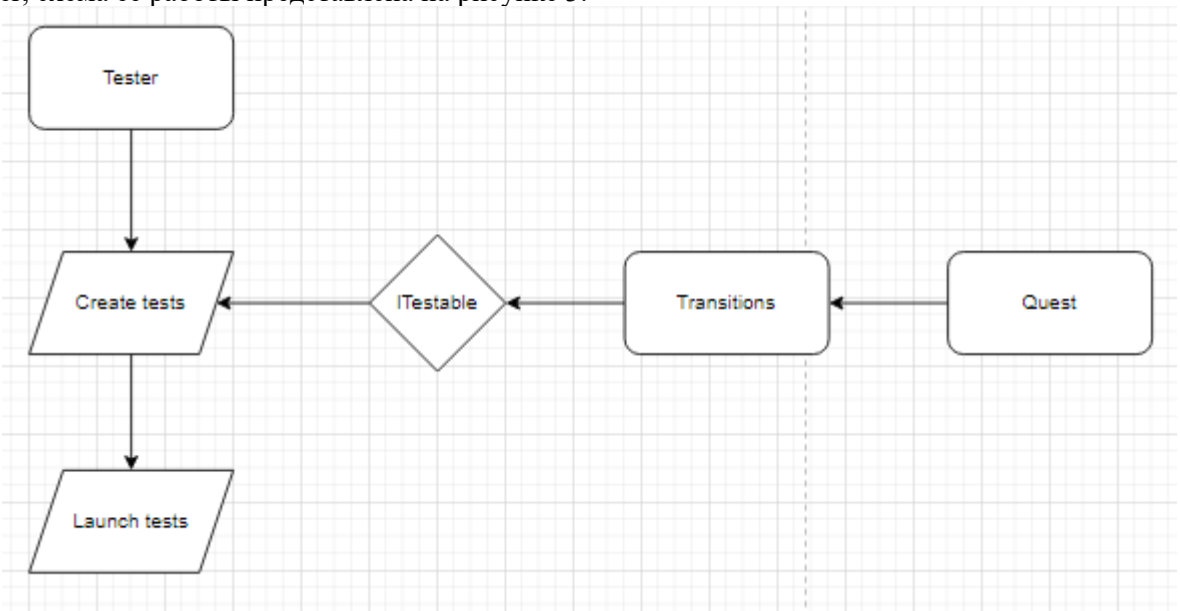


Рис. 3. Схема работы системы автоматического прохождения

В объект класса Tester подается ранее созданный Quest, хранящий в себе узлы и переходы, там из переходов берутся объекты, за которыми за которыми они следят, и, если они реализуют интерфейс ITestable, добавляются в список тестов. Далее запускаются тесты в той очередности, в которой были шаги в Quest.

Результаты

В результате проделанной работы была реализована расширяемая и масштабируемая система, позволяющая успешно выполнять последовательность операций по блок-схеме, часть которой представлена на рисунке 1. Она имеет возможность гибкого расширения и добавления объектов взаимодействия (таких, как рация, полумуфты и т. п.). Также была реализована система автоматического прохождения квеста, которая значительно упрощает и ускоряет процесс создания и отладки последовательности шагов.

Чтобы доказать удобство и простоту расширения созданной системы, создадим простую последовательность шагов, состоящую из двух узлов и перехода между ними. В первом случае реализованная система использоваться не будет, во втором будет использована система. (рис. 4-5).

```
public class TransmitterTool : DiveTool
{
    public Action<int, int> OnStateChanged;

    // Some TransmitterTool code...
}

public class Quest : MonoBehaviour
{
    public int CurrentTransmitterRecipient = 0;
    public int CurrentTransmitterMessage = 0;
    public TransmitterTool Transmitter;
    public Action NextStepAction;

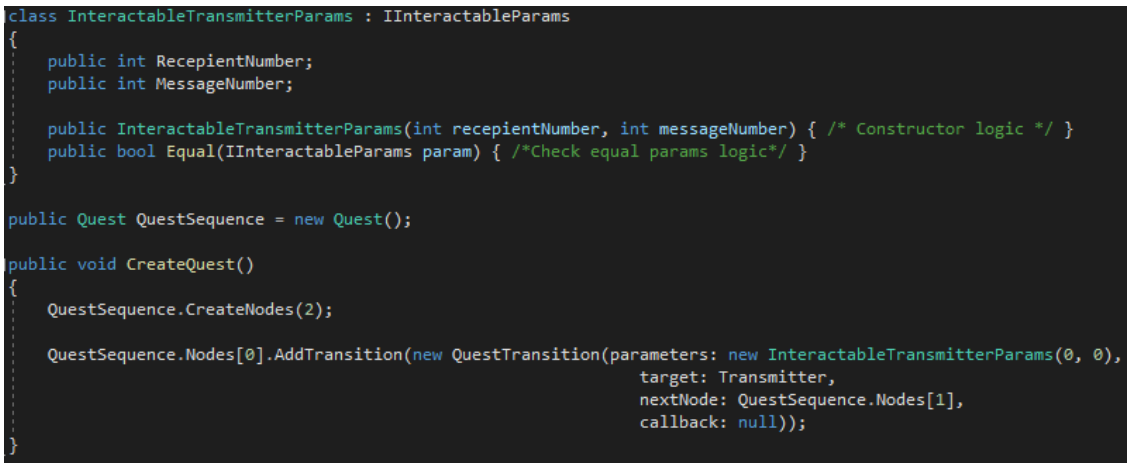
    public void NextStepActivate()
    {
        NextStepAction?.Invoke();
    }

    public void CreateFirstStepQuest()
    {
        NextStepAction += CreateSecondStepQuest;
        Transmitter.OnStateChanged += CheckTransmitterParams();
        CurrentTransmitterRecipient = 0;
        CurrentTransmitterMessage = 1;
    }

    public void CreateSecondStepQuest()
    {
        NextStepAction -= CreateSecondStepQuest;
    }

    private void CheckTransmitterParams(int inRecipient, int inMessage)
    {
        if(CurrentTransmitterRecipient == inRecipient && CurrentTransmitterMessage == inMessage)
        {
            Transmitter.OnStateChanged -= CheckTransmitterParams();
            NextStepActivate();
        }
    }
}
```

Рис. 4. Создание последовательности шагов без использования системы



```
class InteractableTransmitterParams : IInteractableParams
{
    public int RecepientNumber;
    public int MessageNumber;

    public InteractableTransmitterParams(int recepientNumber, int messageNumber) { /* Constructor logic */ }
    public bool Equal(IInteractableParams param) { /*Check equal params logic*/ }
}

public Quest QuestSequence = new Quest();

public void CreateQuest()
{
    QuestSequence.CreateNodes(2);

    QuestSequence.Nodes[0].AddTransition(new QuestTransition(parameters: new InteractableTransmitterParams(0, 0),
                                                             target: Transmitter,
                                                             nextNode: QuestSequence.Nodes[1],
                                                             callback: null));
}
```

Рис. 5. Создание последовательности шагов с использованием системы

Разработанная система является легко масштабируемой ввиду того, что она позволяет расширять количество и функциональность интерактивных объектов и легко создавать новые последовательности действий пользователя без внесения правок в саму систему.

Заключение

Система разработана в рамках тренажера виртуальной реальности «Ремонт участка трубопровода», апробирована и успешно введена в учебный процесс. В дальнейшем планируется оптимизация системы, создание удобного графического интерфейса для создания квестов, а также внедрение данной системы в другие тренажеры.

Список использованных источников

1. VR-технологии в сфере образования // Svetak: сайт. – 2024. – URL: https://svetak.ru/blog/virtual-reality
2. Виртуальная реальность в образовании // Высшая школа бизнеса: сайт. – 2024. – URL: https://hsbi.hse.ru/articles/virtualnaya-realnost-v-obrazovanii/
3. Пример квестовой системы // Github: сайт – 2024. – URL: https://github.com/devdogio/Quest-System-Pro
4. Плагин с квестовой системой для Unity // Unity asset store: сайт. – 2024. – URL: https://assetstore.unity.com/packages/tools/game-toolkits/quests-system-for-unity-218596
5. Теория графов, связные графы // Hexlet: сайт. – 2024. – URL: https://ru.hexlet.io/courses/graphs/lessons/connectivity/theory_unit

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР МНОГОПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ VR РАЗРАБОТКИ

Кейних Д.Д. [1], *Видман В. В.* [2]
[1]*ТПУ ИШИТР ОИТ, студент гр. 8ПМ22, e-mail: ddk10@tpu.ru*
[2]*ТПУ ИШИТР ОИТ старший преподаватель, e-mail: vidman@tpu.ru*

Аннотация

Данная работа посвящена обзору сетевых решений для многопользовательских тренажеров в виртуальной реальности с целью улучшения процесса обучения, увеличения качества и скорости усвоения материала, а также снижения затрат на обучение.

Ключевые слова: сетевая разработка, Unity, многопользовательские приложения.

Введение

В современном мире виртуальная реальность (VR) становится все более широко используемой в различных областях, включая образование, медицину, военное дело, промышленность и развлечения. Одной из наиболее перспективных областей применения VR является обучение и тренировка, где виртуальная среда может эффективно моделировать различные сценарии и ситуации для подготовки специалистов. Для достижения максимальной эффективности обучения в VR необходимы многопользовательские тренажеры, которые позволяют нескольким участникам совместно участвовать в обучающих сценариях. Для этого требуются специализированные сетевые решения, которые обеспечивают связь между участниками виртуального обучения.

Цель данного исследования заключается в анализе существующих сетевых решений для многопользовательских VR тренажеров с целью выявления их преимуществ и недостатков, а также определения наиболее перспективных направлений развития.

Требования к проекту

На базе Томского политехнического университета ведется разработка VR – тренажеров с возможностью кооперативного режима, к которым выявлены следующие требования:

1. Быстрая интеграция. Интеграционные инструменты и документация должны быть доступны и понятны для разработчиков всех уровней.
2. Количество активных пользователей 2-200. Количество одновременно активных пользователей может варьироваться в зависимости от цели использования:

— Совместное прохождение VR-тренажера – 2-3 человека;
— Проведение занятий в виртуальной реальности – 16 человек. Согласно собственным наблюдениям, группа студентов состоит максимум из 30 человек, соответственно, подгруппа состоит из 15 человек и одного преподавателя.
— Проведение потоковых лекций до 200 человек.

3. Голосовой чат. Система должна включать в себя функциональность голосового чата, позволяющую пользователям общаться в реальном времени во время обучения или тренировки. Голосовой чат должен быть интегрирован непосредственно в приложение и обеспечивать надежную передачу звука без значительной задержки.
4. Возможность создания параллельных серверов. Система должна поддерживать создание и управление несколькими параллельными серверами для обеспечения распределенной обработки нагрузки и повышения отказоустойчивости. Параллельные сервера должны быть легко настраиваемыми и интегрируемыми в общую систему управления и мониторинга.
5. Гибкость и расширяемость. Система должна быть гибкой и расширяемой, позволяя разработчикам легко добавлять новые функции и модули. API и SDK должны быть хорошо документированы и обеспечивать доступ к основным функциональным возможностям системы для создания собственных расширений и интеграций.
6. Поддержка различных платформ. Система должна поддерживать различные платформы и устройства, включая различные VR-гарнитуры, компьютеры и мобильные устройства. Клиентские библиотеки и SDK должны быть доступны для всех основных операционных систем и устройств.

Обзор решений

В настоящее время на рынке представлено много сетевых библиотек для создания многопользовательского режима среди которых есть актуальные и устаревшие, коммерческие и открытые, низкоуровневые и высокоуровневые.

В данной главе рассмотрим самые популярные решения: Photon PUN, Mirror, Darkrift 2, Fishnet и MLAPI. Каждое из этих решений имеет свои особенности, преимущества и недостатки, а также предлагает различные подходы к реализации сетевой части приложений. Достоинства и недостатки по каждому сетевому решению представлено в таблице 1.

Таблица 1

Сравнительная таблицы сетевых библиотек

Название	Достоинства	Недостатки
Photon PUN	• Быстрая интеграция • Обширная документация • Голосовой чат • Высокоуровневые абстракции • Обратные вызовы	• Условно бесплатный • 1 вид подключения (Client) • Ограничение на количество активных пользователей • Невозможно запустить несколько параллельных сервисов
Mirror	• Бесплатный • Быстрая интеграция • Хорошая документация • Интеграция с библиотеками голосового чата • 3 вида подключения (Host, Server, Client) • Отсутствие ограничений для личного и коммерческого использования • Отсутствие ограничений на количество активных пользователей • Большое количество уровней синхронизации • Создание параллельных серверов на виртуальных машинах	• Сложность интеграции с другими сервисами
Darkrift 2	• Бесплатный, с возможностью приобрести исходный код • Низкоуровнивость • Интеграция с библиотеками голосового чата • Отсутствие ограничений для личного и коммерческого использования • Отсутствие ограничений на количество активных пользователей • Создание параллельных серверов на виртуальных машинах	• Медленная интеграция • Слабая документация • 1 вид подключения (Client)

Fishnet	• Бесплатный, с возможностью перехода на версию Pro • Хорошая документация • Отсутствие ограничений для личного и коммерческого использования • Отсутствие ограничений на количество активных пользователей • 3 вида подключения (Host, Server, Client) • Создание параллельных серверов на виртуальных машинах	• Некоторые необязательные функции доступны в платной версии
MLAPI	• Бесплатный • 3 вида подключения (Host, Server, Client) • Хорошая документация • Отсутствие ограничений для личного и коммерческого использования	• Частично устарел

Photon PUN – инструмент с большим количество сервисов, хорошо работающих друг с другом, а также большой документацией и хорошей поддержкой. Его просто использовать и внедрять, что делает его одним из самых быстрых по интеграции в проект.

Darkrift 2 – мощный инструмент, который позволяет настроить сервер и передачу данных через него как это необходимо проекту, однако его сложность использования и скорость интеграции не позволяют в быстрые сроки внедрить его в проект и использовать его весь функционал. Также отсутствие других видов подключения не позволяют его использовать без автономного сервера.

Fishnet – молодой и развивающийся инструмент для внедрения кооперативного режима в свои проекты, но является полукоммерческим проектом и не позволяет на бесплатной версии использовать весь функционал пакета.

MLAPI - решение появившееся из NetCode от Unity. Удобный и практичный инструмент, но частично устарел.

Пакет Mirror быстрый, мощный и настраиваемый, исходя из этого, подходит для использования на большинстве проектов.

По результатам таблицы 1 построена блок-схема, представленная на рисунке 1, с отличительными особенностями для быстрого выбора сетевой библиотеки.

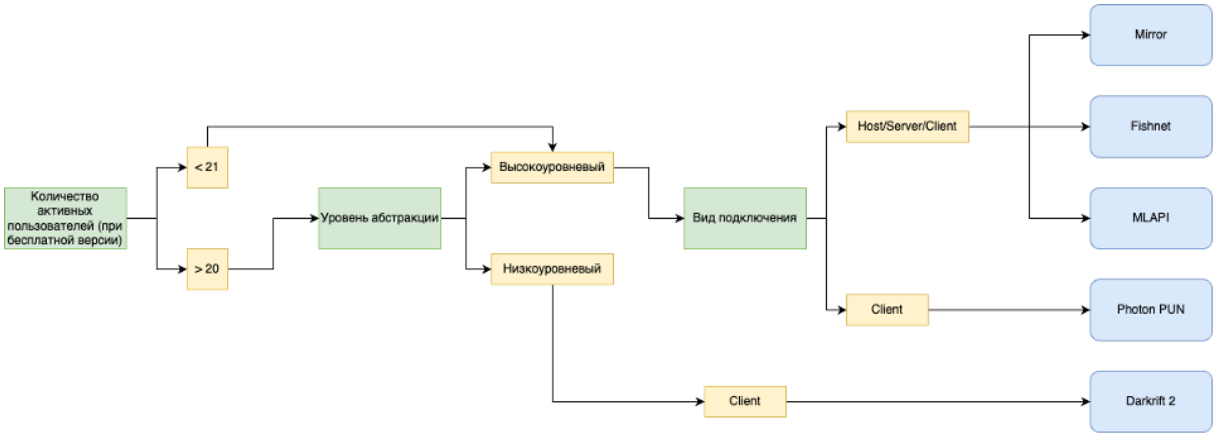


Рис. 1. Блок-схема выбора сетевой библиотеки

Прототипирование

При наложении требований на сетевые библиотеки выбраны 2 решения, которые подходят для быстрого старта: Photon PUN и Mirror. Они имеют схожий функционал, но отличаются внедрением и использованием.

Для проверки решения созданы два прототипа и проверены требования. Результаты проверки сетевых решений представлены в таблице 2.

Таблица 2

Сравнительная таблица Photon PUN и Mirror

Требование	Photon PUN	Mirror
Скорость интеграции	Данный пакет можно поставить простой установкой через PackageManager и простым добавлением компонентов на сцену проекта	Данный пакет можно поставить простой установкой через PackageManager и простым добавлением компонентов на сцену проекта
Количество активных пользователей	Бесплатно до 20 пользователей с использованием Photon Cloud. С увеличением количества пользователей необходимо доплатить за CCU (активных пользователей) и трафик. Также при развертывании собственного сервера необходимо переходить новый тарифный план Photon Server, в котором отсутствует бесплатное использование	Ограничивается только мощностями сервера
Голосовой чат	Имеет собственное решение Photon Voice, но Photon Voice также имеет ограничение на количество пользователей	Не имеет собственного решения, но легко интегрируется со многими сервисами, например, Dissonance или UniVoice
Возможность создания параллельных серверов	Photon Cloud позволяет создать несколько параллельных облаков, но имеет ограничение на общее количество пользователей. Photon Server не имеет ограничение на количество собственных серверов и пользователей	Не имеет ограничение на использование на нескольких параллельных серверах
Открытость исходного кода	Исходный код частично закрыт для просмотра и редактирования	Исходный код полностью открыт

Поддержка различных платформ	Необходимость дополнительной настройки для VR гарнитур при использовании Photon Server	Ограничений не имеет
Гибкость и расширяемость	Легко расширяется, но без возможности внесения изменений в исходный код	Легко расширяется и обновляется

По итогам сравнительной таблицы 2 для проекта, разрабатываемого на базе Томского политехнического университета, где требуется легко масштабируемое количество пользователей с возможностью разделения трафика на нескольких серверах, возможностью модифицирования и быстрого расширения, а также поддержки различных платформ, в большей степени подходит пакет Mirror.

Заключение

В ходе данного обзора были рассмотрены несколько популярных сетевых решений для создания многопользовательских VR тренажеров: Photon PUN, Mirror, Darkrift 2, Fishnet и MLAPI. Каждое из этих решений обладает своими особенностями и преимуществами, что делает их подходящими для различных типов проектов и задач.

Выбранные сетевые решения, Photon PUN и Mirror, представляют собой мощные инструменты для создания многопользовательских приложений в виртуальной реальности. Photon PUN обеспечивает удобное развертывание и масштабирование сетевых приложений, а также предоставляет инструменты для управления соединениями и обменом сообщениями между клиентами. Однако, его ограничения в настройке и контроле могут быть недостаточными для проектов с особыми требованиями. Mirror, в свою очередь, предлагает более гибкий подход к созданию сетевых приложений, позволяя разработчикам полностью контролировать сетевую архитектуру и процесс обмена данными. Это делает Mirror более подходящим для проектов с уникальными требованиями к сетевой части приложения, такими как сложные сценарии виртуального взаимодействия и асинхронная сетевая логика.

По итогу, как Photon PUN, так и Mirror представляют собой значимые сетевые решения для разработки многопользовательских VR тренажеров, и выбор зависит от конкретных потребностей и целей проекта, но исходя из поставленных требований и выявленных ограничений двух библиотек - Mirror является более предпочтительным решением для проекта, разрабатываемого на базе Томского политехнического университета.

Список использованных источников

1. Photon Engine // Photon Engine: сайт. – 2024. – URL: https://doc.photonengine.com/pun/current/getting-started/pun-intro (дата обращения 27. 03. 2024).
2. Mirror Networking // Mirror: сайт. – 2024. − URL: https://mirror-networking.gitbook.io/docs/ (дата обращения 27. 03. 2024).
3. Darkrift 2 // Darkrift 2: github. – 2024. − URL: https://github.com/DarkRiftNetworking/DarkRift (дата обращения 27. 03. 2024).
4. Fishnet // Fishnet: сайт. – 2024. − URL: https://fish-networking.gitbook.io/docs/ (дата обращения 27. 03. 2024).
5. MLAPI // MLAPI: сайт. – 2024. − URL: https://docs-multiplayer.unity3d.com/netcode/current/about/ (дата обращения 27. 03. 2024).

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭРГОНОМИКИ СРЕДЫ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ ПРИ РЕШЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ЗАДАЧ

К.А. Калиниченко[1], Е.В. Вехтер[2]
[1]ТПУ, ОАР ИШИТР, группа 8Д11, e-mail: kak52@tpu.ru
[2]ТПУ ОАР ИШИТР, доцент, e-mail: vehter@tpu.ru

Аннотация

В данной статье проводится исследование в области эргономики виртуальной среды с целью разработки эффективных решений для снижения негативного воздействия на головной мозг, зрение и шейный отделы человека.

Ключевые слова: эргономика, VR гарнитура, факторы негативного влияния, зрительная усталость, образовательные задачи.

Введение

В настоящее время технология виртуальной реальности рассматривается как ключевая и динамично развивающаяся цифровая технология, имеющая перспективное применение в различных отраслях, таких как космическая и автомобильная промышленности, строительство, здравоохранение, нефтегазовая отрасль, энергетика, коммунальные услуги, технические и прикладные науки, потребительский сегмент, образование, банковское дело, медиа и развлечения, туризм, сфера услуг, недвижимость [1].

Был изучен рынок самых технологичных VR гарнитур. Очки виртуальной реальности Oculus Quest 3 (рис. 1) получили 8 Гб оперативной памяти и передовой процессор Qualcomm Snapdragon XR Gen 2, который обеспечивает высокую производительность в VR-играх. В комплекте с устройством поставляются контроллеры нового типа Touch Plus, способные передавать различные тактильные ощущения.



Рис. 1. Очки виртуальной реальности Oculus Quest 3

Второй аналог достаточно технологичный, дата продажи январь 2024 года. Apple (WWDC) технический гигант из Купертино представил свою долгожданную XR-гарнитуру, получившую название Vision Pro. Первая гарнитура Apple для смешанной реальности поддерживает как виртуальную, так и дополненную реальность благодаря своим цветным сквозным камерам. Однако из презентации стало ясно, что основной упор на текущем этапе корпорация делает именно на дополненную реальность. **Цена гарнитуры** составляет **3500$** в США. Из совсем новых технологий — внешний дисплей, на котором видны глаза пользователя. Система называется EyeSight, позволяющая показывать глаза собеседнику, либо наоборот скрыть их.



Рис. 2. Apple Vision Pro

Vision Pro в продаже 4 месяца и выявлены уже достаточно много проблем. Например, на фронтальном стекле в области переносицы появляется трещины. Все пользователи оставляли Apple Vision Pro подключенной к аккумулятору устройства. Проблема может быть связана с зарядкой гарнитуры с надетым мягким чехлом, что может вызвать проблему с перегревом стекла. Это скорей всего и приводит к появлению трещины в самом слабом месте стекла. Так же, пользователи жалуются на неудобство гарнитуры, неудобно носить даже короткий промежуток времени как из-за веса, так и из-за конструкции ремешка. Утомляемость глаз и шеи при длительном использовании. На данный момент уже есть случаи пользователей, у которых при использовании данной гарнитуры лопались кровеносные сосуды. Высокая цена, не соответствующая качеству и функциональности устройства. Apple Vision Pro не может заменить традиционные гаджеты, такие как смартфон, компьютер или планшет, и имеет ограниченные возможности для работы и развлечения.

Основная проблема заключается в негативном воздействии на зрительную усталость потребителя, напряжение в головном мозге и шейных отделах. Выявление эргономических проблем связанные с VR гарнитурой и средой позволят увеличить уровень удобства при создание нового концепта, от которого зависит устранение негативного воздействия на человека, в том числе на зрение. большой вес и неудобство гарнитуры, утомляемость глаз и шеи при длительном использовании, а также высокую цену, не соответствующую качеству и функциональности устройства. Пользователи отмечают, что Apple Vision Pro не может заменить традиционные гаджеты, такие как смартфон, компьютер или планшет, и имеет ограниченные возможности для работы и развлечения.

Так же американская академия офтальмологии объясняет, что слишком длительный просмотр экрана виртуальной реальности может привести к перенапряжению или усталости глаз. Почему? Потому что при использовании устройства с цифровым экраном мы моргаем реже, чем обычно, что приводит к напряжению или усталости глаз. Кроме того, в исследовании, опубликованном в 2019 году, говорится о том, что усталость глаз у пользователей VR-гарнитур возникает из-за несоответствия между виртуальной и воспринимаемой глубиной.

Под руководством специалиста по офтальмологии гарнитура виртуальной реальности может использоваться для улучшения зрительной координации, зрительно-моторной координации, восприятия глубины и времени реакции. Кроме того, правильное использование VR-гарнитуры может улучшить остроту зрения у людей с "ленивым глазом" (амблиопией).

Кроме того, VR-гарнитуры помогают людям со слабым зрением восстановить зрение. Например, гарнитуры виртуальной реальности и программное обеспечение калифорнийской компании IrisVision помогли тысячам людей с ослабленным зрением обрести лучшее зрение.

Фрэнк Верблин, соучредитель и главный научный сотрудник компании IrisVision, более 40 лет проработавший профессором нейронаук в Калифорнийском университете в Беркли, пришел к идее создания IrisVision в 2014 году.

IrisVision помогает восстановить зрительные функции людям с такими заболеваниями, как макулярная дегенерация, диабетическая ретинопатия, пигментный ретинит, болезнь Штаргардта,

глаукома и атрофия зрительного нерва, но не катаракта. Он может помочь людям с остротой зрения до 20/1000. (Острота зрения измеряет резкость: например, острота 20/200 означает, что на расстоянии 20 футов человек может различить предмет, который человек с нормальным зрением видит с расстояния 200 футов).

Можно сделать вывод, что длительное использование виртуальной реальности может вызывать визуальную усталость. Использование очков или шлема может создавать напряжение на глазах и вызывать различные проблемы со зрением, такие как сухость глаз или головная боль. Первое, с чем сталкивается пользователь в виртуальной реальности, это необычное пространство. VR может быть трудным для вестибулярного аппарата человека, и успех зависит от подготовки и здоровья пользователя. Резкое изменение освещения, отсутствие текстуры на движущихся объектах, мелкие и повторяющиеся текстуры, однообразные пейзажи - все эти факторы могут вызывать дискомфорт.

Были выдвинуты примеры решений эргономических проблем VR- очков:

1. Использование специальных линз, которые имеют защиту от синего света и устраняют эффект усталости глаз. На данный момент уже существуют очки виртуальной реальности с защитой от синего света. Эти очки обычно оснащены специальными линзами, которые фильтруют синий свет, чтобы уменьшить его негативное воздействие на глаза пользователя (Oculus Quest 3, HTC Vive Pro Eye, PlayStation VR).

2. Регулярные перерывы и отдых для глаз: можно устанавливать в саму систему таймеры или напоминания о необходимости делать перерывы для отдыха глаз, особенно при длительной работе в виртуальной среде.

3. Настройка параметров виртуальной среды: можно сделать доступную настройку регулировки яркости, контрастности и других параметров виртуальной среды, чтобы уменьшить негативное воздействие на глаза.

4. Использование специальных программ и упражнений для релаксации глаз: можно использовать специальные программы и упражнения для релаксации глаз после длительной работы в виртуальной реальности.

5. Возможность настраивать фокусное расстояние под себя. Некоторые производители предлагают опции для настройки фокусного расстояния, что позволяет пользователям с дальнозоркостью настроить очки под свои потребности.

В целом, с развитием технологий и улучшением дизайна очков виртуальной реальности, все больше возможностей появляется для людей с различными видами нарушений зрения, включая дальнозоркость. В пример можно привести те же модели VR- очков, которые используют линзу от синего цвета (Oculus Quest 3, HTC Vive Pro Eye, PlayStation VR).

6. Подбор подходящих шрифтов для использования в виртуальной среде.

7. Так же комплектация имеет большие весовые характеристики, особенно совокупность нескольких комплектующих: вентилятор, контроллер, материнская плата, лазерные датчики, большое количество камер.

В разработанном концепте решается проблема облегчения веса за счет его перераспределения на шею и плечи (рис. 1).

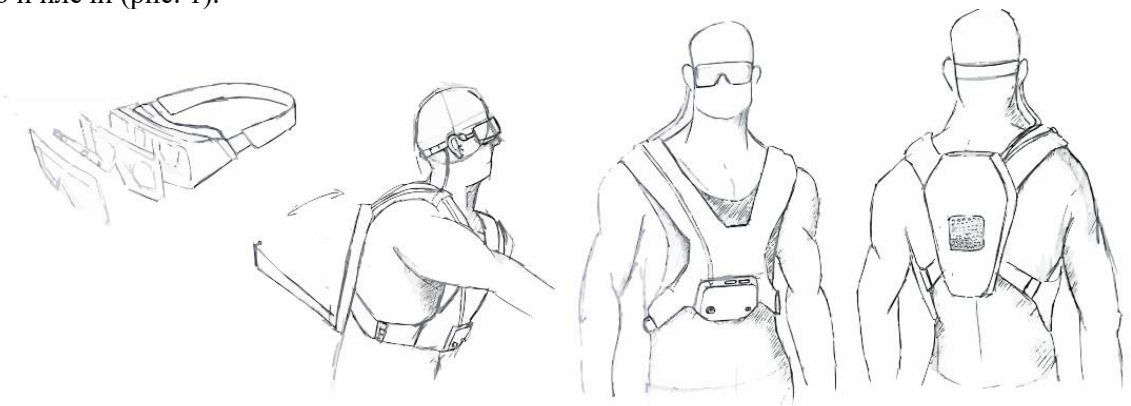


Рис. 3. Вариант для облегчения тяжести на голове

На основе изучения современных VR гарнитур и дальнейшего применения этой технологии на образовательные задачи предлагается изменение существующей структуры и решения определенных

в ходе исследования эргономических проблем. Для разных задач требуется разная комплектация, изучив что необходимо для решения образовательных задач можно сделать вывод о базовой комплектации в VR гарнитуре:

- Дисплей: отображает виртуальный мир перед глазами пользователя.
- Линзы: помогают фокусировать изображение для каждого глаза. Использование дополнительной линзы от синего цвета.
- Датчики движения: отслеживают движения головы пользователя для обеспечения плавного и реалистичного опыта.
- Компьютерный процессор: обрабатывает данные и отображает графику в реальном времени.
- Звуковые наушники или динамики: обеспечивают аудио-эффекты и звуковое сопровождение.
- Рама - предназначена для крепления линз и обеспечивает комфортную посадку очков на лице.
- Дужки - используются для крепления рамы к ушам пользователя и обеспечивают устойчивое положение очков на лице. контроллер, микроконтроллер, вентилятор, динамики, шлейфы, цепи позиционирования, цепи питания, датчик приближения, материнская плата.

Так же нужно учитывать стоимость такой гарнитуры. В учебных целях можно не использовать лазерные датчики, так как студент будет держать контроллер для лучшего взаимодействия руками.

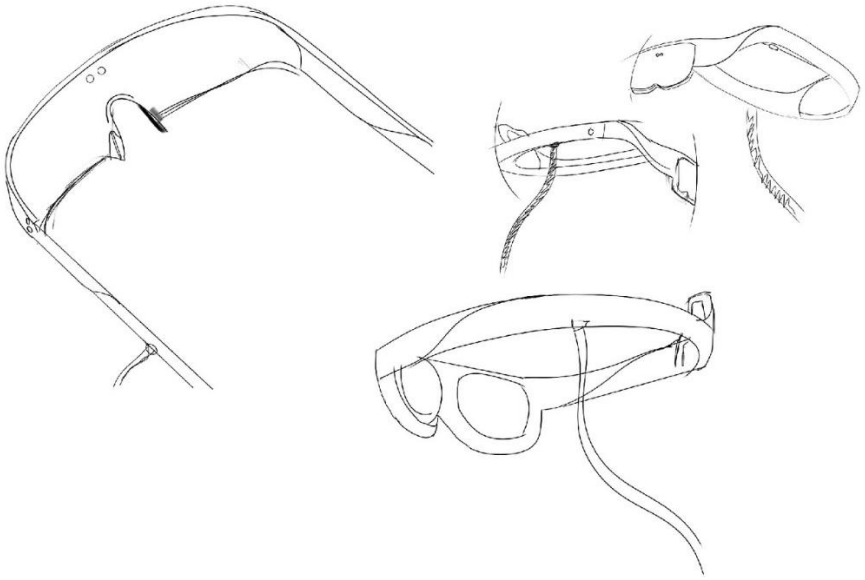


Рис. 4. Поиск облегченной формы очков

Использовать уменьшение веса VR очков, чтобы избежать напряжение на глаза и шею. Данную проблему можно попробовать решить при помощи переноса большей части комплектующих на плечи или спину (рис.1). Идея предлагаемой концепции состоит в том, чтобы перенести блок аккумулятора и основные необходимые компоненты на спину. Так как аккумулятору свойственно греться, то предполагается наличие вентиляционной системы. Для повышения доступности предлагается USB – разъем разместить на переднюю панель. Так как формат обучения предполагает использование различных программ, и подразумевая что на этом оборудовании могут работать по различным образовательным программам, то оперативный доступ к разъему является несомненным преимуществом. На лицевой стороне так же располагаются кнопки включения/выключения.

В очках предлагаемого концепта размещено оборудование по минимуму: линзы, дисплей, рама, душки (рис. 2). Шлейфы и провода от очков будут идти сбоку на спину, тем самым часть веса будет перемещена в рюкзак. Сам рюкзак с регулируемыми застежками по бокам. Рюкзак можно будет заряжать, как и различную технику, использовать определенное время, это позволит избежать лишних проводов.

Так же для образовательных целей нужны контроллеры для считывания действий кисти и дополнительные функции. Некоторые контроллеры могут иметь проблемы с точностью отслеживания движений или сбоями в работе, что может привести к неприятным ощущениям у пользователя. Имеют ограниченный набор функций и возможностей. Контроллеры неудобны для удержания их в руках, как пример приведены контроллеры от фирмы SONY (рис. 5). У большинства людей с кожными и без кожных заболеваний при контакте с корпусом контроллеров из пластика возникают неприятные ощущения, такие как, влажность рук, появление волдырей, чувство жжения и многое другое. Поэтому при использовании контроллеров в образовательных целях нужно учитывать данные нюансы и ограничить область ладони от большого количества пластика.



Рис. 5. Контроллеры от фирмы SONY

Данный концепт (рис. 3) будет прост в применении, датчики движения пальцев будет надеваться на 4 пальца. Со стороны ладони имеются 4 кнопки отвечающие за различные действия. Данная конструкция состоит из небольшого количества пластика с прорезиненными вставками и небольшого механизма как на пальцах, так и на самой кисти.

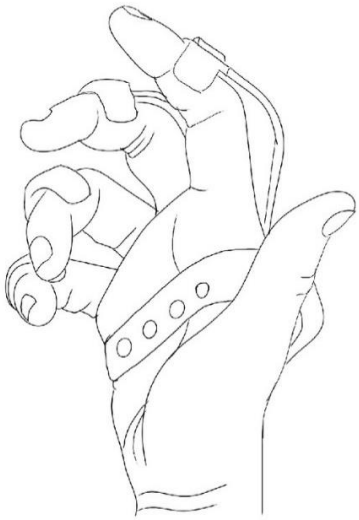


Рис. 3. Контроллеры для образовательных целей

В ходе проведенного исследования было выявлено большое количество эргономических проблем, в частности проблем тяжести VR гарнитуры на шейный отдел. Предложен концепт переноса основной части комплектующих на спину в формате рюкзака для снижения тяжести на голову и глаза. Так как предлагаемый концепт предназначен для образовательных целей, то его стоимость является важной составляющей при развитии проекта. Для понимания экономической части был примерный подсчет стоимость такой гарнитуры:

1. Дисплей: ЖК-дисплей или OLED-дисплей (около 4000-8000 рублей);

2.Линзы: простые пластиковые линзы (около 700-1400 рублей), либо поискать альтернативное не дорогое стекло;

3. Датчики движения: акселерометры и гироскопы (около 1500-2300 рублей);

4. Компьютерный процессор: Raspberry Pi или Arduino (от 2300 до 8000 рублей);

5. Звуковые наушники или динамики (от 700 до 3500 рублей).

Таким образом, бюджетный вариант комплектующих для разработки виртуальных очков для студентов может обойтись примерно от 9300 до 23100 рублей, в зависимости от выбранных комплектующих и их производителей.

Заключение

Студенты могут погрузиться в виртуальное пространство, где они могут проводить практические упражнения, например, эксперименты в химической лаборатории или тренировки виртуального полета. В медицинском образовании VR очки с рюкзаком могут использоваться для тренировки студентов на виртуальных пациентах, а также для изучения анатомии и хирургических процедур. С помощью VR технологий можно организовать командные тренинги и упражнения по развитию навыков сотрудничества и коммуникации.

Использование VR очков с рюкзаком, в котором находятся все комплектующие, может быть очень полезным для образовательных целей, так как оно решает ряд важных эргономических проблем и позволяет при использовании данной технологии сохранять здоровье.

Представленное исследование предполагает дальнейшее развитие, в ходе которого предполагается решение ряда вопросов, таких как:

1. как влияют электронные волны на человека, так как расположение аккумулятора примерно предполагается на уровне сердца;
2. из каких материалов сделать рюкзак для того, чтобы компоненты не перегревались;
3. более подробно исследовать в каких узких направлениях можно будет использовать данный концепт (для сидячей или стоячей работы).

Список источников

1. Иванова А.В. Технологии виртуальной и дополненной реальности: возможности и препятствия применения // СРРМ. – 2018. – №3 (108). – С.88-107.

2. Pena A.M., Ragan E.D. Contextualizing construction accident reports in virtual environments for safety education. 2017 IEEE Virtual Reality (VR), Los Angeles, CA. – 2017. – С. 389-390. – doi: 10.1109/ VR.2017.7892340

3. Wilcocks K., Halabi N., Kartick P., Uribe-Quevedo A., Chow C., Kapralos B. A virtual cardiac catheterization laboratory for patient education: The angiogram procedure. 2017 8th International Conference on Information, Intelligence, Systems & Applications (IISA), Larnaca. – 2017. – С. 1-4. – doi: 10.1109/IISA.2017.8316384

4. Hsu C.C., Chen Y.L., Chou W.C., Huang S.H., Chang K.K. Motorcycle Riding Safety Education with Virtual Reality. 2018 IEEE International Conference on Artificial Intelligence and Virtual Reality (AIVR), Taichung, Taiwan. – 2018. – С. 216-218.

5. Liu R., Liu C., Ren Y. A Virtual Reality Application for Primary School Mathematics Class. 2018 International Symposium on Educational Technology (ISET), Osaka. – 2018. – С. 138-141. –doi: 10.1109/ ISET.2018.00038

6. Li S., Sun J. Application of Virtual Reality Technology in the Field of Sport. 2009 First International Workshop on Education Technology and Computer Science, Wuhan, Hubei. – 2009. – С. 455-458. – doi: 10.1109/ ETCS.2009.363

КОРРЕКТОР ОСАНКИ С ВОЗМОЖНОСТЬЮ УЛУЧШЕНИЯ ЭМОЦИОНАЛЬНО-ПСИХОЛОГИЧЕСКОГО ЗДОРОВЬЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ

Лобастова Е.С.[1], А.В. Шкляр[2]
[1]*ТПУ ИШИТР ОАР, студент гр.8Д01*
[2]*ТПУ ИШИТР ОАР, д.техн.н., доцент, e-mail: esl22@tpu.ru*

Аннотация

Разработка медицинского оборудования - одна из наиболее актуальных тем в обществе. Именно эффективность, качество и удобство пользования таким оборудованием влияет на результаты лечения и дальнейшую жизнь пациентов. Данная статья описывает проведенное исследование на тему, как дизайн может влиять через форму и образы на пациентов, их эмоциональную стабильность, лечение.

Ключевые слова: эмоционально – психологическое здоровье, искривление позвоночника, мультисенсорное восприятие, медицинское оборудование, работы мышц.

Введение

Одним из основных подходов к проектированию лечебно-профилактических изделий на сегодняшний день служит метод, при котором оздоровительное действие конструкций достигается путем встраивания специальных элементов, которые обеспечивают жесткую фиксацию позы, с целью принудительной стабилизации правильной формы фигуры человека, тем самым добиваясь формирования осанки, благодаря долгому пребыванию позвоночника в определенном положении [1]. Но несмотря на это формоустойчивые конструкции, не только не способствуют укреплению мышечного корсета, но и являются своеобразным механическим воздействием на организм, нередко подменяя функциональное развитие собственных мышц человека.

В качестве предложения для нового подхода к проектируемой конструкции в основу может лечь БОС-терапия, метод адаптивного или функционального биоуправления, в основе которого лежит восстановление биологической обратной связи конструкции и организма [2]. То есть предлагается проектировать конструкцию с учетом естественной биологической реакции тела к конструкции, которая в случае с ежедневным ношением становится «триггером» для организма.

Таким образом, предложенный вариант позволит не уйти механического воздействия, а объединить его с воздействием конструкции на мышцы, с целью закрепления результата искривления позвоночника на долгое время и избавить человека от дискомфортного ощущения путем внедрения конструкции в естественный процесс.

Наиболее оптимальный способ сообщать человеку о неправильном положении спины – это воздействие на участки спины, отвечающие за стереотипные эмоциональные реакции организма. Они обладают мышечной памятью и способностью к обратной связи. Управляемый эффект обратной связи от мышц даёт возможность влияния на реакции или эмоциональное состояние человека. При этом прямое длительное воздействие на конкретные мышечные зоны механическим давлением или раздражением может изменять состояние человека в лучшую сторону. А принцип мышечной памяти позволит сохранять полученный эффект после прекращения курса лечения и закрепить вновь образовавшиеся рефлекторные связи [3].

Похожие методы лечения встречаются в теории современной практической психологии, а именно в телесно-ориентированной практике, при которой наиболее эффективно проводить коррекцию различных функциональных нарушений с помощью воздействия на сенсорные выделенные участки мышц с помощью специальных импульсов. В случае с корректором осанки подобные импульсы может имитировать сама одежда, так как находится непосредственно в близком контакте с кожей, что поможет имитировать возможные прикосновения и формировать рефлекторный ответ организма.

Обращаясь к теме воздействия на участки тела, оказывающих влияние на психоэмоциональное состояние пациента путем телесного контакта, помимо рефлекторных связей, также активируется сенсорное восприятие.

Мультисенсорное восприятие человека позволяет нам быстрее и эффективнее обрабатывать информацию, так как мы можем использовать несколько каналов восприятия одновременно [4]. Такие каналы помогают формировать образ не только на основе стилистики объекта, но и на основе

более глубокого анализа конструкции и формирующего эмоционального отклика.

Так, различают три уровня, которые непосредственно влияют на эмоциональное состояние пользователя и отношение к объекту, формирующееся с помощью сенсорных интуитивных реакций.

• Висцеральный – отвечает за восприятие формы и цвета, внешний вид вещей.

• Поведенческий – функции конструкции, подобранные материалы, как ощущение комфорта и надежности.

• Рефлексивный – ассоциативный образ, значение вещей за годы эксплуатации для пользователя [5].

Данная классификация описывает, что пользователь в процессе эксплуатации обращает внимание и формирует оценку объекта или одежды на основе многих характеристик, которые доказывают, что красивое не всегда удобное и наоборот.

Был разработан ряд эскизных решений на основе проведенного исследования, который проявляется через подобранную цветовую палитру, при этом сохраняя официальный стиль, а также через мягкие формы и расположение уплотнительных ремней в зоне работы мышц спины, влияющих на укрепление спинного столба. Данные варианты расположения ремней влияют на мышцы и формируют их рефлекторную память к запоминанию правильного положения.

Первым эскизным решением является проектирование корректора осанки в виде жилета, который имеет потайную конструкцию корректора и необычный английский воротник, который удлиняется и становится бандажным ремнем для привнесения механического воздействия (рис. 1). Задняя часть длинная, в то время как передняя по уровню талии, где ее фиксирует ремень. На спине расположены три плотные вставки с минимальным эластичным допуском, чтобы контролировать позицию плеч.



Рис. 1. Первое эскизное решение

Второе предлагаемое решение – корректор на основе полноценного корсета, который фиксирует плечи и грудной отдел длинными лямки, которое является также бандажным скрытыми ремнями (рис. 2).



Рис. 2. Второе эскизное решение

Третье эскизное решение предполагает собой скрытой корректор осанки с накидкой (рисунок 3). Предлагаемый дизайн состоит из двух самостоятельных частей – накидка и корректор. Предполагается, что накидку можно будет крепить на лямки корсета с помощью специальных креплений, во избежание смещения и более удобного использования.

В основе формообразования данного концепта лежит стилизация классического школьного воротничка в виде наслоение и пластичной формы. Такой объект легко стилизовать под любой пол пациента, а конструкция удобна в использовании. Также в данном концепте рассматривалось два решения накидки со стилизацией волана и ажурной формы, и более мягкая стилизованная форма.

Крепление двух частей предполагается боковое, для дополнительной фиксации и во избежание развевающейся деталей. Благодаря такому решению корректор осанки скрыт и образ смотрится полноценно.



Рис. 3. Третье эскизное решение

Данные эскизные решения являются примером возможной стилизации одежды под корсет, при этом сохраняя в себе все необходимые функции. Такие варианты встраивают медицинское оборудование в общий приемлемый гардероб пользователя и стилистические не выделяются. Благодаря этому пациент психологически легче проходит курс лечения и процесс адаптации, не формируя эмоциональную зажатость.

Заключение

Таким образом представленные эскизные решения являются предварительным решением, требующие дальнейшей доработки и уточнения деталей дизайна. Но уже на данный момент можно выделить варианты стилистически интересные и с удобным конструктивным решением.

В итоге проделанной работы был проведен подробный анализ конструкции корректора осанки и ее особенностей в использовании, а также проанализированы принципы воздействия корректора на зоны спины, которые позволят облегчить процесс лечения для пациента на психологическом уровне.

Список источников

1. Механическое воздействие корректора на спину [Электронный ресурс]. – Электрон. Текстовые дан. – Режим доступа: https://clck.ru/3A2Z8p

2. БОС - терапия [Электронный ресурс]. – Электрон. Текстовые дан. – Режим доступа: clck.ru/3A2ZAH

3. Merve Balkis, Emine Kodja, Ana Margarida Ferreira – Design for Health and Wellbeing. – 2020. – Vol. 343-353.

4. Сенсорные каналы восприятия [Электронный ресурс]. – Электрон. Текстовые дан. – Режим доступа: goo.su/tEJoOu

5. Burchikova M. Design that takes into account sensory and emotional reactions of the user. – 2017. – Vol.9.

РАЗРАБОТКА КОРПУСА АВТОМАТИЧЕСКОЙ ЛАПОМОЙКИ ДЛЯ СОБАК С УЧЕТОМ ЭРГОНОМИКИ И ПОВЕДЕНЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ

Григорьева А.В.
Научный руководитель: доцент ОАР ИШИТР Серяков В.А.
Томский политехнический университет
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
e-mail: Avg96@tpu.ru

Аннотация

В данной статье приводятся результаты учебно-исследовательской работы по процессу разработки корпуса автоматической лапомойки для собак с учетом эргономики и поведенческих особенностей.

Ключевые слова: Лапомойка, собака, дизайн, функция, эргономика, мытье.

Введение

В данной статье приводятся результаты учебно-исследовательской работы по процессу разработки корпуса автоматической лапомойки для собак с учетом эргономики и поведенческих особенностей. Цель работы – Разработать корпус лапомойки, в которой будут учтены эргономические принципы, а ее форма и функционал будут адаптированы к поведенческим особенностям собак. Задачи: Изучить существующие поведенческие особенности, фобии у собак; Определить эргономические требования; Проанализировать цветовое решение с точки зрения особенности восприятия для человека и собаки; Создать различные варианты возможной компоновки частей устройства, исходя из необходимых функций; Провести этап эскизирования формы устройства с собакой, наблюдая ее поведенческие особенности и эргономику; Провести эргономический анализ.

В современном мире забота о комфорте и благополучии домашних животных становится все более важной. Одним из аспектов, требующих особого внимания, является гигиена и уход за собаками. В рамках данного исследования была поставлена цель разработать лапомойку для собак с учетом эргономики и поведенческих особенностей.

Эргономика для собак

При разработке автоматической лапомойки для собак, учитывая их поведенческие особенности, следует уделить особое внимание нескольким аспектам:

1. Минимальный уровень шума: Собаки могут быть чувствительны к громким звукам. Автоматическая лапомойка должна быть спроектирована таким образом, чтобы минимизировать шум во время работы, чтобы не вызывать стресс у животного.

2. Безопасность движущихся частей: Собаки могут испугаться или быть неудобно с чрезмерными движущимися частями. Лапомойка должна быть оборудована безопасными системами, которые исключают риск защемления или других травматичных ситуаций

3. Высота и размеры лапомойки должны быть адаптированы под разные породы собак, чтобы они могли легко входить и выходить из нее без неудобств.

4. Поверхность лапомойки должна обеспечивать достаточное сцепление для предотвращения скольжения собаки и обеспечения ее стабильности во время мытья.

5. Угол наклона и форма лапомойки должны быть такими, чтобы обеспечить комфортное положение для собаки во время мытья, минимизируя напряжение на их суставы и мышцы [1].

Эргономика для владельцев

1. Простота управления: Интерфейс лапомойки должен быть интуитивно понятным и легким в использовании для владельцев. Это может включать в себя ярко выделенные кнопки или сенсорные экраны с понятными и понятными иконками.

2. Легкость чистки: Лапомойка должна быть легко разбираемой для очистки и обслуживания, чтобы владельцы могли поддерживать ее в чистоте без лишних усилий [2].

3. Система дренажа должна быть эффективной, чтобы быстро удалять грязь и воду из лапомойки, сокращая время очистки и подготовки к следующему использованию.

4. Замена расходных материалов: если лапомойка использует расходные материалы, такие как шампуни или фильтры, они должны легко заменяться и быть доступными для покупки.

5. Складывающийся дизайн: Лапомойка может быть спроектирована таким образом, чтобы быть складываемой или разборной, что обеспечит компактное хранение в случае отсутствия необходимости использования.

6. Удобство переноски: В случае, если лапомойка не предназначена для постоянного установки на одном месте, важно обеспечить удобство в переноске. Для этого можно предусмотреть ручки или колеса для перемещения.

7. Оптимальная высота: Лапомойка должна иметь оптимальную высоту, чтобы владельцам было удобно использовать ее без наклона или излишних усилий.

8. Компактность и эффективное использование пространства: Форма лапомойки должна быть компактной, чтобы экономить пространство, но при этом обеспечивать достаточное пространство для удобного мытья собаки разных размеров.

9. Закругленные края: для обеспечения безопасности и комфорта владельцев и собаки важно, чтобы форма лапомойки была без острых углов и краев, что поможет предотвратить травмы или неудобства [3].

Анализ восприятия цвета

Собаки могут различать некоторые цвета, особенно средние и яркие оттенки синего и желтого цвета, но их способность различать цвета в целом менее точна [4]. Например, они могут иметь трудности с различением красного и зеленого (рис. 1).

Таким образом, восприятие цвета у собаки не такое разнообразное, как у человека, и скорее всего ограничивается более ограниченным спектром цветов. Однако собаки компенсируют это ограничение за счет более развитого обоняния и слуха, что позволяет им воспринимать окружающий мир в целом [5].

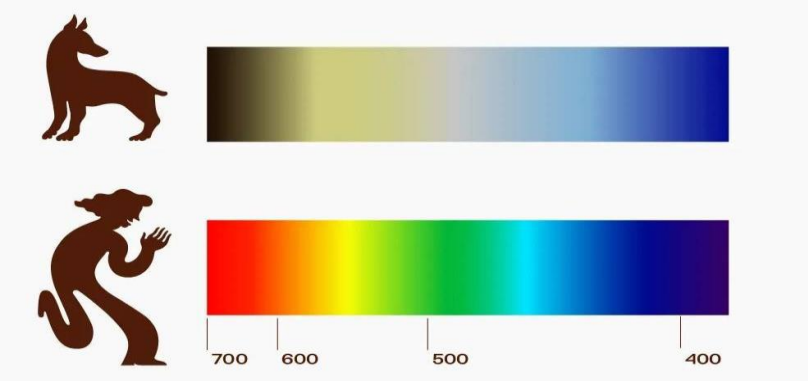


Рис. 1. Цветовой спектр зрения собаки и человека

Компоновка функциональных частей

На данном этапе было выполнено три компоновки элементов устройства (рис. 2)

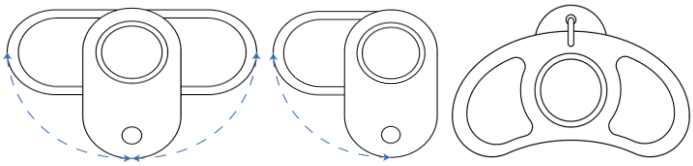


Рис. 2. Варианты компоновки устройства

В процессе черчения и замеров была создана еще четвертая компоновка, которая является результатом данного процесса проектирования, поскольку определена, как готовая эскизная концепция, которая выполняет функциональные, композиционные и эргономические задачи (рис.3). Форма устройства была создана посредством наблюдения за процессом взаимодействия с прямых пользователей – собаки и его хозяина.

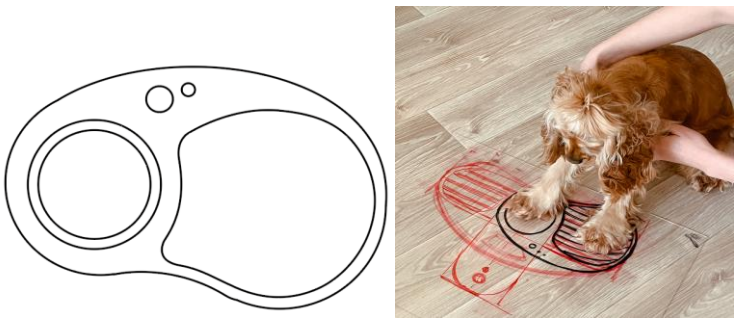


Рис. 3. Итоговый вариант компоновки

Эскизирование

Были созданы четыре различных цветовых концептуальных эскизных решения с учетом особенностей восприятия цвета как у людей, так и у собак (рис. 4).

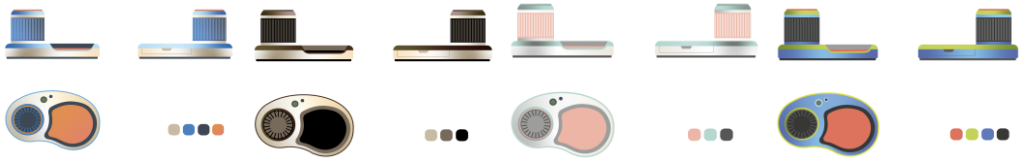


Рис. 4. Эскизы

Эргономический анализ

Эргономический анализ был проведен с целью демонстрации примера взаимодействия хозяина, собаки и лапомойки. На данном этапе, в рамках учебно-исследовательской работы, важно убедиться в грамотных эргономических и функциональных характеристиках для последующего проектирования (рис. 5).

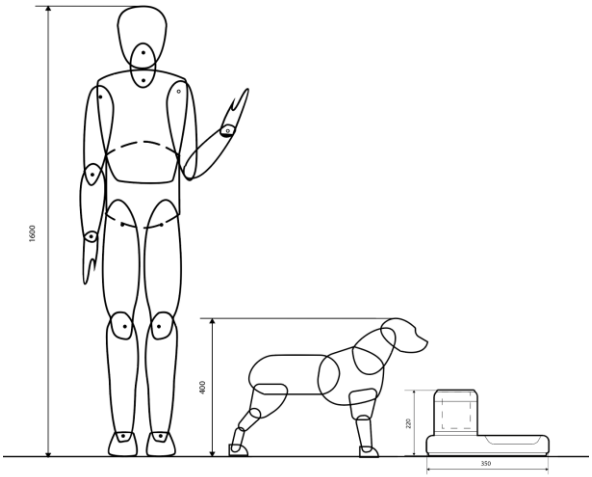


Рис. 5. Эргономический анализ

Заключение

Результатом работы стала разработанная эскизная концепция устройства, которое обеспечивает эффективное и удобное мытье лап питомцев, учитывая их потребности и предпочтения. Данное исследование подчеркивает важность учета эргономических и поведенческих аспектов при создании продуктов для домашних животных, и представляет значимый вклад в область развития таких устройств.

Список используемых источников

1. Эргономика [Электронный ресурс]. – URL: cishop.ru/inspiration/obshchie-polozheniya-ergonomiki/

2. Фобии у собак [Электронный ресурс]. – URL: bethowen.ru/club/advice/dogs/291015/

3. Какие цвета видят собаки? [Электронный ресурс]. – URL: royalcanin.com/ru/dogs/understanding-your-dog/kak-vidyat-sobaki

4. Собаки различают оттенки цвета [Электронный ресурс]. – URL: bethowen.ru/club/advice/dogs/291112/

5. Как собаки воспринимают цвета [Электронный ресурс]. –URL: animalplanet.ru/blog/how-do-dogs-see-colors.

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ХУДОЖЕСТВЕННОГО ОБРАЗА В ПРОЕКТИРОВАНИИ ПРОМЫШЛЕННОГО ИЗДЕЛИЯ

Аппель А.В..[1], Хмелевский Ю.П.[2]
[1] НИ ТПУ, ОАР ИШИТР, группа 8Д01, e-mail: ava70@tpu.ru
[2] НИ ТПУ, ОАР ИШИТР, старший преподаватель, e-mail: hmelevskiy@tpu.ru

Аннотация

В тексте статьи производится оценка влияния применения художественного образа на разработку промышленных объектов, выявление того, как художественный образ влияет на удобство использования, эргономику и функциональные характеристики промышленных объектов.

Ключевые слова: художественный образ; промышленный объект; разработка; конкурентоспособность; влияние.

Актуальность

Актуальность исследования выражается в ежегодном росте конкуренции в среде промышленного дизайна. Всё чаще люди уделяют внимание визуальной составляющей промышленных объектов в той же степени, а иногда и выше, чем их функциональным особенностям [1]. На фоне этого необходимо повышать уровень узнаваемости и уникальности разрабатываемых дизайнерских решений и интерпретировать уже знакомые образы через призму личностного восприятия для более яркого выделения из общей массы аналогичных товаров.

Введение

Существует прямая зависимость между осмысленным использованием художественного образа и уровнем привлекательности, функциональности и повышение конкурентоспособности промышленных объектов. Помимо этого, различные степени раскрытия художественного образа, начиная от простого декоративного элемента до внедрения полноценных художественных концепций в масштабные дизайн-проекты, влияют на восприятие потребителей и конечный результат готового изделия.

Понятие художественного образа и его применение

Художественный образ рассматривается как иррациональное, ассоциативное наполнение формы; композиция, выстраиваемая на базе этого образа, уже как логическая взаимосвязь ее элементов, определяющая выразительную насыщенность дизайн-объекта. Создание художественного образа – специфический для искусства способ осмысления и переработки действительности, эстетического овладения ею [2].

Художественный образ, выражающий единство чувственного и смыслового, эмоционального и содержательного, отражает материальный объект в форме, имеющей определенные параметры. Образ тесно связан с художественной формой, с принципом ее формообразования, с типом взаимосвязи между элементами, ее составляющими, т.е. с композицией. Композиция придает всегда новый смысл уже осмысленным элементам. Композиция из элементов, осмысленных художественно, выражает ассоциативное, метафорическое, смысловое содержание, несет в себе яркий образ, организовывает эстетичную форму дизайн-объекта. Художественная образность – идеально-чувственное предметное представление смыслов и идей, произведения дизайнерского искусства, возникающее в процессе формирования замысла, проектирования, создания и восприятия (освоения) вещи [3].

Необходимость использования художественного образа в промышленном дизайне

Сегодня каждая вещь, продукт, созданный промышленным способом, проходит этап дизайн-проектирования. Этот этап является необходимым не только с целью определения конструктивно-технологических качеств продукта, но, главным образом, здесь определяется жизнь продукта и его потребителя в социально-культурной среде. Дизайнер, сталкивается с задачей определения качеств и свойств продукта, которые потребитель смог бы идентифицировать как необходимые ему [4]. Определение прагматичных целей и задач потребителя, а также уровень технических и технологических возможностей компании-производителя приведет к пониманию утилитарных

функций дизайн-продукта, пониманию его как объекта целесообразного. Образ позволяет представить в художественно-выразительной форме основные качества и свойства дизайн-продукта. Он ярко выражает основную суть объекта проектирования, и позволяет легко идентифицировать это потребителем [5].

Создание первого впечатления о продукте и следование актуальности тенденциям

Художественный стиль может значительно повлиять на первое впечатление об объекте. В зависимости от различных факторов, которые его формируют, один и тот же по функциональным характеристикам объект может восприниматься совершенно по-разному. Визуальный образ может быть ключевым элементом для того, чтобы привлечь внимание целевой аудитории и вызвать у зрителя положительные или просто любые требуемые от ситуации эмоции.

Помимо этого, различный подход к применению художественных образов позволяет создателем промышленной продукции следовать наиболее актуальным тенденциям дизайна [6]. Ежегодно какие-то особенности в подходе к дизайну объектов меняются. К примеру, в одном году это будут пластичные и текучие формы, в другом – обращение к острым и броским элементам, – и таких примеров может быть очень много. Так, одну и ту же основу, заложенную в дизайн объекта, можно из года в год актуализировать и менять восприятие и отношение к этому образу у потребителя.

Формирование художественного стиля и индивидуального почерка дизайнера

Дизайнер создает художественные образы, опираясь на собственное понимание визуальной привлекательности и зачастую внедряя определенные художественные стили, а также использует их приемы и характеристики, чтобы донести нужные идеи и эмоции до зрителей или пользователей.

Использование художественных образов в разных вариациях может значительно влиять на индивидуальность дизайнерского почерка, так как он отражает особенности творческого подхода и художественного вкуса конкретного дизайнера. Каждый художественный стиль обладает своими уникальными характеристиками, темпераментом и эмоциональной напряженностью, которые дизайнер может взять в качестве фундаментальных основ в своей творческой стилистике. При дополнении личного творческого видения каждого отдельного дизайнера даже одни и те же образы с заимствованием одной и той же стилистики с высокой долей вероятности будут раскрываться по-разному, так как их выражение так или иначе будет проецироваться через призму личностного восприятия, опыта и какого-то индивидуального понимания о прекрасном у каждого конкретного дизайнера.

Обеспечение гармоничного размещения в окружающее пространство

Художественный образ, заложенный в дизайн объекта, должен гармонично вписываться в пространство, в которое этот объект в дальнейшем будет помещён. Даже если такой предмет будет соответствовать всем современным тенденциям, отвечать требованиям качества и будет отлично выполнять свои функции, это ещё не означает, что выбор при конкурентном сравнении будет выполнен в его пользу, ведь он может просто не подходить под общий стиль помещения.

Приведение к равновесию между функциональными и эстетическими параметрами объекта дизайна

Предметный дизайн – область, в которой итоговый объект может иметь две возможные крайности: или максимальная функциональность и удобство, или уникальность визуальной составляющей и упор на абсолютную новизну. Крайность – это практически всегда неудачное решение. Когда дело доходит до промышленного дизайна, необходимо сохранять баланс между обоими составляющими. Это обусловлено и повышением конкурентной способности между аналоговыми объектами в чём-то помимо их технических характеристик, и потребностью, стремлению к индивидуальности в выборе для каждого отдельного человека или организации.

Важно учитывать, что творческая, визуальная составляющая дизайна больше интересует людей в контексте собственного комфорта. Даже люди, состоящие в очень близких отношениях, могут быть очень разными, у них может полностью отличаться понятие эстетики, визуальной притягательности, комфорта и представление об организации своего быта и предметного окружения. Именно из-за этого и появляется потребность в такой большой вариативности предметов промышленного дизайна – чтобы

каждый человек имел возможность наполнить свою жизнь такими предметами личного пользования, которые отражали бы его личное восприятие красоты, комфорта и удобства.

Проблемы, возникающие при отсутствии обращения к художественному образу в промышленном дизайне

Основной проблемой, возникающей при отсутствии достаточного обращения к использованию художественного образа, является обезличивание объекта в дизайнерском плане – это приводит к тому, что появляется огромное количество аналогов, ничем в сути своей не отличающихся друг от друга. Такие предметы могут быть максимально функциональными и полезными, но ничем не будут выделяться из прочих аналогичных объектов. На фоне этого начнёт проседать фактор конкурентоспособности.

Помимо прочего, в отсутствии художественного образа страдает фактор эмоционального взаимодействия между объектом и пользователем. В промышленном дизайне существует такая система, как «человек – объект (дизайн-продукт) – среда», и в этом ряду важно учитывать то, как создаётся эта взаимосвязь, этот момент соприкосновения и воздействия между каждым участником данной цепи [7].

Создание концепции изделия на основе сочетания основной функции и художественного образа

Разным объектам присущ разный функционал, зависимость от этого фактора обуславливает их разницу во внешнем виде. Так формируется некоторый перечень ожиданий, заложенных у потребителя к конечному продукту, и этот перечень очень гибкий по отношению к разным предметам быта [8]. Так, к примеру, подвесной светильник не несёт в себе необходимости создать визуально устойчивую конструкцию, скорее наоборот, зачастую от него ожидается внешняя лёгкость и воздушность, что создаёт мнимое чувство безопасности, так как светильник висит над головой.

Концепция на основе художественного образа «Солнце»

Солнце – это небесное тело, и иногда оно не напрямую взаимодействует с другими небесными телами. В данном случае обращение было сделано к такому визуальному явлению как «солнечная корона» – это крайне горячая оболочка, возвышающаяся над поверхностью солнца. Солнечная корона сама по себе достаточно тусклая и её невозможно увидеть невооруженным глазом практически никогда, за исключением одного единственного случая – полного солнечного затмения. Таким образом, именно полное солнечное затмение послужило вдохновением для разработки данного эскиза (рис. 1).

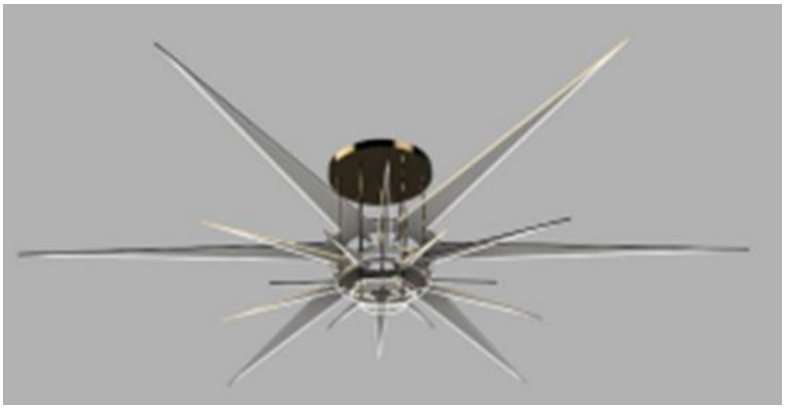


Рис. 1. Эскиз "Солнечная корона"

Это многоуровневая, полностью симметричная конструкция. Она представляет собой окружности разных форм, находящихся на разной высоте, а также звёздчатые формы, имитирующие как раз образ солнечной короны. Цветовое решение выполнено в тёплых тонах, а выбор корпуса, к которому крепятся подвесные тросы обусловлен эффектом затемнения центральной части при взгляде на светильник снизу-вверх. Особенно чётко это можно считать если смотреть на него стоя и глядя на него ровно по линии центральной оси.

Концепция на основе художественного образа «Молния»

Молния – не самый частый объект, который вспоминают при размышлении о свете, а зря. Несмотря на кратковременное появление, она способна озарить светом даже самоё тёмное грозовое небо. Именно молния на грозовом небе послужила вдохновением для его разработки (рис. 2).

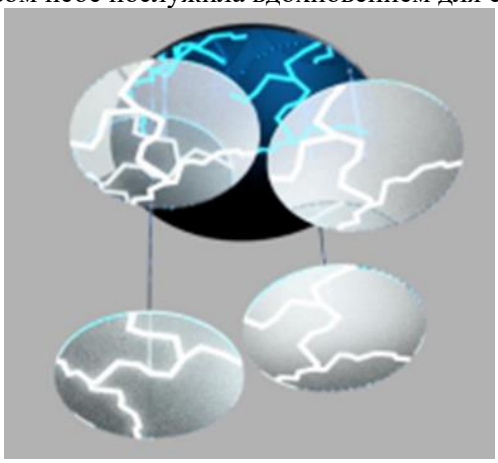


Рис. 2. Эскиз "Гром и молнии"

Так как визуально хотелось облегчить объект и сделать его не таким массивным, было решено, как и в первом случае, разбить его на блоки, соединение которых давало бы целостную картину, а именно визуально соединяла «молнии» в какой-то рисунок. Для объекта была выбрана крайне тёмная цветовая гамма, а корпус представляет собой зеркальную поверхность тёмно-синего цвета, в которой при зажжении светильника отражаются «молнии», словно их отблески мелькают среди облаков. В целом выбор округлых форм для основной формы объясняется попыткой создать отослать к визуальному образу облака, как раз состоящего из таких округлых частей.

Концепция на основе художественного образа «Звезда»

Хоть в сути своей Солнце тоже является звездой, но всё же данные объекты можно рассматривать в качестве разных источников вдохновения. Если «Солнце» представлено как более упорядоченный, симметричный и аккуратный вариант объекта в рамках создания данных эскизов, то «Звезда» представляет собой чистую энергию в её самом открытом виде. Это фактически обращение к образу большого взрыва, к выбросу материи, к расширению вокруг себя окружающего пространства (рис. 3).

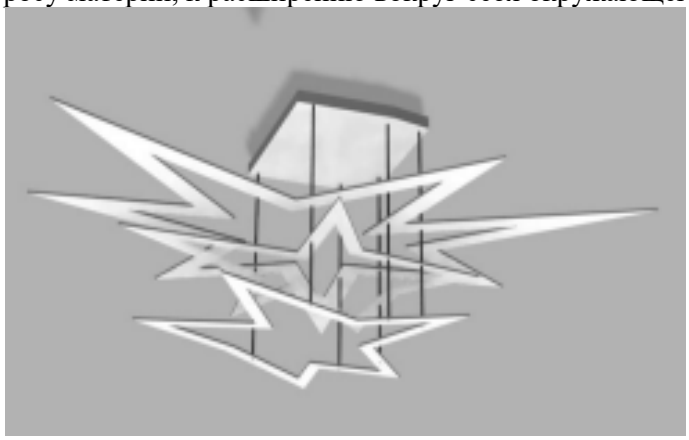


Рис. 3. Эскиз "Большой взрыв"

Заключение

В результате исследования были обоснованы основные принципы выбора художественного образа в современном дизайн-проектировании: это соблюдение равновесия между функциональными и эргономическими особенностями проектируемого объекта; отражение актуальных тенденций дизайн-проектирования; соответствие окружающей предметной среде, в которой размещается объект, а также повышение узнаваемости промышленного объекта на фоне конкурентной аналоговой продукции [9].

В результате исследования был выявлен перечень наиболее актуальных и важных параметров, который следует учитывать при выборе художественного образа для разработки на его основе какого-либо промышленного объекта. Был сделан вывод, что важно учитывать функциональные характеристики объекта, и на опоре на этот фактор обосновывать выбор художественного образа. В качестве примера были разработаны эскизные решения трёх подвесных осветительных приборов для демонстрации использования различных образов и наглядной разницы между формообразованием, композиционным и колористическим решениями.

Список использованных источников

1. Брендинг как коммуникационная технология XXI века: материалы VII Международной научнопрактической конференции 1-2 марта 2019 года / под ред. проф. А.Д. Кривоносова. – СПб.: Изд-во СПбГЭУ, 2021. – 388 с.
2. Пронина Н.К. Особенности построения художественного образа как основы композиционной целостности изображения // Вестник Омского государственного педагогического университета. Гуманитарные исследования. – 2015 Лапнина Е.В. Разработка мобильного приложения для контроля здоровья // Сборник трудов XX Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодежь и современные информационные технологии». – Томск: Изд-во ТПУ, 2023. – С. 90–91.
3. Шеховцова, А. Н. Художественный образ как проблема в современном дизайне / А. Н. Шеховцова // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2015. – № 3-2. – С. 237-240.
4. Дизайн-процесс при проектировании сложных продуктов: 7 шагов // Академия Selected [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://selectel.ru/blog/design-process/ – Загл. с экрана (дата обращения 11.04.2024).
5. Формирование проектного образа дизайн-продукта на основаниях теории знаков Ч.У. Морриса // Pogorelov Design Solution [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://dpogorelov.com/science/articles/creating_product_design_image – Загл. с экрана (Дата обращения: 09.04.2024).
6. Мартыненко О.В. Дизайн как инструмент промышленного маркетинга и фактор конкурентоспособности // Региональные проблемы преобразования экономики
7. Горбунов И.В. Ткалич С.К. Дизайн как проектное средоточие элементов воздействия на комфортное самочувствие человека: к вопросу о методах подхода к средовому проектированию // Международный журнал экспериментального образования. – 2014. – №12. – С. 28–30.
8. Чижиков В.В., Чижиков В.М. Введение в социокультурный менеджмент: Уч. пособие. – М.: МГУКИ, 2003. – 382 с.
9. Давыдова, Е. М. Роль художественного образа в проектировании комплекта мебели для сферы услуг / Е.М. Давыдова, В.Ю. Радченко, Т.Д. Казакова // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2017. – 11. – С. 6-11

АНАЛИЗ РЕАЛИЗАЦИИ ИНТЕРФЕЙСА ДОБАВЛЕНИЯ ОБРАЗОВ В ПРИЛОЖЕНИЯХ ЦИФРОВОГО ГАРДЕРОБА

Костин Д.А.
Томский политехнический университет, ИШИТР, 8ИМ32, dak135@tpu.ru

Аннотация

Было рассмотрено 6 приложений цифрового гардероба на предмет реализации интерфейса комбинации предметов одежды. Было выбрано 3 приложений из корейского App Store и 3 из российского на основе популярности приложений: их позиции в поиске, рейтинге, отзывах и активности разработчиков.

Ключевые слова: анализ, интерфейс, приложение, цифровой гардероб.

Введение

Цифровой гардероб – это возможность эффективно распоряжаться имеющимися материальными ресурсами, а также упростить ежедневную рутину выбора одежды. Он бережет экологию, делая выбор одежды осознанным, что в свою очередь снижает количество не обдуманных покупок. Главная проблема при разработке приложения цифрового гардероба заключается в выборе способа отображения образов (комбинаций предметов одежды).

Целью этого исследования понять, какие способы отображения используются разработчиками. Исследование проводилось в контексте анализа и сравнения интерфейсов приложений для корейского и российского рынков, поэтому были, соответственно, выбраны приложения из топов App Store.

Основная часть

В самом начале встает вопрос выбора оснований для отбора конкретных приложений, подходящих для объективного сравнения принципов разработки интерфейсов. Проводить ли анализ на основе популярности приложений в магазинах приложений конкретных стран или подобрать другой метод? Ввиду отсутствия других более подходящих методов, было решено остановиться на этом, так как сам факт популярности в магазине приложении и медиа пространстве говорит о наличии определенной аудитории, которая пользуется этим продуктом по той или иной причине, что позволяет допустить, что такие приложения и их интерфейсы отвечают целям и задачам потребителей, в противном случае никакой практической пользы от использования таких приложений не имелось бы. Соответственно, такие продукты должны быть разработаны с учетом логики и привычек потребителей.

Среди разных магазинов приложений, App Store был выбран из-за возможности создания аккаунта другой страны без ограничений, в отличии от Google Play, где такая возможность ограничена в данный момент. Помимо этого, мобильные устройства Apple занимают 28.61% рынка смартфонов в Корее, согласно порталу StatCounter на март 2024 года. В России же наблюдается похожая ситуация, 28.73% рынка смартфонов за Apple на тот же март 2024. Это говорит, о сравнимом проценте аудиторий стран, пользующихся этим магазином. В корейском App Store поиск производился по запросу «옷장», и в результате были отобраны: «에이클로젯» («Acloset»), «클로즈박스: 내 옷 탐구 앱» («CLOTHBOX»), «스타일봇» («StyleBot») — по количеству отзывов, их свежести и непосредственной позиции в поиске. Для примера, «Acloset» имеет 337 оценки и 106 отзывов с общим рейтингом в 4,4 звезды из 5. За последний год было опубликовано 38 отзывов. В поисковой выдаче приложение было вторым. Также у приложения есть YouTube канал», но последняя активность была в марте 2023 года. Ролики набирали, в среднем, 2000 просмотров. В российском App Store поиск проводился по запросу «гардероб», и в результате были отобраны: «GetWardrobe: гардероб, стилист», «Acloset», «shkaф». Приложение «Acloset» имеет две версии глобальную и корейскую. В российском магазине размещена глобальная — в ней отличается интерфейс и набор функций.

В **приложении «에이클로젯» («Acloset»)** образы составляются в виде PNG-коллажа из фотографий вещей и фотографии пользователя в образе. Для добавления образов необходимо сначала добавить отдельные вещи. Для этого делается фото вещи. При добавлении фотографии, приложение

вырезает фон, создавая PNG файл. Причем есть полноценный редактор, в котором можно поправить ошибки приложения. Под фотографией размещается анкета. ИИ приложения понимает категорию вещи и автоматические заполняет сезон, цвет, материал и вид принта. Размер, цену покупки, дату покупки и ссылку на магазин нужно заполнить самостоятельно. После чего приложение предложит готовые образы.

Страница гардероба состоит из:

- кнопки «데일리룩 캘린더» — планера образов по дате в календаре,
- карточек погоды,
- вкладки «옷장» — галереи с «гардеробами», в этих, так называемых, гардеробах по отдельности находятся вещи,
- вкладки «코디» — это уже будут сами образы.

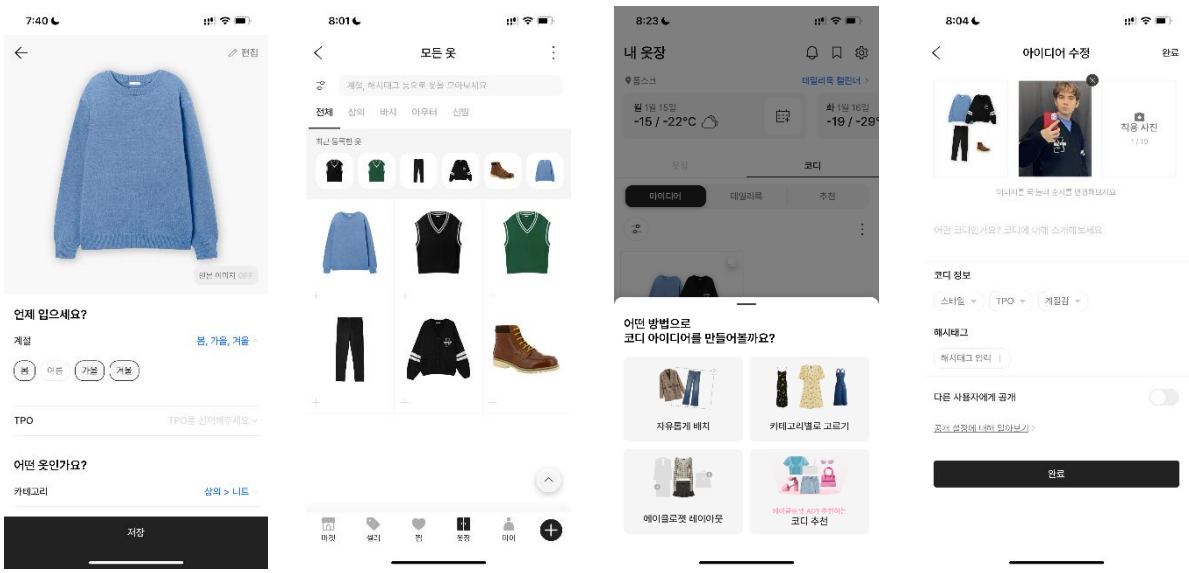


Рис. 1. Добавление вещи, добавленные в гардероб вещи и процесс создания образа в корейской версии приложения «Acloset» («에이클로젯»)

Создать образ с вещью можно прямо в карточке, нажав на соседнюю иконку манекена. Образ создается 4 способами: ручная настройка с вырезанием фона (выбирается категория и заполняется описание), выбор вещей по категории слайдером, макет (доступны фоны и стикеры) и AI генерация. К образу можно добавить до 10 фотографии человека в этой одежде.

В **приложении «클로즈박스: 내 옷 탐구 앱» («CLOTHBOX»)** образы добавляются в виде PNG-коллажа из фотографий вещей и фотографии пользователя в образе. Коллажи здесь имеют цветной фон, в цвет доминирующей вещи и его нельзя настроить.

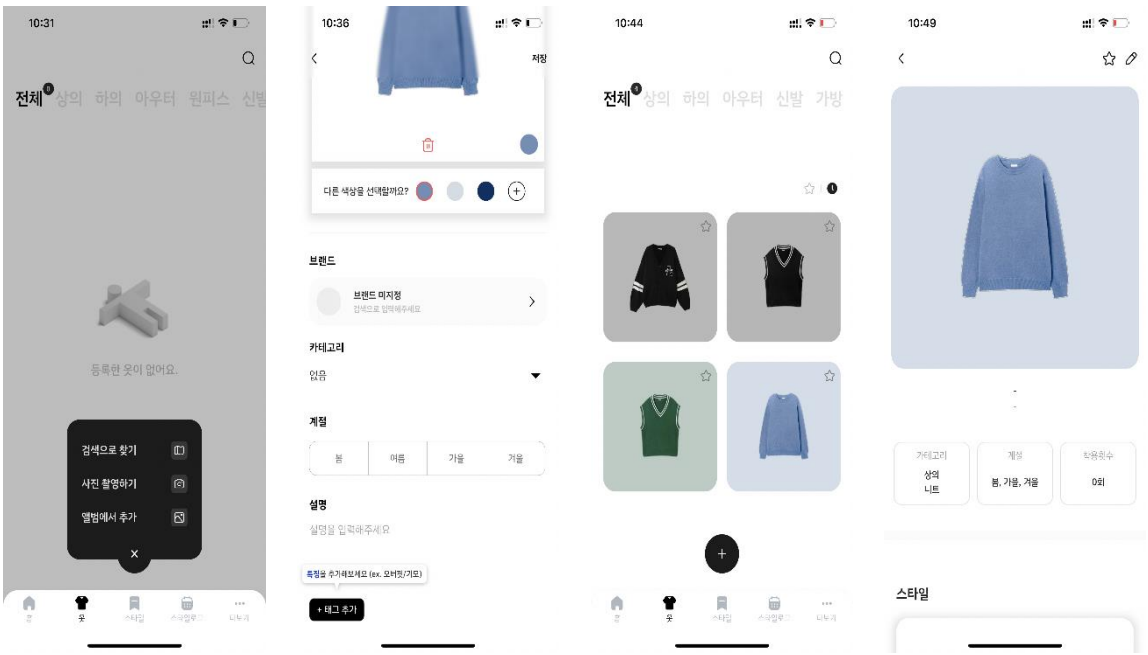


Рис. 2. Добавление вещи в гардероб, общий вид гардероба с добавленными вещами и карточка вещи в приложении «CLOTHBOX»

Здесь одежда и гардероб разнесены на разные экраны: «옷» и «스타일». Экран для одежды представлен фотокарточками вещей, залитыми цветом вещи. Можно просматривать вещи по категориям: одежда для верхней части тела («상의»), брюки («하의»), верхняя одежда («아우터»), обувь («신발»), сумки («가방»), аксессуары («악세사리»), другие вещи («기타»). Категории похожи на «Acloset». Можно искать вещи по сезону, бренду, цвету или метке. Также можно просматривать только избранные вещи.

Добавление одежды происходит по нажатию на кнопку «плюс», располагающуюся над главным меню. Приложение предлагает загрузить фото из галереи, сделать фотографию вещи или провести поиск по каталогу вещей. В первом случае приложение вырезает фон с фотографии и открывает карточку заполнения данных. В ней можно отредактировать фотографию, выбрать цвет вещи (выбирается автоматически), бренд, категорию вещи (после выбора категории появится выбор подкатегории), сезон. Можно добавить описание и метку.

Карточка вещи имеет небольшие блоки с характеристиками вещи и данными по количеству раз, которые эта вещь носилась. В карточке можно просмотреть образы с этой вещью и фотографии образов.

На экране образов **с**верху находятся недавно добавленные образы. Чуть ниже избранные образы, потом образы по сезонам. Карточка образа заполнена цветом одной из вещей. Добавление вещей происходит посредством выбора из каталога, они попадают на единое полотно, где их можно компоновать. У вещей остаются светлые контуры, поэтому их не стоит накладывать друг на друга, лучше оставлять небольшое пространство между вещами. После компоновки нужно выбрать категорию для образа, сезон и метку.

В «스타일봇» **(«StyleBot»)** образы добавляются из готового каталога вещей, либо фотографируются и преобразуются в специальную графическую модель. В настоящее время функция добавления своих вещей не работает. Вещи же комбинируются не с помощью коллажа, а применением их к аватару. Это и является особенностью этого приложения, но поскольку оно предназначено только для женщин, то и мужских аватаров здесь нет.

После регистрации приложение предлагает создать аватар или выбрать из девяти готовых. При создании своего дается выбор из 12 лиц (1 европеоидное лицо), 18 типов причесок и 4 цветов волос.

Приложение состоит из пяти экранов: «HOME», «SHOP», «FITTING ROOM», «FEED», «MY». Непосредственно с гардеробом связаны первые три.

Экран «HOME» состоит из «Today PICK» и «MY Closet». Первая открывается по умолчанию и содержит блок с рекомендациями «Jennie’s PICK», которые примеряет аватар пользователя. Рекомендации занимают всю ширину экрана, а одежда берется из каталога приложения с прямой ссылкой на магазин, где их можно купить. Во второй вкладке располагается гардероб с большой кнопкой для добавления вещей. Чуть ниже инструкция по загрузки фото в виде карусели. Ниже недавно составленные образы, а внизу календарь образов.

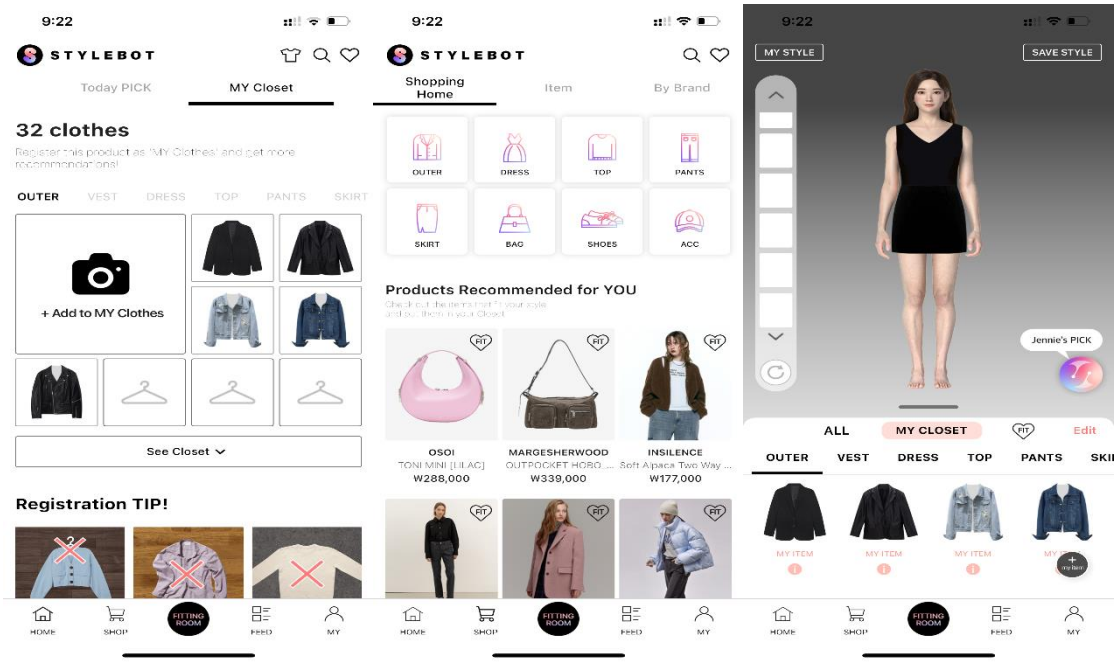


Рис. 3. Главные страницы приложения «StyleBot»: «HOME», «SHOP», «FITTING ROOM»

Экран «SHOP», собственно, доступный каталог вещей. В верхней части доступно 8 иконок категорий вещей: «OUTER», «DRESS», «TOP», «PANTS», «SKIRT», «BAG», «SHOES», «ACC» (аксессуары). Ниже идут подборка товаров галереей на 12 товаров и каруселью на 32 товара. Ниже идут карточки брендов и самые популярные товары галереей на 15 товаров.

На экран «FITTING ROOM» находится аватар, занимающий 3/4 страницы. Слева находится блок выбранной одежды в виде слоев. В правом верху находится кнопка для сохранения образа. Внизу, на оставшихся 1/4 страницы находятся вещи из каталога, есть вкладка для переключения на вещи пользователя. В это пространство помещается только один небольшой ряд, поэтому для просмотра других вещей необходимо скроллить или вытягивать этот блок вверх.

В **приложении «GetWardrobe: гардероб, стилист»** из российского App Store образы отображаются в виде PNG-коллажа из фотографий вещей. Меню приложения состоит из пяти кнопок: «Гардероб», «Вещи», «Добавить», «Комплекты», «Комьюнити».

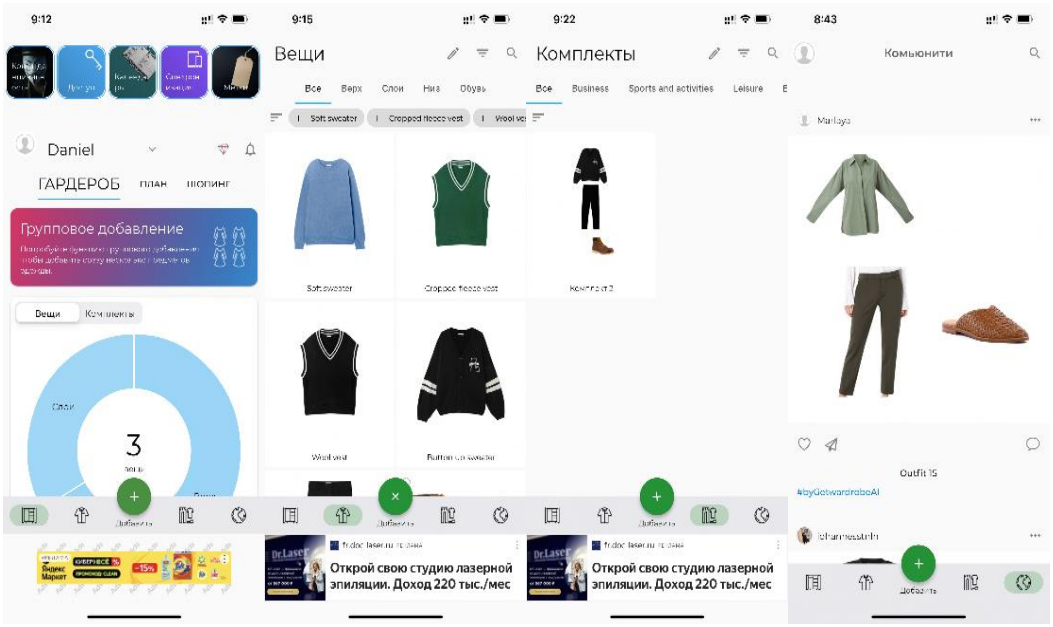


Рис. 4. Главные страницы приложения «GetWardrobe: гардероб, стилист»

Экран «Добавить» позволяет добавить вещи и образы. По сути, это всплывающее окно с выбором из трех опций. Сначала пользователь выбирает как добавить фото: сделать, загрузить из галереи или загрузить из фото. После загрузки приложение автоматически удаляет фон и открывают карточку для заполнения характеристик. Автоматически заполняется «Категория» и «Название», а также цвет. Пользователю нужно заполнить «Бренд», выбрать сезон, ввести ссылку на вещь, указать размер, цену и дату покупки, а также необходимый уход. В самом конце необходимо выбрать настройку конфиденциальности для вещи — заполнять это поле нужно каждый раз.

Добавить «комплект» можно выбрав необходимые вещи и нажав на круглую кнопку с цифрой в нижнем правом углу. Откроется редактор в виде полотна посередине, внизу можно зеркалить и дублировать фото вещи, масштабировать их. После того, как пользователь скомбинирует вещи, нужно нажать на галочку в правом верхнем углу. Затем откроется карточка для заполнения характеристик. Это название, описание, погода, сезон, куда надеть.

Экран «Гардероб» отвечает не за сами вещи, а дает инструкции, статистику по вещам, календарь образов и план по шоппингу. На экране «Вещи» находятся все добавленные вещи. Вещи можно просматривать по категориям (есть подпись количества вещей в каждой), а также фильтровать по сезону, статусу, размеру, цвету, метке, бренду. На экране «Комплекты» можно просматривать все существующие образы, фильтрую их или просматривая по сценарию.

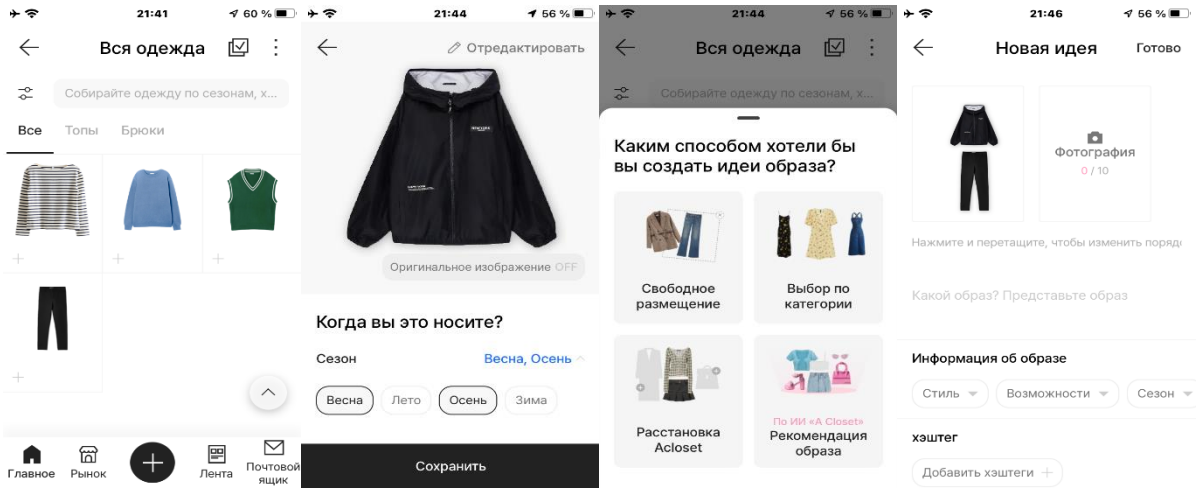


Рис. 5. Основные страницы глобальной версии приложения «Acloset» («에이클로젯»)

В «Acloset» из российского Appstore приоритизирована функциональность магазина, но при этом несмотря на различия в интерфейсе и функционал магазина, сам процесс добавления образов не отличается от глобальной (российской) версии. Единственное отличие: в глобальной версии доступно множество языков, а в корейской будет доступен только корейский.

В **приложении «shkaf»** образы отображаются в виде PNG-коллажа из фотографий вещей. Здесь пользователь не может добавить свое фото в образе. Главное меню же состоит из трех кнопок: «Шкаф» («Shkaf»), «Лукбук» («Lookbook»), «Настройки» («Settings»).

Экран «Шкаф» по умолчанию пуст, никаких пробных вещей нет. Висит иконка куртки и текст, описывающий, как добавить вещи. Делается это по нажатию на кнопку «плюс» в верхнем правом углу. Появляется всплывающее меню с возможностью сделать или загрузить фото. Дальше открывается редактор фото: сначала обрезаем, на следующем экране нажимаем на кнопку удалить фон «Магическим удалением». Далее можно добавить вещь в шкаф или добавить «Категорию», «Бренд», «Сезон», «Цену». Категории идут в случайном порядке и искать нужную сложно, помимо этого категории повторяются имея разные комбинации слов. Проще воспользоваться поиском. Можно также добавить свою категорию. Также заполняется поле «Бренд». «Цена» вводится с клавиатуры, а валюта выбирается в выпадающем списке.

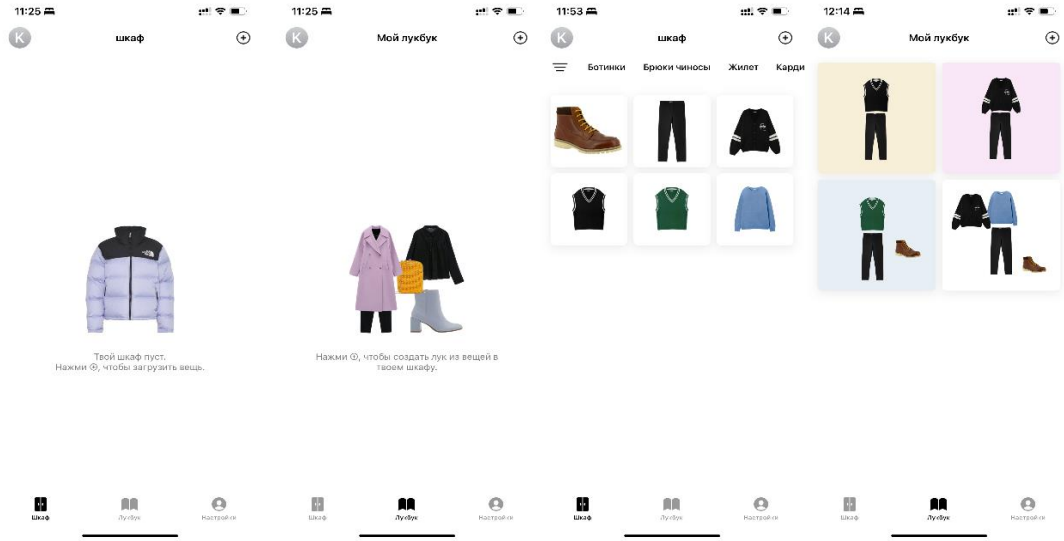


Рис. 6. Пустые и заполненные экраны «Шкаф» и «Лукбук»

«Лукбук». Такая же механика действия, что и на вкладке «Шкаф» только вещи переносятся на полотно нажатием на карточку, где их можно масштабировать и поворачивать. Можно выбрать любой фон для образа, он будет отображаться и в карточке на странице «Лукбук».

Заключение

В данной статье были рассмотрены интерфейсы для добавления образов и предметов одежды шести приложений цифрового гардероба. Существенных различий в методе отображения образов не обнаружено. Так, большинство разработчиков проанализированных приложений используют PNG-коллажи, а единственное нестандартное решение, использованное в «StyleBot» не работоспособно из-за ограничений разработчиков, что означает, что рынок приложений гардероба свободен для разработки нового решения этой проблемы.

Отдельно стоит отметить, что различий в визуальной эстетики: иконках, закруглениях, делении на смысловых блоках — в интерфейсах приложений, а также отличий паттернов между корейскими и европейскими разработчиками не было выявлено. Все отличия скорее можно отнести к погрешности, так как глобализация популяризирует единые дизайн-тренды во всех странах. В рамках анализа было выявлено множество схожих паттернов и элементов интерфейса. Так, иконки, выпадающих меню, слайдеры, тоглы, барабаны семантически совпадают с российскими приложениями. Барабан же используется с изменением порядка последовательности даты, но это также не является правилом. Соотвественно, при разработке приложения для азиатского рынка можно придерживаться тех же трендов, что и для западного, следуя рекомендациям. Тренд на минималистичность и аккуратную 3D-графику распространился повсеместно.

Список литературы

1. Mobile Vendor Market Share in Republic Of Korea – March 2024. StatCounter. – 2024. – URL: https://gs.statcounter.com/vendor-market-share/mobile/south-korea (дата обращения: 7 апреля 2023)
2. Mobile Vendor Market Share in Russian Federation – March 2024. StatCounter. – 2024. – URL: https://gs.statcounter.com/vendor-market-share/mobile/russian-federation/#monthly-202303-202403 (дата обращения: 7 апреля 2023)
3. 에이클로젯 - 세컨핸드 패션 중고 거래, 옷정리, 코디. App Store. – 2023. – URL: https://apps.apple.com/kr/app/에이클로젯-세컨핸드-패션-중고-거래-옷정리-코디/id1542311809 (дата обращения: 10 ноября 2023 года)
4. 클로즈박스: 내 옷 탐구 앱. App Store. – 2023. – URL: https://apps.apple.com/kr/app/클로즈박스-내-옷-탐구-앱/id1579997182 (дата обращения: 10 ноября 2023 года)
5. 스타일봇. App Store. – 2023. – URL: https://apps.apple.com/kr/app/스타일봇/id1525876097 (дата обращения: 11 ноября 2023 года)
6. Acloset. YouTube. – 2023. – URL: https://www.youtube.com/@Acloset/videos (дата обращения: 10 декабря 2023)
7. 소리지. 0OTD 옷정리와 코디를 도와주는 앱 에이클로젯, 옷입는 고민과 사는 비용도 줄여주었다^^. Naver Blog. – 2022. – URL: https://m.blog.naver.com/natac/222917704111 (дата обращения: 10 декабря 2023)
8. 코디. 나무위키. – 2023. – URL: https://namu.wiki/w/코디 (дата обращения: 10 декабря 2023)
9. 클로즈박스. – 2023. – URL: https://www.clothbox.kr/ (дата обращения: 11 декабря 2023)
10. Style Bot: AI virtual closet try outfit-styling with your clothes. Style Bot. – 2021. – URL: https://www.stylebot.co.kr/en/?ckattempt=2 (дата обращения: 11 декабря 2023)

Секция 3. Прикладные программные приложения и разработки

IMAGE SOURCE ADAPTER – ВЕБ-СЕРВИС ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ ИЗ ВНЕШНИХ ИСТОЧНИКОВ

Кулешова Е.Е.
Томский политехнический университет, ИШИТР, гр. 8В02, e-mail: eek24@tpu.ru

Аннотация

Веб-сервис для получения изображений из международного фотобанка «Depositphotos» [1]. Архитектура сервиса спроектирована с учетом расширения функциональных возможностей и интеграции с другими внешними источниками изображений. Таким образом, приложение предоставляет унифицированный интерфейс для работы с изображениями, который свободно модифицируется и может быть легко адаптирован под требования конкретного внешнего источника.

Ключевые слова: поиск изображений, интеграция, API, photostock, depositphotos.

Введение

Компания «Aurigma» [2], специализирующаяся на разработке продуктов для редактирования изображений и персонализации товаров, сталкивается с необходимостью обеспечения пользователей своего редактора, «Customer’s Canvas» [3], качественным и разнообразным контентом. Создание собственного банка изображений представляется технически сложной и экономически невыгодной задачей, и поэтому у компании появляется потребность в интеграции с фотостоками, в частности с «Depositphotos». Подобного рода интеграция позволит пользователям легко подбирать необходимые изображения из огромного ассортимента, представленного в фотостоках, и использовать их в своих макетах, обеспечивая таким образом беспрецедентную свободу творчества в брендировании продукции и качество фотопечати на изделиях.

Варианты использования сервиса

В результате проведенного анализа были выявлены три категории потребителей данного сервиса, которые представлены на рисунке 1:

1. Пользователь-заказчик, осуществляющий размещение заказов (поиск изображений и работа с тематическими коллекциями).
2. Клиент-менеджер, обрабатывающий заказы и осуществляющий покупку изображений (так как «Depositphotos» является коммерческим продуктом, для получения изображения в высоком разрешении и без водяных знаков, его необходимо приобрести).
3. Компании-заказчики, интегрирующие «Customer’s Canvas» в свои продукты (внешнее API, подключение и управление параметрами).

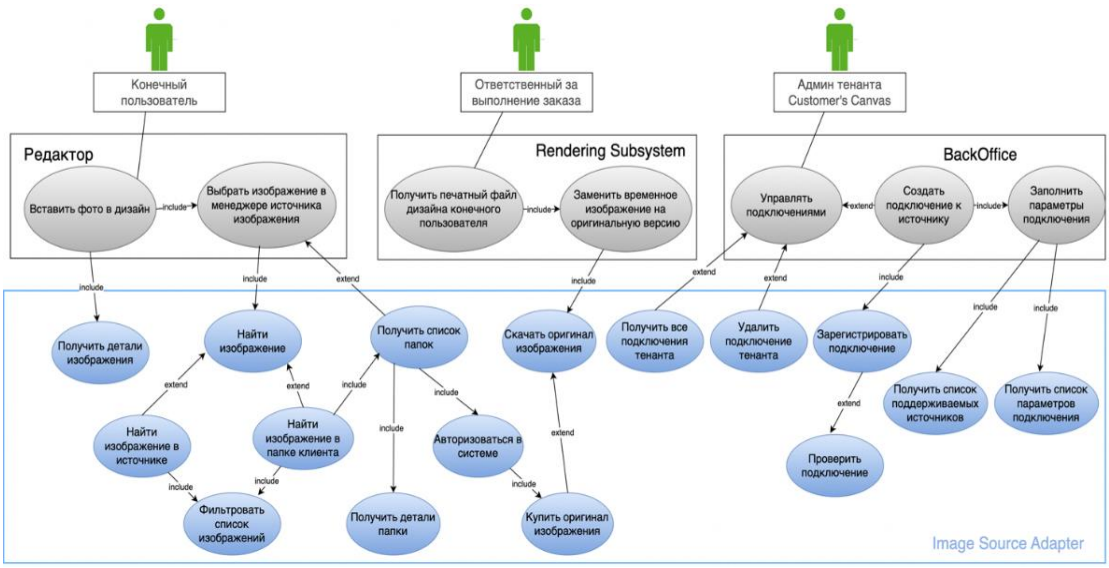


Рис. 1. Диаграмма вариантов использования Image Source Adapter

На представленной диаграмме изображены все варианты использования. Нас интересуют варианты внутри синего прямоугольника (подсистема Image Source Adapter).

В серых прямоугольниках обозначены варианты использования во внешних (относительно Image Source Adapter) приложениях, обосновывая необходимость API.

Архитектурное решение

Сервис организован с использованием следующих модулей [4, 5]:

– Модуль взаимодействия с базой данных (DAL – EfCore): данный модуль содержит реализацию представления базы данных и интерфейсов взаимодействия с ней.

– Модуль бизнес-логики: в этом модуле определены методы взаимодействия сервисов и модели объектов, а также реализованы интерфейсы, которые определяют поведение системы в рамках бизнес-модели.

– Модуль взаимодействия с пользовательским интерфейсом: модуль представляет собой реализацию контроллеров и хранение настроек, относящихся к сервису, таких как параметры подключения, сведения о лицензии и её типе.

– Модуль, отвечающий за запуск сервиса (Host): этот модуль предназначен для развертывания сервиса и регистрации всех необходимых зависимостей.

– Модуль юнит-тестов (UnitTests): в данном модуле реализованы юнит-тесты для различных компонентов сервиса.

– Модуль интеграционных тестов (Tests): в данном модуле реализованы интеграционные тесты для контроллеров и других компонентов.

Дизайн приложения

Приложение предоставляет API, которое можно логически разделить на два блока [6]:

1. API для других сервисов экосистемы компании: оно предназначено для управления настройками сервиса – параметры подключения к внешним источникам данных, набор и состав доступных внешних источников данных для конкретного пользователя, получение изображений высокого качества с внешнего источника, для «Depositphotos» – покупка изображений.

2. API для редакторов изображений: предназначено для получения информации о доступных во внешнем источнике изображениях (в том числе – ссылки на превью или миниатюры при их наличии у конкретного внешнего источника).

Функциональность приложения

На рисунке 2 продемонстрированы маршруты для основных функций сервиса.



Рис. 2. Интерфейс API Swagger для визуализации функциональности сервиса

Таким образом, сервис обладает следующими функциональными возможностями:

- Получение списка доступных изображений и папок во внешнем источнике.
- Поиск изображений и папок по фильтрам.
- Получение подробных данных об изображении, хранящемся во внешнем источнике.
- Получение списка поддерживаемых типов внешних источников.
- Получение списка существующих настроек внешних источников (для пользователя).
- Управление настройками внешних источников.

Процесс получения данных из «Depositphotos»

Для получения необходимой информации о изображении применяется следующая последовательность действий [6]:

1. Отправка запроса к сервису «Depositphotos» для получения деталей об изображении.
2. Получение ответа в формате JSON от сервиса.
3. Десериализация полученных данных в модель, которая аналогична структуре данных «Depositphotos».
4. Преобразование полученных данных в формат ImageDto, который является понятным для нашего сервиса.

На рисунке 3 изображено взаимодействие классов, отвечающих за получение данных с сервиса «Depositphotos».

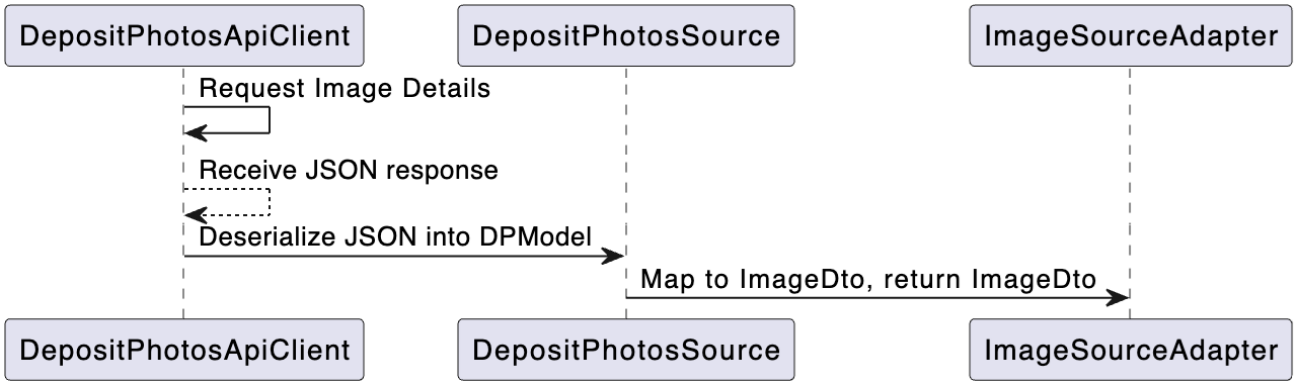


Рис. 3. Процесс получения данных об изображении

На рисунке 4 продемонстрированы полученные данные для конкретного изображения в структуре сервиса – ImageDto.

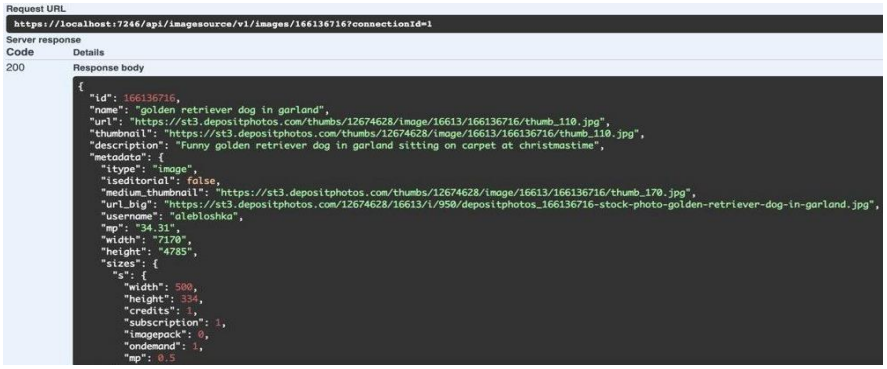


Рис. 4. Получение деталей изображения

Заключение

Результатом работы является веб-сервис для получения изображений с внешних источников. В текущий момент сервис передан в IT-отдел компании для развертывания. В публичном доступе нет известных приложений, предоставляющих такую функциональность. В первоначальной версии этого приложения была менее гибкая интеграция из-за специализированного интерфейса, который работал только с одним источником данных – «Depositphotos». Кроме того, в первоначальной версии сервис мог работать только с одним потребителем (приложением).

На данный момент архитектура приложения позволяет обеспечить интеграцию с любым другим фотостоком с минимальными трудозатратами. Теперь сервис реализует обобщенный интерфейс по работе с изображениями и упрощает данный процесс для остальных сервисов компании.

Список использованных источников

1. Depositphotos // Международный фотобанк: сайт. – 2024. – URL: https://depositphotos.com/ (дата обращения: 23.03.2024).

2. Aurigma // Компания Aurigma: сайт. – 2024. – URL: https://aurigma.com (дата обращения: 23.03.2024).

3. Customer’s Canvas // Web-to-print editor: сайт. – 2024. – URL:https://customerscanvas.com/ (дата обращения: 23.03.2024).

4. Фаулер М. «Шаблоны корпоративных приложений». – Изд-во: Издательский дом «Вильямс», 2016. – 532 с.

5. Мартин Р. «Чистая архитектура. Искусство разработки программного обеспечения». – Изд-во: Издательский дом «Питер», 2021. – 348 с.

6. Фаулер М. «Руководство по архитектуре программного обеспечения» электронный. – URL: https://martinfowler.com/architecture/ (дата обращения: 23.03.2024).

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УЧЕТА ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ

Шушин Д.С.[1], Соколова В.В.[2]
[1] Томский политехнический университет, студент гр. 8К02 ОИТ ИШИТР, e-mail: dss52@tpu.ru
[2] Томский политехнический университет, к.т.н., доцент ОИТ ИШИТР, e-mail: veronica@tpu.ru

Аннотация

В работе рассматривается процесс автоматизации учёта волоконно-оптических систем передачи посредством разработки соответствующей информационной системы. В статье отмечается важность учета информации о сетевой инфраструктуре для обеспечения её эффективного управления и развития. Приводится описание особенностей оптического волокна, рассматриваются основные функциональные возможности разрабатываемой системы и её преимущества.

Ключевые слова: оптическое волокно, телекоммуникация, сооружение связи, муфта.

Введение

В основе любой телекоммуникационной сети лежит структура волоконно-оптических линий связи, соединяющих сетевые устройства. Без детального учёта информации о линиях связи затрудняется прокладка новых линий связи, а также предоставление новых и поддержка существующих услуг, поскольку характеристики кабельной сети определяют реальную ёмкость сети (максимальную скорость передаваемых данных).

Актуальность тематики также обусловлена развитием в России собственного производства всех типов оптоволокна. Полный цикл производства всех типов оптического волокна планируется создать в России до 2030 года, как следует из «Стратегии развития отрасли связи» до 2035 года [1]. Также в планах до 2030 года – переход на использование в сетях связи российского телекоммуникационного оборудования, включенного в единый реестр российской радиоэлектронной продукции.

Имеющиеся планы развития телекоммуникации свидетельствуют о необходимости создания системы, которая сможет помочь предприятиям проводить анализ имеющейся структуры оптоволоконных сетей для возможности их расширения и обновления путем внедрения новых разработок.

Целью проекта является разработка веб-приложения (далее – система), позволяющего вести учёт физических ресурсов волоконно-кабельной сети. Система должна позволять моделировать физическую топологию ВОСП (волоконно-оптических систем передачи), а также учитывать расположенное в сети сетевое оборудование (кроссы, муфты и так далее).

Основные сведения об оптическом волокне

Оптическое волокно (ОВ) представляет собой нить из прозрачного материала (стекла или пластика), главное свойство которого – возможность переносить свет посредством внутреннего отражения [2].

Количество модулей в кабеле и волокон в одном модуле также может отличаться для разных кабелей. На рисунке 1 показан вариант разной компоновки двух кабелей.

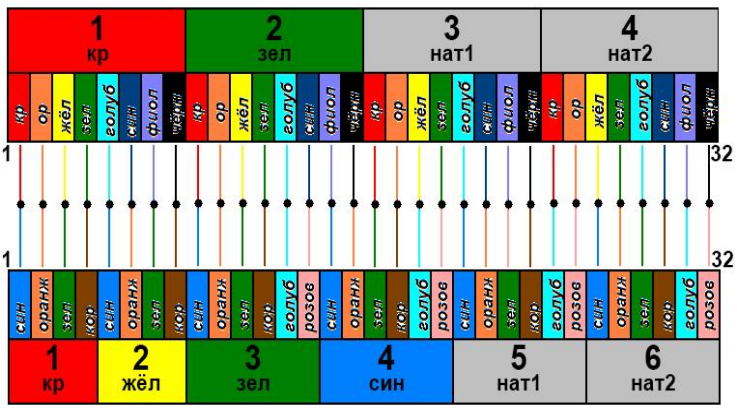


Рис. 1. Схема компоновки двух кабелей с 32-мя волокнами

Неотъемлемым компонентом при прокладке и обслуживании ВОЛС (волоконно-оптических линий связи) являются оптические муфты. *Муфта оптическая* – это устройство, предназначенное для соединения любого типа оптических кабелей при их прокладке. Муфты помогают выводить необходимую часть волокон для дальнейшего подключения специального оборудования.

Часто муфты бывают тройниковыми (отпайными), т.е. на 3 или на большее количество кабелей. На рисунке 2 по 2 волокна с каждого 12-волоконного кабеля развариваются на 4-волоконный кабель. Подобных вариантов может быть много, поэтому разрабатываемая система должна позволять моделировать любое возможное соединение.

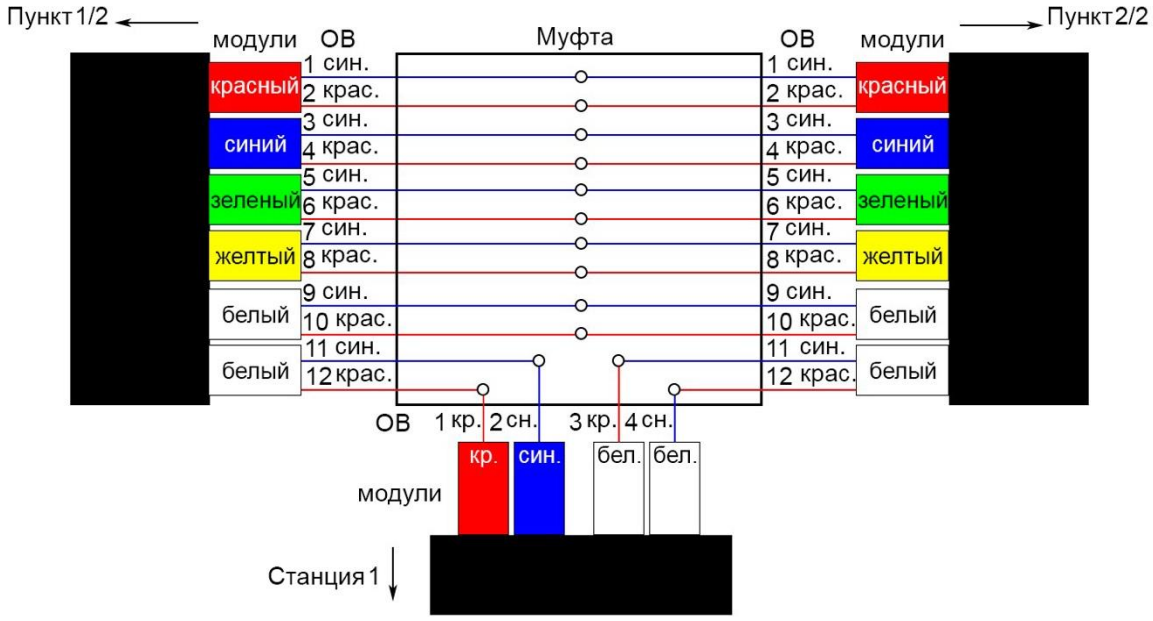


Рис. 2. Схема распределения ОВ на кассете муфты по форме ВОЛС-ПТ-6 с цветной маркировкой модулей и волокон

Для концевой заделки и коммутации оптических кабелей, подключения оптических волокон к аппаратуре оптических систем передачи или к оборудованию пользователя используется оптическое кроссовое оборудование [3]. Условно кросс (коммутационно-распределительное оборудование средств связи) делят на две части – станционную и линейную, которые предназначены для установки соответственно станционных и линейных оконечных кабельных устройств кросса. Станционная часть с помощью оптических шнуров и кабелей подключается к сетевому оборудованию. К линейной стороне подключаются волокна из оптического кабеля, который следует через сооружения связи.

Функциональные возможности системы учета волоконно-оптических систем передачи

Разрабатываемая система предназначена для автоматизации процесса учета и мониторинга волоконно-оптических систем передачи, обеспечивая точный и надежный контроль за сетевой инфраструктурой.

Предполагается её использование следующими категориями пользователей:

1. Неавторизованный пользователь: способен только зарегистрироваться и войти в систему.

2. Пользователь-читатель: способен только просматривать информацию, имеющуюся в системе, и экспортировать её в виде файла.

3. Пользователь-редактор: дополнительно к возможностям читателя может изменять данные и добавлять новые записи в систему, в том числе путем импорта из имеющегося файла.

4. Администратор, сохраняя возможность использования системы как пользователь-читатель и как пользователь-редактор, может редактировать права доступа других пользователях, активировать или дезактивировать учетные записи пользователей и назначать пользователям права доступа к данным.

Все четыре категории пользователей разделяются по количеству вариантов использования системы по иерархическому принципу: возможности одной категории в полном объеме наследуются следующей категорией по порядку от неавторизованного пользователя до администратора.

Общая схема функциональной структуры системы

На рисунке 3 представлена UML-диаграмма компонентов системы.

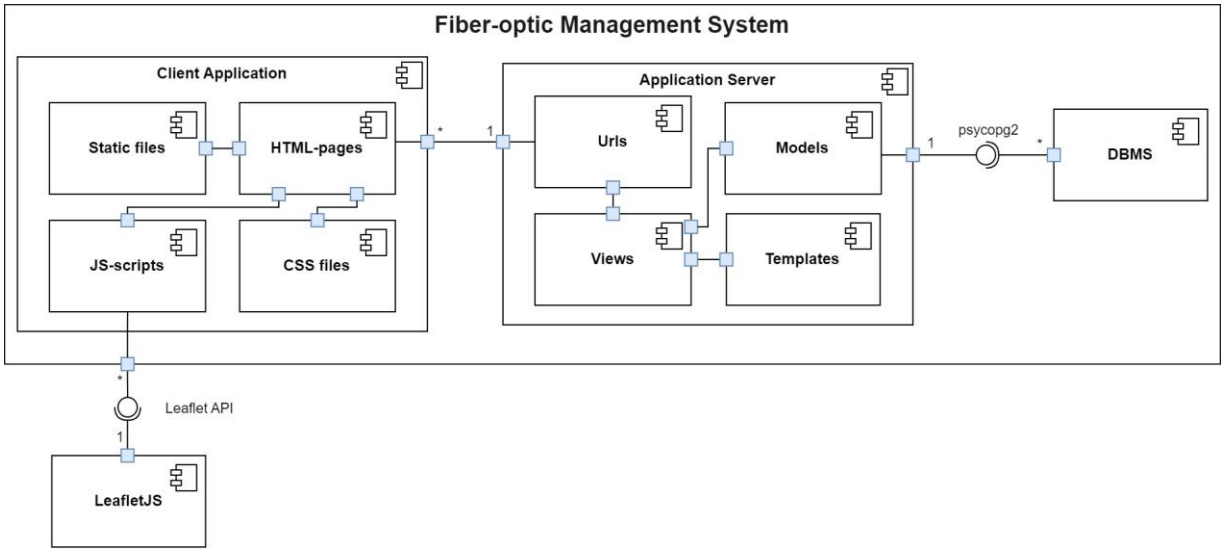


Рис. 3. Диаграмма компонентов системы

На диаграмме представлены следующие компоненты:

1. Client Application: клиентское приложение представляет интерфейс пользователя, с которым взаимодействует конечный пользователь. Это веб-браузер, в котором отображаются веб-страницы. Клиентское приложение отправляет запросы на Application Server для получения данных или выполнения операций.

Клиентское приложение имеет подкомпоненты:

- HTML-pages: компонент представляет структуру и содержимое, которое будет отображаться в веб-браузере. Страницы содержат разметку и различные элементы, такие как текст, ссылки и изображения.
- Static files: компонент включает изображения, которые не подвержены динамической обработке на сервере. Они используются для визуального оформления клиентского приложения.
- JS-scripts: компонент предоставляет клиентскому приложению программную логику и взаимодействие с пользователем.
- CSS-files: компонент определяет отображение и оформление элементов HTML-страниц.

2. Application Server: серверное приложение представляет собой часть веб-приложения, которая работает на сервере. Оно принимает запросы от клиентского приложения. Application Server обрабатывает запросы, маршрутизирует их на соответствующие представления (views), взаимодействует с базой данных и формирует ответы, отправляющиеся обратно клиенту.

Сервер имеет свои подкомпоненты:

- Views: компонент отвечает за обработку запросов от клиентского приложения и формирование соответствующих ответов.
- Models: компонент определяет структуру данных и бизнес-логику приложения. Они могут использоваться для определения моделей, которые отображают сущности и отношения в базе данных.
- Templates: компонент используется для отображения данных на веб-страницах. Шаблоны могут использоваться для отображения форм и другого контента на страницах приложения.
- URLs: компонент URL-маршрутизации необходим для определения соответствия между URL-адресами и представлениями. Он определяет, какие views должны быть вызваны для обработки конкретных URL-запросов.

3. DBMS (СУБД): компонент, отвечающий за хранение информации о волоконно-оптических системах передачи, оборудовании, сооружениях и других сущностях. Он также предоставляет доступ к данным, необходимым для работы системы учета.

4. LeafletJS: компонент, который предоставляет функциональность интерактивных карт и геолокации в приложении [4].

Разработка системы

Для разработки был выбран веб-фреймворк для Python – Django [5]. Для хранения данных было решено использовать реляционную СУБД «PostgreSQL».

Были разработаны страницы системы, учитывающие функциональные требования.

После входа в систему на всех её страницах сверху отображается панель навигации, которая позволяет перейти на любую страницу приложения, а также завершить работу в системе с помощью кнопки выхода. Содержимое панели меняет вид в зависимости от того, зашел ли в систему простой пользователь или администратор.

Одной из разработанных страниц является страница с множеством объектов, отображающая информацию о них в виде таблицы.

На странице сверху располагается текст, демонстрирующий категорию текущей страницы. Далее располагаются кнопки «Экспорт/Импорт» и «Добавить», с помощью которых можно сохранить информацию о текущей странице в файл или извлечь её из файла для пополнения базы данных системы. Также на страницах с информацией о множествах объектов системы предусмотрена строка поиска для ускорения нахождения требуемых записей. Представление объектов выполнено в виде таблицы, столбцы которой отличаются в зависимости от типов объектов в ней. Наполнение таблицы разделено на страницы, переход на которые осуществляется с помощью специального блока, также наполнение может быть отсортировано различными способами по выбору пользователь. Страница отображена на рисунке 4.

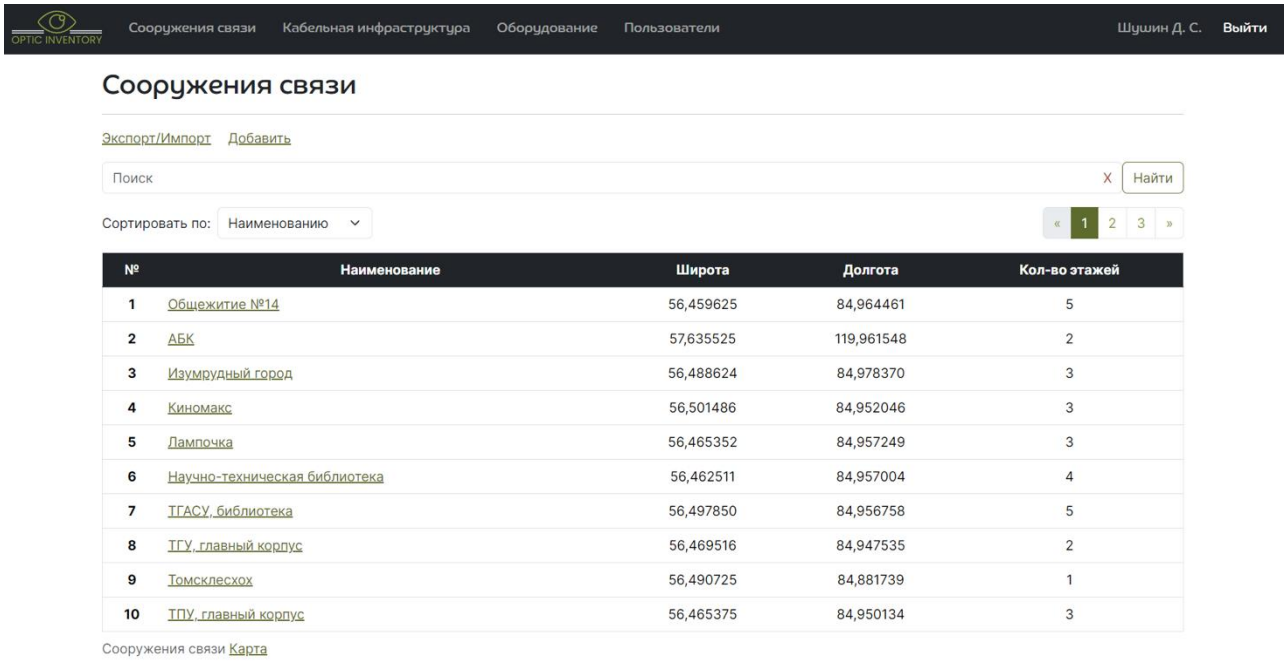


Рис. 4. Страница с множеством объектов

Также в системе есть страница с отображением сооружений связи на географической карте. Отображение расположения на карте имеющихся сооружений связи возможно благодаря присвоению объектам географических координат при их создании. Каждому типу объекта (муфта и сооружение связи) на карте соответствует собственный знак, представляющий собой географический маркер определенного цвета. Карта является интерактивной, т.е. система позволяет пользователю изменять масштабирование и перемещаться по отображению при просмотре с помощью мыши или элементов интерфейса. Страница отображена на рисунке 5.

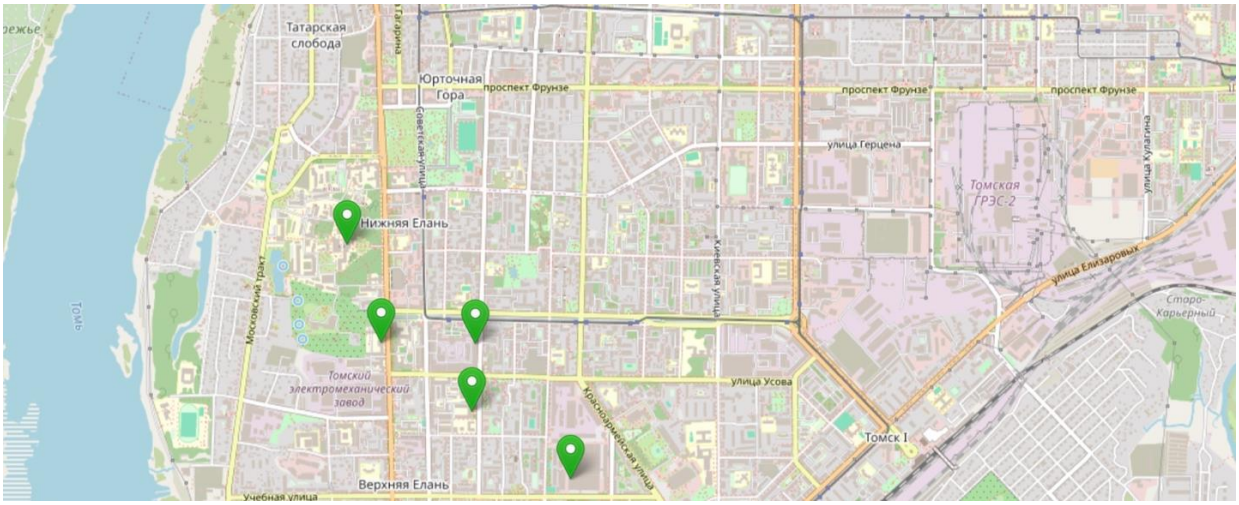


Рис. 5. Карта расположения сооружений связи

Заключение

В процессе выполнения работы была проанализирована предметная область и определена актуальность темы, составлена структура системы, созданы концептуальная и физическая модели базы данных, а также эскизы страниц системы.

Были определены методы разработки системы, созданы таблицы баз данных, а также разработана веб-ориентированная система, предоставляющая пользователям возможности, которые были заявлены при обзоре вариантов использования системы.

Разработанная система позволит добиться следующих преимуществ:

- Улучшение прозрачности и доступности данных о физической топологии ВОЛС для технических специалистов.
- Эффективное моделирование и планирование линий связи, ускоряющее процесс прокладки новых сетевых соединений.
- Оптимизация использования ресурсов для повышения емкости сети и общей производительности.
- Упрощение администрирования и учета, сокращение времени на рутинные операции.
- Улучшение координации между отделами, ответственными за управление физическими ресурсами и обслуживание сети.

Дополнительным преимуществом разработанной системы является её реализация в виде веб-приложения, что позволяет:

- Начать работу в информационной системе без установки и сразу получать все обновления, происходящие на сервере.
- Получать доступ к данным из системы из любой точки мира, чтобы использовать пользовательские файлы.
- Работать на любом устройстве: стационарном компьютере, ноутбуке, планшете или смартфоне, имеющем подходящий браузер.

Список использованных источников

1. В России до 2030 года планируют создать полный цикл производства всех типов оптоволокна // Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации: Сайт. – URL: https://digital.gov.ru/ru/events/48502/ (дата обращения 20.03.2024)

2. Волокно, оптическое // Предметный указатель – Роснано: Сайт. – URL: https://thesaurus.rusnano.com/wiki/article23826 (дата обращения 20.03.2024)

3. Кроссовое оборудование в оптических сетях передачи // TSSonline – портал для профессионалов отрасли связи и телекоммуникаций: Сайт. – URL: http://lib.tssonline.ru/articles2/techobzor/krossov_oborud_opti4_setyah_pereda4i (дата обращения 22.03.2024).

4. Leaflet: JavaScript library for mobile-friendly interactive maps // GitHub: Сайт. – URL: https://github.com/Leaflet/Leaflet (дата обращения 24.03.2024)

5. Django overview // Django: Сайт. – URL: djangoproject.com/start/overview/ (дата обращения 24.03.2024)

ОПТИМИЗАЦИЯ БЕЗОПАСНОСТИ В ОФИСНОЙ СРЕДЕ: ПО ДЛЯ ТРЕНИРОВОК ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

Парипко В.О., Пушкарев А.С.
Филиал ООО "Газпром инвест" Томск, e-mail: vparipko@invest.gazprom.ru, apushkarev@invest.gazprom.ru

Аннотация

В статье рассматривается применение программного обеспечения (далее – ПО) в офисном пространстве в контексте чрезвычайных и нештатных ситуаций. Подчеркивается значимость виртуальных тренажеров в повышении безопасности и эффективности обучения сотрудников. Особое внимание уделяется возможности моделирования разнообразного интерактива, что способствует более реалистичному и полноценному обучению персонала.

Ключевые слова: чрезвычайные ситуации, безопасность, программное обеспечение

Введение

Главной целью ООО «Газпром инвест» является эффективная реализация инвестиционных проектов в соответствии с требованиями законодательства Российской Федерации и требованиями ПАО «Газпром», обеспечивая при этом создание безопасных условий труда, сохранение жизни и здоровья работников, снижение рисков аварий и инцидентов на опасных производственных объектах, обеспечение пожарной безопасности [1].

Практически все люди осведомлены о необходимых действиях в чрезвычайных или внештатных ситуациях, но часто лишь в теории. Реальные ситуации требуют практического опыта, а отсутствие этого опыта может привести к травмам или даже потерям жизней. Тренажеры позволяют подсознательно усваивать уроки, создавая образ реального опыта [2]. В данной статье рассматривается разработка тренажера, сочетающего интерактивность и моделирование различных сценариев, чтобы обеспечить более эффективную подготовку к экстренным ситуациям. На текущем этапе был разработан минимально жизнеспособный продукт (MVP), который будет использоваться для проверки существующих сценариев и сбора статистических данных. Эти данные будут использоваться для улучшения и последующей реализации новых сценариев.

Выбор технологий и концепция разработки

Для создания тренажера, эффективно моделирующего чрезвычайные ситуации в офисной среде, выбор подходящих технологий был критически важен. ПО разработано на **C#** для возможности реализации основной функциональности и взаимодействия с пользователем. **Unity** была выбрана для создания интерактивной среды и реалистичных визуальных эффектов, что позволяет участникам тренировок погрузиться в ситуацию [3]. **Blender** использовался для моделирования офисных пространств и объектов, воспроизводя их в трехмерном формате. Этот интегрированный подход позволил создать платформу, где пользователи могут практиковать свои навыки в условиях, максимально приближенных к реальным случаям возникновения чрезвычайных ситуаций в офисной среде [4].

Описание функциональности

ПО представляет собой виртуальный тренажер, предназначенный для проведения тренировок сотрудников офиса в случае возникновения чрезвычайных и внештатных ситуаций. Полностью смоделированное офисное здание позволяет каждому сотруднику выбрать свое рабочее место и пройти обучение, адаптированное под его реальные условия труда [5].

Одним из ключевых достоинств ПО является его способность воплощать разнообразные сценарии тренировок, включая как уже существующие, так и те, которые планируются к разработке. Сотрудники имеют возможность выбирать тренировки в соответствии с конкретными задачами и условиями, что позволяет не только усвоить необходимые навыки и протоколы безопасности, но и создать сценарии, максимально приближенные к реальным ситуациям. Среди уже разработанных сценариев – симуляции пожаров, демонстрация путей эвакуации (рис. 1), а также комплексное ознакомление с расположением всех огнетушителей, доступных на рабочем месте сотрудника.

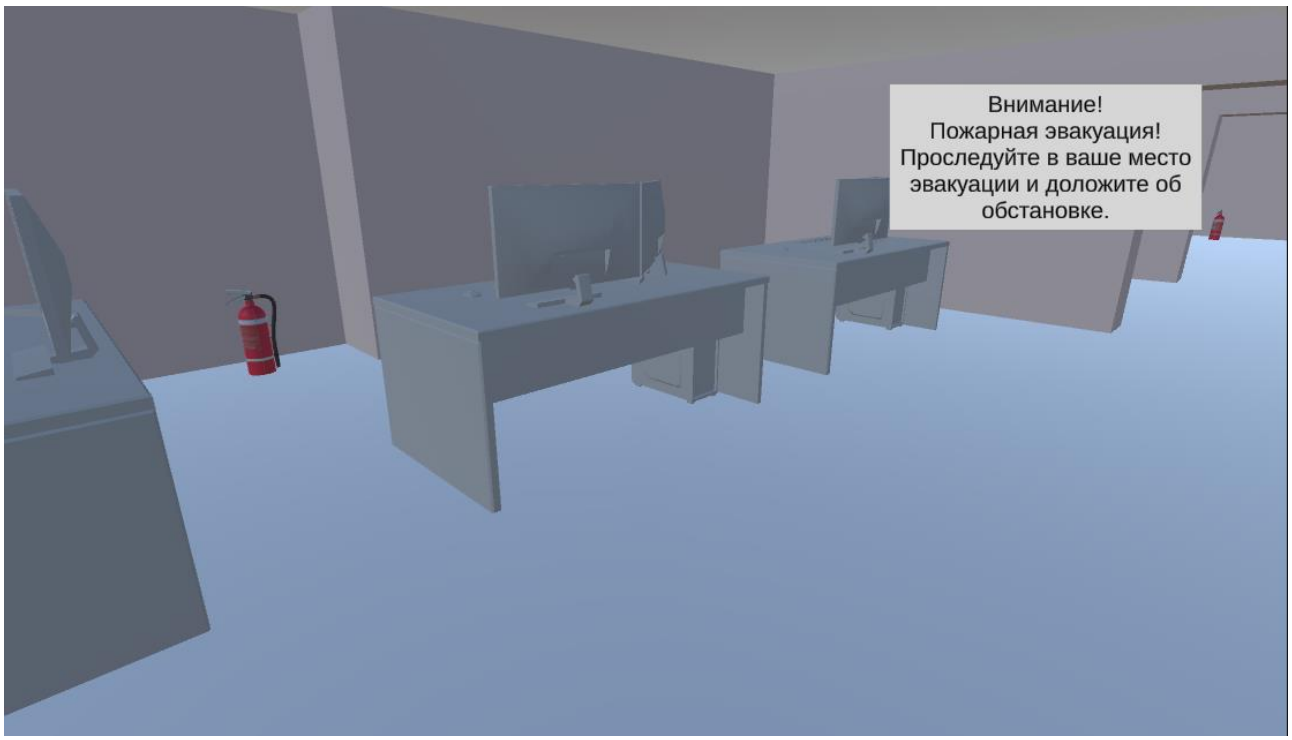


Рис. 1. Моделирование эвакуации

Кроме того, сотрудники могут проходить разнообразные тесты и выявлять опасные места в своем офисе. Элемент интерактивности позволяет ознакомиться с особенностями различных огнетушителей и глубже понять принципы безопасности (рис. 2).

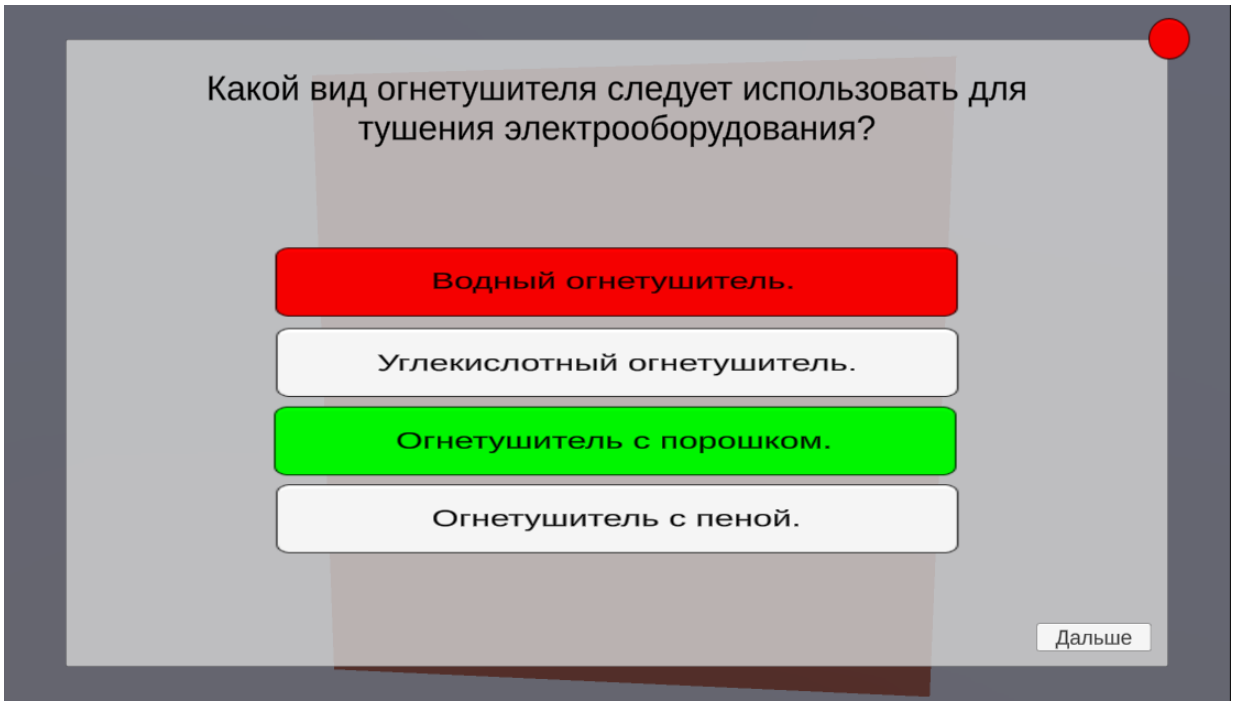


Рис. 2. Моделирование теста по пожарной безопасности

В перспективе планируется расширение ассортимента тренировочных сценариев для офисных сотрудников. Среди потенциальных разработок – обучение по оказанию первой медицинской помощи, включающее методики помощи при различных чрезвычайных ситуациях. Также в планах создание полноценного курса обучения по использованию огнетушителей с подробными инструкциями и симуляциями пожаров для тренировки тушения возгораний.

Заключение

В заключении хотелось бы отметить, что ПО для тренировок в условиях чрезвычайных ситуаций, возникающих в офисной среде, представляет собой комплексное решение, которое революционизирует подход к безопасности на предприятии следующим образом:

- внедрение глоссария, единого терминологического словаря, стандартизирует обучающие материалы и процедуры, позволяя сотрудникам заполнить пробелы в знаниях;

- возможность разработки различных экстремальных ситуаций позволит сотрудникам проводить интерактивные тренировки, симулируя различные чрезвычайные ситуации, такие как пожары, аварии и другие чрезвычайные обстоятельства, воссозданные в виртуальном офисном пространстве, полностью соответствующему занимаемому организацией офисному зданию;

- положительный опыт использования ПО позволит создать на базе филиала Томск Центр компетенций, направленный прежде всего на обмен и передачу знаний между сотрудниками различных филиалов ООО «Газпром инвест», дочерними обществами ПАО «Газпром». Запланировано проведение семинаров, мастер-классов и других мероприятий, способствующих развитию профессиональных навыков;

ПО не заменит полностью реальные тренировки, но позволит оптимизировать процесс обучения. Сотрудники смогут обучаться в удобное для них время и в своем темпе, а также получать обратную связь и повышать навыки без необходимости привлечения инструкторов.

Опытная эксплуатация программного обеспечения позволит увеличить эффективность обучения порядку действий, требующихся к выполнению в условиях чрезвычайных ситуаций, оптимизировать бизнес-процессы и успешно исполнить требования производственной безопасности.

Список использованных источников

1. Политика ПАО «Газпром» в области охраны труда, промышленной и пожарной безопасности, безопасности дорожного движения, утвержденной приказом ПАО «Газпром» от 17.09.2019 – № 416.

2. Метрики, прогнозы и аналитические исследования геймификации в образовании // Gamefication Now: Сайт. – URL: https://www.gamification-now.ru/blog/metriki-geymifikacii.

3. Лебедев, И. А. Разработка приложений на Unity с использованием языка C#. – 2018.

4. Марков, С.В. Безопасность и охрана труда в офисе: основные аспекты. – Москва: Издательство «Проспект», 2019.

5. Жарков А.И. Управление безопасностью и охраной труда в офисе: современные подходы и практики.–2021.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ДОКУМЕНТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ RPA

Пушкарева М.А..[1], Цапко И.В.[2]
[1] Томский политехнический университет, ИШИТР, 8К03,
e-mail: map33@tpu.ru
[2] Томский политехнический университет, ИШИТР, к.т.н., доцент ОИТ,
e-mail: tsiv@tpu.ru

Аннотация

Разрабатываемый программный робот предназначен для увеличения скорости обработки документов руководителем образовательной программы ТПУ. Предполагается частичная автоматизация процесса компоновки учебно-методических материалов по дисциплинам учебного плана направления подготовки.

Ключевые слова: RPA, программный робот, автоматизация процесса.

Введение

Программные роботы в наше время являются ключевыми помощниками больших корпораций, позволяющие усовершенствовать работу и сделать ее более быстрой и точной.

RPA (Robotic Process Automation) [1] – технология создания программных роботов, которые освобождают сотрудников от рутины, роботизируя бизнес-процессы компании. Роботы не ошибаются, легко масштабируются и работают круглосуточно, что повышает эффективность бизнеса. Компании, применяющие программных роботов, могут снизить затраты на заработную плату, а следовательно, повысить свою конкурентоспособность на рынке.

Целью данной работы является автоматизация процесса обработки документов руководителем основной образовательной программы (ООП) ТПУ при помощи программного робота. В работе будет отражена частичная автоматизация процесса компоновки учебно-методических материалов (УММ) по дисциплинам учебного плана направления подготовки, что позволит увеличить скорость и повысить качество их обработки.

Анализ автоматизируемого процесса

Для автоматизации процесса обработки документов выбрана среда разработки PIX Studio [2].

PIX Robotics – российский разработчик технологичных и инновационных решений, которые включают применение программных роботов для среднего и крупного бизнеса.

Платформа PIX Studio – это среда разработки и исполнения программных роботов, которая характеризуется следующими свойствами:

1. Создание логики процесса для робота, обработка возможных отклонений и исключений.
2. Наличие двух вариантов отображения алгоритма робота: в виде блок-схемы и в виде списка команд.
3. Доступность интерактивной среды обучения моделей искусственного интеллекта – AutoML Smart Activities.

Классические этапы автоматизации любого бизнес-процесса выглядят следующим образом:

1. Подробное изучение и анализ процесса, составление схем бизнес-процесса [3].
2. Разработка архитектуры и основных сценариев робота.
3. Проведение тестирования в тестовой среде, устранение возникших ошибок.

Руководитель ООП ТПУ – это ответственное лицо, в обязанности которого входит деятельность по проектированию, разработке, реализации и совершенствованию образовательной программы. Для достижения указанных целей руководитель ООП решает задачи по подготовке УМК (учебно-методических комплектов) ООП и последующего их внесения в фонд. Ежегодно для каждой специализации образовательной программы необходимо обработать и выложить в фонд порядка двухсот документов, в том числе и учебно-методических материалов (УММ) по дисциплинам учебного плана (рабочая программа дисциплины, аннотация рабочей программы, фонд оценочных средств). В общем виде, обработка УММ состоит из следующей последовательности действий: подготовка

документа, печать документа, подписание документа ответственными лицами, сканирование документа, занесение скана документа в фонд. Однако, для экономии средств, производится печать не всего документа, а только страниц с подписями ответственных лиц: руководителя образовательной программы, преподавателя дисциплины, руководителя подразделения, обеспечивающего преподавание дисциплины, директора инженерной школы.

В общем виде диаграмма процесса обработки документов в нотации BPMN выглядит следующим образом (рис. 1):

1. Печать страниц, на которых необходимо проставить подписи.
2. Подписание распечатанных страниц руководителем ООП.
3. Подписание распечатанных страниц в обеспечивающем подразделении.
4. Сканирование подписанных страниц.
5. Перевод УММ по дисциплинам в формат *.pdf.
6. Компоновка УММ (замена страниц в исходных документах на соответствующие подписанные страницы).

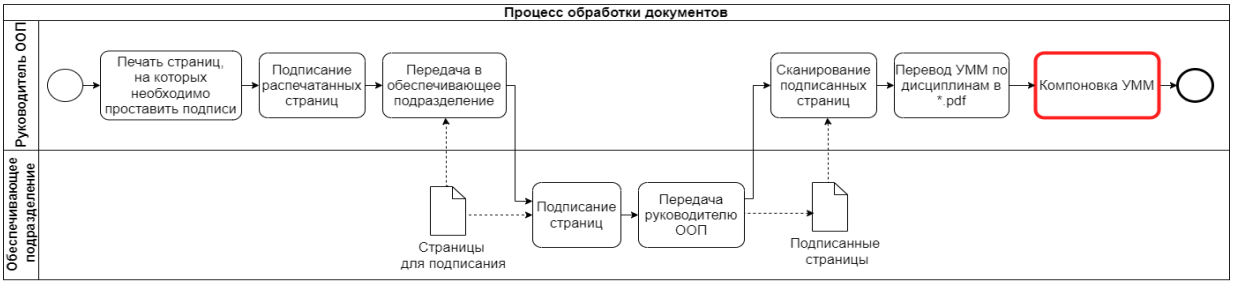


Рис. 1. Схема процесса обработки документов

Именно этап компоновки УММ является претендентом на автоматизацию, так как обладает следующими признаками: основан на повторяющейся последовательности действий для каждого документа, является рутинным, отнимает много времени при этом не требует специальной подготовки.

Автоматизация процесса

Рассмотрим этап компоновки УММ до применения автоматизации. Последовательность его шагов представлена на рисунке 2:

1. Открытие исходного файла документа.
2. Удаление в документах страниц, которые необходимо заменить (в рабочей программе дисциплины – это первая и последняя страницы, в фонде оценочных средств – первая).
3. Подстановка отсканированных изображений в исходный документ.

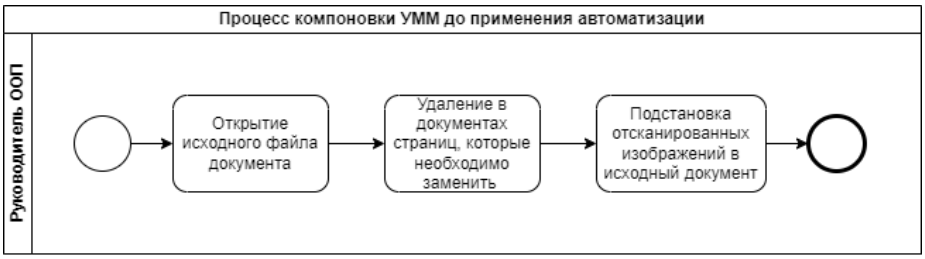


Рис. 2. Схема процесса компоновки УММ до применения автоматизации

Процесс подстановки подписанных страниц после автоматизации с использованием программного робота будет выглядеть следующим образом (рис. 3):

1. Предварительная подготовка данных (инициализация путей к папкам с исходными данными).
2. Считывание роботом очередного изображения подписанной страницы.
3. Распознавание текста на изображении при помощи Yandex Vision [4].
4. Проверка распознанного текста на содержание вида документа (рабочая программа, фонд оценочны средств) и названия дисциплины.
5. Замена страниц в исходных документах на соответствующие подписанные страницы.
6. Сохранение готовых документов в папке.



Рис. 3. Схема процесса компоновки УММ после применения автоматизации

Предварительная подготовка

При реализации данной задачи было необходимо ввести следующие ограничения:

1. Все документы, которые участвуют в обработке, должны иметь формат *.pdf.
2. Файлы в папках должны быть отсортированы по наименованию файла (по возрастанию).
3. Должна присутствовать таблица в формате *.xlsx, в которую необходимо внести названия дисциплин обрабатываемых документов.

Перед запуском программного робота нужно загрузить адрес местонахождения следующих элементов:

— папок с материалами по обрабатываемым дисциплинам;
— файла с отсканированными изображениями;
— таблицы в формате *.xlsx с перечислением наименований обрабатываемых дисциплин.

Процесс обработки после выполнения предварительных действий руководителем ООП по загрузке файлов будет следующий (рис. 4):

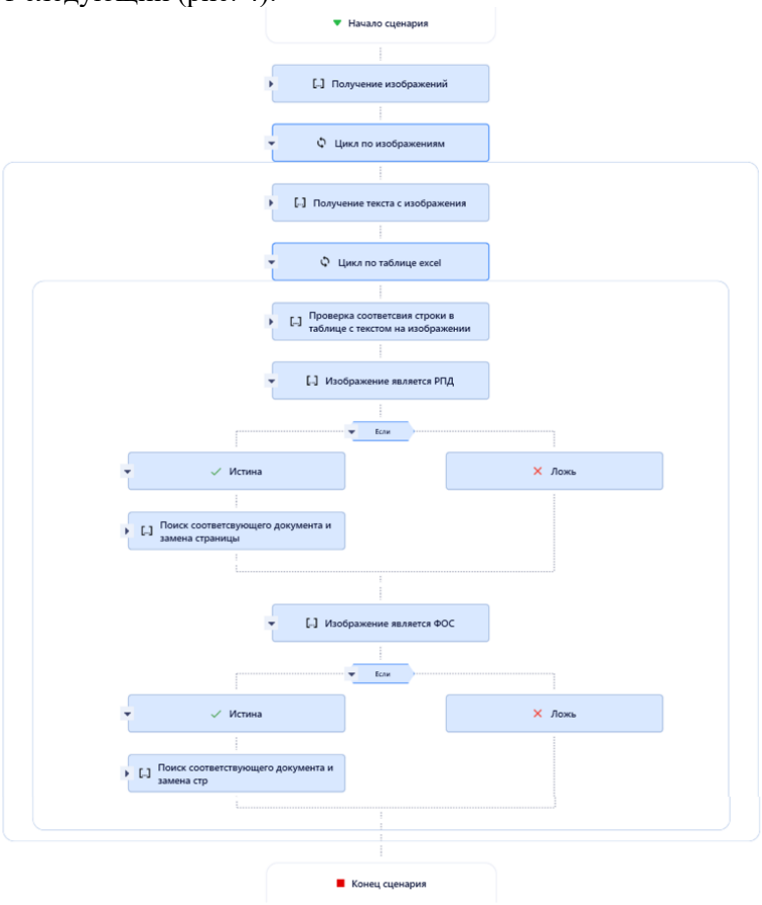
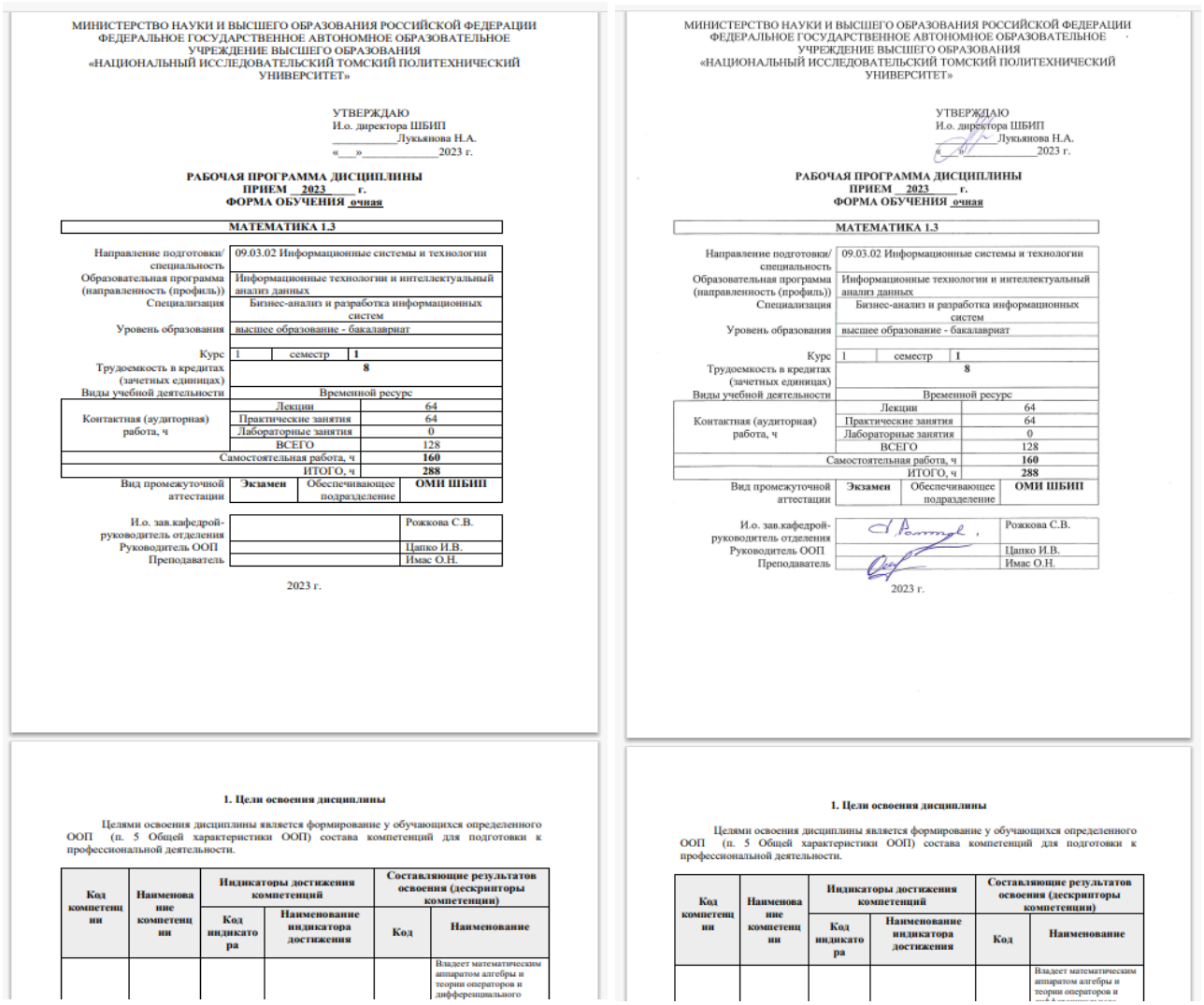


Рис. 4. Диаграмма процесса обработки

Таким образом, в исходных документах заменяются страницы, на которых было необходимо проставить подписи, на подписанные отсканированные страницы. Наглядно это можно увидеть на рисунке 5, где изображен исходный документ без подписей (а), а тот же документ, но уже с замененной отсканированной страницей, на которой были проставлены подписи (б).



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
И.о. директора ШБИП
_____Лукьянова Н.А.
«___»_____2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРИЕМ 2023 г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная

МАТЕМАТИКА 1.3

Направление подготовки/ специальность	09.03.02 Информационные системы и технологии		
Образовательная программа (направленность (профиль))	Информационные технологии и интеллектуальный анализ данных		
Специализация	Бизнес-анализ и разработка информационных систем		
Уровень образования	высшее образование - бакалавриат		
Курс	1	семестр	1
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	8		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции	64	
	Практические занятия	64	
	Лабораторные занятия	0	
	ВСЕГО	128	
Самостоятельная работа, ч		160	
ИТОГО, ч		288	
Вид промежуточной аттестации	Экзамен	Обеспечивающее подразделение	ОМИ ШБИП

И.о. зав.кафедрой-руководитель отделения		Рожкова С.В.
Руководитель ООП		Цапко И.В.
Преподаватель		Имас О.Н.

2023 г.

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п. 5 Общей характеристики ООП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций		Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции)	
		Код индикатора	Наименование индикатора достижения	Код	Наименование
					Владеет математическим аппаратом алгебры и теории операторов и дифференциального

а) б)

Рис. 5. Изображения документов: а) исходный документ без подписей; б) документ с подписью

Заключение

Был написан скрипт, благодаря которому была реализована поставленная задача – автоматическая вставка отсканированных страниц с подписями в исходные соответствующие документы.

Написанный скрипт позволяет упростить процесс обработки документов и уменьшить затраченное на это время. При использовании скрипта время обработки одного документа занимает не более 10 секунд, таким образом, на обработку всех документов для одной специализации (рабочие программы и фонды оценочных средств в количестве 112 штук) – потратится 18 минут. В то время как обработка без использования скрипта для одного документа может занять от 3 до 5 минут.

Список использованных источников

1. PIX Studio – Студия разработки программных роботов // PIX Robotics: сайт. – 2024. – URL: https://pix.ru/products/pix-rpa/pix-studio/.

2. Вводный курс по RPA // Академия PIX: сайт. – 2024. – URL: https://academy.pix.ru/course/view.php?id=53.

3. Как начать работать с Vision // Yandex Vision OCR: сайт. – 2024. – URL: https://cloud.yandex.ru/docs/vision/quickstart.
4. Основы анализа процесса в RPA // Академия PIX: сайт – 2024. – URL: https://academy.pix.ru/course/view.php?id=17.

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА «СОГЛАСОВАНИЕ КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ»

Сергеев Н.А.
АО «ТомскНИПИнефть», инженер 1 категории, e-mail: nikitanikitka2000@mail.ru

Аннотация

Информационная система представляет собой веб-приложение, частично автоматизирующее процесс согласования конструкторской документации (далее – КД) путем отслеживания статусов каждого этапа каждого пользователя, отправкой напоминающих уведомлений и формированием отчетных документов.

Ключевые слова: конструкторская документация, информационная система, веб-приложение.

Введение

Рассмотрение и согласование конструкторской документации на оборудование является одной из важнейших вех, способной значительно повлиять на сроки, и, соответственно эффективность реализуемых АО «ТомскНИПИнефть» (далее – Компания) проектов.

На текущий момент согласование КД осуществляется в электронной почте, либо в усечённом формате (постановка задачи и загрузка результата) в системе электронного документооборота и системе слежения за исполнением документов, используемых в обществах группы (далее – ОГ) и КНИПИ.

Целью работы являлась разработка информационной системы по согласованию конструкторской документации для сокращения времени формирования ответов по рассмотрению КД сотрудниками ТНИПИ, а также возможностью создать общую базу.

Актуальность работы обусловлена следующими проблемами, возникающими в текущий момент в процессе согласования конструкторской документации:

- Отсутствие прозрачности процесса рассмотрения КД на фоне значительного объёма КД;
- Отсутствие информации по отдельно взятой единице заявки ОГ на рассмотрение КД;
- Отсутствие типовых маршрутов согласования для материально-технических ресурсов (далее – МТР) одного класса;
- Ручной труд формирования ответных писем в ОГ.

Для решения возникающих проблем были проработаны следующие планы по их разрешению:

1. Создание единой базы данных, которая будет хранить в себе историю согласова-ний всех обществ группы. Также появится возможность формирования отчетных материалов и анализа прошедших этапов согласования.
2. Дробления заявки на подзадачи поможет просмотреть информацию по отдельно взятой единице заявки ОГ на рассмотрение КД.
3. Справочник маршрутов согласования даст возможность заполнять автоматически маршруты согласования при создании задачи.
4. Утверждение единого формата ответных писем для ОГ позволит полностью автоматизировать формирование комплекта документов к рассмотренной задаче.

Описание алгоритма

ИС «Согласование конструкторской документации» имеет ряд разработанных функций для ведения процесса согласования конструкторской документации по разработанной рабочей документации по возможности вовлечения материально-технического ресурса поставщика/производителя в проект Обществ Группы ПАО «НК «Роснефть».

Порядок организации рассмотрения/согласования КД по объектам, выполненным собственными силами института, построен следующим образом:

- Руководитель Проектного офиса (далее – ПО) направляет сопроводительное письмо Заказчика с комплектом КД по объектам, выполненным собственными силами института, и шифром для списания трудозатрат, актуальными техническими требованиями, на начальника отдела по оборудованию для

заведения задачи в системе. В случае несоответствия сроков рассмотрения КД схеме взаимодействия с Заказчиком указывает их.

• Начальник отдела по оборудованию осуществляет входной контроль комплекта КД на достаточность для корректного рассмотрения и передает задачу ответственному лицу из своего отдела для создания задачи в системе. Задача должна содержать КД, письмо Заказчика, актуальные технические требования, таблицу замечаний, в графе «примечание» указывается шифр объекта и наименование сооружения). В маршрут рассмотрения включаются руководители отделов департамента обустройства месторождений. Оповещение о заведении новой задачи о согласовании должно прийти на почту исполнителям, указанным в маршруте согласования, главному инженеру проекта, курирующему договор на оказание инжиниринговой услуги (далее – ИУ), для осуществления контроля срока выполнения поручения.

• Начальники отделов, указанные в маршруте согласования, могут делегировать права на рассмотрение сотрудникам своего отдела. Если задача была делегирована, начальник отдела должен проверить выполнение поручения, проверить результат согласования, а затем внести свою резолюцию. Рассмотрение направленной КД проходит в установленные, согласно поручению в системе, сроки. Страница для согласования КД приведена на рисунке 1.

• После выполнения всеми участниками рассмотрения КД, система отправит оповещение сотруднику отдела по оборудованию, являющемуся инициатором задачи в системе. Система сформирует письмо с вложением документа о результате рассмотрения и таблицу замечаний по каждой задаче на согласование сформированный в системе [1].

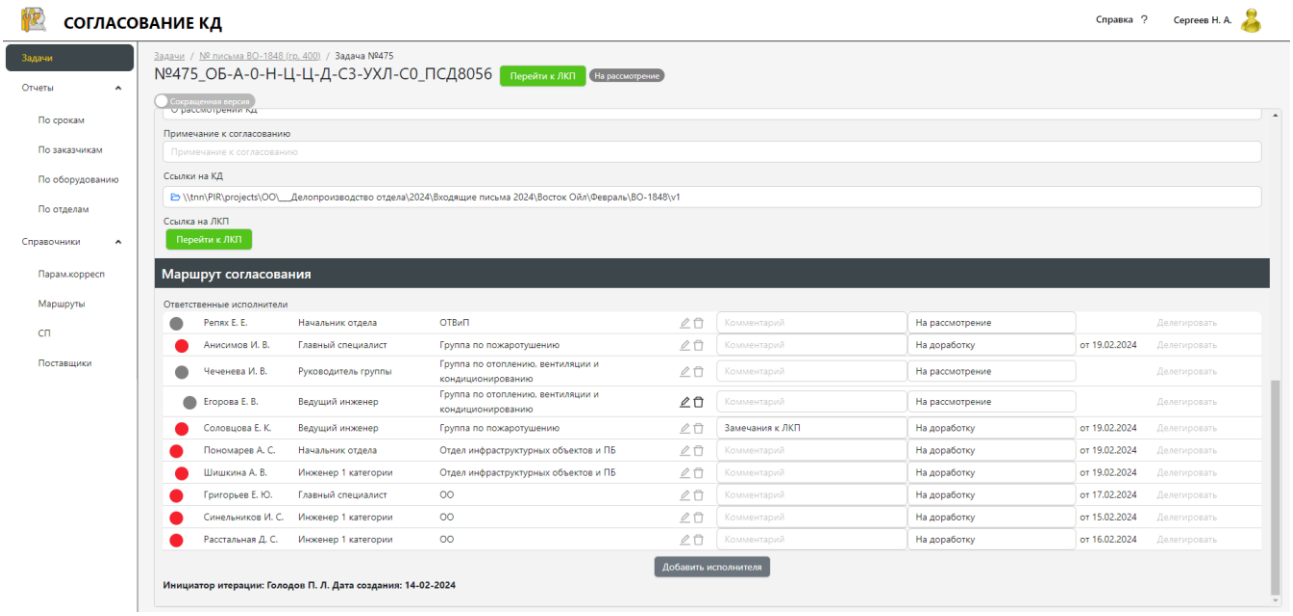
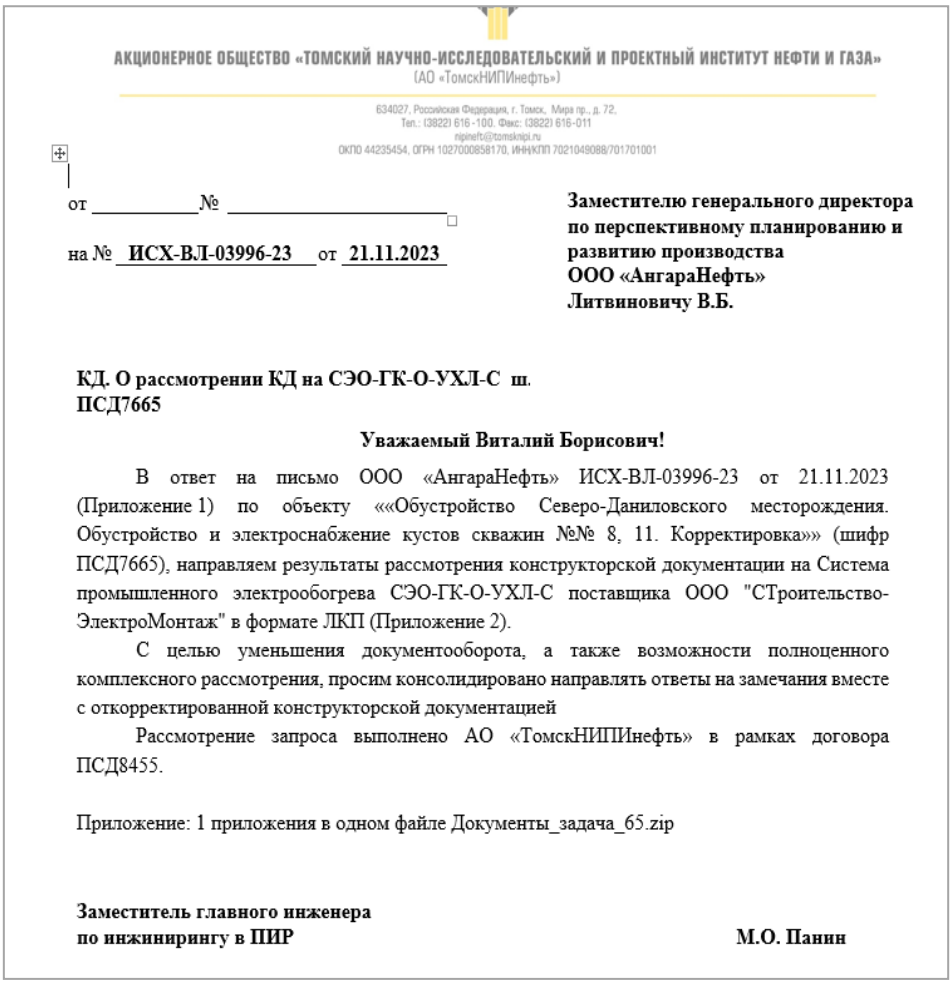


Рис. 1. Маршрут согласования задачи

При смене статуса запускается проверка статусов во всей итерации, и если все ответственные исполнители установили статус «На доработку» или «Согласовано», то итерация закрывается, дальнейшее редактирование недоступно [2].

После завершения рассмотрения итерации заполняется ранее сформированный шаблон письма и отправляется ответственным исполнителям при условии, что письмо занесено в базу писем. Формирование шаблона осуществляется с использованием библиотеки OpenXml и регулярных выражений [3]. Пример сформированного шаблона представлен на рисунке 2.

Для отправки письма используется SMTP протокол и библиотека MailKit для работы с почтовым клиентом [4].



АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ТОМСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ И ПРОЕКТНЫЙ ИНСТИТУТ НЕФТИ И ГАЗА»
(АО «ТомскНИПИнефть»)

634027, Российская Федерация, г. Томск, Мира пр., д. 72,
Тел.: (3822) 616-100, Факс: (3822) 616-011
nipineft@tomsknipi.ru
ОКПО 44235454, ОГРН 1027000858170, ИНН/КПП 7021049088/701701001

от _____ № _____

на № ИСХ-ВЛ-03996-23 от 21.11.2023

Заместителю генерального директора
по перспективному планированию и
развитию производства
ООО «АнгараНефть»
Литвиновичу В.Б.

КД. О рассмотрении КД на СЭО-ГК-О-УХЛ-С ш. ПСД7665

Уважаемый Виталий Борисович!

В ответ на письмо ООО «АнгараНефть» ИСХ-ВЛ-03996-23 от 21.11.2023 (Приложение 1) по объекту ««Обустройство Северо-Даниловского месторождения. Обустройство и электроснабжение кустов скважин №№ 8, 11. Корректировка»» (шифр ПСД7665), направляем результаты рассмотрения конструкторской документации на Система промышленного электрообогрева СЭО-ГК-О-УХЛ-С поставщика ООО "СТроительство-ЭлектроМонтаж" в формате ЛКП (Приложение 2).

С целью уменьшения документооборота, а также возможности полноценного комплексного рассмотрения, просим консолидировано направлять ответы на замечания вместе с откорректированной конструкторской документацией

Рассмотрение запроса выполнено АО «ТомскНИПИнефть» в рамках договора ПСД8455.

Приложение: 1 приложения в одном файле Документы_задача_65.zip

Заместитель главного инженера
по инжинирингу в ПИР **М.О. Панин**

Рис. 2. Сформированный шаблон письма о рассмотрении КД

Также в данной работе был рассчитан потенциальный экономический эффект, а именно была рассчитана стоимость работ по рассмотрению и согласованию КД работниками ТНИПИ за год без применения информационной системы в денежном эквиваленте, которая составила более 20 млн руб. по состоянию на 2023 год.

Был произведен расчет трудозатрат по формуле: 2674 (кол-во задач) * 4,0 (трудоемкость, чел/час) * 1572 (стоимость чел/часа 2023г) * 1,2 (НДС) = 20 176 934,4 р, где:

- 2674 шт. – количество рассматриваемой документации в год собственными силами и силами субподрядных организаций;

- 10696 ч/час – примерное количество часов, затрачиваемых на рассмотрение КД;

- 1187 ч/час – примерное количество часов, затрачиваемых на подготовку писем в адрес ОГ с результатами рассмотрения КД;

- 593,5 ч/час – примерное количество часов, затрачиваемых на подготовку листа коллективной проверки (далее – ЛКП) к письмам в адрес ОГ с результатами рассмотрения КД.

Также рассчитаны предполагаемые затраты с использованием разработанной информационной системы «Согласование КД», которая позволит сократить как трудозатраты на рассмотрение КД, так и денежные средства – более 5 млн в год в одном КНИПИ.

Для расчета предполагаемых трудозатрат было взято одинаковое кол-во рассматриваемых задач за год. Также был сформирован и отправлен на согласование в созданной ИС тестовый набор задач для того, чтобы определить среднее количество часов, затраченных на этот процесс.

После сбора информации были рассчитаны предполагаемые затраты. Результат расчетов приведен в таблице 1.

Таблица 1

Потенциальный экономический эффект

№ п/п	Работы	Текущие затраты при выполнении работ по согласованию КД	Предполагаемые затраты с учетом оптимизации ИС «Согласование КД»	Экономический эффект
1	Количество рассматриваемой документации в год собственными силами и силами субподрядных организаций	2674 шт.	2674 шт.	2 210 389,2 руб.
1.1	Примерное количество часов, затрачиваемых на подготовку писем в адрес ОГ с результатами рассмотрения КД, в год	1187 чел/час	454,6 чел/час	1 151 332,8 руб.
1.2	Примерное количество часов, затрачиваемых на подготовку ЛКП к письмам в адрес ОГ с результатами рассмотрения КД, в год	593,5 чел/час	454,6 чел/час	218 350,8 руб.
1.3	Контроль писем со стороны проектных офисов и отделов проектирования	1069,6 чел/час	534,8 чел/час	840 705,6 руб.
2	Поиск аналогов КД для применения при проектировании	1054 шт.	-	2 777 409,6 руб.
2.1	Взаимодействие с поставщиками/изготовителями для поиска КД	4005,2 чел/час	2660 чел/час	2 114 654,4 руб.
2.2	Поиск КД в базе	737,8 чел/час	316,2 чел/час	662 755,2 руб.
3	Формирование отчетности	534,8 чел/час	133,7 чел/час	630 529,2 руб.
ИТОГО ЗА ГОД				5 618 328 руб.
*Ставка чел/час для ИУ – 1 572 руб.				

Заключение

На данный момент были получены следующие результаты:

1. Разработана и реализована единая база данных КД.
2. Создан пополняемый справочник маршрутов согласования.
3. Реализовано автоматическое формирование ответных писем в ОГ.
4. Ведется контроль сроков рассмотрения.
5. Присутствует возможность получения информации о рассмотрении КД по ОГ за определенный период.

Планируется продолжить работу в следующих направлениях:

1. Автоматическое формирование задач: отправка запросов из Outlook при получении письма от ОГ на согласование КД и формирование в системе черновиков для упрощения заведения задачи и исключения человеческого фактора: забыли, пропустили.
2. Формирование ЛКП в системе с возможностью его выгрузки в .xlsx файл для дальнейшей отправки исполнителям [5].

Список использованных источников

1. Дакетт Д. HTML и CSS. Разработка и дизайн веб-сайтов / Джон Дакетт. – М.: Эксмо, 2013. – 480 с.
2. Алекс Д. Асинхронное программирование в C# 5.0. – М.: ДМК Пресс, 2015. – 120 с.
3. Джеймс Ч., Дэвид П., Саймон Т. ASP.NET Core. Разработка приложений. – СПб.: Питер, 2018. – 464 с.
4. Гриффитс И. Программируем на C# 8.0. Разработка приложений. – Текст электронный // Социальные науки. – 2021. – № 1.
5. Документация для React // React dev: сайт. – 2024 – URL: https://reactjs.org.

РАЗРАБОТКА ФРЕЙМВОРКА АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕСТИРОВАНИЯ НА ПЛАТФОРМЕ DOTNET С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕСТИРОВАНИЕМ

Савченко К.Д.[1], Амосов В.В.[2]
[1] Санкт-Петербургский Государственный Политехнический университет Петра Великого, институт компьютерных наук и кибербезопасности, 5140904/20102, e-mail: savchenko.kd@edu.spbstu.ru
[2] Санкт-Петербургский Государственный Политехнический университет Петра Великого, институт компьютерных наук и кибербезопасности, высшая школа программной инженерии, доцент, e-mail: amosov_vv@spbstu.ru

Аннотация

Статья описывает разработку фреймворка автоматизации тестирования на платформе dotnet и его интеграцию с системой управления тестированием. В статье представлены основные принципы разработки фреймворка, его архитектура, а также примеры использования. Результаты исследования могут быть полезны при выстраивании процессов непрерывного тестирования в разработке программного обеспечения.

Ключевые слова: автоматизированное тестирование, система управления тестированием, NUnit.

Введение

Обеспечение качества (Quality Assurance (QA)) представляет собой совокупность мероприятий, охватывающих абсолютно все этапы разработки, выпуска и эксплуатации программного обеспечения. Это активности на всех этапах жизненного цикла ПО, которые предпринимаются для обеспечения заявленного требованиями уровня качества выпускаемого продукта. Контроль качества (Quality Control (QC)) – это часть комплекса QA в процессе разработки ПО, которая отвечает за анализ результатов тестирования, поиск ошибок и их устранение. Тестирование программного обеспечения (Software Testing) – одна из техник контроля качества, включающая в себя активности по планированию тестовых действий, дизайну тестов, их выполнению и анализу полученных данных т.е. уже непосредственно процесс проверки результатов работы на соответствие установленным требованиям. Автоматизированное тестирование программного обеспечения является критически важным фактором для современной разработки программного обеспечения, где ожидается быстрая обратная связь о качестве продукта.

В настоящее время при выстраивании процессов тестирования наблюдается тенденция в использовании систем управления тестированием (Test management system (TMS)), оптимизирующих процессы планирования, организации, выполнения и отслеживания тестовых задач. Целью данной работы являлось написание программного обеспечения, предоставляющую пользователю TMS запуск и получение отчетности по прогону автоматизированных тестов непосредственно из системы.

Описание алгоритма

В ходе анализа существующих концепций применения автоматизации тестирования в различных компаниях [1, 2] были выявлены различные способы интеграции с системами управления тестированием. Наиболее оптимальными способами являются:

1. Общедоступные API методы TMS, позволяющие внешним системам обновлять ее данные.
2. Адаптеры для языков программирования – библиотеки методов и моделей, поставляемых разработчиками TMS под различные языки программирования, и описывающие API системы в более удобном виде для программной реализации.
3. Интерфейс командной строки (CLI) – операции по взаимодействию с системой управления тестированием производятся с помощью вызова операций в командной строке.
4. Allure report importer cli. Allure Report – это инструмент для создания отчетов о результатах тестирования, предоставляющий возможность визуализации данных о тестировании и анализа его результатов. Преимущественно коммерческие TMS имеют интерфейс cli по интеграции с отчетами Allure.
5. Webhooks – функционал проецирования действий в системе TMS на внешний узел.

Для построения оптимального клиентского пути при работе с автоматизированными тестами из TMS необходима комбинация перечисленных выше методов. Так, наличия в системе перехватчика события о запуске тестов (webhook) позволяет реализовать запуск тестов "по требованию" (on demand).

Выбор системы управления тестированием был произведен с помощью инструмента системы поддержки принятия решений (СППР) [3]. Помимо наличия в системе перечисленных выше способов интеграции с TMS, параметрами для определения оптимального кандидата были:

1. Актуальная версия – год последнего обновления системы.
2. Стоимость лицензии, выраженная в рублях за месяц.
3. Количество дней пробного периода системы (для продуктов с открытым исходным кодом выставляется заведомо большое).
4. Ограничение по ресурсам RAM, ГБ.
5. Ограничение по ресурсам CPU.

Входные данные для СППР по выбору TMS представлены в таблице 1.

Таблица 4

Матрица входных данных по выбору TMS

TMS	Актуальная версия	Стоимость лицензии	Пробный период, дн	RAM	CPU	Webhooks	Allure Report	Адаптер NUnit
Test IT	2023	3190	30	8	4	1	1	1
Kiwi TMS	2023	0	10^6	2	1	0	0	0
QuAsk	2022	0	10^6	1	1	0	0	0
Allure TestOps	2023	2800	14	8	4	0	1	1
TestRail	2023	3000	14	6	4	1	1	0
TestLink	2020	0	10^6	4	2	0	0	0
Параметры сравнения								
Весовые коэффициенты	*0.05*	*0.05*	*0.1*	*0.1*	*0.1*	*0.35*	*0.15*	*0.1*
Тип сравнения	*1*	*0*	*1*	*0*	*0*	*1*	*1*	*1*

В результате применения алгоритма СППР по бальной системе (таблица 2) было определено, что среди коммерческих TMS наиболее оптимальный вариант для использования – система Test IT.

Таблица 5

Результат обработки данных СППР по выбору TMS

Вариант	Алгоритм работы СППР					Баллы
	Доминирования	Блокировки	Турнирный	Kmax(Sjp)	Kmax(Jjm)	
Test IT	6	5	6	6	5	28
Kiwi TMS	3	5	4	4	5	21
QuAsk	4	6	3	3	6	22
Allure TestOps	3	5	2	2	5	17
TestRail	5	5	5	5	5	25
TestLink	2	5	1	1	5	14

Выбранная система управления тестированием – Test IT – имеет все перечисленные выше способы интеграций с фреймворком автоматизации тестирования. Таким образом, сценарий по запуску автоматизированных тестов выглядит следующим образом:

1. Пользователь выбирает в системе автоматизированные тесты для запуска.
2. Система Test IT создает тестовый прогон (Test run), с пустыми карточками тестов.
3. С помощью настроенного webhook команда запуска транслируется на сервис обработки команды запуска.
4. Из тела запросов на запуск автоматизированных тестов извлекаются идентификаторы автотестов.
5. Производится последовательный запуск автотестов по указанному идентификатору теста;

6. Автотест генерирует Allure отчет.

7. С помощью дистрибутива Allure importer cli отчет вкладывается в созданный тестовый прогон.

8. После получения отчета по всем тестам система Test IT помечает прогон как пройденный. Тестировщик приступает к разбору результатов прогона.

Схема компонентов, задействованных в работе фреймворка изображена на рисунке 1. Детально опишем функциональность каждого компонента.

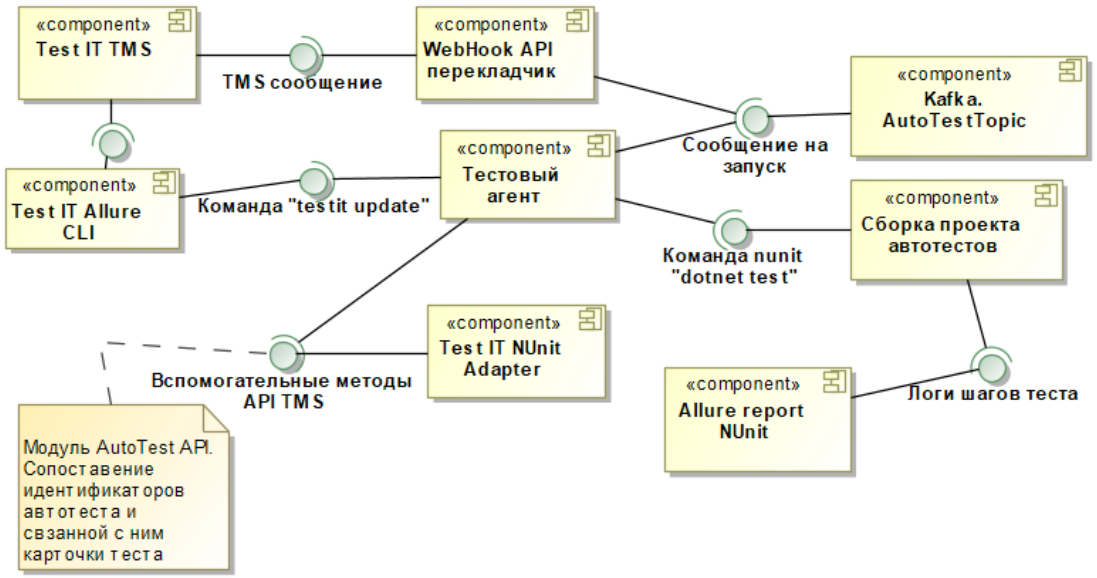


Рис. 1. Диаграмма компонентов разработанного фреймворка

WebHook API перекладчик представляет собой WebApi приложение, реализующее единственный метод “/api/hook” типа POST, на вход которого передается Json сообщение [4] о запуске тестового прогона. В данном сообщении полезной информацией для фреймворка являются поля TestRunId и список AutoTestGlobalId. Для каждого автотеста перекладчик кладет сообщение в топик брокера Kafka. Таким образом формируется очередь на запуск автотестов.

Компонент под названием “тестовый агент” представляет собой BackgroundService службу [5], реализующую методы по обработке сообщений из топика “AutoTestTopic” с помощью группы Consumer соединений [6]. С помощью использования асинхронного взаимодействия с брокером Kafka в разработанном решении поддерживаются свойства отказоустойчивости и масштабируемости. Так, при временном отключении одного из экземпляров тестового агента, работу по запуску тестов возьмет на себя параллельно запущенный экземпляр. В случае если все экземпляры компонента неактивны – сообщения сохраняются в топике и считывание консьюмером будет продолжено с места актуального offset (позиция последнего вычитанного сообщения) [7].

Тестовый агент производит запуск тестов по их идентификатору в системе Test IT. В ходе работы по реализации фреймворка была выявлена особенность в модели данных системы Test IT, а именно – различия в сущностях автоматизированного и ручного теста. Поэтому, при получении команды на запуск теста, компонент тестового агента использует методы адаптера Test IT для получения идентификатора ручного теста, связанного с автоматизированным. Таким образом, команда для запуска автоматизированного теста из компонента “Тестовый агент” выглядит следующим образом:
CmdHelper.ExecuteCommand($"dotnet test {Path.GetFileName(RunnerConfig.DllPath)} -v n --filter "Name~{manualTestId}" -- TestRunParameters.Parameter(name="TestRunId", value="{testRunReportFolder}")", workingDirectory: Path.GetDirectoryName(RunnerConfig.DllPath)).

Используя параметр TestaRunId, компонент автотестов, на этапе инициализации сценария (OneTimeSetUp) [8] создает директорию для сохранения Allure отчета автотеста.

Параметр testRunReportFolder, а также идентификатор запуска в системе Test IT поступает на вход в компонент TestIT Allure CLI, где с помощью bat скрипта происходит загрузка тестов в систему [8].

На рисунке 2 представлена страница с прогонами, запущенными непосредственно из системы. Прогон автоматически переходит в статус “Завершен”, когда в него будут загружены результаты по всем тестам.

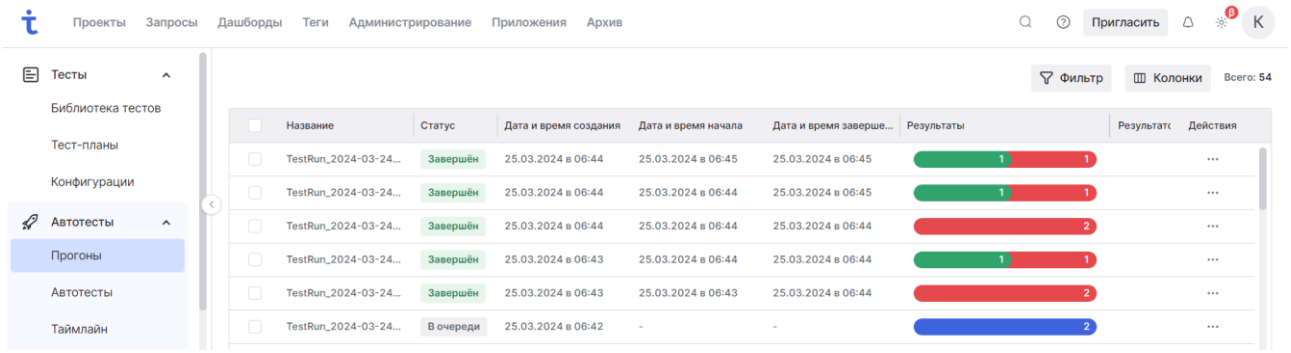


Рис. 2. Список прогонов

На рисунке 3 представлен пример отчёта автотеста, завершенного с ошибкой. Отчет с формирован в соответствии с Allure report контейнером [471, Container file], за исключением загрузки вложения.

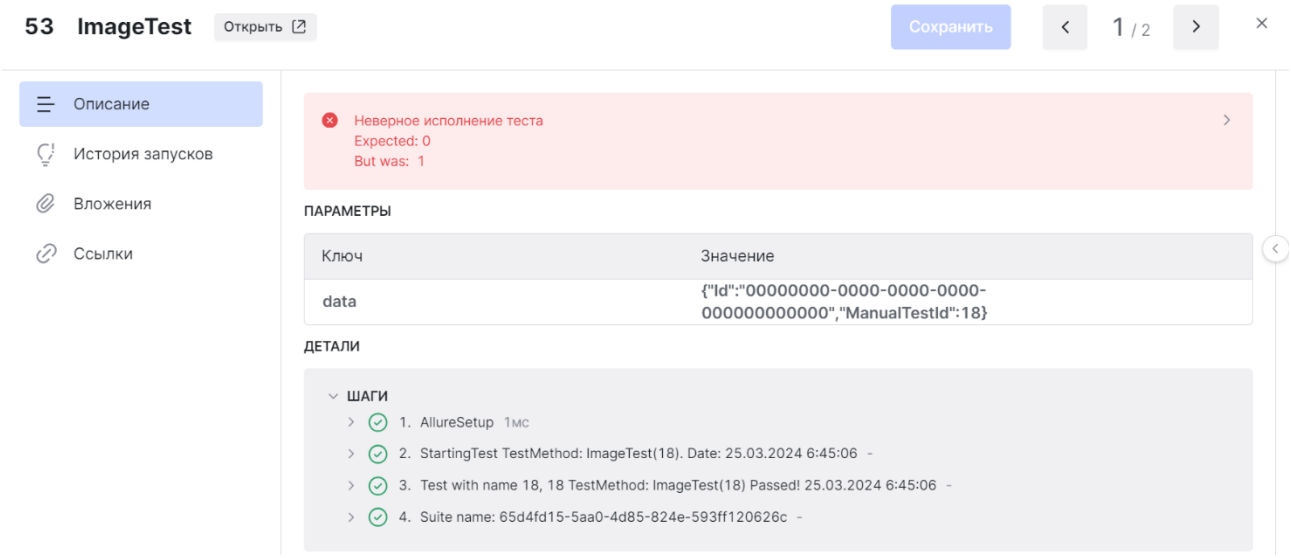


Рис. 3. Результат автотеста в системе Test IT

Заключение

В данной работе продемонстрированы текущие результаты по разработке фреймворка автоматизации тестирования с интеграцией с Test IT. На данный момент настроены компоненты по приему и обработке событий о запуске автотестов, запуск автотестов и управление отчетностью о выполнении конкретных сценариев и загрузки отчетности в TMS. В дальнейшем планируется дополнить компонент сборки автотестов модулями более гибкой работы с отчетами Allure: добавлением вложенности шагов и прикрепления вложений в результат автотестов. Также планируется реализация функционала по остановке тестового прогона из TMS и формирования цепочек выполнения тестов среди тех сценариев, которые не должны выполняться параллельно.

Список использованных источников

1. Allure TestOPS, TestIT, TestRail: сравнение систем в разрезе автоматизации. // Статьи ВКонтакте: сайт. – 2023. – URL: https://m.vk.com/@simbirsoft_team-allure-testops-testit-testrail-sravnenie-sistem-v-razreze-av.

2. Charlton J. 10 Best Open-Source Test Management Tools in 2023 – Текст: электронный // QA Lead. – 2024. – № 1. URL: https://theqalead.com/tools/best-open-source-test-management-tools/ (дата обращения: 26.03.2024).

3. Амосов В.В., Петров А.В. Система поддержки принятия решения на основе качественного подхода // Перспективы науки. – 2024. – № 11. – С. 90-94.

4. Руководство по использованию Webhook //Test IT. Портал документации: сайт. – 2023 – URL: https://docs.testit.software/user-guide/rabota-s-proektami/nastroika-webhook/.

5. James Montemagno. Реализация фоновых задач в микрослужбах с помощью IHostedService и класса BackgroundService. Текст: электронный // Microsoft Learn. – 2023. – № 1. – URL: https://learn.microsoft.com/ru-ru/dotnet/architecture/microservices/multi-container-microservice-net-applications/background-tasks-with-ihostedservice (дата обращения 25.03.2024).

6. Manan Patadiya. Creating Microservices with .NET Core and Kafka: A Step-by-Step Approach. – Текст: электронный // Medium. – 2023. – № 1. – URL: https://medium.com/simform-engineering/creating-microservices-with-net-core-and-kafka-a-step-by-step-approach-1737410ba76a (дата обращения 24.03.2024).

7. Gwen Shapira. Kafka: The Definitive Guide: Real-Time Data and Stream Processing at Scale 2nd Edition. // O'Reilly. – 2023. – С. 1-17.

8. OneTimeSetUp NUnit attribute desctiption // NUnit Documentation Site: сайт. – 2023. – URL: https://docs.nunit.org/articles/nunit/writing-tests/attributes/onetimesetup.html.

9. Импорт результатов из Allure Adapters. //Test IT. Портал документации: сайт. – 2023 – URL: https://docs.testit.software/user-guide/autotests/import-results-from-allure.html.

ПОТОКОВАЯ АСИНХРОННАЯ ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ МЕЖДУ МОДУЛЯМИ В ETL-КОНВЕЙЕРЕ ПОД УПРАВЛЕНИЕМ РАСПРЕДЕЛЕННОГО БРОКЕРА СООБЩЕНИЙ APACHE KAFKA

Кузьменко Д.Е.[1], Кайда А.Ю.[2]
[1] Место учебы, ТПУ, ИШИТР, 8ПМ21, e-mail: dek29@tpu.ru
[2] Место работы, ТПУ, ИШИТР, ст. преп. ОИТ, e-mail: ayk13@tpu.ru

Аннотация

В статье рассматривается проблема, препятствующая эффективной асинхронной передаче данных, а также предложено решение, позволяющее избежать поэтапного режима передачи. Описано использование асинхронной передачи данных между модулями в ETL-конвейере с применением распределенного брокера сообщений Apache Kafka. Представлена схема модулей ETL-конвейера и описаны полученные результаты их работы.

Ключевые слова: асинхронная передача данных; ETL-конвейер; потоковая обработка.

Введение

С ростом популярности онлайн-сервисов возникают сложности с передачей данных, поскольку объем данных, который необходимо передавать, значительно увеличился. Из-за этого возрастает интерес к методам обработки и хранения данных в децентрализованных системах. Для эффективной работы с информацией, собранной из различных источников, требуются современные аналитические инструменты. [1].

Одним из таких решений является промежуточное программное обеспечение, так называемые брокеры сообщений, которые обеспечивают обмен данными между приложениями или модулями в реальном времени. Они позволяют передавать различные виды информации, будь то банковская транзакция или же целый словарь [1].

Конвейер, в частности ETL конвейер, состоит из модулей, обменивающихся между собой данными. Проходящие через конвейер данные обрабатываются в потоковом режиме. Поток данных – это упорядоченная последовательность данных, которой соответствует определенный источник или получатель. ETL-процесс присутствует в каждом из модулей конвейера, он включает в себя: extract – извлечение данных из внешних источников; transform – их преобразование для того, чтобы они соответствовали заданным условиям; и load – загрузку их в последующий модуль или в хранилище данных. Схематичное представление ETL-процесса приведено на рисунке 1 [1].



Рис. 1. Схематичное представление ETL-процесса

Разработка и описание ETL-конвейера под управлением Apache Kafka

В данном пункте подробно описан этап разработки ETL-конвейера с использованием распределенного брокера сообщений Apache Kafka. Модули в ETL-конвейере под управлением Apache Kafka написаны на языке программирования Python.

В разработанном конвейере существует два вида модулей: первый – это модули обработки; второй – модули приема и передачи. Модули обработки преобразуют входные данные в соответствии с заданной логикой перед отправкой их в следующий модуль. Модули передачи данных обеспечивают передачу данных между модулями обработки через сервер Apache Kafka.

Запуск ETL-конвейера осуществляется с помощью bash-скрипта [2]. Для передачи информации между модулями используются стандартные потоки ввода и вывода (stdin() и stdout()) с помощью библиотеки sys [3, 4]. Схематичное представление ETL-конвейера под управлением распределённого брокера сообщений Apache Kafka приведено на рисунке 2 [1].

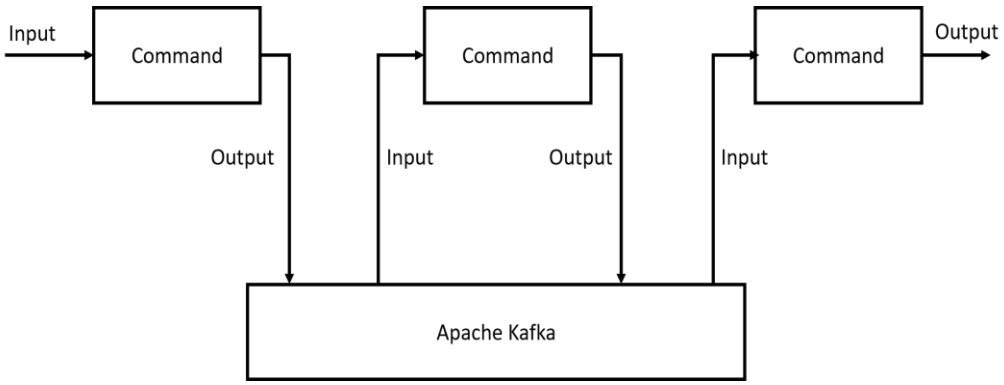


Рис. 2. Схематичное представление ETL-конвейера под управлением распределённого брокера сообщений Apache Kafka [1]

Конвейер предназначен для потоковой обработки данных: массив данных проходит через каждый модуль, где он трансформируется и передается дальше. Apache Kafka используется для передачи данных между модулями обработки. Трансформированные данные из модулей обработки отправляются на сервер Apache Kafka через модули передачи, далее модули приема получают их для дальнейшей обработки. Передаваемые сообщения могут содержать любые данные.

Проблематика поэтапного режима передачи данных между модулями

В текущем пункте описана проблема, возникающая при поэтапной передаче данных между модулями при работе вышеописанного конвейера. Стандартный вывод Python (sys.stdout.write()) буферизуется, он собирает некоторые данные перед их записью в стандартный вывод, после заполнения буфера данные записываются в выходной поток. Данные сохраняются в буфере при условиях: 1) получения данных с устройства ввода; 2) непосредственно перед отправкой на устройство вывода; 3) перемещения данных между процессами на узле. В отличие от команды print(), команда sys.stdout.write() не переключается на новую строку после вывода одного сообщения. Для этого необходимо использовать символ, обозначающий переход к новой строке («\n») [4]. Каждый модуль конвейера обработки накапливает данные в своем выходном потоке до завершения трансформации данных. После заполнения буфера памяти трансформированными данными они передаются на вход следующего модуля.

Время обработки подготовленного датасета из 150000 записей, в ETL-конвейере, составляет 18,5 часов. Следовательно, приблизительное время обработки одной записи – около 0,44 секунды. Из этого следует, что при использовании конвейера данные будут доступны только после завершения прохождения всего массива данных через все этапы конвейера. Это связано с тем, что каждый модуль накапливает данные в своем выходном потоке (буферизация данных). Например, при обработке большого объема данных, такого как 1 миллион записей, время работы конвейера может занять несколько суток. Таким образом, работу с выходными данными можно начать только после завершения всего процесса обработки. Эта проблема может затруднить последующую работу с полученными данными.

Решение проблемы, связанное с поэтапным режимом передачи данных между модулями

В данном пункте представлено решение, позволяющее избежать поэтапного режима работы ETL-конвейера – асинхронный режим передачи данных.

Для каждого модуля приема и передачи данных необходимо использовать разные топики, располагающиеся в Apache Kafka. Данное решение позволяет разделить однородные выходные данные из модулей обработки и предотвращает дублирование данных.

Использование отдельных топиков для каждого этапа работы помогает избежать неправильной интерпретации отправленных сообщений модулями обработки, для которых они не предназначены. В противном случае данные на выходе конвейера могут быть хаотичными и не иметь структуры.

При отправке или получении сообщений Apache Kafka создает записи в журнале действий. Логи содержат информацию об отправленных или полученных сообщениях, а также указывают на то, какой модуль прочитал или отправил сообщение. При возникновении сбоя можно обратиться к журналу действий и найти момент, который привел к сбою для дальнейшего анализа.

Изменение конфигурационного файла сервера Apache Kafka позволяет получать логи за любой период времени. Установка параметра на значение минус один для «возраст файла с логами, который необходимо удалить при превышении» предотвращает удаление логов. После внесения изменений в конфигурацию можно обращаться к логам с момента изменения параметра.

Например, если в процессе обработки 1 миллиона записей произошел сбой на полумиллионной записи, можно найти момент ошибки в журнале логов и запустить конвейер с нужного места.

Для асинхронной передачи данных между модулями в ETL-конвейере необходимо очищать буфер памяти в модулях обработки на каждом этапе отправки данных. После отправки данных следует отправлять сигнал о новой строке. Чтобы избежать дублирования данных, рекомендуется распределять однородные выходные данные из модулей обработки по разным топикам.

На рисунке 3 приведен график зависимости времени обработки от количества поданных на вход текстовых документов.

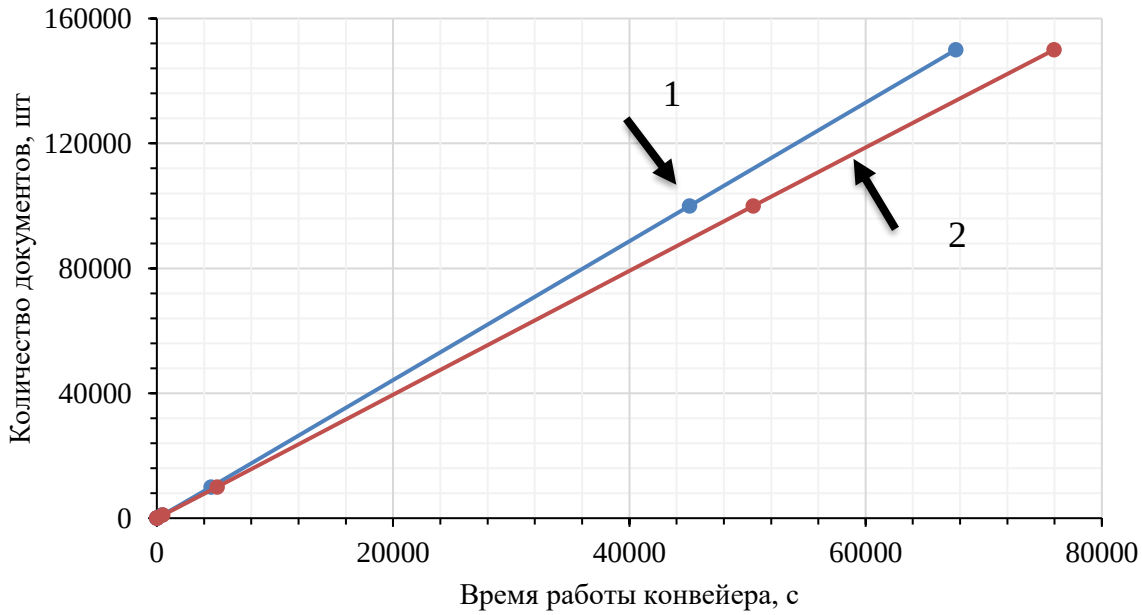


Рис. 3. Зависимость времени обработки от количества поданных на вход текстовых документов, при работе ETL-конвейера:
1 – ETL-конвейер с асинхронной передачей данных между модулями;
2 – ETL-конвейер с поэтапной передачей данных между модулями

Достоинство данного решения заключается в увеличении скорости обработки данных по сравнению с поэтапной передачей в среднем на 12 % (рисунок 3).

Заключение

В статье представлено решение проблемы, препятствующее эффективной асинхронной передаче данных между модулями в ETL-конвейере. Проблема накопления данных в выходном буфере рассмотрена в пункте, описывающем проблематику поэтапного режима передачи данных между модулями. В пункте, связанном с решением проблемы, поэтапного режима передачи данных между модулями предложено решение по предотвращению буферизации данных.

На базе рассмотренного ETL-конвейера сделан вывод о том, что асинхронный режим передает данные мгновенно, не ожидая завершения обработки на предыдущих этапах, в отличие от поэтапного режима работы. Асинхронная передача данных между модулями оказалась быстрее поэтапной обработки в среднем на 12 %, на датасете до 150000 записей.

Список использованных источников

1. Кузьменко Д.Е. ETL-конвейер для потоковой обработки текстовых данных под управлением распределенного брокера сообщений Apache Kafka // сборник трудов XX Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых («Молодежь и современные информационные технологии». – Томск: Изд-во ТПУ, 2023. – С. 237-239.

2. Кайда А.Ю. Магистерская диссертация: Разработка протокола. передачи данных для системы управления потоками данных. – ТПУ. –2019. – 108с. – URL: https://earchive.tpu.ru/handle/11683/53908 (дата обращения 21.01.2024).

3. A generic and customizable framework for the design of ETL scenarios // ScienceDirect: сайт. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306437904000985 (дата обращения 21.01.2024)

4.Sys – System-specific parameters and functions // Python: сайт. – URL: https://docs.python.org/3/library/sys.html (дата обращения 06.02.2024).

РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ – АССИСТЕНТА ДЛЯ АВТОМОБИЛИСТА

Полянский Р.В.[1], Соколова В.В.[2]
[1] Томский политехнический университет, студент гр. 8К03 ОИТ ИШИТР, e-mail: rvp8@tpu.ru
[2] Томский политехнический университет, к.т.н., доцент ОИТ ИШИТР, e-mail: veronica@tpu.ru

Аннотация

Разработанное мобильное приложение предназначено для отслеживания пробега и срока эксплуатации запчастей автомобиля и напоминания о необходимости замены расходных материалов. Также приложение анализирует передвижение пользователя, определяет его тип, отслеживает маршрут и предоставляет статистические данные о поездках. Приложение призвано упростить процесс обслуживания автомобиля и способствовать безопасному вождению.

Ключевые слова: мобильное приложение, ОС «Android», автомобиль, автоматизация процесса.

Введение

Мобильные приложения стали неотъемлемой частью повседневной жизни, предоставляя новые возможности для решения различных задач. В соответствии с требованиями пользователей создаются узкоспециализированные приложения и для автолюбителей.

Ежегодно происходят миллионы дорожно-транспортных происшествий по всему миру [1], многие из которых можно было бы предотвратить, применяя современные технологии. К риску возникновения ДТП приводит не только недостаток концентрации и быстрой реакции водителя, но и техническое состояние транспортного средства [2]. Своевременная замена автомобильных запчастей, таких как тормозные колодки, фильтры, свечи зажигания, имеет решающее значение для безопасного и эффективного функционирования автомобиля. Однако многие водители забывают или игнорируют эту важную задачу, что может привести к серьезным последствиям.

Целью проекта была разработка мобильного приложения для водителей, которое сможет их информировать о необходимости замены расходников, формировать своевременные рекомендации и предупреждения, а также предоставлять другие полезные функции для безопасного и комфортного вождения.

Описание системы

Автомобиль – это сложное техническое устройство, предназначенное для перевозки людей и/или грузов. В процессе эксплуатации, как и у многих механизмов, агрегатные узлы и расходные комплектующие автомобиля подвергаются износу и требуют периодической замены. При производстве данных компонентов производитель указывает ресурс, измеряемый в преодоленном расстоянии и в сроке годности [3].

Бортовой компьютер автомобиля способен предупреждать владельца о критическом состоянии определенных компонентов, однако износ части комплектующих невозможно отследить. Поскольку ресурс компонента зависит от его вида, у водителя появляется дополнительная задача в отслеживании состояния этих компонентов, что ввиду большого их количества вызывает определенные сложности.

Разработанное мобильное приложение предназначено для информирования владельцев автомобилей о необходимости замены расходных материалов, таких как масло, фильтры, тормозные колодки, на основе данных о пробеге, сроке эксплуатации компонентов и указанной модели автомобиля.

Приложение позволяет пользователям ввести информацию о своем автомобиле, а также данные о замене расходников с указанием даты и пробега. На основе этих данных приложение рассчитывает оставшийся ресурс компонентов и напоминает владельцу о необходимости обслуживания при приближении к рекомендуемым интервалам замены. В таблице 1 представлены прецеденты взаимодействия пользователя с приложением, где «Р» обозначает расширение, а «В» – включение функционала.

Использование данного приложения позволит:

- Упростить отслеживание состояния заменяемых компонентов автомобиля.
- Получать рекомендации по замене компонентов для определенных моделей.
- Вручную редактировать записанные данные.

– Обеспечить возможность анализа статистических данных передвижения (таких как средняя скорость, расстояние, продолжительность).
– Просматривать хронологию передвижений пользователя на карте, встроенной в приложение.

Таблица 1

Таблица прецедентов для пользователей мобильного приложения

Действие	Связь	Действие	Связь	Действие	Связь	Действие
Открыть экран авторизации	В	Авторизоваться				
	Р	Зарегистрироваться				
Открыть страницу состояния компонентов	В	Просмотреть состояние компонента				
		Просмотреть общее состояние автомобиля				
	Р	Редактировать состояние компонента				
		Просмотреть общее состояние автомобиля				
Открыть главную страницу	В	Посмотреть маршруты на статической карте	Р	Просмотреть маршруты на динамической карте		
		Просмотреть модель автомобиля				
		Посмотреть краткую статистику				
Открыть экран статистики	Р					
	В	Посмотреть полную статистику				
		Выбрать период рассматриваемой статистики				
Открыть страницу персонализации	В	Посмотреть персональные данные				
		Открыть экран настроек приложения	Р	Сбросить записанные данные		
				Изменить стилизацию приложения		
	Р	Редактировать персональные данные	Р	Изменить пароль		
				Изменить контактную информацию		
				Изменить модель автомобиля	Р	Выполнить поиск автомобиля
						Просмотреть список автомобилей

Анализ существующих решений

На этапе разработки требований к проекту был проведен сравнительный анализ существующих решений с целью выявления ключевых особенностей данных приложений (таблица 2).

Таблица 2

Сравнительный анализ существующих решений

Название приложения	Преимущества	Недостатки
aCar – Мониторинг техобслуживания [5]	Наличие истории замены расходников с указанием пробега, возможность учета расходов на техническое обслуживание автомобиля	Отсутствие статистики передвижений, облачной синхронизации данных между устройствами
Drivvo [6]	Рекомендации по замене расходников, основанные на данных от производителей автомобилей, возможность вести учет расходов на обслуживание	Отсутствие возможности ручного редактирования историю замены расходников, статистики по поездкам, облачной синхронизации между устройствами
MYCAR – Менеджер авто [7]	Наличие графика технического обслуживания, возможности учета затрат на ремонты автомобиля	Отсутствие карты для отображения пройденного маршрута, статистики по поездкам, облачной синхронизации данных между устройствами

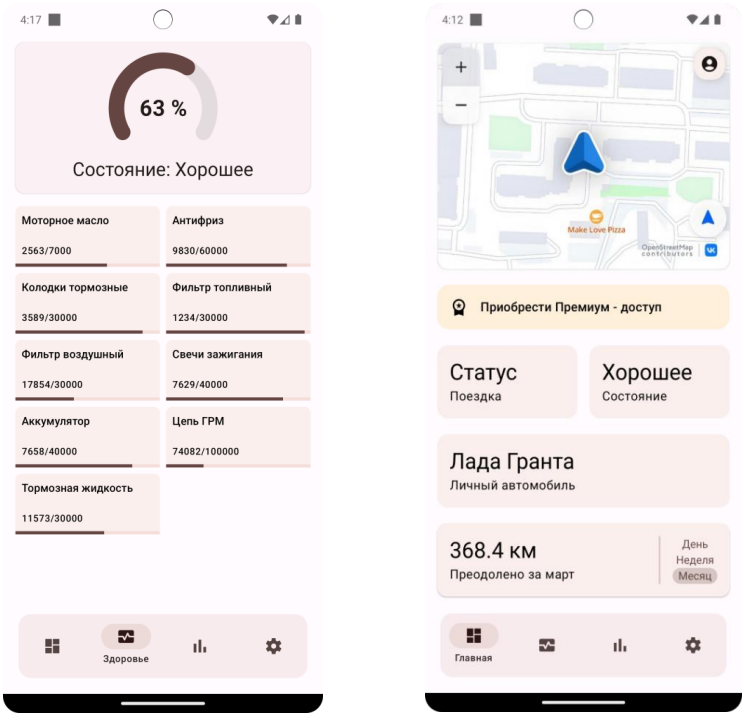
Результат разработки

В процессе реализации проекта было разработано мобильное приложение для операционной системы (ОС) «Android» версии 8. Выбор целевой ОС обусловлен количеством использования данной ОС [4] и версии [5] к общему числу устройств. Программный код был написан в среде разработки «Android Studio» на языке программирования «Kotlin», поскольку данные инструменты поддерживаются разработчиками ОС. Хранение постоянных данных реализовано посредством использования библиотеки «Room», предоставляющей инструменты объектно-ориентированного программирования для работы с СУБД «SQLite».

Интерфейс мобильного приложения разработан с использованием фреймворка «Jetpack Compose», предоставляющим декларативный подход к разработке экранов, с учетом принципов дизайн-системы «Material Design 3» и с возможностью смены основного цвета приложения и темы.

Приложение после получения необходимых разрешений в фоновом режиме анализирует выполняемые пользователем действия (такие как прогулка, бег, проезд на велосипеде и автомобиле). Анализ производится на основе данных сенсоров смартфона, конвертируемых библиотекой «Activity Recognition API» [6] в конечный тип передвижения. Когда приложение распознает тип передвижения как проезд на автомобиле, оно отправляет пуш-уведомление и начинает отслеживать местоположение пользователя. Приложение использует данные о пробеге автомобиля и вносимые пользователем истории обслуживания для отслеживания состояния расходных материалов (рис. 1а). При приближении срока замены расходника приложение отправляет водителю уведомление с напоминанием. Это помогает своевременно заменять изношенные детали, обеспечивая безопасность и продлевая срок службы автомобиля. Просмотреть записанные данные пользователь может в кратком формате на главном странице (рис. 1б) и полностью на соответствующих экранах.

Для реализации функционала синхронизации между устройствами, а также сбора аналитических данных был создан сервер, разработанный с использованием языка программирования «Kotlin» и фреймворка «Ktor». Хранение данных организованно использованием СУБД «PostgreSQL». Также было использовано ПО «Docker Compose» для развертывания сервера на удаленном хостинге.



а б

Рис. 1. Изображения экранов: а – Экран состояния компонентов; б – главный экран

Заключение

В результате выполнения работы на этапе проектирования были сформулированы технические требования к системе, разработаны варианты использования приложения, а также спроектирована архитектура будущего проекта: проанализированы и выбраны необходимые компоненты и библиотеки, создан макет интерфейса мобильного приложения и сформированы таблицы базы данных.

На этапе реализации было разработано мобильное приложение для устройств под управлением ОС «Android», предоставляющее функции авторизации пользователя, определения типа передвижения и отслеживания местоположения, расчета износа отдельных компонентов автомобиля, сохранения данных передвижения и их анализа. Также спроектирован сервер для облачного хранения данных и поддержки функционала синхронизации данных между устройствами.

Список использованных источников

1. Ежегодно в результате ДТП в мире гибнут 1,3 млн человек // Новости ООН: сайт. – 2024. – URL: https://news.un.org/ru/story/2023/05/1441072 (дата обращения: 11.02.2023).

2. Об утверждении Стратегии безопасности дорожного движения в Российской Федерации на 2018-2024 годы от 08 января 2018 // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов: сайт. – 2024. – URL: https://docs.cntd.ru/document/556323639 (дата обращения: 17.02.2023).

3. ГОСТ Р 53559-2009 Автомобильные транспортные средства. Фильтры и элементы фильтрующие очистки топлива двигателей с принудительным зажиганием. Общие технические требования // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов: сайт. – 2024. – URL: https://docs.cntd.ru/document/1200080385 (дата обращения: 05.03.2023).

4. Mobile Operating System Market Share Worldwide // Statcounter: сайт. – 2024. – URL: https://gs.statcounter.com/os-market-share/mobile/worldwide (дата обращения: 21.01.2023).

5. Приложения в Google Play – aCar - Car Management, Mileage // Приложения в Google Play: сайт. – 2024. – URL: https://play.google.com/store/apps/details?id=com.zonewalker.acar (дата обращения: 27.02.2023).

6. Drivvo App // Drivvo App: сайт. – 2024. – URL: https://www.drivvo.com/ru (дата обращения: 27.02.2023).

7. MyCar.Mobi // MyCar.Mobi: сайт. – 2024. – URL: https://mycar.mobi/ (дата обращения: 27.02.2023).

8. Mobile & Tablet Android Version Market Share Worldwide // Statcounter: сайт. – URL: https://gs.statcounter.com/os-version-market-share/android/mobile-tablet/worldwide (дата обращения: 21.01.2023).

9. Activity Recognition API // Google for Developers: сайт. – 2024. – URL: https://developers.google.com/location-context/activity-recognition (дата обращения: 02.02.2023).

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ И АНАЛИЗА ИНЦИДЕНТОВ О СОСТОЯНИИ ГЕНЕРИРУЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ

Крылов Т.Д. [1], Цецуро Н.А. [1], Раевская Е.А. [2]
[1] Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, группа ПИб-201,
e-mail: timofey.krylov.0206@gmail.com, nikitkatsetsuro@gmail.com
[2] Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева,
Институт информационных технологий машиностроения и автотранспорта, к.т.н., доцент,
e-mail: helenara@mail.ru

Аннотация

Для улучшения контроля и анализа показателей готовности генерирующего оборудования разрабатывается программный комплекс, который позволит структурировать объекты оборудования генератора, автоматизировать ряд функций, таких как регистрация диспетчерских заявок о состоянии генерирующего оборудования, поступающих с электростанций, а также учет инцидентов о проведении плановых и аварийных работ, что влияет на уровень недопоставки мощности.

Ключевые слова: электрическая мощность, генерирующее оборудование, недопоставка мощности, инцидент.

Введение

В современном мире энергетические системы играют ключевую роль в обеспечении жизненно важных потребностей общества, будь то предприятия, домашние потребители или крупные промышленные комплексы. Согласно новой версии Правил оптового рынка электроэнергии (мощности) (далее – ОРЭМ) [1] с сентября 2006 года предусмотрена возможность торговли специальным ресурсом – генерирующей мощностью. Это означает, что участники рынка могут приобретать право требовать готовность генераторов к производству электроэнергии определенного качества в необходимом объеме для обеспечения непрерывного и надежного электроснабжения.

Цель торговли мощностью – обеспечить надежную электроэнергию. Оптовые покупатели должны покрывать затраты производителей на оборудование и готовность. Несоблюдение готовности увеличивает риск отключения потребителей. Торговля помогает генерирующим компаниям покрыть расходы на оборудование, обеспечивая стабильность энергоснабжения. Зависимость от объема производства может привести к нестабильности в случае изменений в потреблении энергии или на рынке. Обеспечение стабильной работы оборудования требует эффективного контроля и анализа.

Контроль и анализ показателей готовности оборудования важны для оценки его состояния и аварийности, а также для расчета неоплаты мощности. Это ежедневная и ручная работа, которая может замедлить сбор и анализ данных, что напрямую влияет на оперативность и качество принимаемых решений.

Для повышения оперативности и обоснованности принятия решений при оценке и анализе показателей готовности генерирующего оборудования было принято решение разработать программный комплекс, который позволял бы:

- структурировать все имеющиеся объекты генерирующего оборудования ООО «Сибирская генерирующая компания» в виде иерархического дерева, которое позволяет производить анализ показателей готовности в различной степени агрегации, а также имеет гибкую структуру для минимизации трудозатрат на редактирование объектов генерации;
- ускорить и упростить работу дежурных, автоматизировать часть функций, осуществляемых в настоящее время в ручном режиме, таких как: регистрация диспетчерских заявок о состоянии генерирующего оборудования, получаемых с электростанций; регистрация инцидентов на основе диспетчерских заявок;
- автоматизировать учет инцидентов о состоянии генерирующего оборудования и их последующую сверку с данными, публикуемыми АО «Системным оператором Единой энергетической системы» (далее СО) в личном кабинете участника ОРЭМ;
- создать единую базу данных для хранения условно-постоянных и почасовых значений показателей готовности генерирующего оборудования, необходимых для контроля качества мощности;

- реализовать возможность автоматизированного сбора предварительных фактических итогов работы на ОРЭМ за отчётный месяц в части выполнения показателей готовности;
- повысить скорость работы с данными, их сохранность, целостность и надёжность системы в целом.

Описание программного комплекса

В рамках разрабатываемого программного комплекса реализуются следующие бизнес-процессы:

1. Добавление и редактирование объектов генерации (электростанций, групп точек поставки генерации, единиц генерирующего оборудования и т.д.).
2. Добавление и редактирование условно-постоянных и помесячных данных для расчёта показателей готовности.
3. Работа с почасовыми показателями готовности по группам точек поставки генерации и фиксация инцидентов.
4. Подведение месячных итогов – анализ качества мощности по итогам месяца на основании оперативных данных и фактических данных СО.
5. Формирование отчётности.
6. Добавление в систему пользователей и редактирование прав доступа.

Программный комплекс предполагает наличие следующего *разграничения прав доступа пользователей*.

- администратор данных: настраивает права доступа, изменяет оборудование и расписание загрузки;
- аналитик: заполняет параметры оборудования, проводит расчеты итогов;
- дежурный: контролирует показатели готовности, регистрирует инциденты.

В качестве платформы для разработки комплекса была выбрана .Net 8(C#), модель разработки – ASP.NET Core MVC, база данных – PostgreSQL технология для доступа к БД – Entity Framework Core. Клиентская часть реализована с использованием языка гипертекстовой разметки (HTML), каскадных таблиц стилей (CSS) и JQuery – набора функций JavaScript, фокусирующихся на взаимодействии JavaScript и HTML. Для работы с Excel файлами используется библиотека «EPPlus» версии 4.

Интерфейс пользователя содержит 4 основных модуля для работы с данными и представлен на рисунке 1.

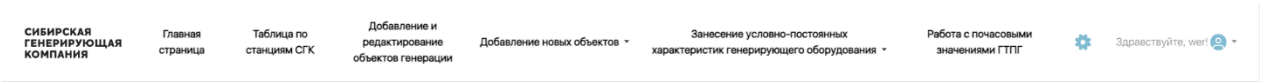


Рис. 5. Модули программного комплекса

1. *Модуль структуры объектов генерирующего оборудования.*

Добавление объектов генерации осуществляется пользователем с ролью администратор данных после разворачивания информационной системы, а также при появлении новых объектов генерации в процессе работы. Бизнес-процесс реализуется через модуль добавления и редактирования, который включает в себя графический интерфейс и программную часть взаимодействия с БД (рис. 2).



Рис. 2. Страница добавления данных о генерирующем оборудовании

Добавление объектов осуществляется в следующем порядке: электростанция – ГТПГ – РГЕ – ЕГО – НБЛЧ – Котёл – группа ЕГО для ВСВГО – ГТПП – настройка Агрегации электростанций. Для каждого типа объекта заполняется определённый список полей.

Редактирование объектов генерации осуществляется в случае добавления новых или исключения существующих объектов, а также при изменении состава агрегирующих объектов, таких как ГТПГ, РГЕ, группа ЕГО для ВСВГО (например, переход ЕГО из одной ГТПГ в другую) или при изменении настроек агрегации электростанций (например, переход электростанции от одного дежурного к другому). Также возможна комбинация добавления и редактирования объектов. Например, при выделении ЕГО в новую ГТПГ, сначала создаётся новая ГТПГ, после чего ЕГО переносится из существующей ГТПГ в новую.

Результат – гибкое дерево оборудования, упрощающее анализ готовности на разных уровнях и минимизирующее время на редактирование объектов генерации.

2. Модуль добавления и редактирование условно-постоянных и помесячных данных для расчёта показателей готовности.

Бизнес-процесс занесения условно-постоянных характеристик генерирующего оборудования осуществляется через модуль внесения и редактирования условно-постоянных характеристик.

Модуль содержит два раздела (рис. 3):

- внесение и корректировка условно-постоянных характеристик ЕГО – заполняется на основании актов об общесистемных параметрах и характеристиках генерирующего оборудования и реестра фактических параметров СО;
- внесение и корректировка помесячных данных по ГТПГ для расчёта показателей готовности – заполняется на основании реестра предельных объёмов СО, информации о тарифах на мощность, предварительной информации о неготовности участия в регулировании. Данные вносятся сотрудником в роли *аналитик*.

После завершения процесса «Добавление и редактирование объектов генерации» осуществляется внесение и корректировка основных параметров и характеристик ЕГО. Эти данные берутся из актов и реестров СО с указанием времени начала действия параметров.

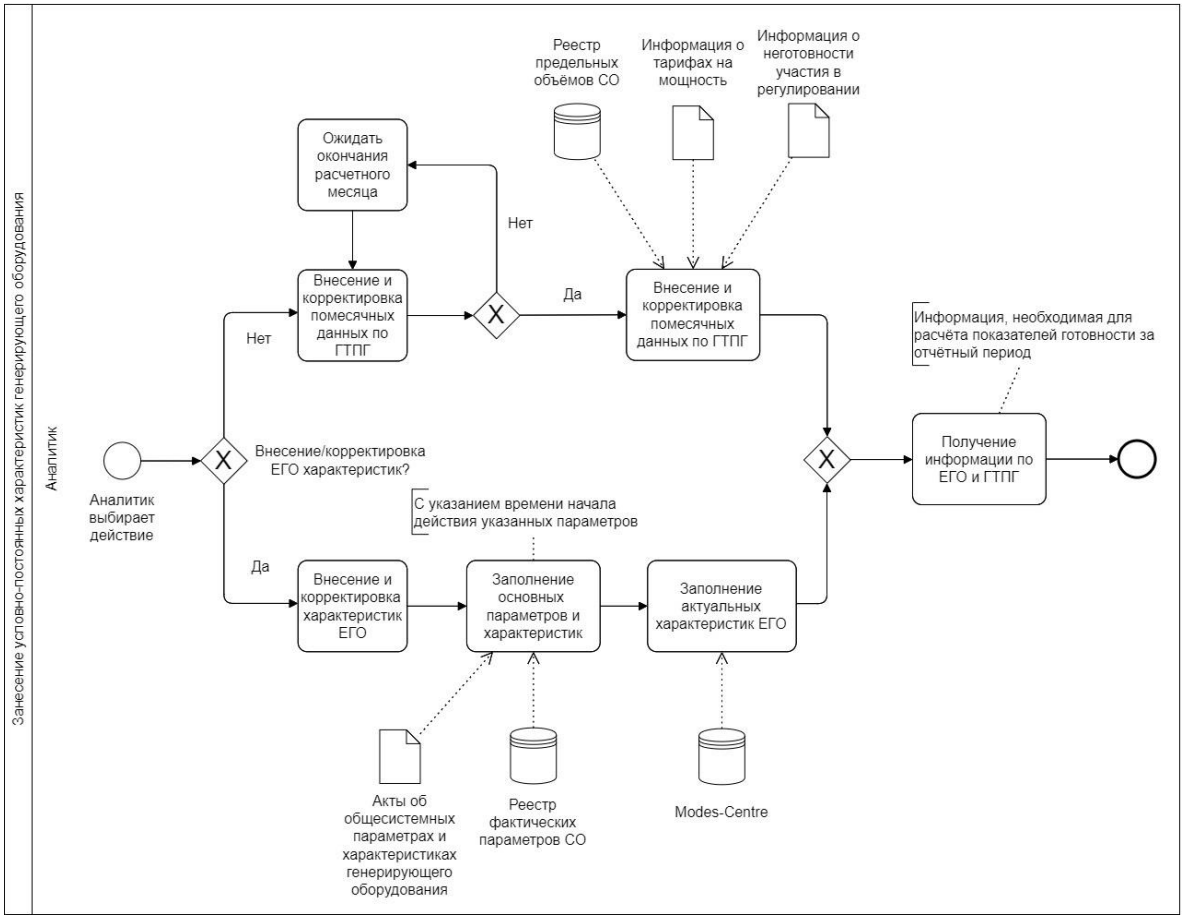


Рис. 3. Занесение условно-постоянных характеристик генерирующего оборудования

Почасовые показатели ГТПГ включают в себя:

- послойное отображение почасовых значений показателей готовности по каждой ГТПГ на выбранную дату;
- отображение действующих на выбранную дату помесячных расчётных значений;
- запуск принудительной загрузки отчётов СО за выбранную дату;
- ручная корректировка показателей готовности с указанием слоя редактирования данных;
- отображение инцидентов, действующих на выбранную дату;
- отнесение снижения мощности по показателям готовности на инциденты, действующие на выбранную дату;
- сохранение внесённых данных.

Помесячные показатели ГТПГ:

- послойное отображение среднесуточных значений показателей готовности по каждой ГТПГ за выбранный месяц;
- отображение действующих на выбранный месяц расчётных значений;
- отображение инцидентов, действующих в течение всего выбранного месяца (ОПРЧ, реактивная мощность, ограничения сверх заявленных в КОМ, СОТИАСОО);
- отнесение снижения мощности по показателям готовности на инциденты, действующие в течение всего выбранного месяца;
- сохранение внесённых данных;
- принудительный запуск загрузки итоговых месячных отчётов СО;
- сравнение итоговых показателей готовности с предварительными данными.

Результатом бизнес-процесса является информация по ЕГО и ГТПГ, необходимая для расчёта показателей готовности за отчётный период.

3. Модуль работы с почасовыми показателями готовности по ГТПГ и фиксации инцидентов.

Настоящий бизнес-процесс является ключевым и выполняется ежедневно *дежурными сотрудниками* в модуле работы с почасовыми значениями ГТПГ [2].

На основании информации, полученной из диспетчерских заявок, поступаемых со станций, дежурные вручную заполняют почасовое снижение мощности по ГТПГ на максимально возможный срок для расчёта ожидаемого прироста неоплаты в предстоящий период (рис. 4).

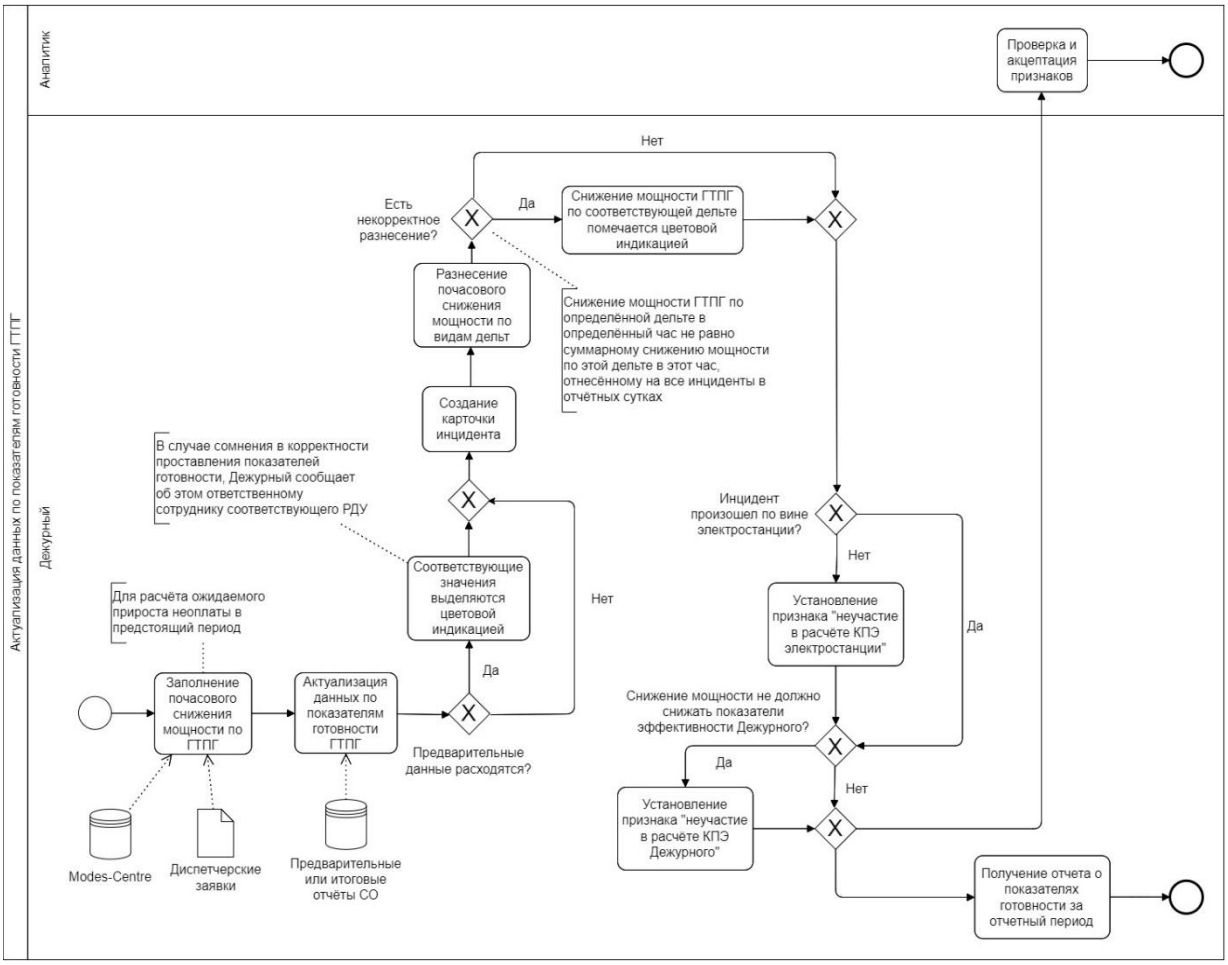


Рис. 4. Работа с почасовыми значениями ГТПГ

За прошедший период данные по показателям готовности ГТПГ актуализируются из предварительных или итоговых отчётов СО, которые могут загружаться в автоматическом режиме загрузчиком и принудительно Дежурным. В случае расхождения предварительных данных, внесённых Дежурными вручную, с данными СО, соответствующие значения выделяются цветовой индикацией. В случае сомнения в корректности проставления показателей готовности Дежурный сообщает об этом ответственному сотруднику соответствующего РДУ.

После заполнения показателей готовности по ГТПГ всё снижение мощности должно быть разнесено по оборудованию, принадлежащему соответствующей ГТПГ. Для этого создаётся карточка инцидента, в которой указывается информация об объекте генерации, на котором произошёл инцидент (электростанция, ГТПГ, ЕГО), категория и вид ремонта, ремонтное снижение, время начала и окончания инцидента.

После заполнения карточки инцидент появляется в интерфейсе почасовых показателей по ГТПГ на всём периоде действия инцидента. Дежурный относит почасовое снижение мощности по видам дельт на инциденты, происходившие в отчётных сутках. Если снижение мощности ГТПГ по определённой дельте в определённый час не равно суммарному снижению мощности по этой дельте в этот час, отнесённому на все инциденты в отчётных сутках, это событие помечается цветовой индикацией.

При оценке инцидентов в ходе почасового распределения дежурные имеют возможность исключить их влияние на ключевые показатели эффективности электростанции. Это осуществляется в случаях, когда инцидент не является результатом действий электростанции или

дежурного, и его учет не приведет к ухудшению показателей эффективности последнего. Такой подход позволяет сохранить объективность оценки работы дежурного персонала. После проставления указанных признаков они должны быть проверены и акцептованы сотрудником с правами аналитика.

Результатом процесса является отчет о готовности на конец месяца, включающий данные об оплате и поставке энергии на станциях. Отчет предоставляет информацию для анализа текущих показателей и принятия решений.

Заключение

Программная реализация перечисленных модулей позволит сделать процесс контроля и анализа учета показателей готовности генерирующего оборудования более качественным и оперативным, а соответственно улучшить финансовый результат участника оптового рынка путем снижения сумм недопоставок и неоплаты мощности.

Список использованных источников

1. Об электроэнергетике [Текст]: федеральный закон от 26.03.2003 – №35-ФЗ; в ред. от 14.02.2024. – М. – 2003. – 180 с.
2. Регламент «Определения объемов фактически поставленной на оптовый рынок мощности» от 26.11.2010 с изменениями от 24.01.2024 года / Приложение №13 к Договору о присоединении к торговой системе оптового рынка. – М, 2010. – 88 с

РАЗРАБОТКА ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ

Тур К.Е.[1], Соколова В.В.[2],
[1] Томский политехнический университет, студент гр. 8К02 ОИТ ИШИТР, e-mail: ket4@tpu.ru
[2] Томский политехнический университет, к.т.н., доцент ОИТ ИШИТР, e-mail: veronica@tpu.ru

Аннотация

В данной работе представлена разработка веб-приложения, автоматизирующего процессы управления проектами. Описывается значимость использования информационных систем для оптимизации управления проектами и развития организаций. В статье подробно описываются функциональные возможности приложения, его особенности и потенциальные преимущества.

Ключевые слова: управление проектами, веб-приложение, Agile, Scrum, Lean.

Введение

В наше время управление проектами играет ключевую роль в достижении бизнес-целей компаний. С постоянным ростом сложности задач, возникающих перед организациями, а также необходимостью эффективного взаимодействия между участниками проекта, становится ясной актуальность разработки удобных инструментов для эффективного управления проектами.

Целью данной работы является проектирование и разработка веб-приложения (Далее система), которое не только соответствует современным требованиям в области управления проектами (Agile [1], Scrum [2], Lean [3]), но также предоставляет пользователю удобный интерфейс для отслеживания задач, управления ресурсами, координации работ и повышения производительности.

Описание системы

Система управления проектами, представленная в рамках данного веб-приложения, разработана с учетом современных требований к эффективному управлению задачами и ресурсами.

Основные характеристики и функциональные возможности разрабатываемой системы:

1. Создание и управление проектами:
   - возможность создания проектов с указанием основных параметров (название, описание, дата начала, дедлайн);
   - возможность добавления и удаления участников проекта с определением их ролей (администратор, участник, наблюдатель).
2. Создание и управление задачами:
   - возможность создания задач с подробным описанием, приоритетом, сроками выполнения и прикреплением файлов;
   - возможность назначения ответственных за задачи и редактирование статусов задач (новая, в работе, завершена, отложена и так далее).
3. Отслеживание прогресса:
   - графическое представление прогресса проекта и статусов задач на дашборде;
   - возможность отслеживания времени, затраченного на выполнение задач;
   - предоставление календаря и диаграммы Ганта для визуализации планов.
4. Коммуникация и совместная работа:
   - возможность комментирования задач для обмена мнениями между участниками.
   - встроенные уведомления для быстрого оповещения участников о новых комментариях.
5. Фильтрация и поиск:
   - возможность фильтрации задач по различным параметрам (статус, приоритет, ответственный и так далее).
6. Безопасность и управление доступом:
   - система авторизации с разными уровнями доступа для различных ролей пользователей.
   - возможность управления конфиденциальной информацией и правами доступа.

Эта система предоставляет все необходимые инструменты для успешного управления проектами, позволяя командам эффективно сотрудничать, соблюдать сроки выполнения задач и достигать

поставленных целей. Всего было выделено 3 актора: пользователь без регистрации, авторизованный пользователь и администратор проекта. На рисунке 1 представлена UML-диаграмма для авторизованного пользователя.

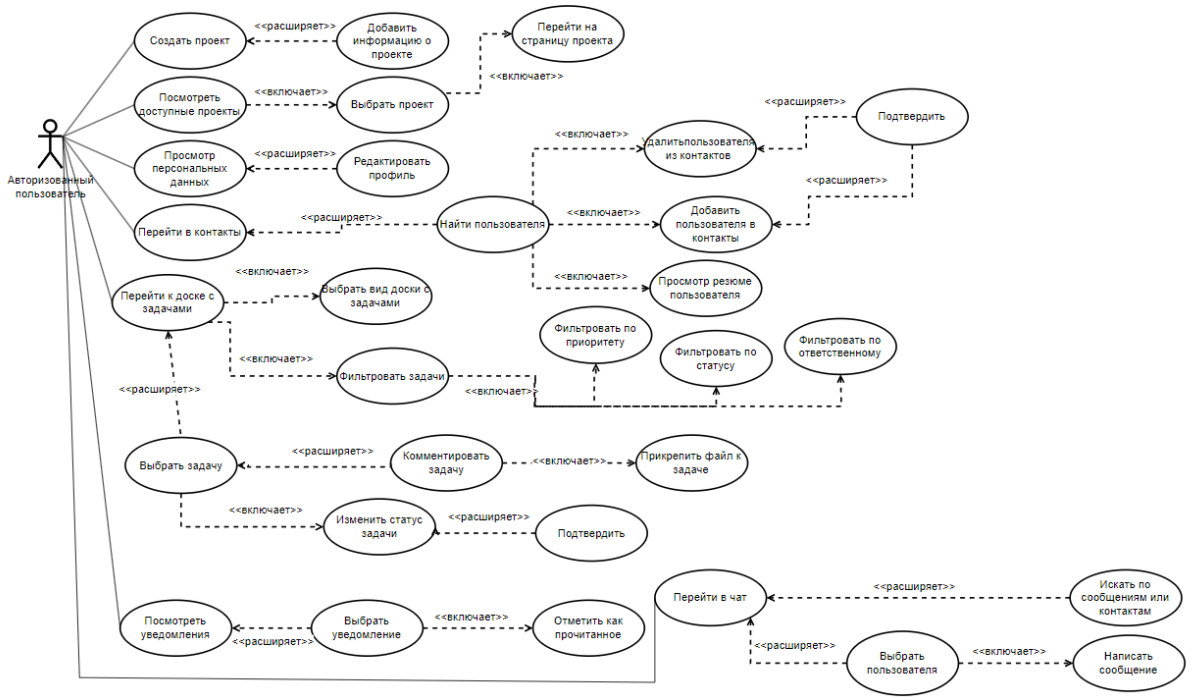


Рис. 1. Диаграмма прецедентов для авторизированного пользователя

Веб-приложение представляет собой систему, включающую в себя:

1. Подсистему «Меню», предназначенную для быстрой навигации в приложении.
2. Подсистему «Регистрация пользователя в системе», предназначенную для регистрации и авторизации пользователя.
3. Подсистему «Информация о проекте», предназначенную для предоставления статистики о проекте.
4. Подсистему «Канбан-доска», предназначенную для визуализации и эффективного управления задачами в формате «канбан». Пользователи смогут легко перемещать задачи между колонками, отражающими различные этапы выполнения проекта, что позволит им отслеживать и контролировать ход работы.
5. Подсистему «Контакты», предназначенную для управления контактами и информацией о членах команды. Пользователи смогут просматривать профили коллег, участников проекта, а также осуществлять быстрый доступ к контактной информации для эффективного взаимодействия.
6. Подсистему «Чат», предназначенную для обеспечения коммуникации между пользователями.
7. Подсистему «Личный кабинет», предназначенную для просмотра личной информации.
8. Подсистему «Настройки», предназначенную для установки опций приложения в соответствии с предпочтениями пользователя. В этом разделе можно настроить оповещения, языковые предпочтения, темы интерфейса и другие параметры, чтобы максимально адаптировать приложение к индивидуальным требованиям пользователя.

Результаты разработки

В ходе разработки системы были реализованы «Front-End» и «Back-End» части веб-приложения с применением библиотеки «React» [4], языка «TypeScript», фреймворка «Django» [5] и языка «Python».

В приложении пользователь может настроить персональные уведомления и предпочтения, адаптируя их к своему графику и задачам. Функциональность системы предоставляет возможность создания пользовательских дашбордов. На рисунке 2 представлен интерфейс разработанного веб-приложения.

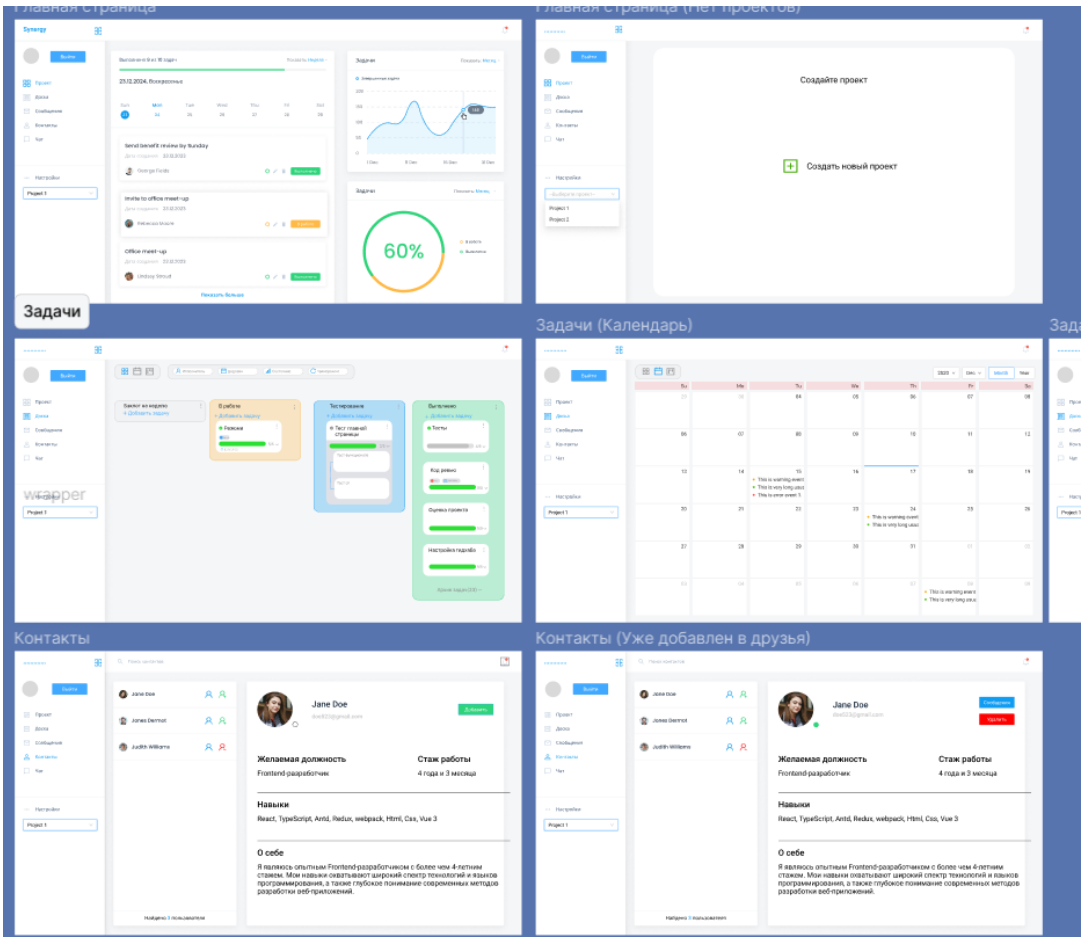


Рис. 2. Интерфейс веб-приложения

Созданные программные модули делают данное веб-приложение мощным инструментом для управления проектами, обеспечивая пользователей всем необходимым для достижения целей.

Важным аспектом является также возможность масштабирования веб-приложения, что обеспечивает его эффективную работу как для небольших команд, так и для крупных предприятий.

Заключение

В ходе выполнения работы было спроектировано и разработано веб-приложение для управления проектами, предоставляющее широкие функциональные возможности. Система включает в себя подсистемы, охватывающие все ключевые аспекты управления проектами, начиная от создания и отслеживания задач, заканчивая визуализацией прогресса. Каждая подсистема разработана с учетом современных требований к удобству использования и эффективности.

Список использованных источников

1. Прагматичное руководство Atlassian по agile-разработке: «Agile»: «Что такое методология Agile? // ATTLASSIAN: сайт. – 2024. – URL: https://www.atlassian.com/ru/agile.html.

2. «Scrum»: что это за методология простыми словами // SkillFactory Media: сайт. – 2023. – URL: https://blog.skillfactory.ru/glossary/scrum. html.

3. «Lean»: Lean-методология //Worksection: сайт. – 2024. – URL: https://worksection.com/blog/lean.html

4. «React»: library for web and native user interfaces // React: сайт. – 2024. – URL: https://ru.legacy.reactjs.org.html.

5. «Django: The web framework for perfectionists with deadlines» // Django: сайт. – URL: https://www.djangoproject.com.html.

РАЗРАБОТКА И ТЕСТИРОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ТИПОВЫХ ОБЪЕКТОВ НА ИЗОБРАЖЕНИИ

Злыдарев Н.В.[1], Логунова О.С.[2], Тюлюмов А.Н.[3]
[1] ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова», группа АВб-20-11, e-mail: nekit777.net@gmail.com
[2] ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова», доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой вычислительной техники и программирования, e-mail: logunova66@mail.ru
[3] ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова», группа АВб-20-11, e-mail: tulumov.a@yandex.ru

Аннотация

Целью исследования является повышение точности и достоверности информации, получаемой при исследовании промышленных зданий и сооружений, а именно информации о типовых объектах. В результате сравнительного анализа ранее созданных решений выявлены их преимущества и недостатки. Для достижения целей исследования определен метод поиска и разработан программный модуль для идентификации типовых объектов на изображении.

Ключевые слова: типовые объекты, программный модуль, идентификация, изображение, шаблоны

Введение

Поиск типовых объектов является одной из задач при исследовании состояния зданий и сооружений. Здания и сооружения имеют свойство изнашиваться, что в дальнейшем приводит к их разрушению. Последствия несут исключительно негативный характер: убытки для предприятий в виде дополнительных расходов на восстановление помещений, а также повышенный риск получения травм для сотрудников. Для предотвращения разрушений производственные объекты подвергаются систематическим исследованиям и осмотрам специалистами в сфере промышленной безопасности. Одной из задач является исследование типовых объектов. Под типовыми объектами понимаются элементы зданий и сооружений, имеющие одну форму, цвет или назначение. В данном исследовании приводятся два типа подобных элементов. К первой группе типовых элементов отнесли вентиляционные дефлекторы. Дефлектор – это специальный круглый цилиндрический колпак для вентиляционной или дымоходной трубы [1]. Данный тип элементов оказывает активное участие в организации воздушного потока, а именно – создает тягу. При его разрушении или деформации нарушается воздушный поток, что в свою очередь оказывает негативное влияние на здоровье сотрудников. Для того, чтобы узнать состояние дефлекторов, специалисты производят визуальный осмотр производственного объекта, на котором они расположены, а именно крыши здания или сооружения. Данный подход имеет высокие временные затраты ввиду того, что сотруднику отдела промышленной безопасности необходимо получить доступ к объекту и добраться до него. Также ввиду наличия провалов в кровле и других повреждений, которые присутствуют на большинстве исследуемых объектов, повышается риск причинения вреда здоровью специалиста. К типовым объектам, рассмотренным в исследовании, также относятся ветровые ограждения. Ветровые ограждения – это различные искусственные ограждения, защищающие здание от разрушений, которые возникают из-за высокой скорости ветра [2]. К последствиям выхода из строя ветровых ограждений относят разрушение кровли крыши.

На рисунке 1 представлена часть крыши производственного объекта с вентиляционными дефлекторами и ветровыми ограждениями.

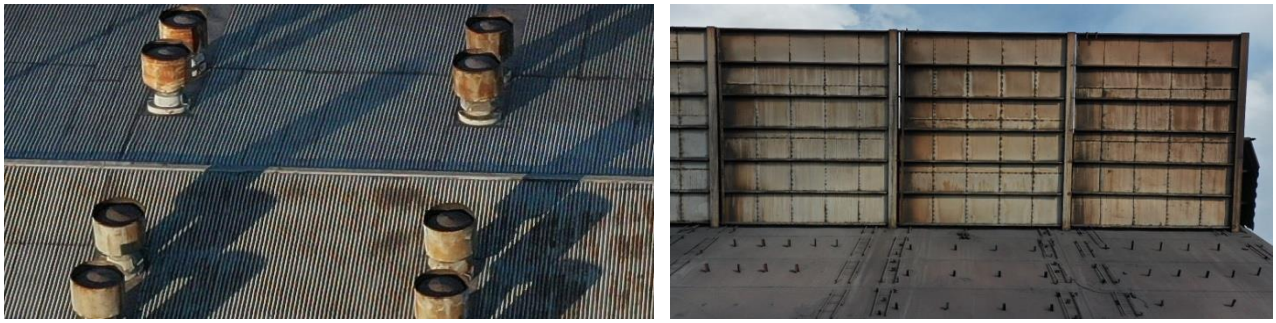


Рис. 1. Пример типовых объектов расположенных на крышах промышленных зданий

В дополнение к упомянутым типовым объектам, также относятся различные компоненты, прикрепленные к зданиям и строениям. Исчислить или указать точное число таких объектов сложно ввиду их разнообразных назначений и конструкций, однако утверждается, что все эти типовые объекты, присутствующие на зданиях и сооружениях, выполняют определенные функции, нарушение которых приводит к различным негативным последствиям.

Решение задачи о распознавания типовых объектов разделены на три основные группы: разработки связанные со сбором информации на труднодоступных объектах [3-4]; разработки, предназначенные для обработки изображений [5-6]; группа работ по обнаружению рельефных особенностей и городских целей [7-8].

Исследование, представленное в статье [3], направлено на получение нового понимания об использовании беспилотных летательных аппаратов для осмотра зданий и сооружений и сбора информации об их состоянии в труднодоступных местах. В работе [4] представлена классификация и полный перечень наиболее распространённых дефектов возникающих при повреждениях конструкций строительного типа, которые выявляются при стадии визуального контроля.

В статье [5] указано, что большинство существующих работ в сфере детальной категоризации и поиска изображений сосредоточены на поиске похожих изображений одного и того же вида и часто придают наименьшее значение межвидовому сходству. Однако такие сходства содержат видовые корреляции. К ним относят одинаковые элементы, которые полезны при систематике. В данной статье представлено решение задачи детального поиска, которая ищет похожие экземпляры у разных видов на основе частей объекта. Используется двухэтапная обработка. На первом этапе производится идентификация визуально похожих частей с помощью сверточной нейронной сети. На втором этапе производится ранжирование идентифицированных объектов для улучшения видового разнообразия.

Повышение точности и удовлетворение требований к обнаружению малоразмерных целей в режиме реального времени является актуальной темой исследования. В статье [6] предложен подход к обнаружению целей, основанный на поиске пиков плотности по сетке. Во-первых, ввиду небольшого размера инфракрасной цели для предварительной обработки необработанных инфракрасных изображений введен фильтр «*Top-hat*» для увеличения области цели. Затем изображение разделяется на блоки с помощью разделения сетки. По сравнению с оригинальным методом поиска пиков плотности по каждому пикселю предложенный алгоритм повышает скорость обнаружения за счет обеспечения точности. Область малой потенциальной цели определяется методом увеличения области в серой шкале, и конечные малые цели сегментируются по пороговому значению. Для малых инфракрасных целей отслеживание целей используется улучшенный алгоритм отслеживания корреляционной фильтрации «*KCF*». Для решения проблемы потери цели в процессе отслеживания «*KCF*» необходимо использовать фильтрацию Калмана. Комбинация алгоритма обнаружения и отслеживания повышает производительность в режиме реального времени. Результаты экспериментов показывают, что в сравнении с несколькими аналогами алгоритма обнаружения и сопровождения инфракрасных малых целей метод, предложенный в данной статье, обладает высшим показателем точности и скорости обнаружения.

Исследование, описанное в работе [7], представляет подход к поиску объектов на изображении, основанный на концепции морфлетных описаний. В отличие от традиционных методов, данный подход не требует использования скользящего окна и пирамид изображений в процессе обработки. Тем не менее, данный подход позволяет достичь эффективного обнаружения объектов даже при минимальных данных о типах и форме искомых объектов и относится к классу необучаемых алгоритмов. К недостаткам метода, описанного в этом исследовании, относится особенность, заключённая в том, что он подходит для обнаружения крупных объектов сложной формы в различных масштабах и для обнаружения объектов небольших размеров не подходит. Таким образом, данный метод подходит для использования на этапе предварительного обнаружения объектов, с последующей обработкой более сложными алгоритмами.

Программный продукт [8] предназначен для эффективного поиска объектов на изображении и сохранения его координат. Использован предобученный классификатор, что в свою очередь указывает на возможность поиска различных объектов. Алгоритм поиска основан на модифицированном методе Виолы-Джонса. Предложен метод исследования фотоизображения с помощью каскада бинарных классификаторов с учетом его поворота на различные углы и масштабы. При успешной идентификации, объект выделяется на изображении. Высокая скорость работы предложенного алгоритма обусловлена использованием бинарного классификатора, который состоит из большого множества деревьев

решений, узловые операции которых являются сравнением яркостей пикселей. Степень идентификации настраивается пороговым значением на выходе всего дерева. К недостаткам данного решения относится обязательное наличие предобученного классификатора и набор компиляторов *GCC* (*GNU Compiler Collection*).

В результате анализа ранее созданных решений сделан вывод, что для задачи поиска типовых объектов на изображении не существует подходящего программного продукта. Ни один из предложенных методов не позволяет идентифицировать вышеуказанные пилотные типовые объекты (вентиляционные дефлекторы и ветровые ограждения). Основными решениями являются применение нейросетей. При этом такой подход имеет ряд недостатков. Нейросеть требуется обучать (специалисту, который имеет опыт в данной сфере), при этом этот процесс крайне сильно влияет на качество идентификации объектов (при плохой подборке изображений, то есть, когда объект не отличим от фона). Также данный процесс отнимает значительно больше времени, чем подготовка альтернативных методов. К достоинствам же данного подхода относится то, что такой подход способен идентифицировать объекты при изменении масштаба и угла поворота исходного изображения. При этом все тестовые изображения, обработанные нейросетью в вышеуказанных работах, не содержат мелких объектов, которые не выделяются на общем фоне (например, как вентиляционные дефлекторы, которые мало заметны на крыше). Такие объекты тяжело идентифицируются. Остальные решения имеют аналогичные недостатки в рамках подготовки при смене объектов, но при этом не способны идентифицировать типовые объекты при сильном изменении масштаба и при повороте изображения или объекта. Целью, направленной на решение проблемы, является разработка нового программного продукта для поиска типовых объектов. При разработке учтены все достоинства и недостатки ранее созданных решений, теоретических и практических разработок. За основу взят метод сравнения исходного изображения с шаблонами искомого объекта. Такой подход имеет удовлетворительные в рамках данного исследования временные затраты на поиск объектов. При его использовании не требуется затрачивать время на обучение нейросети и не требуются специальные навыки подготовки. Вместо этого формируется специальная папка с шаблонами объекта, при различных его деформациях и изменениях. Таким образом достигается гибкая настройка программного продукта для поиска различных типов объектов. Данный процесс имеет ряд особенностей, о которых подробнее упоминается в основной части. Также разработан функционал, отвечающий за масштабирование исходного изображения, что решает проблему разной удаленности искомого объекта. Учтены особенности влияния освещенности на поиск объектов.

Программный модуль, разработанный авторами, позволяет контролировать состояние типовых объектов. Сотрудники при использовании данного продукта не подвергаются риску травматизма. Снижаются временные затраты при сравнении с визуальным осмотром. Минимизируется субъективность оценки специалистов при использовании модуля.

Основная часть

В рамках исследования поставлена задача разработки программного продукта для поиска типовых объектов на изображении. При разработке учитывались методы, использованные в ранее созданных решениях, их достоинства и недостатки. Программный продукт, а именно его основная часть, функция идентификации объектов, интегрируется в единую систему (*web*-приложение). Для выявления особенностей и недостатков производилось тестирование с фиксацией результатов.

Составлен алгоритм, который производит поиск типовых объектов на фотографиях промышленных зданий и сооружений. Изображения для обработки получают с помощью использования БПЛА (беспилотного летательного аппарата). Такое решение является оптимальным для данной задачи ввиду того, что человек не подвергается риску при исследовании, о котором упоминалось ранее в работе. Также благодаря использованию БПЛА изображения получаются с разных ракурсов и на различной удаленности. Единственным недостатком является то, что зачастую изображения, сделанные с БПЛА, имеют дефекты. Под дефектами в данном исследовании понимаются изображения с слишком светлыми или слишком темными участками, которые стремятся к белым и черным цветам. В рамках исследования проанализировано 100 фотографий. Для каждого изображения зафиксированы значения яркости (минимальное, максимальное, среднее значение). Это позволило выявить необходимость создания механизма гибкой настройки параметров программного продукта. Также для изображений с типовыми объектами указано среднее значение яркости областей, где они расположены. Важной особенностью является состояние объектов. Зачастую они имеют следы

коррозии и разрушений. На данном этапе исследования не предполагается автоматизация оценки состояния типовых объектов. При этом требуется идентифицировать объекты, которые имеют незначительные повреждения (не влияющие на выполнение их основных функций). Повреждения объектов оказывают существенное влияние на точность обработки. Именно поэтому при формировании шаблонов необходимо учитывать, какие объекты и в каком состоянии следует добавлять в соответствующую типу объекта папку. Стоит отметить, что для идентификации объектов с незначительными повреждениями достаточно понизить значение коэффициента совпадения. В случае, когда объект имеет сильные повреждения или он полностью отсутствует, его выделение невозможно. При не выделении объекта, который по мнению специалиста является искомым, необходимо скорректировать шаблоны. Изображения производятся на различном удалении от объекта, для решения этой особенности потребовалось применить метод масштабирования. Учитывая данные требования и особенности, разработан оптимальный алгоритм, который основан на методе сопоставления шаблонов типовых объектов с каждой областью исходного изображения. Данный метод не требует обучения, в отличие от нейросети, и имеет высокую точность идентификации. Под высокой точностью идентификации понимается выделение более 80% искомых объектов на изображениях. Сопоставление с шаблоном является методом обнаружения местоположения шаблона на исходном изображении. Использовалась библиотека «*OpenCV*» предназначенная для обработки изображений. Она имеет встроенную функцию «*cv.matchTemplate()*», которая в свою очередь перемещает изображение шаблона по исходному (аналогично 2D свертки) и сравнивает указанные области. Степень «схожести» изображений при использовании данного метода определяется при помощи специальной метрики. Шаблон объекта сравнивается со всеми участками исходного изображения, и производится подсчет отклонения между каждой частью изображения и самим шаблоном. Затем определяется положение шаблона, при котором отклонение является минимальным, и это место считается местом искомого объекта. В данном случае для расчета корреляции между двумя изображениями (текущим шаблоном и текущим изображением) используется метод «*CCOEFF_NORMED*», реализованный по следующей формуле:

$$R(x,y)=\frac{\sum_{x',y'}(T'(x',y')\cdot I'(x+x',y+y'))}{\sqrt{\sum_{x',y'}T'(x',y')^2\cdot\sum_{x',y'}I'(x+x',y+y')^2}}, \quad (1)$$

где x, y – координаты пикселя на исходном изображении; x', y' – координаты пикселя на шаблоне объекта; I – обозначает изображение; T – шаблон объекта; R – результат.

Значение «схожести» необходимо сопоставить с коэффициентом совпадения. Коэффициент совпадения задается пользователем и влияет на точность идентификации объектов. Если значение «схожести» превышает коэффициент, то выбранная область содержит искомый объект. В рамках поставленной задачи необходимо производить подсчет количества типовых объектов и выделять их местоположение на исходном изображении. Для выделения использован метод «*drawContours*». Стоит отметить, что все вышеописанные операции выполняются для каждого масштаба изображения. Границы масштабирования задаются пользователем в диапазоне от 0 до 100%. Масштабирование происходит с применением встроенной функции «*cv.resize*». Шаг масштабирования составляет 5%, связано это с тем, что его уменьшение приведет к увеличению временных затрат. В результате работы алгоритма в пользовательский интерфейс выводится обработанное изображение и количество идентифицированных объектов.

Время обработки изображения в рамках данной работы имеет среднее значение. При этом оно составляет от 2 до 12 секунд для тестовых изображений. Для обработки изображений на рисунке 1 потребовалось 9,5 и 11 секунд соответственно. На время обработки оказывает влияние количество шаблонов искомого объекта, в данном случае в папках находилось 59 изображений шаблонов вентиляционных дефлекторов и 80 изображений ветровых ограждений. Также время обработки зависит от границ масштабирования: чем больше диапазон значений, тем больше время обработки. В вышеуказанном примере левая граница составила 50%, а правая – 85% для изображения с вентиляционными дефлекторами, а для изображения с ветровыми ограждениями – 60% и 80%.

В рамках разработки программного продукта поднята проблема идентификации объектов при повороте исходного изображения и искажении объектов. Для решения данной проблемы необходимо формировать шаблоны с учетом возможности их искажения, то есть добавлять в папку изображения объектов под разным углом, в том числе под разными углами поворота. Тем самым достигается

идентификация объекта при изменении его положения на изображении. При незначительном искажении объекта достаточно уменьшить значение коэффициента совпадения.

Как упоминалось ранее, модуль для поиска типовых объектов является частью единой системы принятия решений о техническом состоянии опасного производственного объекта. В связи с этим произведена интеграция функции обработки изображения в *web*-приложение, что позволило повысить уровень удобства пользования программным продуктом. В отличие от консольных и десктоп-версий, *web*-приложение не требует обновлений на каждой отдельной системе. Также данная версия имеет расширенный функционал. В специальном окне строится гистограмма исходного изображения. На основе полученных данных делается вывод о распределении пикселей на изображении, что позволяет точнее настроить параметры обработки. Присутствует возможность «обрезки» исходного изображения. Данная функция позволяет уменьшить область поиска, тем самым уменьшив ложные определения объектов. В рабочей области расположены три основные вкладки: подготовка, обработка и предпросмотр. В вкладке «подготовка» располагается интерфейс для создания гистограмм и вывода ее в рабочую область экрана. Справа от вышеуказанной вкладки расположена кнопка «обработка», которая открывает окно, содержащее элементы интерфейса для «обрезки», три ползунка для настройки параметров (коэффициента совпадения (75.0-85.0%) и границ масштабирования (0-100%)), а также выпадающий список для выбора типа шаблонов. Во вкладке «предпросмотр» выводится обработанное изображение и количество идентифицированных объектов.

Результаты

Для разработанного программного продукта выполнено тестирование. Оно проводилось для консольной и *web*-версии программного продукта. В рамках данного исследования для составления тест-плана выдвигались требования и определялись области, которые необходимо протестировать:

1) проверка функционала *web*-приложения: дымовые тесты, тесты критического пути;

2) проверка работы алгоритмов, реализованных в программном модуле для обнаружения типовых объектов на изображении, на выборке, состоящей из 100-ста изображений зданий, сооружений и элементов инфраструктуры (использовались шаблоны для 2 видов объектов: вентиляционные дефлекторы и ветровые ограждения);

3) проверка совпадения результатов обработки изображений *web*-версии с консольной версией.

Запуск кода на исполнение проводился с применением динамического тестирования. Процентный показатель покрытия требованиями тест-кейсов равен 100 %. Каждый тест кейс покрыт требованиями. Дымовые тесты приведены в таблице 1.

Таблица 1

Дымовые тесты

ID	Название
BDF-1	Авторизация, пилот-технолог, загрузка изображения
BDF-2	Авторизация, пилот-технолог, загрузка изображения с форматом, отличным от jpg
BDF-3	Работа с изображением, просмотр изображения и гистограмм
BDF-4	Работа с изображением, настройка параметров
BDF-5	Работа с изображением, обрезка изображения
BDF-6	Работа с изображением, обработка целиком, запуск обработки
BDF-7	Работа с изображением, обработка целиком, запуск обработки, просмотр и сохранение результата
BDF-8	Работа с изображением, выбор нового типа шаблонов, запуск обработки, просмотр результата
BDF-9	Авторизация, пилот-технолог, загрузка изображения с БПЛА, с видеопотока, с Интернета, с телефона (формат jpg)
BDF-10	Авторизация, пилот-технолог, загрузка изображения с кириллицей в путях, обработка

На тестах BDF-1 и BDF-3 обнаружена проблема с загрузкой нескольких изображений подряд с небольшим временным интервалом. При выполнении теста BDF-10 изображение не загружалось, в связи с чем потребовалась доработка программного продукта. Данные дефекты устранены на этапе тестирования. После 100 %-го успешного прохождения тест-кейсов уровня дымового тестирования выполнялись тесты критического пути, которые указаны в таблице 2.

Таблица 2

Тесты критического пути

ID	Название
BDF-11	Авторизация, пилот-технолог, загрузка изображения, установка значений параметров, сохранение результатов, выход из аккаунта
BDF-12	Авторизация, пилот-технолог, загрузка изображения, две обрезки и обработки, выход из аккаунта
BDF-13	Авторизация, пилот-технолог, загрузка изображения, смена типа шаблонов, выход из аккаунта

Дефектов в результате выполнения тестов критического пути не выявлено. Произведен расчет метрик (для *web*-версии), указывающих на: успешное прохождение тест-кейсов (80 %), общее устранение дефектов (100 %), текущее устранение дефектов (100 %) и выполнение тест-кейсов (100 %).

Отмечена особенность, которая указывает на то, что при снижении яркости следует уменьшить значение коэффициента совпадения. Связано это с тем, что область искомого объекта искажается, и шаблон не всегда возможно идентифицировать. Как упоминалось ранее, тестирование является неотъемлемой частью любого исследования. Именно благодаря качественному тестированию удалось не допустить появления недостатков в итоговой версии программного продукта.

Заключение

Прямого аналога программному продукту для поиска типовых объектов на изображении, который способен идентифицировать указанные авторами типовые объекты, не выявлено. При сравнении с программами [7, 8] для поиска объектов предложенный метод отличается легкостью и универсальностью при использовании на большом количестве различных типовых объектов. Для смены типа объектов не требуется затрачивать время на обучение нейросети (время, которое невозможно точно указать, так как оно напрямую зависит от количества исходных изображений) или на другие трудоемкие задачи, которые присутствуют при смене типа объектов в вышеописанных методах. Также важным преимуществом является то, что сформировать шаблоны способен человек без специальных знаний и опыта в программировании. В дальнейшем возможна доработка программного модуля для использования в других сферах.

Работа выполняется по договору №247715 от 05.07.2021 г. между ПАО «ММК» и ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова» «Разработка и применение методик контроля территорий, зданий и сооружений ПАО «ММК» с использованием беспилотных воздушных судов (БВС)».

Список использованных источников

1. Дефлекторы для вентиляции: виды, принцип действия, расчет необходимого количества и мощности // Кровельный Гид: сайт. – 2019. – URL: https://krovgid.com/communikacii/deflektor-dlya-ventilyacii.html.

2. Разрушение крыш и других конструкций от ветра // Строительство и недвижимость: сайт. – 2007. – URL: https://nestor.minsk.by/sn/2007/46/sn74601.html.

3. Results of a pilot experiment on monitoring the condition of buildings and structures using unmanned aerial vehicles / Narkevich M.Yu., Logunova O.S., Kalandarov P.I. et al. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: 2nd International Conference on Energetics, Civil and Agricultural Engineering 2021 (ICECAE 2021): article in the proceedings of the conference. Tashkent: IOP Science. – 2021. – vol. 939. – P. 012030. – doi: 10.1088/1755-1315/939/1/012030.

4. Наркевич, М.Ю., Корниенко В.Д., Полякова М.А. Визуальный контроль как основа для разработки автоматизированных систем дистанционного контроля и оценки качества зданий и сооружений на опасных производственных объектах // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2021. – № 5. – С. 570–576. – doi: 10.24412/2071-6168-2021-5-570-576.

5. Searching by parts: Towards fine-grained image retrieval respecting species correlation / Cheng P., Anoop C., Rushi L., Xiaonan L., Hongxun Y. // Gene Expression Patterns. – 2023. – vol. 47. – P. 119304. – doi: 10.1016/j.gep.2023.119304.

6. Real-time detection and tracking of infrared small targets based on grid fast density peaks searching and improved KCF / Peimin Y., Shengbo Y., Qiuyu Z., Tao Z., Wennan C. // Infrared Physics & Technology. – 2022. – vol. 123. – P. 104181. – doi: 10.1016/j.infrared.2022.104181.

7. Поиск объектов на изображении с использованием морфлетных описаний / Визильтер Ю.В., Горбацевич В.С., Вишняков Б.В., Сидякин С.В. // Компьютерная оптика. – 2017. – Т. 41. – № 3. – С. 406–411. – doi: 10.18287/2412-6179-2017-41-3-406-411.

8. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018663741. Модуль поиска координат объекта на изображении / Бутенко В.А.; заявитель Бутенко В.А.; заявл. 10.10.2018. опубл. 10.10.2018.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ КОНТЕЙНЕРИЗАЦИИ ДЛЯ СБОРКИ И ДОСТАВКИ МУЛЬТИСЕРВИСНОГО ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ

Маркер В. А.[1], Кочегурова Е. А.[2]
[1]Томский политехнический университет, ОИТ ИШИТР, гр. 8ВМ31, e-mail: vam52@tpu.ru
[2]Томский политехнический университет, ОИТ ИШИТР, доцент, e-mail: kocheg@tpu.ru

Аннотация

В работе рассматривается процесс сборки и поставки мультисервисного веб-приложения, реализующего функционал автоматизированного рабочего места маркетолога. Описаны особенности контейнеризации компонентов системы с использованием *Docker*, а также управление набором контейнеров с помощью утилиты *Compose*.

Ключевые слова: контейнеризация, Docker, микросервисная архитектура.

Введение

Современные веб-приложения все чаще состоят из нескольких взаимодействующих компонентов. Архитектуру приложений, организованных таких образом, называют микросервисной. Развитие микросервисной архитектуры является ответом на потребность бизнеса в создании гибких и масштабируемых систем, чье функционирование не зависит от одного монолитного блока, а предполагает комбинирование различных сервисов. Этот подход находит всё более широкое применение в современных информационных технологиях.

Было разработано мультисервисное веб-приложение – автоматизированное рабочее место маркетолога-поставщика товаров. Это решение отвечает на потребность современного рынка в инструментах, способствующих повышению эффективности маркетинговых исследований, оптимизации как процесса работы с клиентами, так и расходов на проведение маркетинговых кампаний.

Целью настоящей работы является организация сборки и поставки разработанного веб-приложения в виде, максимально приближенном к коробочному – готовому к передаче заказчику. Развитие технологий контейнеризации, особенно платформы Docker, предоставляет эффективные инструменты для достижения этой цели, позволяя автоматизировать процессы сборки и развертывания приложений, что непосредственно отражается на ускорении и упрощении поставки программных продуктов.

Описание веб-приложения

Веб-приложение автоматизированного рабочего места (АРМ) маркетолога включает серверную и клиентскую части. Пользовательский интерфейс состоит из следующих компонентов:

– информационная панель аналитики (статистика продаж, портрет потребителя);

– панель управления целевыми аудиториями (формирование по личностным и поведенческим критериям);

– панель управления маркетинговыми кампаниями (формирование персональных предложений, оценка их эффективности).

Серверная часть приложения была разработана с использованием микросервисной архитектуры. На рисунке 1 представлена структурная схема веб-приложения.

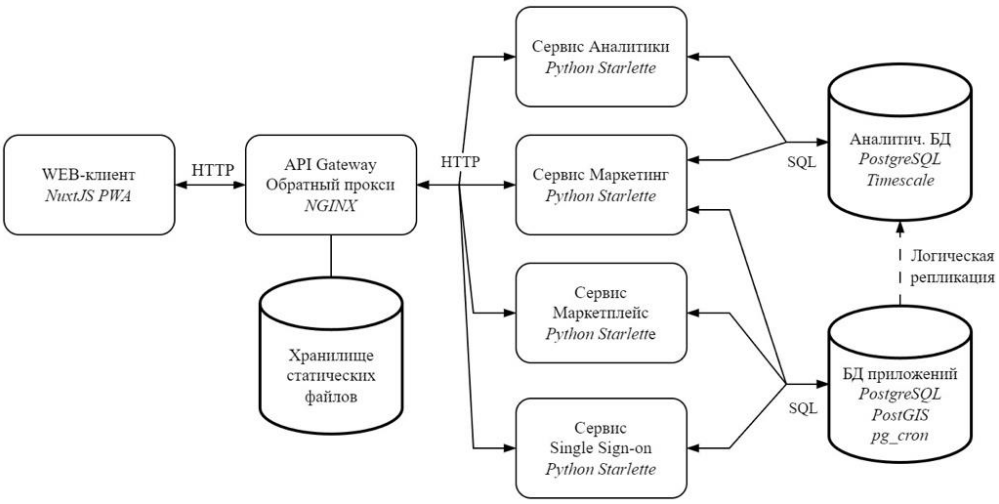
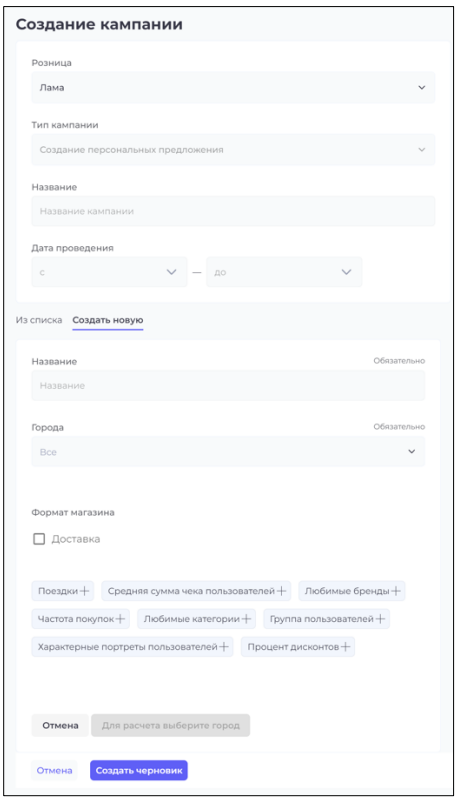
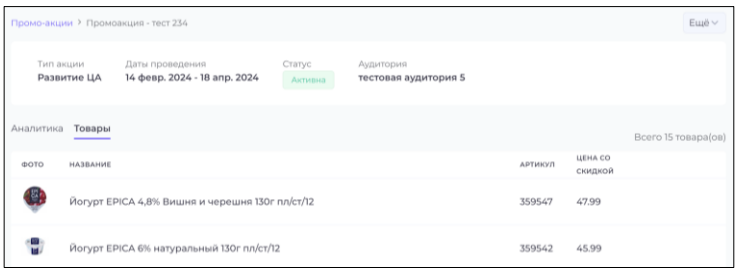


Рис. 1. Структурная схема веб-приложения

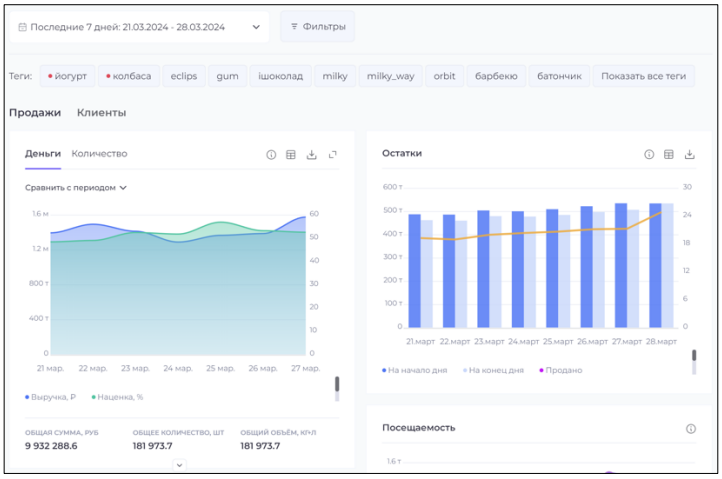
Веб-клиент – пользовательский интерфейс, реализованный в виде *HTML5 SPA* (Single Page Application) с использованием фреймворка *NuxtJS* [1]. На рисунке 2 представлены некоторые фрагменты пользовательского интерфейса АРМ маркетолога.



а



б



в

Рис. 2. Интерфейс АРМ маркетолога:
а – форма создания черновика маркетинговой кампании,
б – панель управления маркетинговой кампанией,
в – информационная панель «Аналитика»

API Gateway. Обратный прокси и сервер статических файлов Nginx [2], организующий единую точку доступа к сервисам Backend.

Backend-сервис Single Sign-On (SSO) – HTTP-сервер, реализующий API OAuth2 [3] для аутентификации и авторизации, а также предоставляющий WEB-клиенту общую информацию о пользователе и его правах.

Backend-сервис Аналитика – HTTP-сервер, предоставляющий API для получения агрегированных данных о продажах в разрезе конкретных товаров, категорий товаров, конкретных магазинов и городов; данных о потребителях в разрезе их демографических характеристик, поведенческих паттернов и местоположения. Также в рамках сервиса выполняются периодические задачи расчёта таблицы факто о пользователях, необходимой сервису Маркетинг.

Backend-сервис Маркетинг – HTTP-сервер, предоставляющий API для управления целевыми аудиториями и маркетинговыми кампаниями и реализующий соответствующую бизнес-логину: формирование персональных предложений на основе различных стратегий, доставка информации о предложениях и акциях клиентам.

Backend-сервис Маркетплейс – HTTP-сервер, предоставляющий API для управления ассортиментом, карточками товаров: ценами, описанием, постоянными скидками. Также в рамках сервиса выполняются периодические выгрузки номенклатуры торговой сети и данных о финансовых транзакциях (покупках).

Для хранения исторических данных и выполнения аналитических запросов используется СУБД PostgreSQL [4] с установленным расширением Timescale DB [5]. Расширение предоставляет функции, упрощающие обработку данных временных рядов, автоматического секционирования и сжатия реляционных таблиц.

Прикладная логика backend-сервисов также требует хранилище данных, в качестве которого используется отдельный экземпляр PostgreSQL с установленными расширениями PostGIS для работы с географическими данными и pg_cron для запуска периодических задач внутри СУБД.

Контейнеризация компонентов

Контейнеризация – это набор технологий, позволяющих упаковывать приложения и их зависимости в изолированные модули – контейнеры. Эти модули являются переносными и могут быть запущены в рамках любой среды, обеспечивая максимально возможную совместимость и независимость от окружения. Кроме того, такие платформы контейнеризации как *Docker* [6] предоставляют механизмы для автоматизации развертывания и управления запущенными контейнерами.

Далее приведено описание процесса контейнеризации компонентов системы.

1. API Gateway и WEB-клиент.

Веб-клиент – это HTML5-приложение. Чтобы сделать его доступным для конечных пользователей достаточно веб-сервера статических файлов. Также необходимо организовать единую точку входа для всех запросов к бэкенд-сервисам. Для этого используется сервер обратного прокси *Nginx*. Разработчики *Nginx* предоставляют готовый образ контейнера [7], который можно использовать в качестве базового для API Gateway.

Так как веб-клиент реализован с использованием фреймворка NuxtJS его код нужно предварительно скомпилировать. Эту процедуру можно выполнить во время сборки образа контейнера. Негативным фактором является то, что в этом случае система сборки NuxtJS и другие зависимости также попадут в конечный образ контейнера, что увеличит его размер. Платформа Docker предоставляет возможность многоэтапной сборки образов контейнеров, что позволяет выполнить сборку приложения в одном контейнере и использовать другой контейнер для его запуска.

Разработчики *NodeJS* (среда выполнения JavaScript), необходимого для сборки веб-клиента, предоставляют готовый образ контейнера, который можно использовать в качестве базового для контейнера-сборщика [8].

Сборка образа контейнера API Gateway состоит из следующих шагов:

1. Копирование файлов манифеста JavaScript приложения в файловую систему контейнера-сборщика, основанного на образе NodeJS.
2. Установка зависимостей, необходимых для сборки проекта.
3. Копирование исходного кода приложения в файловую систему контейнера-сборщика.
4. Сборка WEB-приложения.
5. Копирование статических файлов собранного приложения из файловой системы контейнера-сборщика в файловую систему контейнера-сервера, основанного на образе Nginx Alpine Slim.

6. Копирование шаблона конфигурации Nginx в файловую систему итогового контейнера. Данный файл определяет правила маршрутизации HTTP-трафика, как для статических файлов, так и для конечных точек Backen-сервисов.

Значения шаблонных параметров определяются переменными среды, с которыми запущен контейнер. Логика выполнения шаблонизации конфигурации и запуска веб-сервера реализована в базовом образе Nginx.

Рисунок 3 иллюстрирует описанные шаги, а также содержит команды Dockerfile, необходимые для выполнения многоэтапной сборки.

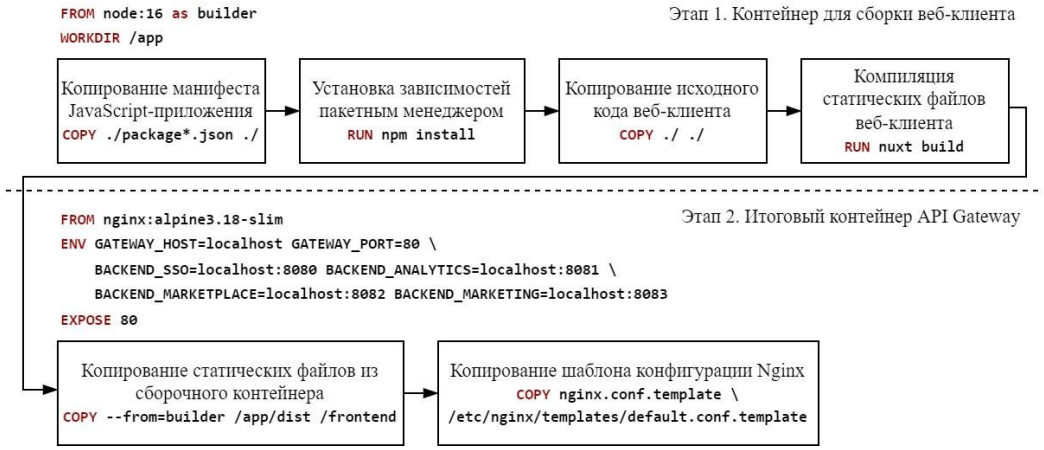


Рис. 3. Этапы сборки образа контейнера API Gateway с указанием команд Dockerfile

Применение многоэтапной сборки позволило уменьшить размер итогового образа контейнера на 95 % с 1,46 ГБ при использовании NodeJS в качестве веб-сервера, до 65,1 МБ при использовании Nginx.

2. Backend-сервисы.

Все backend-сервисы АРМ маркетолога реализованы на интерпретируемом языке программирования Python. Он не требует компиляции, поэтому во время сборки образов контейнеров необходимо только установить соответствующие зависимости, скопировать исходный код и файлы конфигурации, а также определить команду запуска веб-сервера. Разработчики Python предоставляют в общее пользование образы контейнеров с предустановленным интерпретатором языка и пакетным менеджером. В качестве базового был выбран образ, основанный на облегчённом Debian 10 [10] с предустановленным Python 3.10.

В отличии от WEB-клиента, для сборки которого были необходимы только публично доступные зависимости, backend-сервисы требуют установки библиотек из частного git-репозитория [11]. В эти библиотеки были вынесены некоторые утилиты, общие для всех сервисов. Доступ к частному репозиторию можно получить через SSH-подключение. При этом нельзя допустить, чтобы ключи доступа или иные данные аутентификации SSH остались в образе контейнера после сборки. Специально для таких случаев платформа Docker предоставляет директиву, позволяющую выполнить любую команду процесса сборки, пробросив сессию клиента SSH с хостовой операционной системы.

Сборка контейнера каждого backend-сервиса состоит из следующих шагов:

1. Внутрь контейнера с помощью встроенного пакетного менеджера устанавливаются пакеты *openssh-client* и *git*. Также производится подготовка служебных директорий SSH-клиента, чтобы он был способен выполнить подключение к удалённому серверу с частным git-репозиторием.

2. В файловую систему контейнера копируется файл *requirements.txt*, содержащий список зависимостей Python-приложения.

3. Выполняется установка зависимостей через пакетный менеджер *pip*. Сессия SSH-клиента пробрасывается с хостовой системы при помощи параметра *–mount=type=ssh*.

4. В файловую систему контейнера копируется исходный код backend-сервиса.

Рисунок 4 иллюстрирует описанные шаги, а также содержит команды Dockerfile, выполняющие сборку, а также другую метаинформацию о контейнере: базовый образ; рабочую директорию; точку подключения раздела, содержащего файлы конфигурации приложения; команду, с которой будет запущен сервис.

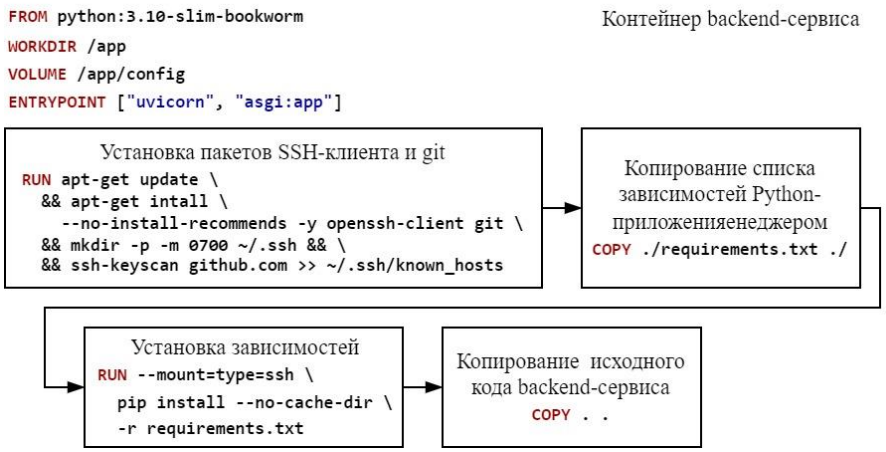


Рис. 4. Этапы сборки образа контейнера backend-сервиса указанием команд Dockerfile

Стоит обратить внимание, что размер полученного отдельного образа контейнера получится не минимально возможным, т. к. пакеты, установленные для загрузки зависимостей, остались в файловой системе контейнера.

Чтобы избежать этого, необходимо выполнить установку пакетов openssh-client и git, затем установку зависимостей Python-приложения и последующее удаление вышеуказанных пакетов в рамках одной команды *RUN*. В этом случае системные зависимости не будут зафиксированы в файловой системе ни одного слоя контейнера, за счёт чего удастся уменьшить размер образа с 575 МБ до 486 МБ.

Негативным фактором описанного подхода является увеличения времени сборки образа при изменении списка зависимостей. Это связано с тем, что слой, созданный командой *RUN*, установившей зависимости, не будет кеширован отдельно. При этом, в первоначально описанной конфигурации данный слой может быть переиспользован между образами контейнеров всех backend-сервисов.

3. СУБД PostgreSQL.

Экземпляры используемых СУБД также могут быть контейнеризованы. Разработчики PostgreSQL предоставляют официальные образы контейнеров с предустановленной СУБД. Один из этих образов может быть базовым при сборке с установкой требуемых расширений и последующим применением миграции реляционной схемы. Также возможно использование готовых образов контейнеров, предоставляемыми разработчиками самого расширения в случае с TimescaleDB [12] и сообществом в случае PostGIS и pg_cron [13].

Управление набором контейнеров

Для работы АРМ маркетолога требуется одновременное выполнение нескольких компонентов-контейнеров. Для облегчения процесса управления мультиконтейнерными приложениями платформа Docker предоставляет утилиту Compose [14]. Для её использования необходимо описать конфигурацию всех контейнеров в декларативном стиле в формате *YAML*. После этого появится возможность управлять их запуском, остановкой и сборкой минимальным набором команд.

Описанные раннее файлы Dockerfile, манифест Docker Compose, определяющий конфигурацию контейнеров веб-приложения АРМ маркетолога, а также набор команд, выполняющий сборку и запуск веб-приложения представлены в публичном репозитории [15].

Заключение

В рамках данной работы был рассмотрен процесс контейнеризации компонентов мультисервисного веб-приложения, реализующего функционал автоматизированного рабочего места маркетолога.

Были описаны особенности сборки и запуска контейнеров для различных компонентов системы. В частности, при сборке образа контейнера сервиса API Gateway была применена техника сборки в

несколько этапов, что позволило значительно уменьшить размер конечного образа (на 95 %). Также было рассмотрено управление набором контейнеров с помощью утилиты Docker Compose.

Применение технологий контейнеризации позволило упростить процесс развертывания и управления приложением, а также уменьшить накладные расходы на его поддержку.

Список использованных источников

1. Введение – Начало работы с Nuxt // Nuxt: интуитивно понятный фреймворк Vue: сайт. – 2024. – URL: https://nuxt.com/docs/getting-started/introduction.
2. Nginx: документация // Nginx: сайт. – 2024. – URL: https://nginx.org/ru/docs/.
3. OAuth 2.0 Authorization Framework // Auth0 by Okta: сайт. – 2024. – URL: https://auth0.com/docs/authenticate/protocols/oauth.
4. PostgreSQL: Documentation: 16: 1. What Is PostgreSQL? // PostgreSQL: сайт. – 2024. – URL: https://www.postgresql.org/docs/16/intro-whatis.html.
5. Get started with Timescale // Timescale documentation: сайт. – 2024. – URL: https://docs.timescale.com/getting-started/latest/.
6. Docker overview // Docker docs: сайт. – 2024. – URL: https://docs.docker.com/get-started/overview/.
7. Nginx – official image // Docker Hub: сайт. – 2024. – URL: https://hub.docker.com/_/nginx.
8. Node – official image // Docker Hub: сайт. – 2024. – URL: https://hub.docker.com/_/node.
9. Dockerfile reference // Docker Docs: сайт. – 2024. – URL: https://docs.docker.com/reference/dockerfile/.
10. Python – official image // Docker Hub: сайт. – 2024. – URL: https://hub.docker.com/_/python.
11. Сведения о GIT // Документация по GitHub: сайт. – 2024. – URL: https://docs.github.com/ru/get-started/using-git/about-git.
12. Install TimescaleDB from a pre-built container // Timescale documentation: сайт. – 2024. – URL: https://docs.timescale.com/self-hosted/latest/install/installation-docker/.
13. Docker image for PostgreSQL and Patrony // GitHub: сайт. – 2024. – URL: https://github.com/mmartinello/patroni-docker.
14. Docker Compose overview // Docker Docs: сайт. – 2024. – URL: https://docs.docker.com/compose/.
15. Контейнеризация. Дополнительные материалы // GitHub: сайт. – 2024. URL: https://github.com/victormarker/containerization-article-2024.

ИННОВАЦИОННАЯ ПЛАТФОРМА УПРАВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМ ПРОЦЕССОМ НА ОСНОВЕ КОГНИТИВНОГО ПОДХОДА

Шталина Е. С.[1], Пираков Ф. Д.[2], Клишин. А. П.[3]
[1] Томский государственный педагогический университет, ФМФ, 403 группа,
e-mail: shtalina@tspu.edu.ru
[2] Томский университет систем управления и радиоэлектроники, АОИ, аспирант,
e-mail: pfd@tspu.edu.ru
[3] Томский государственный педагогический университет, доцент каф. информатики,
e-mail: klishin@tspu.edu.ru

Аннотация

Статья посвящена созданию когнитивной подсистемы управления обучением в вузе на основе современных инновационных подходов к управлению образовательным процессом. Разработка инновационной платформы управления образовательным процессом вызвана открывающимися возможностями при решении широкого круга задач на базе электронного портфолио, связанных с привлечением алгоритмов искусственного интеллекта, современных веб-технологий, а также когнитивных моделей обучения.

Ключевые слова: цифровой профиль, когнитивный подход, система управления, электронное портфолио.

Введение

В настоящее время в области высшего образования методы поддержки принятия управленческих решений играют важную роль, позволяя менеджменту различного уровня эффективно управлять организациями за счет использования различных комплексных средств автоматизации и управления. В сфере цифровизации вузов существует потребность в поиске инновационных подходов к управлению образовательным процессом, который претерпевает заметные изменения под влиянием цифровых технологий. Цифровизация способствует ускоренному развитию цифровой грамотности и позволяет анализировать и формировать индивидуальные траектории обучения, выделяя группы предметов, в изучении которых учащиеся показывают наилучшие результаты [1-3].

Цифровое окружение с течением времени становится все более сложным и динамичным, появляется потребность в быстрой ориентации и реакции на различные ситуации, что требует выработки инновационных управленческих решений [4]. Поэтому в условиях быстро меняющейся цифровой среды требуется адаптивное управление образовательным процессом с применением когнитивного подхода. В связи с этим в настоящей работе была поставлена цель разработать платформу для управления образовательным процессом в вузе на основе когнитивного подхода с использованием данных из информационной системы электронного портфолио.

Подсистема управления образовательным процессом на основе когнитивного подхода

Благодаря развитию информационных технологий и внедрению высоко интегрированных информационных систем в университетское информационное пространство появилась возможность собирать, структурировать и анализировать данные через единую электронную информационно-образовательную среду (ЭИОС).

В проведенном исследовании были разработаны подсистема когнитивного управления и подсистема цифрового профиля обучающегося (ЦПО). Когнитивный подход к управлению слабоструктурированных систем направлен на разработку формальных моделей и методов, поддерживающих интеллектуальный процесс решения проблем благодаря учету в этих моделях и методах когнитивных возможностей (восприятие, представление, познание, понимание, объяснение) субъектов управления при решении управленческих задач [5].

Проведенное исследование учебно-образовательного процесса в вузе, а также данных, содержащихся в единой электронной образовательной среде, позволяет выявить необходимые данные для формирования дополнительной подсистемы управления с применением когнитивного подхода.

Используя методологию графического структурного анализа в нотации DFD, была разработана диаграмма потоков данных с модифицированной подсистемой управления обучением (рис. 1).

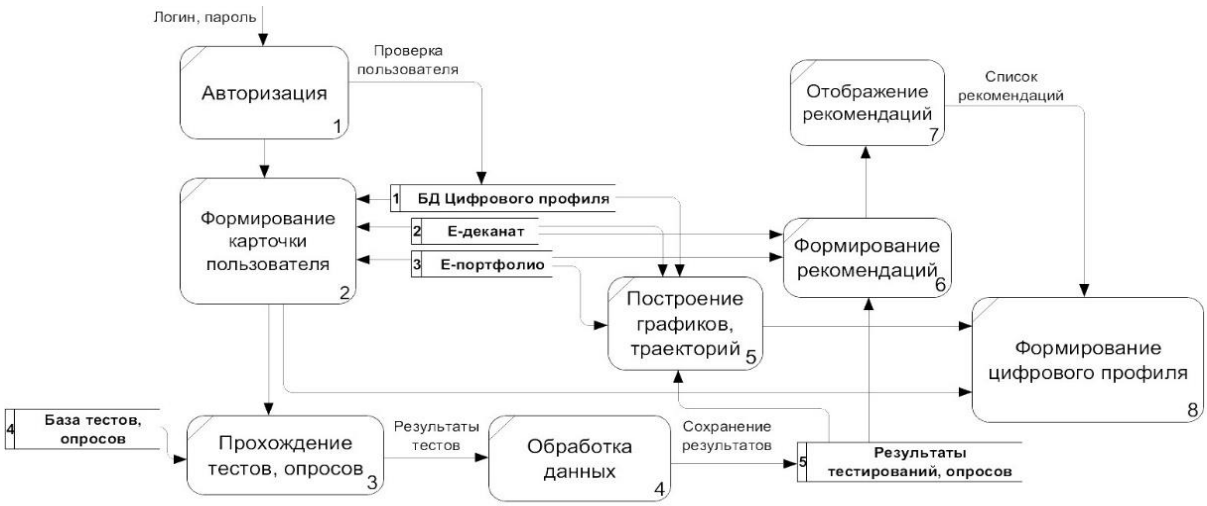


Рис. 1. Диаграмма потоков данных подсистемы когнитивного управления обучением

Цифровой профиль студента

При разработке когнитивной подсистемы ЦПО использовался фреймворк Django, реализующий паттерн Model-View-Template (MVT), который позволяет гибко управлять веб-приложениями и работать с базами данных. В качестве СУБД для работы с данными ЦПО была выбрана свободно распространяемая система управления базами данных MySQL, которая широко используется для разработки веб-систем и поддерживает работу с наиболее актуальными современными языками программирования. Для реализации построения когнитивных моделей, графиков и траекторий в работе используется библиотека для визуализации данных plotly. Преимущества применения данной библиотеки заключаются в возможности оперативного построения графиков в реальном времени, а также использовании интерактивных элементов. На рисунке 2 представлена когнитивная подсистема ЦПО.

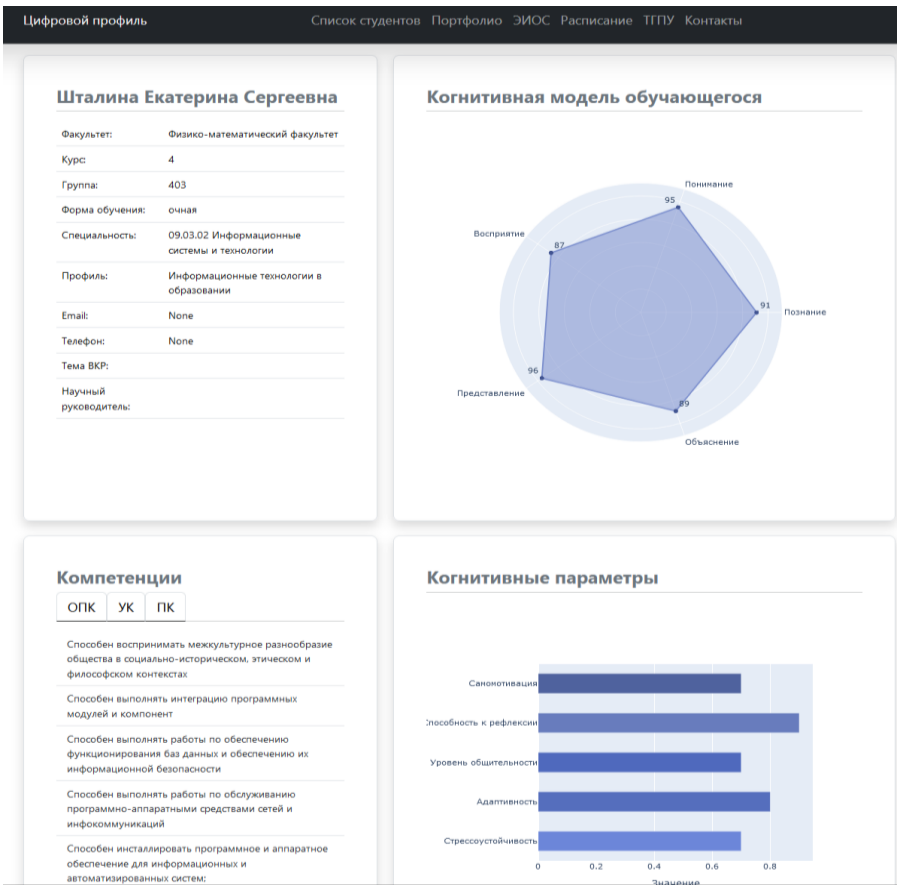


Рис. 2. Когнитивная подсистема цифрового профиля обучающегося

Цифровой профиль обучаемого (ЦПО) – это система для отображения специального набора образовательных и когнитивных параметров студента, а также веб-отображение образовательной траектории, полученной в процессе обучения в вузе [5]. ЦПО включает в себя данные образовательной и когнитивной модели обучающегося в вузе.

Образовательная модель студента или выпускника вуза рассматривается как совокупность освоенных знаний и приобретенных компетенций. Модель содержит набор учебных компетенций, список дисциплин, успеваемость (результаты зачетов и экзаменов), достижения в образовательной сфере (дипломы, грамоты, стипендии различного уровня и т.д.), а также набор личностных характеристик.

Для построение когнитивной модели обучаемого необходимо предварительно провести сбор и анализ когнитивных параметров обучающегося, используя психологические тесты. В ходе исследования были определены следующие тесты для определения когнитивных параметров: объем внимания, уровень интеллекта, слуховое восприятие, визуальная информация, визуальное пространство. Общее время тестирования – 45 минут. Данные, полученные в ходе тестирований, хранятся в базе данных результатов, которыми можно обмениваться с другими информационными подсистемами вуза.

Цифровой профиль реализован как встроенное веб-приложение системы электронного портфолио ТГПУ. Являясь компонентом информационной среды управления учебным процессом, ЦПО тесно связан и взаимодействует с внутренними информационными подсистемами университета (таблица 1).

Таблица 1

Взаимодействие ЦПО с другими информационными системами и подразделениями вуза

№	Наименование подразделения вуза	Информационные системы вуза	Форма взаимодействия
1.	Учебное управление. Подсистема проведения конкурсов по научной/образовательной деятельности	Е-портфолио	Данные из когнитивной подсистемы передаются напрямую из базы данных когнитивных моделей в подсистему проведения конкурсов по научной деятельности. Улучшение качества проводимых конкурсов
2.	Деканаты университета	Е-портфолио	Построение персонализированных образовательных траекторий. Выдвижение кандидатов на научную и общественную деятельность
3.	Центр карьеры	Online-сервис для передачи данных Е-портфолио, Веб-сайт	Передача данных для работодателей с согласия обучающихся на веб-сайт центра. Совершенствование когнитивной модели выпускника. Улучшение анализа потребностей работодателей.
4.	Учебные отделы и другие подразделения вуза	Е-портфолио, ЭИОС	Анализ когнитивных возможностей позволяет производить корректировку образовательных/научных программ, улучшить конкурентоспособные характеристики вуза

На основе получаемых данных из различных информационных систем становится возможным реализовать педагогические концепции обучения, ориентированные на персональные особенности обучающихся, а также предложить один из вариантов решения проблемы трудоустройства выпускников вуза.

Роль когнитивного подхода в управлении образовательным процессом

ЦПО является одним из элементов электронной информационной образовательной среды вуза (ЭИОС). В данной работе понятие ЭИОС трактуется как совокупность информационных и образовательных ресурсов, средств вычислительной техники, информационно-телекоммуникационных технологий, организации методологического обеспечения, ориентированных

на удовлетворение потребностей в ресурсах и услугах образовательного характера, с применением данных из электронного портфолио и когнитивных параметров, связанных с образовательной деятельностью.

Когнитивная подсистема играет существенную роль в формировании ЦПО. Подкрепленная метакогнитивной регуляцией, она предоставляет возможность систематического сбора, анализа и использования данных о когнитивных параметрах и процессах обучения. Использование метакогнитивного регулирования дает обучающимся возможность отслеживать и осознавать свой прогресс в обучении, а также позволяет быть более уверенными в преодолении трудностей при выборе стратегии, тем самым помогая им успешно выполнять когнитивные задачи. При помощи когнитивной подсистемы, на основе собранных данных, появляется возможность строить когнитивные модели обучающихся, которые будут содержать такие данные, как внимание, память, мышление и т.д. [6].

Схема взаимодействия когнитивной подсистемы управления с образовательным процессом в вузе представлена на рисунке 3.

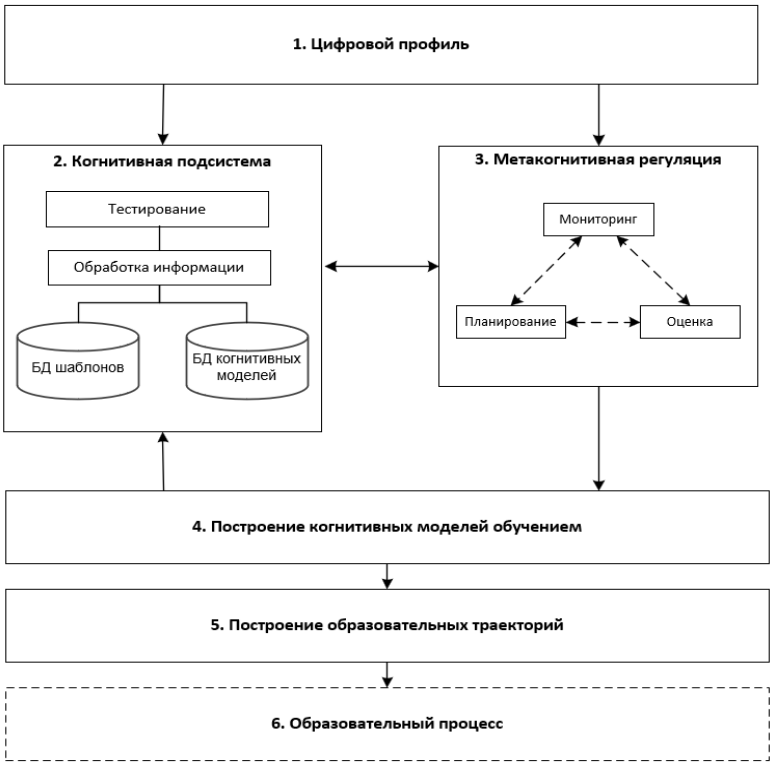


Рис. 3. Схема взаимодействия когнитивной подсистемы управления с образовательным процессом в ВУЗе

В когнитивной подсистеме (2) каждые полгода формируется набор когнитивных параметров обучающихся на основе экспресс-тестирования, который далее передается в блок для построения когнитивных моделей обучения (4). На основе сформированных моделей вычисляются несколько вариантов образовательных траекторий (5) с привлечением данных из ЦПО (1) и электронного портфолио. Метакогнитивная регуляция (3), в свою очередь, позволяет учащимся отслеживать и осознавать свой прогресс в обучении, а также наиболее эффективно выбирать стратегии для преодоления трудностей, что поможет им успешно выполнять когнитивные задачи. Построенная система управления позволяет обучающимся проводить анализ достижений (академической успеваемости), выбирать и формировать траектории обучения в вузе, участвовать в конкурсах по научной и общественной деятельности и в целом управлять своим образовательным процессом (6), а также взаимодействовать с будущими работодателями на основе рейтинговых позиций в рамках образовательных и когнитивных моделей.

Заключение

В представленной работе была разработана схема подсистемы управления образовательным процессом, основанная на когнитивной модели обучения, а также представлена когнитивная подсистема цифрового профиля обучающегося. Подсистема управления повысит качество образовательного процесса, а также даст возможность принимать эффективные управленческие решения, используя данные с учетом когнитивного подхода. На основе образовательных и когнитивных моделей обучающихся можно формировать содержательные персонализированные образовательные траектории, что в конечном итоге улучшит процесс обучения студентов в вузе.

Список использованных источников

1. Пираков Ф.Д., Клишин А.П., Еремина Н.Л., Клыжко Е.Н. Разработка и применение системы электронного портфолио обучающегося в вузе // Вестн. Новосибирского гос. ун-та. Серия: Информационные технологии. – 2019. – Т. 17. – № 4. – С. 87-100.

2. Пираков Ф.Д., Клишин А.П., Ахметова Л.В. Система электронного портфолио обучающегося (е-портфолио) как элемент информационной среды управления учебным процессом в педагогическом вузе // Вестник Томского государственного педагогического университета. – 2018. – № 1. – С. 148–154.

3. Пираков Ф.Д., Шталина Е.С., Клишин А.П. Управление учебным процессом в вузе с использованием цифрового профиля выпускника и электронного портфолио // Сборник материалов IX Международной научно-практической конференции (школы-семинара) молодых ученых: Прикладная математика и информатика: современные исследования в области естественных и технических наук. – Тольятти. – 2023. – С. 489-494.

4. Сомов А.Г., Олейник Д.А., Ч. Хаонань. Формирование комплекта средств, основанных на нейронных сетях, для усовершенствования управленческих решений по выводу продукта на внешний рынок // Инновации и инвестиции. – 2023. – № 8. – С. 164-169.

5. Авдеева З. К., Коврига С. В., Макаренко Д.И., Максимов В.И. Когнитивный подход в управлении // Проблемы управления. – 2007. – № 3. – С. 2–8.

6. Плешков К.В., Леонтьева И.А., Бабешкова Е.В. Механизм практического применения компетентностной модели выпускника вуза на основе использования цифровых технологий // Oeconomia et Jus. – 2021. – № 3. – С. 35-42.

ОПТИМИЗАЦИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДАННЫХ В ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИИ ПРИ ЕГО РАЗРАБОТКЕ

Кривиков А.Д.
НИ ТПУ, ИШИТР, 8ПМ31, e-mail: adk26@tpu.ru

Аннотация

Данная работа посвящена исследованию способов оптимизации веб-приложения при работе с данными. В работе проводится обзор существующих подходов к оптимизации веб-приложений, основанных на работе с большим объемом информации, анализируются преимущества методов, оценивается их применимость в работе.

Ключевые слова: производительность, веб-приложение, оптимизация.

Введение

На протяжении нескольких лет происходит постоянный рост объема информации, с которой приходится работать в современных веб-приложениях. Этот феномен касается всех сфер деятельности компании, начиная с продажи собственных товаров и услуг и заканчивая корпоративными платформами, которые могут хранить и использовать большой объем данных. Согласно отчету платформы Demandsage [1], который основан на исследовании компании Statista [2], предполагается, в 2024 году во всем мире будет сгенерировано 147 зеттабайт данных. Это говорит об увеличении производства данных на 22,5 % во всем мире. Кроме того, к 2025 году во всем мире будет произведен 181 зеттабайт данных.

С появлением большего количества новых данных возникают проблемы, связанные с эффективным использованием и обработкой больших объемов информации: отображение данных, их чтение и запись. Оптимизация производительности веб-приложений становится первоочередной задачей, так как пользователи систем ожидают быстрого взаимодействия с веб-приложениями. Медленно работающие веб-приложения могут вызывать негативный опыт у пользователей системы, что может привести к потере клиентов, ухудшению репутации компании, отказа от использования приложения, а также к потере финансовых средств компании.

Так, согласно отчету Google Consumer Insights [3], 53 % посетителей мобильных сайтов покинут страницу, если она загружается более трех секунд. А в соответствии с экспериментом технологического агентства Portant [4], коэффициент конверсии веб-сайта падает в среднем на 4,2 % с каждой секундой загрузки, от нуля до пяти секунд.

В соответствии с вышеперечисленным, цель работы заключается в исследовании методов оптимизации веб-приложений при работе с большим объемом информации и поиске способов улучшения производительности систем.

Основная часть

Для обеспечения высокой производительности веб-приложений необходимо применять различные методы оптимизации. Данные методы могут применяться к различным аспектам веб-приложения, включая реализацию пользовательского интерфейса, проектирование архитектуры веб-системы, а также обеспечение взаимодействия компонентов приложения в сети.

При анализе были рассмотрены ключевые подходы, которые могут эффективно использоваться для оптимизации основных компонентов веб-приложений и которые формируют основу системы, влияют на ее функциональность и производительность.

1. Отображения элементов веб-страницы

— Lazy Loading (Ленивая загрузка) – специальный паттерн проектирования веб-приложения, который относится к стратегиям загрузки данных из базы данных или других источников по требованию, а не заранее. Этот способ способствует повышению производительности приложения, так как избегает загрузки и обработки данных, которые в данный момент не нужны. Это особенно полезно при работе с большими объемами данных или сложными структурами [5].

— Использование плейсхолдеров – специальных элементов, которые предназначены для временного отображения контента или данных на веб-странице до того момента, когда он будет

заполнен реальным содержимым. Использование плейсхолдеров может снизить нагрузку на сервера, так как они могут быть быстро загружены и отображены на клиентской стороне, пока обрабатываются и подготавливаются данные для отображения [6].

— Использование пагинации (постраничной загрузки данных) – процесса разбиения большого объема данных на отдельные страницы для удобства навигации и улучшения производительности веб-приложения. Пагинация позволяет загружать и отображать только часть данных на каждой странице, что позволяет снизить нагрузку на сервер.

— Минимизация анимационных эффектов. Анимации требуют дополнительных вычислений и ресурсов, особенно при работе с большим объемом данных. Избыточное использование анимации может увеличить нагрузку на браузер, что может сказаться на производительности веб-приложения в целом.

2. Данных веб-приложения

— Сжатие (компрессия) данных. Сжатие данных может существенно улучшить производительность веб-приложения при работе с большими объемами информации, так как данный процесс уменьшает размер данных путем применения различных алгоритмов, которые удаляют избыточную информацию или повторяющиеся элементы [7].

— Использование специальных форматов данных. Некоторые форматы данных могут сжимать информацию более эффективно, что позволяет сократить размер передаваемых или хранимых данных, уменьшая нагрузку на сеть и сервер.

— Кэширование данных. Кэширование позволяет временно хранить результаты вычислений, запросов к базе данных или другие данные для быстрого доступа в будущем. Существуют различные технологии кэширования, которые позволяют ускорить доступ к данным и снизить нагрузку на сервер, так как запросы к базе данных или сложные вычисления могут быть выполнены один раз, а результат сохранен в кэше [8].

— Асинхронные операции позволяют выполнять ресурсоемкие задачи параллельно, в фоновом режиме, что помогает улучшить производительность веб-приложения, ведь данный процесс уменьшает блокировку пользовательского интерфейса, что ведет к более быстрому доступу данным и улучшению пользовательского опыта.

3. Архитектура веб-приложения

— Микросервисная архитектура. Данный подход позволяет разбить приложение на отдельные микросервисы, каждый из которых отвечает за отдельную функциональность, что способствует лучшей масштабируемости, которая ведет к достижению оптимальной производительности. Кроме того, разделение функциональности на микросервисы позволяет избежать отказа системы в целом, ведь каждая часть системы может быть специализирована на обработке определенного типа данных и обслуживаться независимо [9].

— Serverless архитектура. В данной модели разработки программного обеспечения (модель облачных вычислений) облачный провайдер может выступать в роли веб-сервера, при этом разработчики могут создавать и развертывать приложения, не беспокоясь о управлении инфраструктурой серверов. Такой вид архитектуры позволяет обеспечить удобный доступ к данным и обработку потоков информации. Однако, стоит учитывать ограничения Serverless платформ, такие как отсутствие универсальной поддержки serverless-функций из-за поддержки одного языка программирования, или ограничение во времени запуска функций, которые не используются долгое время [10].

— CQRS (Command Query Responsibility Segregation) паттерн предлагает разделение операций записи и операций чтения в отдельные части системы. Данный способ позволяет справиться с потенциальной проблемой производительности, возникающей при попытке одновременно обрабатывать большой объем записей и запросов на чтение [11].

Кроме вышеперечисленных аспектов, необходимо также учитывать структуру хранимых и обрабатывающихся данных, что может повлиять на вид технологий хранения и обработки данных и тип баз данных. Также необходимо учитывать базовые методы оптимизации: оптимизация клиент-серверных запросов, запросов к базе данных, использование индексов в системе хранения данных и другие методы.

Описание тестирования

В ходе демонстрационного тестирования было оценено время загрузки страницы при выводе большого объема информации и время загрузки данных при использовании предложенных методов оптимизации.

Важно учитывать, что многие описанные методы стоит применять для определенных задач при разработке веб-приложения. Многие факторы могут зависеть от типа хранимых и отображаемых данных, архитектуры веб-приложения и других аспектов, которые влияют на систему и могут не позволять использовать определенные методы. Для проведения тестирования были выбраны методы оптимизации отображения данных на веб-странице и использование кэширования, так как эти методы просты в реализации и могут в первую очередь применятся в независимости от структуры и технологии веб-приложения.

Тестирования выполнялось с использованием следующих технологий веб-разработки:

— Django – фреймворк для веб-разработки на языке Python [12];

— Dash – фреймворк для разработки веб-приложений на языке Python, который разработан на библиотеках Flask, ReactJS и PlotlyJS [13];

— NodeJS - среда выполнения JavaScript на стороне сервера, которая позволяет создавать масштабируемые и быстрые веб-приложения [14];

— ReactJS – библиотека для создания пользовательских интерфейсов на языке программирования JavaScript [15];

— Redis – это ключ-значение хранилище данных с открытым исходным кодом, которое часто используется в качестве кэша, базы данных или брокера сообщений. [16].

Данные технологии были выбраны не для демонстрации их сравнения на практических примерах, а для исследования работоспособности и универсальности предложенных методов в разных аспектах веб-разработки, так как часть технологий используется на клиентской стороне, другая часть – на серверной.

Результаты тестирования

Результаты тестирования времени отображения элементов веб-страницы представлены на рисунках 1 и 2. В данном тестировании были использованы методы оптимизации отображения разного количества элементов (текстовые данные и изображения) веб-страницы при использовании разных технологий веб-разработки.

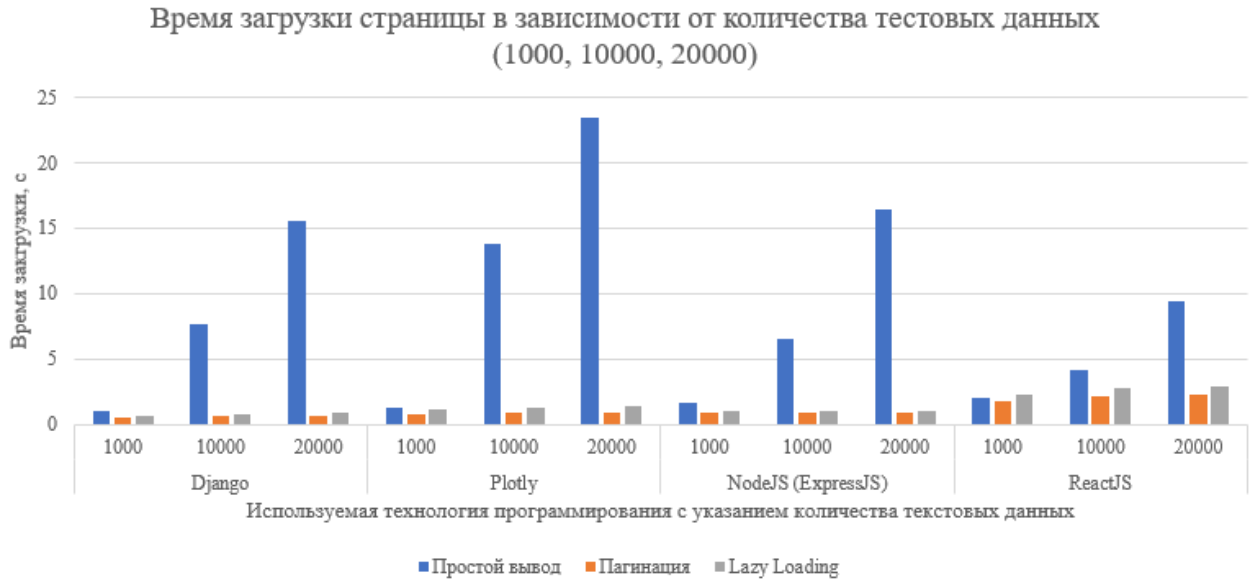


Рис. 6. Зависимости времени отображения текстовых данных на веб-странице от способа оптимизации



Рис. 7. Зависимость времени отображения изображений на веб-странице от способа оптимизации

На графиках видно, что при использовании небольшого количества данных методы пагинации и использования Lazy Loading не уменьшают время загрузки, так как они позволяют ограничить количество подгружаемого контента на веб-странице. Однако при увеличении выводимого количества данных предложенные методы позволяют сократить время загрузки страницы, что позволяет пользователю быстрее получить доступ к информации.

Результаты тестирования времени загрузки веб-страницы с использованием кэширования представлены на рисунках 3 и 4. Данное тестирование проводилось с использованием веб-фреймворка Django и технологии Redis.



Рис. 8. Зависимость времени загрузки от количества запросов к базе данных и применения кэширования



Рис. 9. Зависимость времени загрузки от применения кэширования части веб-страницы

График на рисунке 3 показывает, что общее время загрузки контента на веб-странице увеличивается с увеличением количества SQL запросов. При применении алгоритма кэширования время загрузки контента имеет примерно одно и тоже значение, вне зависимости от количества SQL запросов (для данной случая с максимальным числом SQL запросов – 10). Однако можно заметить, что при использовании одного SQL запроса время загрузки с применением кэширования больше, чем без него. Это связано с тем, что реализация алгоритма кэширования требует больше времени из-за дополнительной обработки данных и хранения кэша.

График на рисунке 4 показывает, что кэширование отображения также позволяет снизить время загрузки контента на веб-странице.

Таким образом, кэширование одного запроса имеет смысл, если он имеет долгое время выполнения. При большем количестве запросов кэширование помогает уменьшить время отображения контента на веб-странице при условии, что данные, возвращаемые запросами, не меняются. Кэширование отображения позволяет сохранять веб-страницу целиком или только ее часть, поэтому данный метод может быть эффективно использован для кэширования неизменяющихся частей веб-страницы.

Заключение

Оптимизация производительности веб-приложений при работе с большим объемом информации является важной задачей, так как это позволяет обеспечить более быстрый отклик и загрузку приложения. Кроме того, оптимизация позволяет улучшить пользовательский опыт, снизить нагрузку на серверы.

В результате исследования методов оптимизации были выделены основные методы, которые могут использоваться при разработке веб-приложений, предназначенных для работы с большими объёмами данных. Было проведено тестирование методов оптимизации отображения элементов веб-страницы и применения кэширования, которые показали действенность и работоспособность при использовании различных технологий разработки веб-приложений.

Список используемых источников

1. Big Data Statistics For 2024 (Growth, Market Size & More) // Demandsage.com: сайт. – URL: https://www.demandsage.com/big-data-statistics/ (дата обращения: 13.03.2024)

2. Volume of data/information created, captured, copied, and consumed worldwide from 2010 to 2020, with forecasts from 2021 to 2025 // Statista.com: сайт. – URL: https://www.statista.com/statistics/871513/worldwide-data-created/ (дата обращения: 13.03.2024)

3. Consumer Insights. Mobile site load time statistics // Thinkwithgoogle.com: сайт. – URL: https://www.thinkwithgoogle.com/consumer-insights/consumer-trends/mobile-site-load-time-statistics/ (дата обращения: 13.03.2024)

4. Site Speed is (Still) Impacting Your Conversion Rate // Portent.com: сайт. – URL: https://www.portent.com/blog/analytics/research-site-speed-hurting-everyones-revenue.htm#:~:text=The first 5 seconds of, (between seconds 0-5) (дата обращения: 14.03.2024)

5. Lazy loading // developer.mozilla.org: сайт. – URL: https://developer.mozilla.org/ru/docs/Web/Performance/Lazy_loading (дата обращения: 15.03.2024)
6. Использование техники content placeholder // amorgunov.com: сайт. – URL: https://amorgunov.com/posts/2018-11-05-content-placeholder/ (дата обращения: 15.03.2024)
7. Compression // MDN Web Docs: сайт. – URL: https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/HTTP/Compression (дата обращения: 15.03.2024)
8. Четыре уровня кэширования в сети: клиентский, сетевой, серверный и уровень приложения // tproger.ru: сайт. – URL: https://tproger.ru/translations/cache-levels-on-the-web (дата обращения: 15.03.2024)
9. Микросервисная архитектура: что это, кому подойдёт, с чего начать // Yandex.cloud: сайт. – URL: https://yandex.cloud/ru/blog/posts/2022/03/microservice-architecture (дата обращения: 15.03.2024)
10. Всё, что вы хотели знать о бессерверных технологиях, но боялись спросить // Yandex.cloud: сайт. – URL: https://yandex.cloud/ru/blog/posts/2023/11/about-serverless (дата обращения: 15.03.2024)
11. CQRS // Wikipedia: сайт. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/CQRS (дата обращения: 15.03.2024)
12. Django documentation: сайт. – URL: https://docs.djangoproject.com/en/5.0/ (дата обращения: 15.03.2024)
13. Dash documentation: сайт. – URL: https://dash.plotly.com/ (дата обращения: 16.03.2024)
14. Node.js documentation: сайт. – URL: https://nodejs.org/docs/latest/api/ (дата обращения: 17.03.2024)
15. React.js documentation: сайт. – URL: https://react.dev/learn (дата обращения: 16.03.2024)
16. Redis documentation: сайт. – URL: https://redis.io/docs/ (дата обращения: 16.03.2024)

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ГЕЙМИФИКАЦИИ ДЛЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ШКОЛЬНИКОВ

Никифоров К.А.[1], Газизов Т.Т.[2]
[1]Томский государственный педагогический университет, студент, ФМФ, e-mail: kirnik38@gmail.com
[2]Томский политехнический университет, зам. проректора по цифровизации, e-mail: gtt@tpu.ru

Аннотация

Статья посвящена раскрытию понятия «геймификация», ее роли в повышении познавательной активности обучающихся. В ней рассматривается возможность использования мобильных технологий в учебном процессе, для этого проведён анализ мобильных приложений для обучения математике. Целью исследования является применение элементов геймификации для стимулирования мотивации и вовлеченности обучающихся на примере дополнительного образования школьников с помощью создания веб-сервиса.

Ключевые слова: образовательная среда, мобильные обучающие приложения, геймификация.

Введение

В настоящее время полным ходом в России развивается цифровая образовательная среда. Это обусловлено тем, что неотъемлемой частью жизни человека стали технические и информационные средства, естественным образом затронувшие и образование. Современная образовательная среда призвана противостоять насущным проблемам, которые выделяют многие педагоги: безразличие обучаемых к образовательному процессу, низкий уровень познавательных интересов. Необходимостью становится разработка моделей, способов, форм обучения, благоприятствующих формированию учебной мотивации и созданию дидактических и психологических условий активизации познавательной деятельности обучаемых. Актуализация учебно-познавательной деятельности ранее была затронута в истории педагогики такими педагогами-психологами как Скаткин М.Н., Леонтьев А.Н. и многими другими [1]. Также исследователи проблемного подхода в обучении стремились актуализировать учебно-познавательную деятельность через систематическое самостоятельное решение образовательных задач [2].

Одним из подходов, позволяющих стимулировать мотивацию, инициативность, вовлеченность, активность личностной позиции к учебно-познавательной деятельности, может выступать геймификация [3]. Этого взгляда придерживаются и В. Родригес, и Б. Ривер, которые считают, что включение игровой компьютерной деятельности необходимо в современной образовательной системе [4]. Это способствует не только интересному и продуктивному проведению уроков, но и формированию ключевых компетенций для будущих граждан страны.

Цель – применение элементов геймификации для стимулирования мотивации и вовлеченности обучающихся на примере дополнительного образования школьников.

Описание алгоритма

Геймификация – это применение игровых элементов и технологий создания игр в неигровом контексте.

В геймификации образования существует несколько механик:

- механика награждения;
- механика прогресса;
- механика соревнования;
- механика взаимодействия;
- механика экономики;
- механика эмоциональной связи.

Благодаря применению перечисленных механик в геймификации процесс обучения становится более захватывающим и интересным для учащихся, что позволяет улучшить их мотивацию и эффективность обучения, а также способствует развитию различных навыков и компетенций.

Ярким примером применения геймификации в образовании служат мобильные обучающие приложения. Основные особенности использования мобильных обучающих приложений для школьников:

1. Гибкость: мобильные устройства позволяют обучающимся учиться в любое время и в любом месте, будь то в дороге, дома или во время прогулки.
2. Интерактивность: многие образовательные приложения предлагают интерактивные упражнения, игры и задачи, что делает процесс обучения более интересным и увлекательным.
3. Персонализация: приложения часто могут адаптировать материал и уровень сложности в зависимости от индивидуальных особенностей и прогресса ребенка.
4. Мультимедийность: использование видео, аудио, анимаций и графики делает материал более насыщенным и понятным.
5. Социальное взаимодействие: некоторые приложения предлагают возможность взаимодействия с другими пользователями, что позволяет обучающимся общаться и сотрудничать.
6. Моментальная обратная связь: при решении задач или прохождении уровней в играх дети мгновенно получают информацию о своих ошибках и успехах, что способствует более быстрому обучению.

Тем не менее, использование мобильных обучающих приложений также имеет свои недостатки и вызовы:

1. Ограниченное время внимания: мобильные устройства часто ассоциируются с быстрыми и короткими задачами, что может мешать длительному и глубокому обучению.
2. Отвлекающие факторы: наличие игр, социальных сетей и других приложений может отвлекать детей от учебного процесса.
3. Проблемы с глазами: длительное время, проведенное перед экраном, может вызвать усталость или проблемы со зрением.

Как правило, использование мобильных обучающих приложений может быть очень полезным дополнением к традиционному образованию, но их использование требует обдуманного и взвешенного подхода, для этого необходимо проанализировать существующие мобильные обучающие приложения с геймификацией для дополнительного образования школьников. Рассмотреть все данные приложения довольно сложная работа, поэтому мы рассмотрели один из разделов, наиболее популярный – математика, также ограничились приложениями из стран, показавших значимые успехи в области обучения математике. Для проведения анализа были выделены 3 критерия:

1. Учебно-методическое сопровождение.
2. Интерактивно-образовательные технологии.
3. Дополнительные материалы.

При проведении анализа были выявлены часто встречающиеся элементы в приложениях:

1. Учебно-методическое сопровождение:
    a. Видеоуроки;
    b. Пошаговое обучение;
    c. Обратная связь;
    d. Индивидуальный прогресс.
2. Интерактивно-образовательные технологии:
    a. Игровая форма;
    b. Адаптивная сложность.
3. Дополнительные материалы:
    a. Базы знаний и заданий.

В целом, проведенный анализ существующих приложений обучения математике демонстрирует широкий спектр воздействий на обучающегося посредством создания подходящей среды: личностно-ориентированной цифровой среды и педагогической системы, обеспечивающих получение образования на основе создаваемой сети образовательных маршрутов, представляющих собой последовательность учебных и производственных модулей, самостоятельно выбираемых индивидуумом и обеспечивающих рост его общеобразовательной подготовки и культуры, предметную и профессиональную ориентацию.

Заключение

Чтобы применить элементы геймификации для стимулирования мотивации и вовлеченности обучающихся, мы создали, основываясь на проведённом анализе, веб-сервис с элементами геймификации для обучения математике. Данный веб-сервис содержит следующие элементы:

- Оценка и рейтинг: ученики получают баллы за выполнение задач, баллы выставляют педагоги. Рейтинги, как индивидуальные, так и групповые, позволяют ученикам сравнивать свои результаты с результатами других учащихся (рис. 1).



Рис. 6. Рейтинги и баллы

- Награды и поощрения: ученикам предоставляются награды и поощрения за успешное выполнение задач. Награды могут быть визуальными элементами, такими как медали, дипломы или трофеи, а также материальными, такими как монеты, очки или доступ к дополнительным функциям приложения (рис. 2).

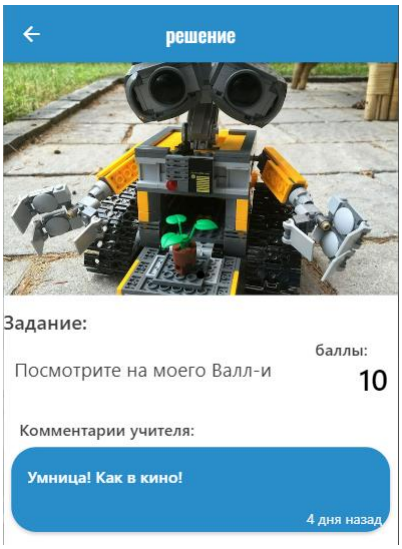


Рис. 7. Награды и поощрения

- Социализация: приложение позволяет обучающимся общаться с другими обучающимися с помощью чата, что способствует социализации и созданию командной атмосферы. Учащиеся могут обмениваться опытом, стратегиями и советами друг с другом.

- Дифференциация: В приложении предусмотрено разделение учеников на группы с разным уровнем знаний и опыта. Это позволяет учителям адаптировать материал и задачи к уровню и интересам каждого ученика.

Таким образом, веб-приложение с элементами геймификации для обучения математике предоставляет разнообразные инструменты и методы, которые могут повысить мотивацию, интерес и эффективность обучения математике среди учеников.

В целом, современное содержание образования должно удовлетворять индивидуальные потребности детей и оказывать поддержку детям, которые проявляют развитые способности. Формирование цифровой среды обучения – сложный процесс, на который влияют как социально-исторические факторы, так и исследовательская атмосфера и личность старшего наставника и сюжетных героев. Для решения этой задачи часто используются онлайн сервисы и веб-приложения. При этом особую роль среди этих приложений занимают сервисы, направленные на обучение математике. Педагогическая эффективность различных существующих программных приложений обучения математике обусловлена игровым обучением, обширностью дополнительных материалов и возможностью отслеживать прогресс обучения. В образовательный процесс также включается дистанционное обучение, что позволяет сделать обучение непрерывным и доступным, предоставляя возможность освоения учебных материалов непосредственно по месту жительства. Такое обучение без приостановления познавательного процесса эффективно сказывается на итоговых результатах учащегося.

Список использованных источников

1. Джайсвал П. Интеграция образовательных технологий для повышения академических достижений учащихся / П. Джайсвал // Международный журнал новых технологий в обучении. – 2020. – № 15 (2). – С. 145–159.
2. Лернер И.Я. Проблемное обучение / И.Я. Лернер. – Москва: Знание. – 1974. – 64 с.
3. Randel, J.M., Morris, B.A., Wetzel, S.D., and Whitehill B.V. Эффективность игр для образовательных целей: обзор последних исследований. Моделирование и игры. – 1992. – № 23(3). – С. 261–- 276.
4. Валенсия-Родригес Б., Ривера-Дельгадо Д., Зегарра-Гаго Х. Построение учебного опыта в области образовательной робототехники для учащихся средних школ на основе геймификации и интеграции информационных и коммуникационных технологий / Б. Валенсия-Родригес, Д. Ривера-Дельгадо, Х. ЗегарраГаго / Материалы международная мультиконференция LACCEI по инженерии, образованию и технологиям. – 2020.
5. Фирсова, И.А. Обзор рынка геймификации и его классификация / И.А. Фирсова, С.П. Азарова // Вестник РМАТ. – 2023. – № 2. – С. 31-37. – EDN ZAQUFZ.
6. Чусавитина, Г.Н. Геймификация как инструмент повышения интереса к обучению программированию в системе дополнительного образования детей / Г.Н. Чусавитина, Л.А. Кагарманова // Новые информационные технологии в образовании и науке. – 2023. – № 9. – С. 59-66. – DOI 10.17853/2587-6910-2023-09-59-66. – EDN JYJIGW.
7. Богданова, Е.В. Педагогическая геймификация: атлас лучших практик / Е.В. Богданова, Е.А. Яровая, Ю.Н. Ковшова. – Новосибирск: Общество с ограниченной ответственностью "Немо Пресс", 2022. – 208 с. – ISBN 978-5-6041903-4-0. – EDN OICFED.
8. Некипелова, А.С. Геймификация обучения как способ развития профессиональных компетенций педагога / А.С. Некипелова, Т.Н. Носкова // Новые образовательные стратегии в современном информационном пространстве: сборник научных статей по материалам международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 09–29 марта 2023 года / Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена, Институт информационных технологий и технологического образования. – Санкт-Петербург: Центр научно-информационных технологий "Астерион", 2023. – С. 312-317. – EDN XBEQYN.
9. Шатилова, Е.О. Геймификация как инструмент корпоративной культуры [Текст] /Е.О. Шатилова // Управление корпоративной культурой. – 2014. – № 4. – С. 246-251.

ОБЛАЧНЫЕ СЕРВИСЫ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Уварова Л. А. [1], *Газизов Т.Т.* [2]
[1] *Томский государственный педагогический университет, магистрант, e-mail: lidooss7089@mail.ru*
[2] *Томский политехнический университет, зам. проректора по цифровизации, e-mail: gtt@tpu.ru*

Аннотация

Статья посвящена автоматизации проектной деятельности с помощью облачных сервисов. В работе рассматриваются понятия: проектная деятельность, облачные сервисы, связь между ними, приведены примеры импортозамещения зарубежных сервисов на отечественные. Описывается разработка модели использования облачных сервисов, как основного инструмента организации проектной деятельности. Автоматизирована экспертная оценка дипломных работ с помощью сервисов Ahaslides.com, Unislide.io.

Ключевые слова: проектная деятельность, методы проектной деятельности, облачные сервисы.

Введение

В настоящее время широко развиваются облачные сервисы. Аналитики подсчитали, что за 2022 год рынок облачных услуг в России вырос примерно на 40%, и продолжает увеличиваться [1]. Актуальность данной статьи обусловлена возрастающей популярностью облачных сервисов. Также стал актуальным тренд на импортозамещение в России, который только усиливается, причём важную роль здесь играет IT-консалтинг, который пока не развит, заявил замглавы Минцифры Максим Паршин на пленарном заседании TAdviser SummIT 2023. Как считает замминистра, IT-консалтинг мог бы помочь разработать стратегию цифровизации и цифровой трансформации, разработать и реализовать обучающие мероприятия [2].

Целью исследования является разработка модели использования облачных сервисов, для автоматизации проектной деятельности и её внедрение на практике. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- изучить теоретические основы проектной деятельности и облачных сервисов;
- исследовать взаимосвязь проектной деятельности и облачных сервисов;
- рассмотреть и провести анализ облачных сервисов для автоматизации проектной деятельности;
- выявить аналоги зарубежных облачных сервисов на отечественном рынке;
- разработать модель использования облачных сервисов для автоматизации проектной деятельности и внедрить на практике.

Проектная деятельность

Проектная деятельность – это совокупность действий, направленных на постановку и решение конкретной задачи в рамках проекта, ограниченная целями, сроками и достигаемыми результатами. Основные этапы работ по проекту: анализ проблемы, постановка целей проектной деятельности, формулирование гипотезы решения проблемы как основы проектной деятельности, выбор способов и средств реализации проектной деятельности, сбор информации, реализация, сдача результатов проектной деятельности, формулирование выводов по результатам работы. Проектная деятельность – это эффективный инструмент, благодаря которому обеспечивается вовлечение работников в реализацию стратегии и достижение её целей, и организацию их успешного функционального взаимодействия [3].

Методы проектной деятельности

Успех любого серьезного проекта напрямую зависит от подхода к управлению. Однако каждый проект уникален, и универсального метода управления проектами не существует. Все методы отличаются друг от друга: формализацией, самодостаточностью, детализацией и областью применения. Примеры методов: проектный метод; метод ТРИЗ; метод Six Sigma; метод Scrum; метод Kanban; метод Lean; метод CPM.

Облачные сервисы

Облачные сервисы – это технология, которая предоставляет доступ к вычислительным ресурсам, хранению данных и приложениям через Интернет. Они базируются на виртуальном облаке, которое состоит из удаленных серверов и специального программного обеспечения [4]. В общем случае облачные сервисы – это сети программ и инструментов, доступных для управления проектом в режиме онлайн. Предприятия используют облака для автоматизации рабочих процессов, экономии времени и защиты информации компании. Работа с данными на удаленных ресурсах может осуществляться в онлайн формате. Облачные сервисы позволяют существенно экономить средства и время, что является важным фактором для многих компаний [5]. Примеры облачных сервисов: Google сервисы, Яндекс.Диск, Ahaslides, Unislide, Pipedrive, CRM Мегаплан, Insightly, 1C-Bitrix, Trello, Kaiten, Miro, Team Flame.

Анализ сервисов

До недавнего времени государственные предприятия неохотно говорили об импортозамещении критически важных информационных систем, а ИТ-директора сопротивлялись, утверждает Массух Илья Иссович из Минцифры [6]. Сейчас госкомпании меняют свое отношение из-за санкций и давления государства: 30 марта 2022 года президент России Владимир Путин подписал указ, запрещающий государству с 31 марта 2022 года закупать иностранное ПО для критической инфраструктуры без согласования с федеральными органами исполнительной власти. Кроме того, с 1 января 2025 года государственным заказчикам будет запрещено использовать иностранное программное обеспечение для критической инфраструктуры [7]. Санкции, введенные западными странами, заставили компании срочно искать аналогичное зарубежное программное обеспечение, в том числе для облачной ИТ-инфраструктуры. Автоматизация проектной деятельности не стала исключением, так как часто используемые сервисы, к которым мы уже привыкли, являются зарубежными, поэтому в данной работе были найдены отечественные аналоги к таким сервисам, как: Google сервисы, Ahaslides, Pipedrive, Insightly, Trello, Miro.

Использование облачных сервисов для организации проектной деятельности

Проектная деятельность тесно связана с использованием облачных сервисов, так как они предоставляют возможность хранения и обмена информацией, управления проектами и совместной работы, представлено на рисунке 1.

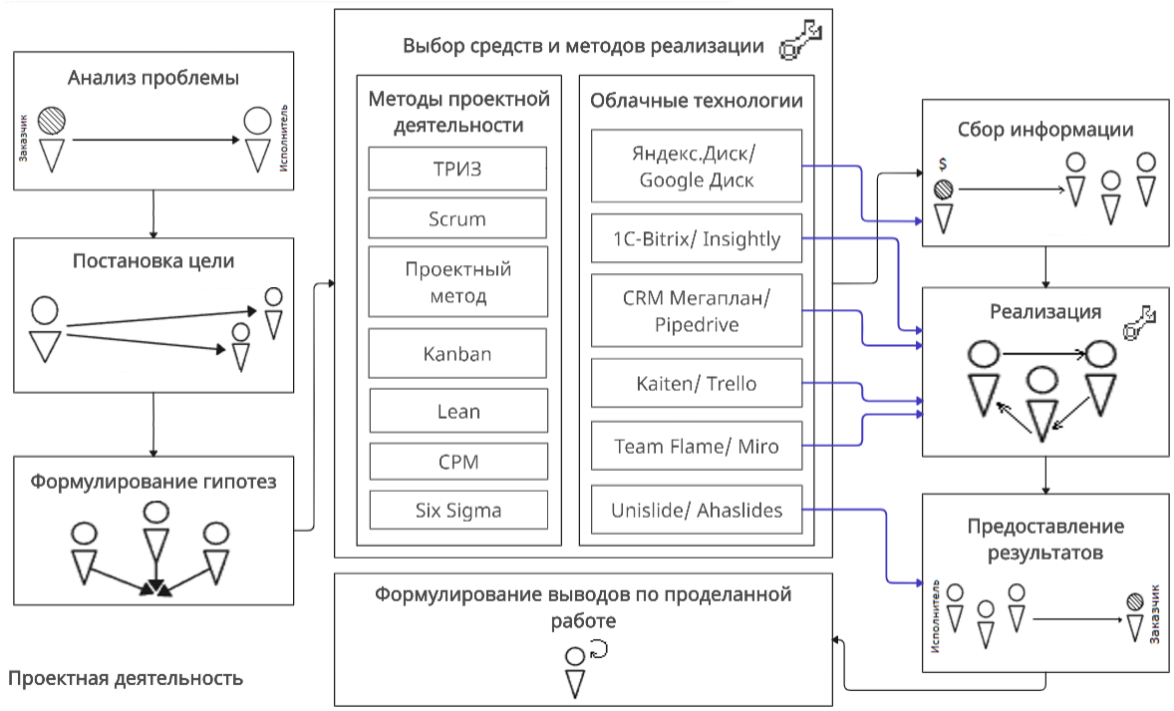


Рис. 1. Связь проектной деятельности с облачными технологиями

Облачные сервисы являются важным инструментом для управления проектами, организации совместной работы и обмена информацией. Они могут быть использованы для хранения данных, обработки документов, управления задачами и коммуникации между участниками проекта. В таблицах 1, 2 представлены методы управления проектами, которые используют облачные сервисы.

Таблица 1

Поддержка зарубежными сервисами методов проектной деятельности

метод обл. сервис	Проектный метод	Six Sigma	Scrum	Kanban	CPM	Lean
Pipedrive	✓	✓			✓	✓
Google Drive	✓					
Ahaslides	✓					✓
Insightly	✓					
Trello	✓		✓	✓		
Miro	✓		✓	✓		

Таблица 2

Поддержка отечественными сервисами методов проектной деятельности

метод обл. сервис	Проектный метод	Six Sigma	Scrum	Kanban	CPM	Lean
CRM Мегаплан	✓	✓			✓	✓
Яндекс.Диск	✓					
Unislide	✓					✓
1C-Bitrix	✓					
Kaiten	✓		✓	✓		
Team Flame	✓		✓	✓		

Данные таблицы наглядно показывают, какие методы использует каждый сервис и какие сервисы взаимозаменяемые. Использование облачных сервисов в автоматизации проектной деятельности требует определенной модели действий. Модель использования облачных сервисов в автоматизации проектной деятельности выглядит следующим образом: анализ проблемы, постановка цели, формулирование гипотез, выбор средств и методов реализации, создание учетной записи, настройка проекта, импорт данных, обучение персонала, сбор информации, реализация автоматизации, предоставление результатов, мониторинг и анализ. На рисунке 2 представлена модель использования облачных сервисов как основного инструмента организации проектной деятельности.

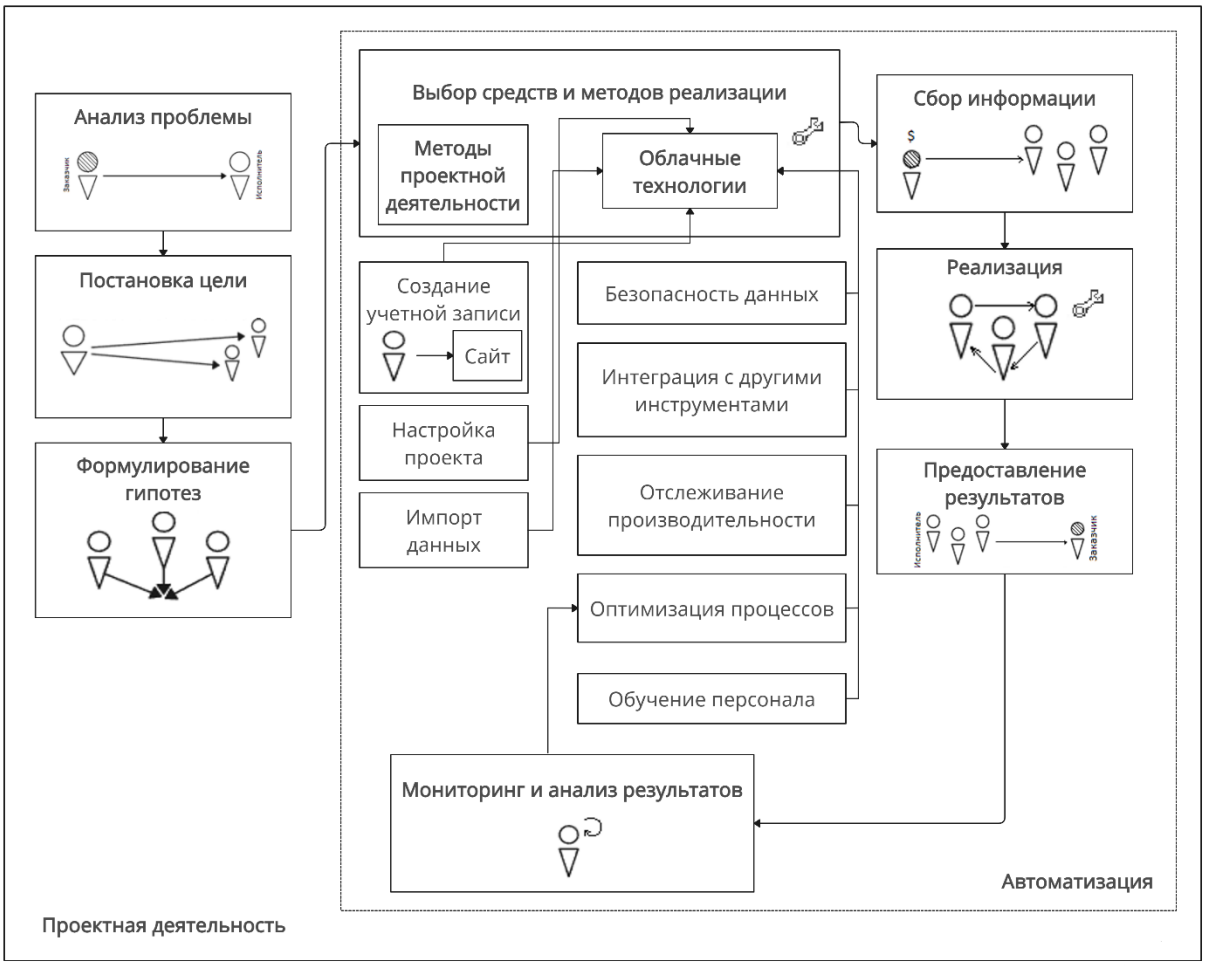


Рис. 2. Модель использования облачных сервисов как основного инструмента организации проектной деятельности

В качестве эксперимента необходимо автоматизировать экспертную оценку дипломных работ. Задание заключается в следующем: автоматизировать экспертную оценку результатов ВКР. Оценка результатов ВКР относится к проектной деятельности, так как предполагает разработку и реализацию проекта по оценке качества выпускной квалификационной работы. В процессе оценки результатов ВКР необходимо учитывать множество факторов, таких как качество исследования, актуальность темы, практическая значимость работы, а также уровень владения материалом и навыки презентации. Для успешной реализации проекта по оценке результатов ВКР требуется разработка и внедрение системы критериев и показателей оценки, а также обучение экспертов и обеспечение их необходимыми ресурсами.

Процесс экспертной оценки выпускной квалификационной работы (ВКР) является важным этапом обучения студентов в высших учебных заведениях. Цель экспертной оценки состоит в том, чтобы объективно оценить качество и научную ценность работы, выполненной студентом, и определить соответствие её требованиям образовательной программы. Сроки экспертной оценки определяются образовательным учреждением и могут варьироваться в зависимости от графика защиты ВКР.

Требования к средству автоматизации:

1. Наличие методического обеспечения: Средство автоматизации экспертной оценки ВКР должно быть основано на четкой и понятной методике оценки, которая определяет критерии и параметры оценивания работы.

2. Адекватность оценки: Инструмент оценки должен давать объективные и достоверные результаты, которые соответствуют требованиям и стандартам высшего образования.

3. Прозрачность и открытость: Система оценки должна быть понятна и доступна для всех участников процесса – студентов, преподавателей и руководителей ВКР.

4. Легкость использования: Интерфейс системы должен быть простым и понятным, чтобы не создавать дополнительных трудностей при работе с ней.

5. Совместимость: Средство автоматизации должно быть совместимо с другими программными продуктами и системами, используемыми в учебном процессе.

6. Точность и корректность данных: Система должна обеспечивать надежное хранение и обработку информации, а также предотвращать возможные ошибки и неточности.

7. Многопользовательский режим работы: Возможность одновременного доступа к системе нескольких пользователей.

8. Интеграция с образовательными платформами: Возможность интеграции с системами дистанционного обучения и управления образовательным процессом.

9. Регулярное обновление и совершенствование: Система должна постоянно развиваться и улучшаться с учетом новых требований и стандартов образования.

По ряду требований, для реализации автоматизации экспертной оценки ВКР, были выбраны сервисы Ahaslides.com и отечественный аналог Unislide.io. Оценка осуществляется по ряду критериев, а именно: логика структуры диплома, раскрытие проблемы и актуализация, убедительность автора, визуализационный ряд и ответы на вопросы. Каждый критерий оценивается по шкале от 0 до 5.

Оценка реализована следующим образом: члены комиссии переходят по QR-коду, либо переходят на страницу сервиса и вводят код. Далее открывается страница с конкретным участником, который только что выступал и происходит его оценивание. В режиме реального времени выводится информация о том, какую оценку получил выступающий. На рисунках 3, 4 представлены результаты оценки экспертов в сервисах Ahaslides.com и Unislide.io, соответственно.

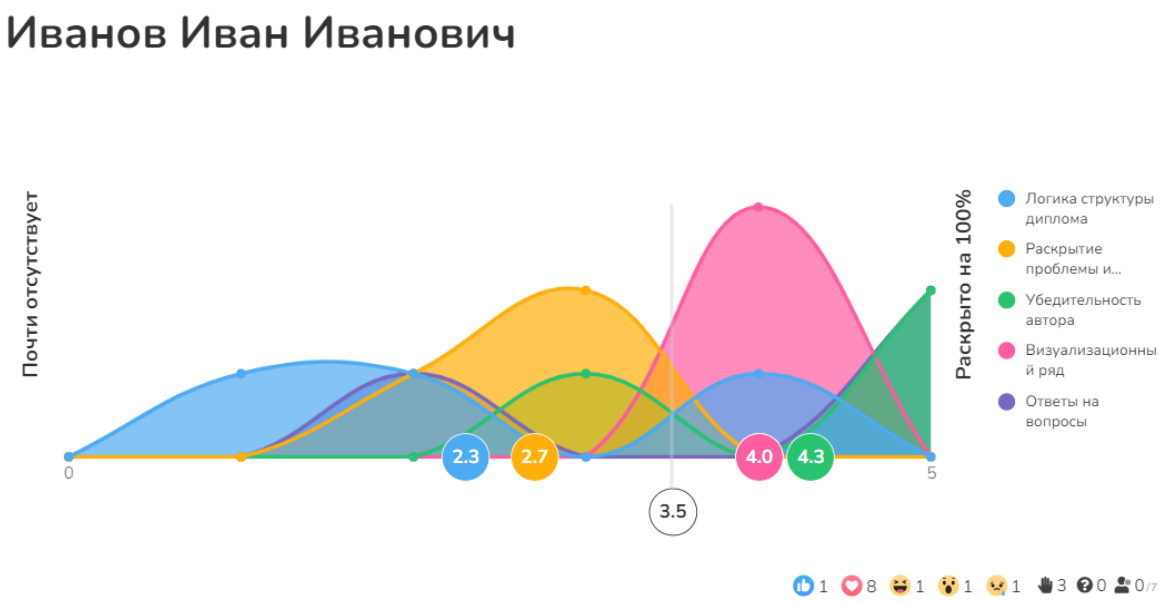


Рис. 3. Результат оценки экспертов в сервисе Ahaslides.com

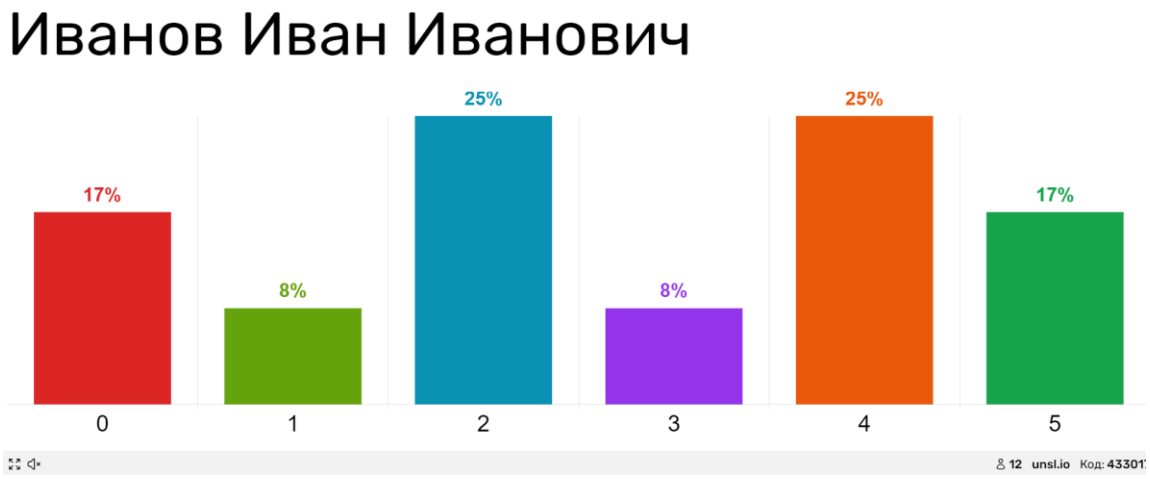


Рис. 4. Результат оценки экспертов в сервисе Unislide.io

Заключение

В данной статье даны понятия проектной деятельности и облачных сервисов. В рамках работы проведен анализ облачных сервисов и методов, которые используются в этих сервисах. Рассмотрены примеры импортозамещения зарубежных сервисов на отечественные. Показана связь проектной деятельности с облачными технологиями. Разработана и реализована на практике модель использования облачных сервисов, как основного инструмента организации проектной деятельности. На практике автоматизирована экспертная оценка дипломных работ с помощью сервиса Ahaslides.com, а также с помощью отечественного сервиса Unislide.io. В ходе анализа результатов экспертной оценки дипломных работ выявлено, что отечественный сервис Unislide.io не уступает зарубежному сервису Ahaslides.com.

Список использованных источников

1. Дмитрий Исаев Softline: Тренд на частные облака продлится минимум до 2025 года // Интернет-издание о высоких технологиях CNews. – 2023. – URL: https://www.cnews.ru/articles/2023-11-15_dmitrij_isaevsoftline_trend_na_chastnye?erid=2SDnjejmhbE (Дата обращения 06.01.2024).
2. Паршин Максим Викторович: Минцифры подчеркнуло важность роли IT-консалтинга для импортозамещения // РИА Новости. – 2023. – URL: https://ria.ru/20230530/konsalting-1875082099.html (Дата обращения 10.03.2024).
3. Блесман А.И., Полещенко К.Н., Семенюк Н.А., Теплоухов А.А. Основы проектной деятельности. – 2021.
4. Краткая история облачных вычислений // Облачные вычисления. – 2013. – URL: https://www.intuit.ru/studies/courses/4080/1178/lecture/19675 (Дата обращения 28.08.2023).
5. Никитин, М.Г. Облачные сервисы как инструмент организации учебного процесса в вузе. – 2019. – с. 49.
6. Илья Массух, Центр компетенций по импортозамещению в сфере ИКТ: «В некоторых отраслях нужно ускорить переход на отечественные технологии» // Телеспутник. – 2022. – URL: https://telesputnik.ru/materials/persony/interview/ilya-massukh-tsentr-kompetentsiy-po-importozameshcheniyu-v-sfere-ikt-v-nekotorykh-otraslyakh-uzhno- (Дата обращения 13.03.2024).
7. Указ Президента Российской Федерации от 30.03.2022 № 166 "О мерах по обеспечению технологической независимости и безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации" // Официальное опубликование правовых актов. – 2022. – URL: http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202203300001 (Дата обращения 13.03.2024).

РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ОТСЛЕЖИВАНИЯ ПОГОДЫ

Бондарев К.Н.[1], Саврасов Ф.В.[2]
[1]Томский политехнический университет, студент гр. 8ПМ22, email: knb6@tpu.ru
[2]Томский политехнический университет, ОИТ ИШИТР, доцент, email: savrasov@tpu.ru

Аннотация

В данной статье рассматривается разработка мобильного приложения для слежения за прогнозом погоды. Описывается архитектура приложения, включая принцип его работы и функциональные возможности. Описывается взаимодействие приложения с серверной частью, выделяется роль серверной части в системе. В заключении приводятся сведения о технологиях, использованных авторами для реализации системы.

Ключевые слова: мобильное приложение, агрегация метеоданных, вариативность источников.

Введение

В настоящее время существует востребованный и популярный класс программных систем, отображающих прогноз погоды с различной детальностью и в различные периоды времени. Одними из самых популярных приложений в России являются Яндекс.Погода, Гисметео, Weather.com, Windy.com, AccuWeather [1, 2], но у данных систем имеются некоторые недостатки. Основная проблема заключается в том, что эти системы используют данные из своих источников, причем источники у них разные [2, 3, 4]. Как следствие, прогнозы погоды часто не совпадают как между источниками, так и с действительностью. Данное утверждение можно проверить, сравнив прогнозы погоды между разными сервисами. На рисунке 1 представлено расхождение десятидневного прогноза погоды между сервисами Яндекс.Погода и Гисметео соответственно.

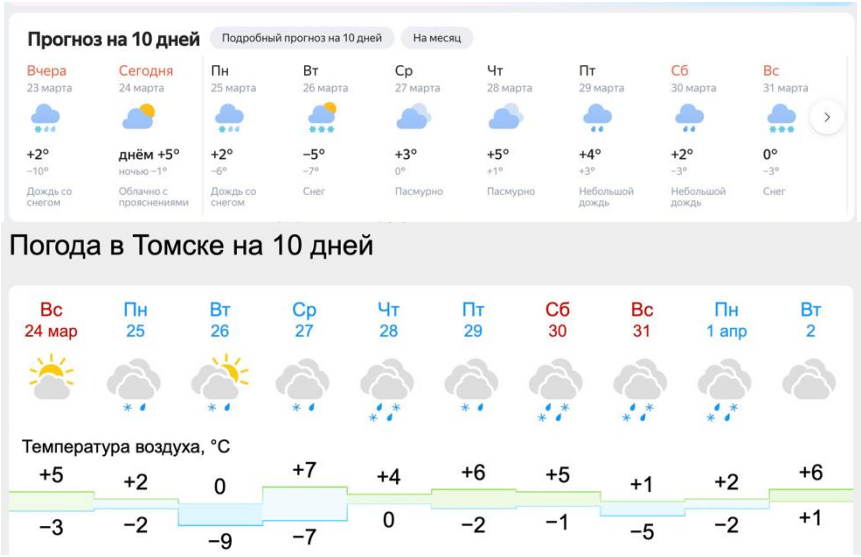


Рис. 1. Расхождение десятидневного прогноза погоды

Пользователи, которым известна данная проблема, вынуждены самостоятельно загружать прогнозы погоды из нескольких источников и сравнивать их вручную.

Мобильное приложение

Решением проблемы было бы мобильное приложение, которое показывало бы данные о погоде из нескольких источников в удобном для сопоставления виде.

Информация, получаемая из нескольких источников, может быть более точной, так как каждый источник использует свои собственные методы сбора данных и алгоритмы прогнозирования погоды. Кроме того, приложение может предоставлять пользователю более подробную информацию о погоде,

например, о скорости ветра, влажности воздуха, атмосферном давлении и других параметрах, что позволит более точно спланировать свой день.

В результате точного выявления необходимой функциональности приложения были составлены макеты графического интерфейса. Благодаря макетам были составлены диаграммы сценариев использования и анализа. Макеты представлены на рисунке 2.

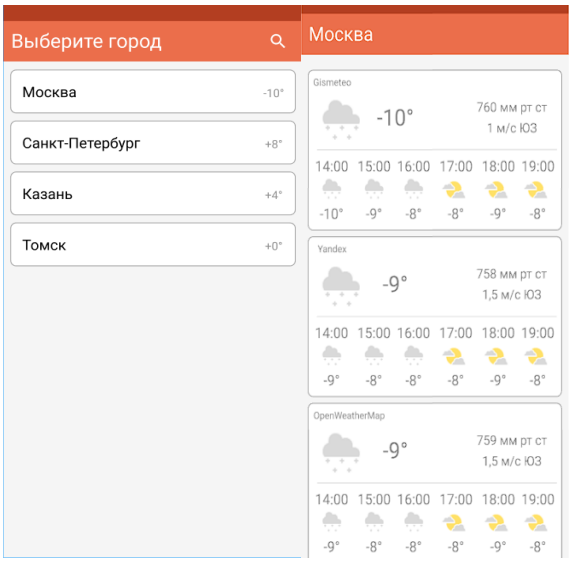


Рис. 2. Графический интерфейс приложения

Архитектура системы

Предполагается, что мобильное приложение будет интенсивно работать с источниками данных, количество которых может варьироваться. Следовательно, приложение подобного рода не может обойтись без серверной части, причины для этого – следующие:

- для добавления нового источника метеоданных не придется выпускать новую версию мобильного приложения;
- в мобильном приложении не будет логики работы с несколькими источниками данных (агрегация, сравнение, и так далее);
- мобильному приложению не придется опрашивать каждый из источников на предмет метеоданных;
- источники в свою очередь могут иметь ограничения по количеству обращений.

Самой главной причиной из вышеперечисленных является наличие логики работы с несколькими источниками данных, поскольку каждый из источников может иметь свой формат представления данных. Наличие серверной части позволяет решить данную проблему. Таким образом, мобильному приложению достаточно будет общаться только с серверной частью.

Мобильное приложение и серверная часть взаимодействуют с помощью API, основывающегося на технологии GraphQL [6], которая предоставляет данные о населенных пунктах и метеоданные мобильному приложению. Серверная часть, в свою очередь, получает метеоданные из внешних систем. Способ получения информации в этом случае заключается в периодическом опросе источников. Используя их открытые интерфейсы, происходит аккумулирование различного рода метеорологической информации из различных районов сбора данных в пределах одного погодного сервиса, далее эта информация анализируется на стороне сервиса.

В составе системы также необходима база данных для кэширования информации, полученных от внешних сервисов, это позволит сэкономить ресурсы серверной части и снизить количество обращений к внешним сервисам. Взаимодействие серверной части и внешних сервисов происходит с помощью REST API, так как это наиболее популярный формат общения сервисов в настоящее время. На рисунке 3 представлена архитектура системы в виде схемы.

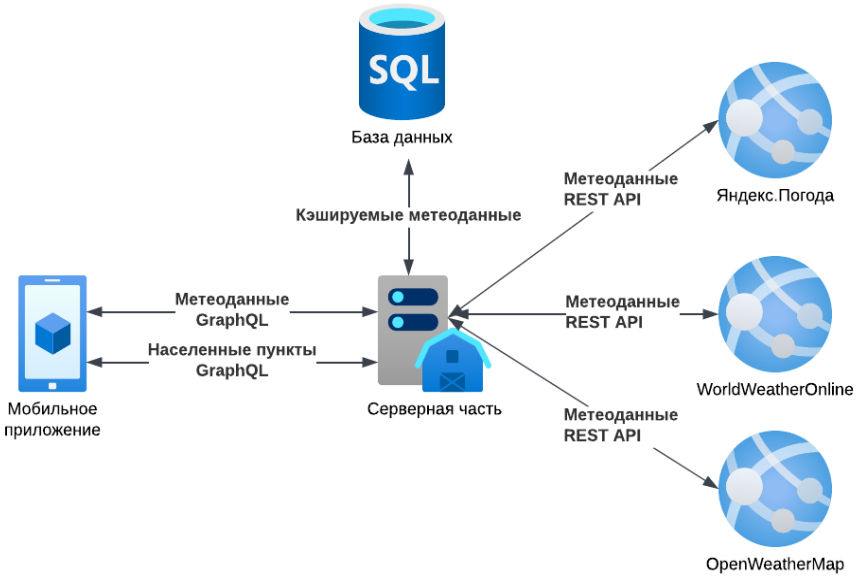


Рис. 3. Архитектура системы

Технологический стек

Мобильные приложения становятся все более сложными, требуя эффективных и поддерживаемых решений для разработки. Технологический стек, используемый при разработке данной системы, предоставляет набор взаимодополняющих инструментов и библиотек, которые помогают разработчикам создавать высококачественные мобильные приложения.

Мобильное приложение разрабатывается с использованием следующих технологий и подходов:

- Jetpack Compose: позволяет создавать пользовательские интерфейсы с помощью декларативного подхода, описывая пользовательский интерфейс в виде кода на языке программирования Kotlin.
- Clean Architecture: набор подходов, разделяющий приложение на отдельные слои (домен, данные, представление), что делает код более управляемым, тестируемым и поддерживаемым [7].
- Room: предоставляет объектно-ориентированный API для работы с базами данных SQLite, упрощая создание и выполнение запросов к базе данных, а также управление схемами и миграциями.
- Kotlin Coroutines: позволяет разработчикам писать асинхронный код с использованием синтаксиса, похожего на синхронный код, что упрощает обработку асинхронных операций и параллелизм.

Серверная часть, в свою очередь, использует следующие технологии и подходы:

- «Луковая архитектура»: шаблон проектирования программного обеспечения, который организует компоненты приложения в концентрические слои, подобно слоям луковицы. Каждый слой зависит только от внутренних слоев и предоставляет абстракцию для внешних слоев [7].
- Koin: внедряет зависимости в классы приложения, упрощая управление зависимостями и тестирование.
- Ktor: обеспечивает сетевое взаимодействие, обрабатывает HTTP-запросы и ответы, поддерживает различные форматы данных.
- KGraphQL: позволяет серверу реализовать GraphQL-интерфейс, который предоставляет клиентам гибкий способ запроса данных.
- Exposed: предоставляет объектно-ориентированный API для работы с базами данных, упрощая создание и выполнение запросов к базе данных.
- PostgreSQL: мощная и надежная система управления базами данных с открытым исходным кодом, используемая для хранения прогнозов погоды [8].
- Kotlin Serialization: сериализует и десериализует объекты Kotlin в различные форматы данных, такие как JSON, для передачи данных между клиентом и сервером.

Заключение

В результате выполнения работы были выявлены требования к приложению, выбран технологический стек, осуществлено проектирование мобильного приложения, представлены макеты графического интерфейса, проведено проектирование серверной части приложения, выполнен анализ источников метеоданных.

Список использованных источников

1. Популярные мобильные приложения в категории – Погода // Электронный ресурс. – URL: https://app.sensortower.com/top-charts?category=weather&country=RU&date=2024-02-10&device=iphone&os=android (дата обращения 10.02.2024)

2. Магазин приложений Apple AppStore категория – Погода // Электронный ресурс. – URL: https://apps.apple.com/ru/charts/iphone/%D0%BF%D0%BE%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D0%B0-apps/6001 (дата обращения 10.02.2024)

3. Гисметео – Условия использования // Электронный ресурс. – URL: https://www.gismeteo.ru/informers/offer/ (дата обращения 24.03.2024)

4. О сервисе Windy.com // Электронный ресурс. – URL: https://community.windy.com/topic/4/about-windy (дата обращения 24.03.2024)

5. Как Яндекс прогнозирует погоду // Электронный ресурс. – URL: https://yandex.ru/company/technologies/meteum (дата обращения 24.03.2024)

6. Документация GraphQL // Электронный ресурс. – URL: https://graphql.org/learn/ (дата обращения 15.02.2024)

7. Эрик Эванс Предметно-ориентированное проектирование. Структуризация сложных программных систем. // 1 изд. – Диалектика. – 2018. – 443 с.

8. PostgreSQL – Документация // Электронный ресурс. – URL: https://www.postgresql.org/docs/ (дата обращения 17.02.2024)

СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ДАННЫХ ПОРТФОЛИО

Пираков Ф.Д.[1], Мациевская Е.Э.[2], Клишин А.П.[3]
[1]Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, аспирант 4-го года обучения каф. АОИ, e-mail: farrukh.9559@gmail.com
[2]Томский государственный педагогический университет, ФМФ, 423 группа,
e-mail: *matzievskaja.liza@gmail.com*
[3]Томский государственный педагогический университет, к.ф.-м.н., доцент каф. информатики, e-mail: klishin@tspu.edu.ru

Аннотация

Данная статья посвящена разработке системы поддержки управленческих решений на основе данных электронного портфолио в вузе. Разработано программное решение, которое позволяет формировать управленческие решения на основе анализа достижений студентов в различных областях учебной и образовательной деятельности. Полученные результаты позволяют формировать индивидуальные траектории и выявлять проблемные моменты в обучении.

Ключевые слова: управленческие решения, генетические алгоритмы, электронное портфолио.

Введение

Подготовка современных высококвалифицированных специалистов, способных успешно адаптироваться к требованиям и новым технологическим вызовам при цифровизации общества становится все более актуальной и важной задачей. В связи с этим возрастает роль в формировании эффективных систем управления образовательным процессам, где одним из инструментов может стать применение генетических алгоритмов при формировании системы поддержки принятия управленческих решений.

Генетические алгоритмы могут быть использованы для анализа данных электронного портфолио студентов [1] с целью формирования индивидуальной траектории обучения, а также для оптимизации распределения ресурсов между различными направлениями обучения.

Целью данной работы является разработка системы поддержки принятия управленческих решений на основе данных портфолио с использованием генетических алгоритмов, а также разработка программного решения для проведения анализа, формирования индивидуальных траекторий обучения.

Формирование системы поддержки принятия решений на основе генетических алгоритмов

Система поддержки принятия решений – это инструмент, который помогает менеджерам принимать решения на основе анализа данных. Генетические алгоритмы представляют собой метод оптимизации, основанный на имитации процесса естественной эволюции. Они позволяют находить оптимальные решения в условиях многокритериальности, неопределенности и больших объемов данных [2].

В данной работе предлагается использовать генетические алгоритмы для анализа данных информационной системы е-портфолио, которая была разработана нами ранее для обучающихся Томского государственного педагогического университета [3]. Студенты университета (n = 6350) имеют богатый опыт использования электронного портфолио и опыт электронного обучения в системе высшего образования России. Портфолио представляет собой набор документов, отражающих достижения студента в различных областях деятельности. Оценка портфолио позволяет определить уровень подготовки студента и его потенциал для дальнейшего обучения и карьерного роста [4].

Для формирования системы поддержки принятия решений на основе генетических алгоритмов используется схема, которая включает следующие этапы:

1. Сбор и обработка данных. На данном этапе производится сбор данных о портфолио студентов и их оценках. Данные преобразуются в формат, удобный для обработки генетическими алгоритмами.

2. Генерация начальных популяций решений. На этом этапе создаются начальные наборы возможных решений, которые будут использоваться в процессе оптимизации.

3. Оценка решений. Для каждого решения из начальной популяции производится оценка его эффективности на основе анализа данных портфолио и оценок студентов.

Для оценки решений используется целевая линейная функция (1), которая представляет собой общую оценку студента, взвешенную на основе его академических результатов и достижений внеучебной деятельности.

$$O = k_m \sum_{i=1}^{n} M_i + k_f \sum_{j=1}^{p} F_j , \quad (1)$$

где k_m – вес академических результатов; n – количество академических результатов; M_i – i-й академический показатель; k_f – вес достижений внеучебной деятельности; p – количество достижений внеучебной деятельности; F_i – i-й показатель внеучебной деятельности.

Блок-схема генетического алгоритма представлена на рисунке 1.

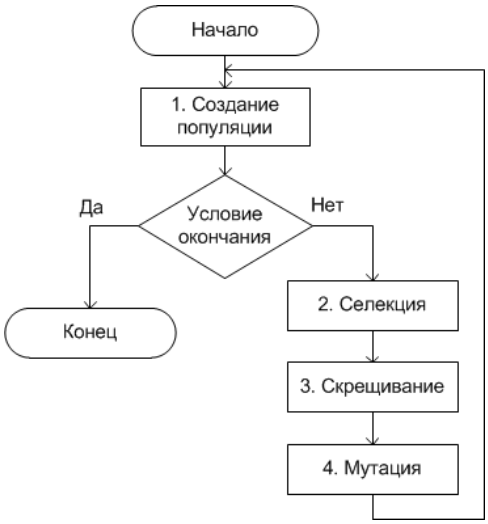


Рис. 1. Блок-схема работы генетического алгоритма

В начале работы алгоритма производится генерация популяции, затем селекция лучших решений, которая позволяет сохранить лучшие решения. Скрещивание используется для генерации новых решений на основе существующих, путем комбинирования их характеристик. Мутация позволяет вносить случайные изменения в решения, чтобы увеличить разнообразие популяции и повысить вероятность нахождения оптимального решения.

Отбор мероприятий для улучшения общей оценки студентов

При выборе мероприятий для улучшения общей оценки студентов (целевой функции) и повышения их мотивации использовались следующие критерии, приведенные в таблице 1.

Таблица 1

Критерии выбора мероприятий для улучшения общей оценки студентов

№	Критерий	Описание
1.	Академическая значимость	Мероприятия должны быть напрямую связаны с образовательным процессом и способствовать улучшению понимания учебного материала, а также повышению успеваемости студентов
2.	Развитие навыков	Приоритет следует отдавать мероприятиям, помогающим развивать ключевые навыки, необходимые для успешной учебы и последующей карьеры
3.	Мотивация и вовлечение	Подбираются мероприятия, способные повысить мотивацию студентов за счет интересных и практических задач, стимулирующих активное участие
4.	Карьерное развитие	Включение мероприятий, которые помогают студентам определить свои профессиональные цели, развивать профессиональные навыки, а также подготовиться к будущей карьере
5.	Интерактивность и социальное взаимодействие	Отдается предпочтение мероприятиям, поддерживающим взаимодействие студентов, обмен опытом и создание поддерживающей среды

6.	Поддержка разнообразия	Учет интересов различных групп студентов для обеспечения инклюзивности и равных возможностей для всех

Отбор подходящих мероприятий, учитывающих эти критерии, может способствовать не только повышению успеваемости студентов, но и их общей мотивации к учебе и развитию.

Отобранные мероприятия, которые могут способствовать улучшению общей оценки студентов, включают: тьюторство/репетиторство по сложным предметам; организация групповых занятий по подготовке к экзаменам; мастер-классы по развитию навыков презентации и публичных выступлений; мероприятия по карьерному развитию и профориентации; участие в научно-исследовательских конференциях и семинарах.

Для достижения максимальной общей оценки студентов при минимальных затратах будем использовать генетические алгоритмы, путем нахождения оптимального баланса между затратами на различные мероприятия и их влиянием на улучшение оценок студентов.

Для реализации этой задачи необходимо следующее:

1. Определить параметры и переменные, которые будут оптимизированы (затраты на каждое мероприятие и др.).

2. Разработать функцию приспособленности, которая оценивает «приспособленность» каждого набора параметров (распределение затрат) на основе их влияния на общую оценку студентов.

Пусть: O_i – общая оценка студента; A_{ij} – оценка влияния мероприятия j на общую оценку студента i; C_j – затраты на мероприятие j.

Функция приспособленности определяется в этом случае следующим образом:

$$F(C) = \frac{1}{N}\left[\sum_{i=1}^{N} O_i - \left(\sum_{j=1}^{M} A_{ij} - C_j\right)\right], \quad (2)$$

где: N – количество студентов; M – количество мероприятий.

Заключение

В данной статье была рассмотрена разработка информационной системы поддержки принятия управленческих решений на основе анализа данных портфолио. Были определены основные преимущества использования генетических алгоритмов в данной области, такие как универсальность, адаптивность, простота реализации, работоспособность, возможность распараллеливания и использование эволюционного подхода к решению задач. Разработано программное решение, которое позволяет формировать управленческие решения на основе анализа достижений студентов в различных областях учебной и образовательной деятельности.

Применение генетических алгоритмов позволяет повысить эффективность управления и улучшить качество принимаемых решений на основе анализа данных портфолио, что в свою очередь, способствует повышению конкурентоспособности и успешности образовательной организации.

Список использованных источников

1. Zhao, Y., Lorente, sA.P., Gómez, M.C. Digital competence in higher education research: A systematic literature review. Computers & Education, 168. 104212. – 2021. – DOI: https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104212.

2. Аббасов М.Ш. Применение искусственного интеллекта в системе поддержки принятия управленческих решений // Развитие теории и практики управления социальными и экономическими системами. Материалы Одиннадцатой международной научно-практической конференции. Отв. за выпуск А.О. Шуликов. Петропавловск-Камчатский. – 2022. – С. 85-89.

3. Mirjalili S, Dong JS. Non-dominated sorting genetic algorithm. In SpringerBriefs in Applied Sciences and Technology. Springer Verlag. – 2020. – P. 37-45. (SpringerBriefs in Applied Sciences and Technology). Б.м.: – DOI: 10.1007/978-3-030-24835-2_4.

4. Пираков Ф.Д., Клишин А.П., Еремина Н.Л., Клыжко Е.Н. Разработка и применение системы электронного портфолио // Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии. – 2019. – Т. 17. – № 4. – С. 87-100.

5. Cheng S.I., Chen S.C, Yen D.C. Continuance intention of E-portfolio system: A confirmatory and multigroup invariance analysis of technology acceptance model // Computers standards & interfaces, – V.72. – P. 187-195. – DOI: 10.1016/j.csi.2015.03.002.

ИССЛЕДОВАНИЕ СЕРВИСОВ ДЛЯ КОНСТРУИРОВАНИЯ МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ НА БАЗЕ ANDROID

Сарафанникова А.С.
Томский политехнический университет,
Юргинский технологический институт, ассистент, e-mail: smmuti@tpu.ru

Аннотация

В данной статье представлен обзор сервисов по конструированию приложений. Рассмотрены категории, к которым можно отнести конструкторы приложений. Проведен сравнительный анализ популярных конструкторов мобильных приложений, выделены их достоинства и недостатки относительно сложности разработки, возможностей кастомизации.

Ключевые слова: конструктор мобильных приложений, мобильное приложение, PWA, нативные приложения, мотивация.

Введение

Целью данной работы является обзор сервисов для создания мобильного приложения. Важным фактором для нас является то, что приложение будут использовать студенты, как некоторый «сателлит» в учебе для поддержки академической мотивации. Почему она важна? Мотивация – это процесс, в котором человек выстраивает желаемые для достижения цели образы, впоследствии движущие им. Тогда мотивом будет выступать определённый предмет, относящийся к конкретной потребности [1]. Мотивация бывает внешней и внутренней [2]. В зависимости от расположения мотива студент выстраивает свою учебную деятельность. Если мотив, условно говоря, встроен в освоение дисциплины, то есть это непосредственная потребность в получении новой информации, следовательно, он будет внутренним, по сравнению с внешним мотивом, он более «сильный». Внешняя же мотивация создается факторами извне, например родительским контролем или порицанием преподавателей, что не всегда ведет к успешному окончанию вуза. Поэтому есть цель поддержать студентов в процессе учебы в вузе, что для них бывает просто необходимо, так как юношеский возраст характеризуется чувством неопределенности [2], ведь множество выборов и «дорог» находится прямо перед молодым человеком, который обучается в вузе. В реальности он только вступает во взрослую жизнь, поэтому мы хотим дать некоторые точки опоры, привычные для него, чем и является использование смартфона, в частности – мобильного приложения.

Для создания мобильного приложения мы обратились к конструкторам или сервисам, которые позволяют за короткий период времени сделать программный продукт. В любом конструкторе присутствует комплект возможностей в виде имеющихся элементов [3]. Их можно свободно изменять в зависимости от потребностей разработчика, также можно применять навыки графического дизайна, чтобы сделать приложение наиболее индивидуальным. Определим критерии, по которым будем оценивать сервисы. Первый критерий – возможность бесплатного пользования, второй критерий – возможность редактировать код самостоятельно, третий критерий – наличие готовых шаблонов для будущего приложения (экономия времени при разработке).

Сервисы для создания приложений делятся на разные виды. Рассмотрим каждый из них, чтобы процесс создания приложения был эффективным. PWA дает возможность открывать приложения через мобильный браузер, сохраняя привычный вид для пользователя и функциональность приложения. Относится к гибридным приложениям, которые сочетают в себе особенности нативных и веб-приложений. Далее, нативные приложения – это оформленные программный продукт, который разработан под одну из известных платформ (iOS, Android или Windows). Для работы по конструированию нативных приложений используются языки программирования, подходящие для написания данных приложений [4]. Следующий вид проектировщиков приложений – no-code, из названия которого видно, что данные разработчики не используют код при создании продукта. Плюс для пользователя в том, что функционирует понятная технология drag-and-drop (по-простому – тащи-и-бросай»), то есть используется визуальное моделирование, подобное складыванию блоков конструкторов по желанию пользователя-разработчика. Такой вид проектировщиков возможно применять в двух случаях: необходим продукт с MVP, то есть минимально жизнеспособный продукт (minimum viable product) для решения конкретных простейших задач, нужно проверить гипотезу на

практике [5]. Шаблонные позволяют создавать приложение из уже готовых фиксированных элементов. Единственным минусом для данного вида является практически полное отсутствие пространства для творческого человека, которому важно отразить собственную индивидуальность в каждом элементе.

Перейдем к непосредственному анализу нескольких сервисов по разработке приложений и постараемся выявить «плюсы» и «минусы» каждого из них. Уточним, что сервисы из всего множества существующих, мы выбирали по положительным отзывам на сайтах, от уже пользующихся клиентов.

App Inventor относится к категории no-code конструкторов, дословно переводится как приложение-изобретатель, что очень логично. Данный сервис относится к визуальной среде разработки, проекты которой можно сохранить в облаке, то есть она является облачной средой. У рассматриваемого инструмента имеется внушительный набор завершенных модулей, которые пользователь может перемещать и располагать в желаемом порядке, разрабатывая стиль и вид будущего программного продукта. То есть программирование происходит с помощью перетаскивания блоков и выстраивания их в нужном порядке, что очень похоже на детскую программу для обучения программированию Scratch. Есть окно предпросмотра, где есть возможность испытать полученное приложение до непосредственной установки (рис. 1). Плюсом данного сервиса является возможность бесплатного пользования, лишь должен быть аккаунт в Google.

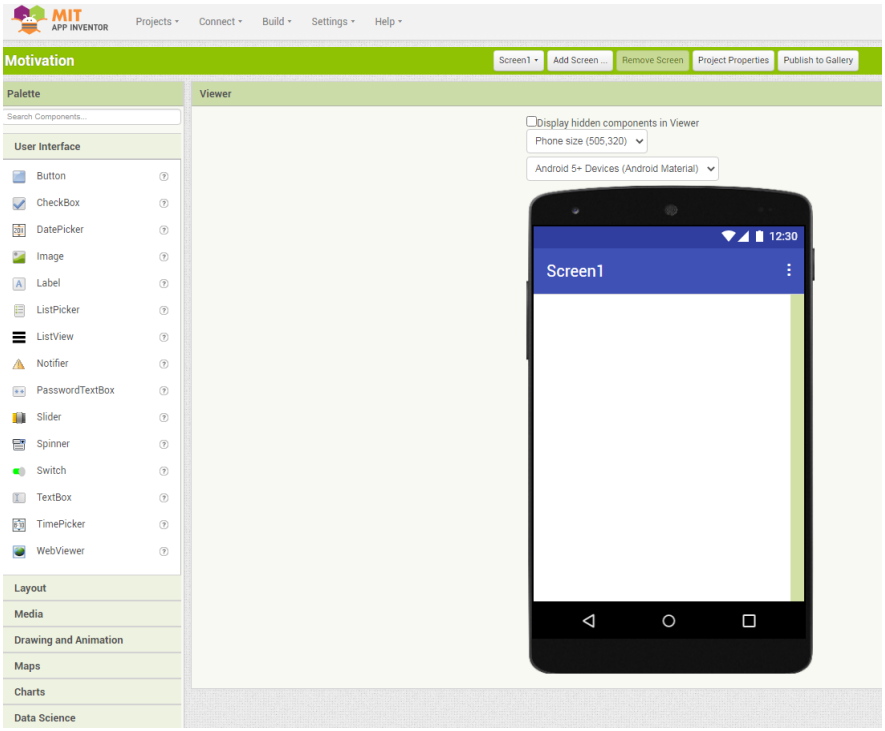


Рис. 1. Сервис для разработки приложений App Inventor

Draftbit также относится к конструкторам, где задание кода отсутствует (no-code), при этом можно использовать блоки, которые помогают настроить приложение под потребности и склонности «разработчика». У данного сервиса имеется онлайн-версия и версия для установки на компьютер (рис. 2).

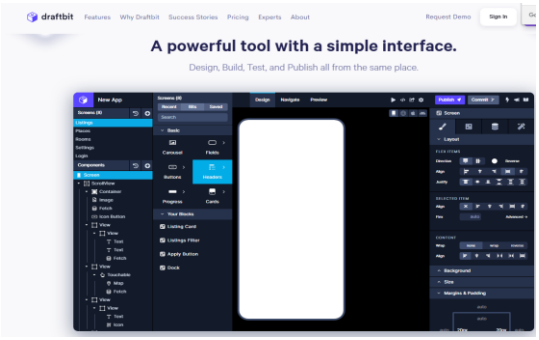


Рис. 2. Сервис для разработки приложений Draftbit

Отличительной особенностью данного сервиса является то, что пользователь может получить готовый код конечного приложения и отредактировать его вручную. Поэтому приложение может получиться отличным от других. Также можно использовать имеющиеся шаблоны игр, калькулятор, to-do list, новости, фотогалерею образовательное приложение, аудиоплеер, шаблон голосового помощника, новости, шаблон для социальной сети. Так как наиболее интересна разработка приложения для студентов, то, например, to-do list будет очень актуален в качестве материального инструмента для отслеживания саморазвития юношей и девушек, а также визуального отображения реального достижения профессиональных целей даже во время учебы в вузе. Пользование сервисом возможно бесплатно в пробный период (14 дней), а затем предлагается оплатить по тарифу.

Appsfera – конструктор, который имеет ряд готовых шаблонов, при этом нет возможности редактировать код (рис. 3). По итогу работы пользователь получает минимальную версию программного продукта (MVP), которую мы упоминали выше. Также присутствует потенциал для объединения с другими известными сервисами. Положительной стороной данного сервиса, безусловно, является наличие бесплатного тарифа, впрочем, есть и платный. Бесплатный тариф можно использовать без ограничений по времени, но в нем присутствуют ограничения по функционалу.

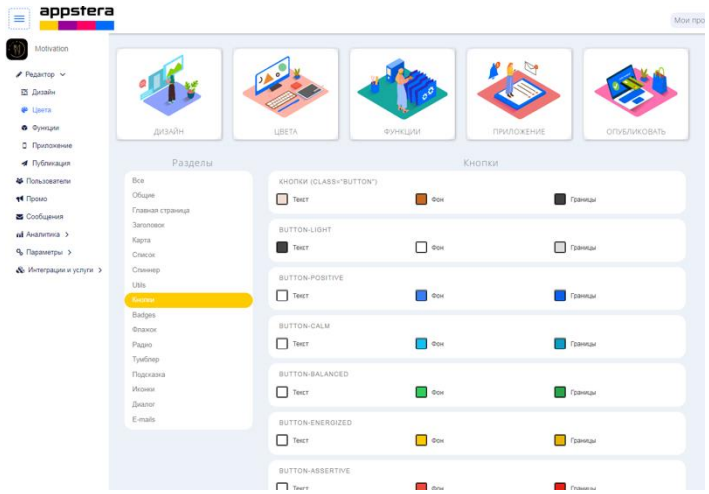


Рис. 3. Сервис для разработки приложений Appsfera

Готовые решения, которые существует в приложении: социальные сети, мессенджеры, онлайн-курсы, онлайн-чат, запись, навигация.

Итак, после рассмотрения сервисов, мы можем сделать некоторые выводы, основываясь на наших критериях, которые были представлены в начале работы. Результаты по критериям представлены в таблице 1.

Таблица 1

Рассмотрение сервисов по критериям

Название сервиса	Критерий 1. Возможность бесплатного пользования	Критерий 2. Возможность редактировать код самостоятельно	Критерий 3. Наличие готовых шаблонов
App Inventor	Бесплатное пользование с аккаунта Google.	Нет возможности редактирования кода.	Не имеет готовых шаблонов.
Draftbit	Пользование сервисом возможно бесплатно в пробный период (14 дней)	Код можно редактировать вручную.	Имеющиеся шаблоны: игры, калькулятор, to-do list, новости, фотогалерея, образовательное приложение, аудиоплеер, шаблон голосового помощника, новости, шаблон для социальной сети
Appsfera	Есть бесплатный тариф, без ограничений по времени.	Нет возможности редактирования кода.	Шаблоны в сервисе: Онлайн-чат; Погода; Радио; Новости; Маршруты и карты; Фото и видео и др.

Опишем предполагаемый функционал прототипа приложения [6] и перейдем к выбору конструктора:

1. Возможность создания личного кабинета пользователя и сохранения личных данных.
2. Знакомство с востребованными профессиями IT-сферы.
3. Возможность добавлять дисциплины, которые необходимо изучить во время учебы для освоения выбранной студентом профессии.
4. Визуальное отображение достижений студента, освоение дисциплин, необходимых для построения успешной карьеры.
5. Возможность использовать календарь для записи наиболее важных учебных событий, помогающих ускорить профессиональный рост: студенческие конференции, школы по различным направлениям, общественная деятельность и т.д.
6. Создание заметок для фиксации идей и короткой текстовой записи, которые имеют свойство быстро возникать и моментально исчезать.
7. В приложении предусмотрена возможность загрузки различных типов файлов, включая фотографии и видео. Пользователь может легко и быстро как загрузить нужные файлы, так и сделать фото или видео из приложения.

Заключение

Можно сделать вывод, что на данный момент есть огромные возможности для реализации собственных задумок по созданию новых программных продуктов с помощью конструкторов мобильных приложений. При создании приложения мы бы хотели видеть возможность бесплатного пользования сервисом без ограничений. Далее наличие кодирования для нас пока не является приоритетным критерием, так как приложение мы хотим создать как пробную версию, чтобы понять, будут ли студенты заинтересованы в его использовании, поэтому достаточно приложения с готовыми модулями и блоками. Готовые шаблоны помогут сэкономить время разработки приложения, их наличие для нас также является важным критерием. Таким образом, на данный момент сервис Appsfera будет наиболее подходящим. Он поможет увидеть собственную идею «на деле», её недостатки и возможные пути коррекции. В целом, сервисы по разработке мобильных приложений полезны для пользователей, которые желают попробовать себя в ИТ в роли разработчиков, и, возможно, даже понять, двигаться ли им дальше по пути информационной сферы или выбрать другое решение.

Список использованных источников

1. Леонтьев А.Н. Потребности, мотивы и эмоции // Психология мотивации и эмоций. – Москва: ЧеРо: Омега-Л: Московский психолого-социальный институт, 2006. – С. 57-79.

2. Абульханова-Славская К.А. Стратегия жизни. М.: Мысль, 1991. – 158 с.

3. Сорокин А.С. Исследование и анализ сферы разработки мобильных приложений с помощью конструкторов для последующей разработки приложения // КОГРАФ-2022: сборник материалов 32-й Всероссийской научно-практической конференции по графическим информационным технологиям и системам. – Нижний Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2022. – С. 75-79.

4. Филинских А.Д. Разработка мобильного приложения на основе конструктора // КОГРАФ-2018: Сборник материалов 28-й Всероссийской научно-практической конференции по графическим информационным технологиям и системам. – Нижний Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2018. – С. 94-99.

5. Мостяев А.И. Социальные особенности разработки мобильных приложений // Программные продукты и системы. – 2019. – № 2. – С. 238-243.

6. Захарова А.А., Марченко А.С., Сарафанникова А.С. Разработка программного обеспечения для повышения уровня мотивации студентов технических вузов // Электронные средства и системы управления: материалы докладов XIX Международной научно-практической конференции (15-17 ноября 2023 г.): в 2 ч. – Ч. 2. – Томск: В-Спектр (ИП Бочкарева В.М.), 2023. – С.203-206.

РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЗДОРОВЬЯ

Лапина Е.В.[1], Марухина О.В.[2]
[1]Томский политехнический университет, студент гр. 8ПМ22 ОИТ ИШИТР, e-mail: evz19@tpu.ru
[2]Томский политехнический университет, к.т.н., доцент ОИТ ИШИТР, e-mail: marukhina@tpu.ru

Аннотация

Мобильные приложения становятся неотъемлемой частью нашей жизни, и их потенциал в области заботы о здоровье огромен. Данный проект направлен на создание приложения для контроля здоровья. Функционал приложения включает в себя ведение учета принимаемых лекарств, отслеживание изменения самочувствия, планирование и отслеживание визитов к врачу, обследований, вакцинаций, доступ к информации о препаратах.

Ключевые слова: мобильное приложение, здоровье, медицина, дизайн пользовательского интерфейса, справочник лекарств

Введение

В современном мире здоровье становится все более приоритетной сферой жизни для многих людей. С ростом интереса к собственному благополучию и поддержанию здорового образа жизни возникает необходимость в инструментах, способных облегчить контроль за состоянием организма и предоставить информацию о медицинских препаратах и процедурах [1]. В этом контексте разработка мобильного приложения медицинской тематики представляет собой актуальную и перспективную область исследования.

Внедрение цифровых технологий в сферу медицины и здравоохранения открывает новые возможности для всех участников системы. Пациенты получают доступ к более удобным и персонализированным сервисам, а медицинские работники – к инструментам, повышающим эффективность их работы [2].

Цель работы заключается в разработке мобильного приложения для платформы Android, которое позволит пользователям вести учет принимаемых лекарств, отслеживать беспокоящие симптомы, а также контролировать свои записи на приемы к врачу, проведенные обследования и сделанные вакцинации. Дополнительно приложение будет обеспечивать доступ к справочнику лекарств, где пользователи смогут получить информацию как о названиях медицинских препаратов, так и об их связи с определенными симптомами, что поможет им принимать более обоснованные решения относительно своего здоровья.

Инструменты разработки

Для создания интерфейса приложения был использован онлайн-сервис Figma. Он популярен, удобен, позволяет работать совместно над проектом и создавать макеты сайтов, приложений, а также кликабельные прототипы с анимацией [4].

Для написания клиентской части приложения выбран язык Kotlin. Он является официальным языком для Android, прост в изучении и удобен для разработки интерфейса [5].

Для разработки приложения на Kotlin была использована интегрированная среда разработки (IDE) Android Studio. Она обладает всеми необходимыми инструментами для разработки, отладки и тестирования мобильных приложений под платформу Android [6].

Для раздела "Справочник" была использована обработанная тестовая версия базы данных Видаль [7]. Она содержит информацию о лекарственных препаратах, зарегистрированных в России.

Разработка дизайна

В данном разделе описан процесс разработки дизайна приложения для контроля здоровья с использованием инструмента Figma. Разработка дизайна осуществлялась с целью создания пользовательского интерфейса, который будет интуитивно понятным и удобным для пользователей.

Процесс разработки дизайна включал следующие шаги:

1. Исследование и анализ:
   a. Изучение существующих дизайн-тенденций и принципов.
   b. Анализ аналогичных медицинских приложений.
   c. Определение требований пользователей.

2. Создание концепции:
   a. Разработка общей концепции дизайна.
   b. Определение стиля, цветовой гаммы и типографики, которые соответствуют медицинской тематике и обеспечивают читаемость и привлекательность интерфейса.
   c. Поиск иконок и отрисовка ключевых картинок профиля, подходящих по концепции дизайна.
3. Проектирование экранов:
   a. Создание макетов пользовательского интерфейса, включая расположение элементов управления, визуальное представление данных, переходы между экранами и другие важные детали.
   b. Создание кликабельного дизайна, путем назначения элементам интерфейса необходимых действий или перехода между экранами.

В результате работы по описанному процессу был разработан дизайн мобильного приложения в Figma. На рисунке 1 представлен скриншот из программы, содержащий все разделы системы.

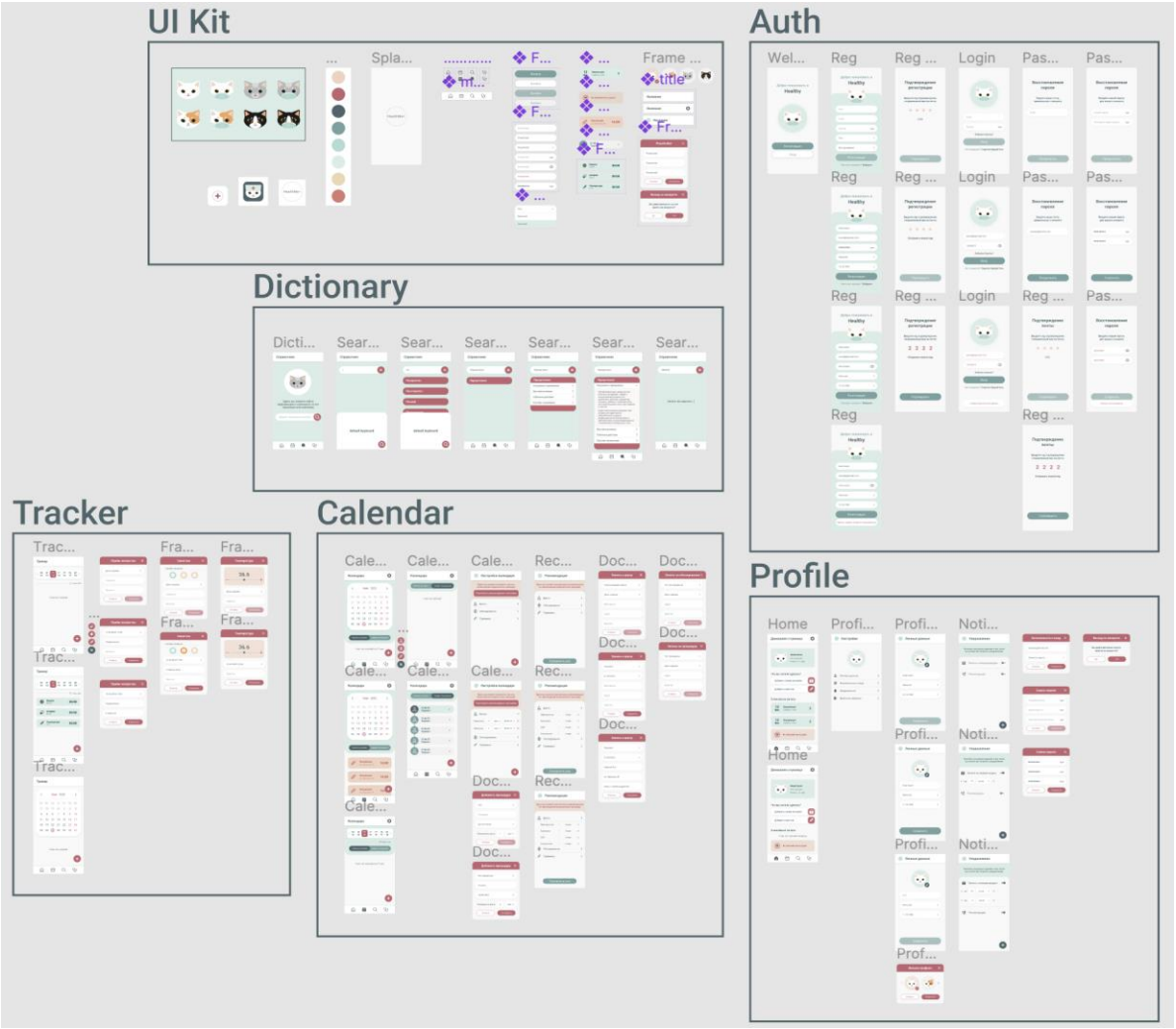


Рис. 1. Дизайн приложения в Figma

Разработка приложения

Процесс разработки клиентской части приложения включает следующие этапы:

1. Изучение требований и функциональных возможностей приложения для контроля здоровья.
2. Определение структуры и функциональности клиентской части.
3. Разработка экранов, включающих различные элементы интерфейса, такие как кнопки, текстовые поля, списки и другие. На рисунке 2 представлен скриншот из IDE Android Studio при редактировании фрагмента настроек профиля.

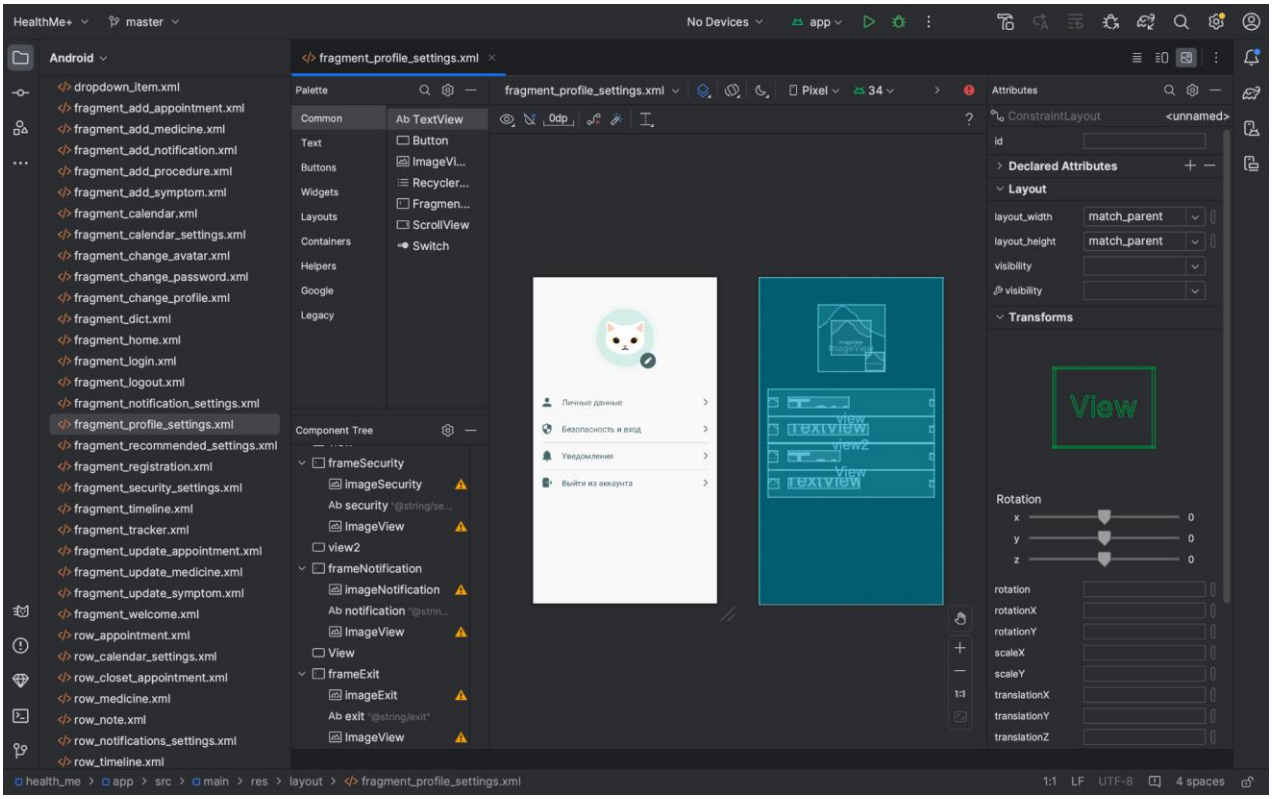


Рис. 2. Редактирование экрана в Android Studio

4. Реализация логики, которая обеспечивает взаимодействие между экранами. Это включает переходы между экранами, передачу данных между ними и обработку пользовательских действий.
5. Тестирование и отладка разработанного функционала для обнаружения и исправления ошибок. Тестирование приложение приложения проводилось в ручном формате как с использованием эмулятора, так и с использованием смартфона на ОС Android.

Заключение

Цель работы заключается в создании Android-приложения, которое поможет людям следить за своим здоровьем. Пользователи смогут записывать симптомы и принимаемые лекарства, отслеживать посещения медицинских учреждений, а также искать лекарства по названию или симптомам.

Использование мобильного приложения особенно удобно, так как смартфоны стали неотъемлемой частью жизни большинства людей. Приложение всегда будет под рукой, позволяя сразу записывать симптомы и получать информацию о препаратах, которые могут помочь. Также благодаря дневнику симптомов, можно быстро и легко вспомнить все недуги при обращении к врачу.

Разработка такого приложения имеет практическую ценность и может быть полезной для пользователей, желающих эффективно контролировать свое здоровье и упростить доступ к медицинской информации.

Список использованных источников

1. Карлин Д.А., Багрецов С.Ф. Популяризация здорового образа жизни среди молодежи // Материалы XIII Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум». – URL: https://scienceforum.ru/2021/article/2018025501 (дата обращения: 01.11.2023).
2. Цифровизация сделает здравоохранение эффективным. [Электронный ресурс]. – URL: https://plus.rbc.ru/news/5f6e921e7a8aa9bebb4f7e6b (дата обращения: 01.11.2023).
3. Карта рынка цифрового здравоохранения. [Электронный ресурс]. – URL: https://evercare.ru/telemed-map (дата обращения: 01.11.2023).
4. Хвостенко Т.М., Великсар Д.С. Figma – перспективный инструмент современного веб-дизайнера // Вестник образовательного консорциума Среднерусский университет. Информационные технологии. – 2019.
5. Как выбрать язык программирования для создания Андроид – приложения // Хабр: [сайт]. – 2019. – URL: https://habr.com/ru/articles/477578/ (дата обращения: 01.11.2023).

6. Android Studio // Android Developers: [сайт]. – 2023. – URL: https://developer.android.com/studio (дата обращения: 01.11.2023).
7. База данных видаль для разработчиков // VIDAL: [сайт]. – 2020. – URL: https://www.vidal.ru/services/bd-vidal (дата обращения: 01.11.2023).

Секция 4. Мехатроника и робототехника

ВЛИЯНИЕ ЧАСТОТЫ ОБНОВЛЕНИЯ УПРАВЛЯЮЩЕГО РЕГУЛЯТОРА НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗАМКНУТОГО КОНТУРА РЕГУЛИРОВАНИЯ

Усков В.С.[1], Ланграф С.В.[2]
[1] ТПУ, ИШИТР, гр 8Е02, e-mail: vsu2@tpu.ru
[2]ТПУ, ИШИТР, к.т.н., доцент, email: langraf@tpu.ru

Аннотация

В данной работе исследуется влияние частоты обновления управляющего регулятора на переходные процессы в замкнутом контуре регулирования. Исследование проводится на уровне имитационной модели в Matlab Simulink. В работе приводится описание алгоритма, имитирующего работу регулятора на различных частотах. Результатом исследования является получение зависимости показателей качества переходного процесса от частоты работы регулятора.

Ключевые слова: Микроконтроллер, дискретный ПИ-регулятор, переходный процесс, контур регулирования.

Введение

Целью данной работы является исследование влияния частоты дискретного ПИ-регулятора с программной реализацией на качество переходных процессов контура регулирования. Эксперимент позволит определить минимальную частоту обновления выходного сигнала регулятора, на которой обеспечиваются приемлемые показатели качества для решения требуемых задач управления. Уменьшение частоты обновления позволяет разгрузить ресурсы микроконтроллера, повышает стабильность работы встраиваемой системы управления с наиболее эффективным использованием вычислительных мощностей применяемого микроконтроллера.

В качестве объекта управления в данной работе будет рассмотрена модель замкнутого контура управления составляющими вектора тока мотор-колеса на основе синхронного электродвигателя, используемого в прототипе многоколесного мобильного робота. Моделирование будет происходить в программном пакете Matlab Simulink с применением компонентов S-function для интерпретации программных фрагментов кода.

Методы решения

Первым этапом для проведения эксперимента необходимо перейти от имитационной модели системы управления к программной реализации управляющих алгоритмов. На рисунке 1 представлена линеаризованная модель замкнутого контура для управления составляющими вектора тока с ПИ-регулятором на основе стандартных компонентов Simulink и модель аналогичного замкнутого контура, содержащую в своем составе блок S-function. Данный компонент предназначен для программной реализации управляющего ПИ-регулятора с возможностью использовать фрагменты кода на языках Matlab, C, C++ совместно с блоками Simulink. Замкнутые контуры регулирования предварительно подвергались оптимизации в соответствии с настройкой регуляторов на модульный оптимум с достижением предельного быстродействия [1].

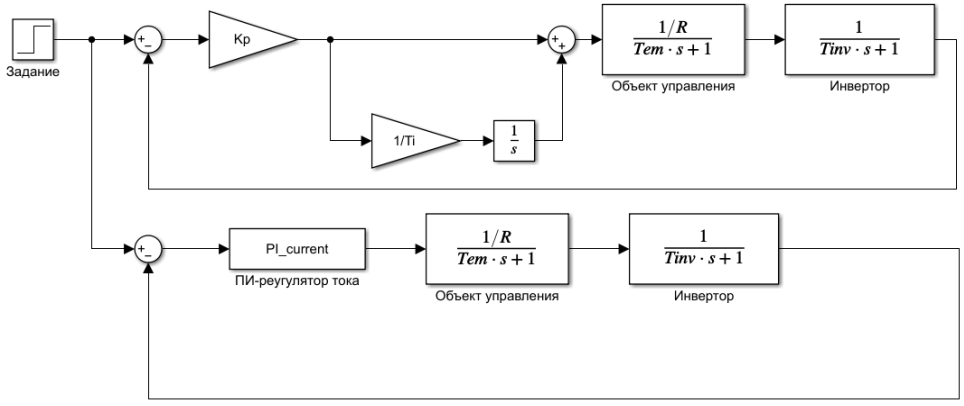


Рис. 1. Реализация замкнутых контуров управления

Далее для проведения эксперимента необходимо разработать алгоритм, позволяющий имитировать работу регулятора при различных частотах обновления выходного сигнала. Блок схема алгоритма, реализующего дискретный ПИ-регулятор с возможностью изменения частоты дискретизации выходного сигнала, представлена на рисунке 2.

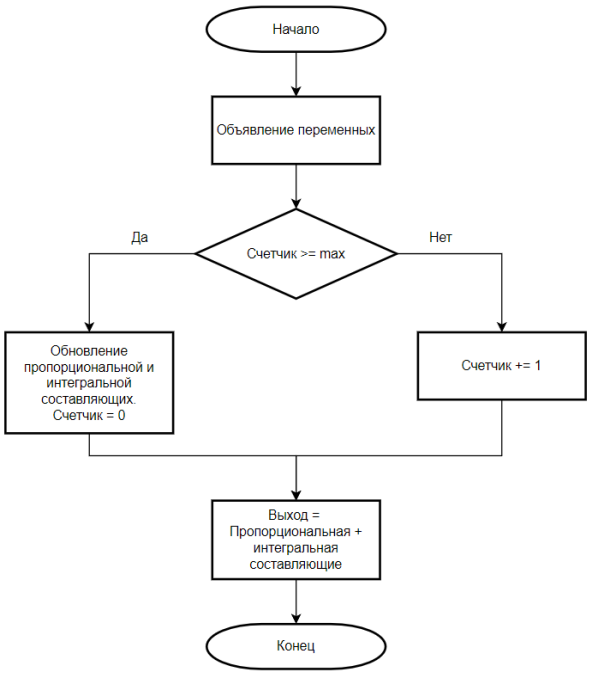


Рис. 2. Блок схема алгоритма

Переменная max, используемая в блок схеме, позволяет имитировать различные частоты работы регулятора по следующей формуле:

$$f_{reg} = \frac{f_{prog}}{\max} \quad (1)$$

где f_{prog} – частота моделирования объекта управления, которая с целью максимального снижения дискретизации увеличена до уровня 1МГц, $\max$ – переменная, изменяющая частоту регулятора.

Результаты

Используя разработанную модель, а также блок схему алгоритма, описанные в предыдущем разделе, были проведены эксперименты при ступенчатом задании с оценкой качества переходных процессов в контуре регулирования при изменении частоты работы ПИ-регулятора в диапазоне от 2 кГц до 1 МГц и получены переходные процессы для каждого случая. На рисунках 3 и 4 приведены графики переходного процесса при работе контуров и графики управляющего воздействия ПИ-регулятора при частотах обновления выходного сигнала 50 кГц и 5 кГц, а также их сравнение с соответствующими графиками при моделировании на частоте объекта управления.

На графиках, представленных на рисунках 3 и 4, можно наблюдать влияние дискретности регулятора на качество переходного процесса в контуре регулирования, которое проявляется с уменьшением частоты обновления управляющего сигнала.

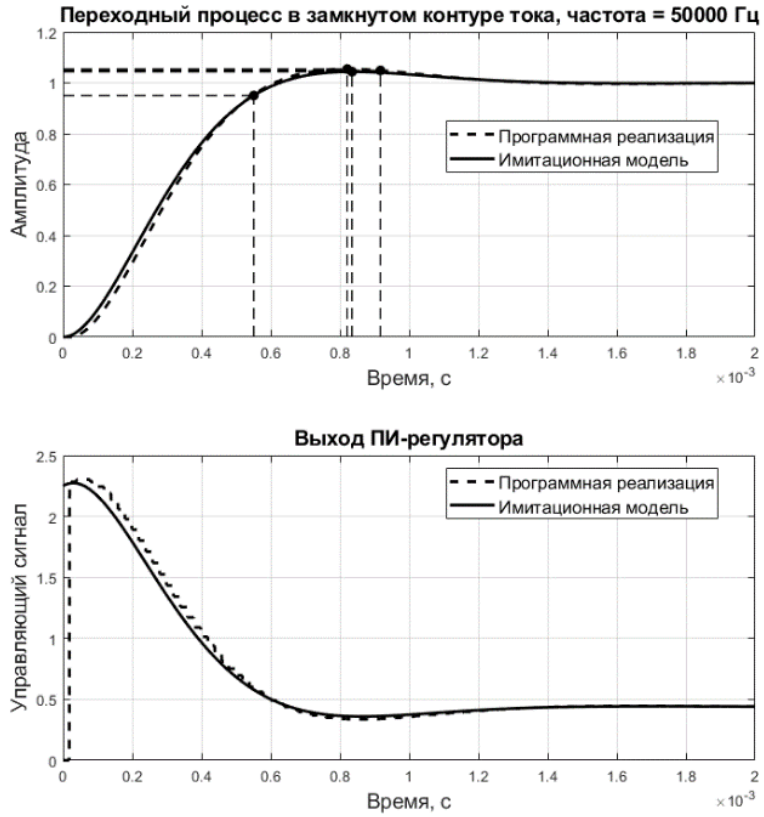


Рис. 3. Переходный процесс в замкнутом контуре и управляющее воздействие регулятора при частоте 50 кГц

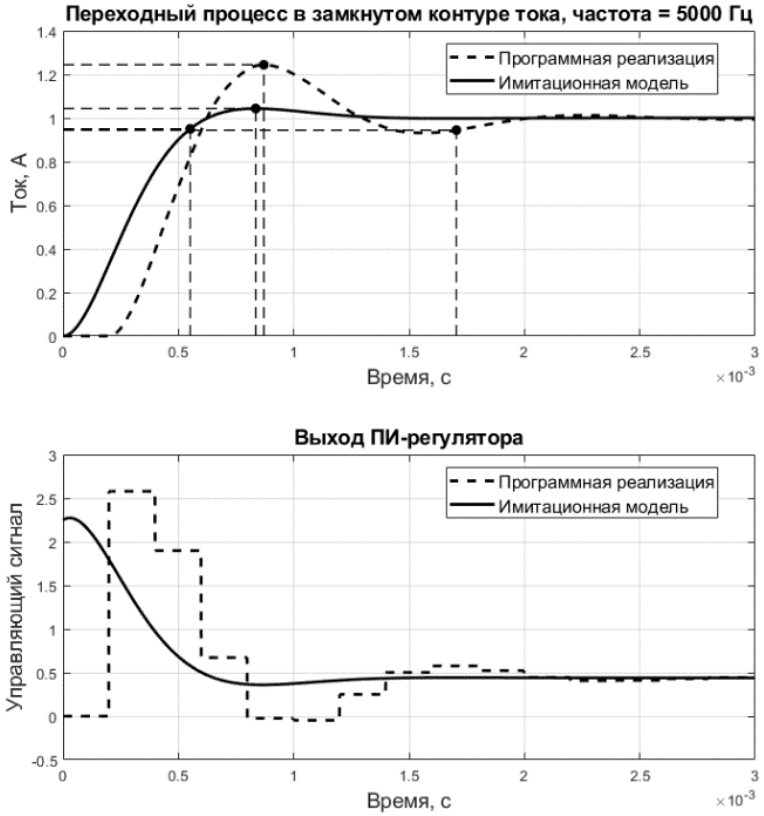


Рис. 4. Переходный процесс в замкнутом контуре и управляющее воздействие регулятора при частоте 5 кГц

Результаты всех экспериментов представлены на рисунке 5 и в таблице 1.

Таблица 1

Показатели качества при изменении частоты регулятора

Частота регулятора	Перерегулирование, %	Время переходного процесса, мс
1 МГц (частота объекта управления)	4.32	0.55
50 кГц	5.4	0.9
25 кГц	6.7	0.97
20 кГц	7.5	1.01
10 кГц	12	1.05
5 кГц	24	1.7
4 кГц	30	1.85
2 кГц	80	4.5

График зависимости перерегулирования и времени переходного процесса от частоты регулятора, по данным таблицы 1, представлен на рисунке 5. Для наглядности графика результаты при частоте 1 МГц не приводятся.

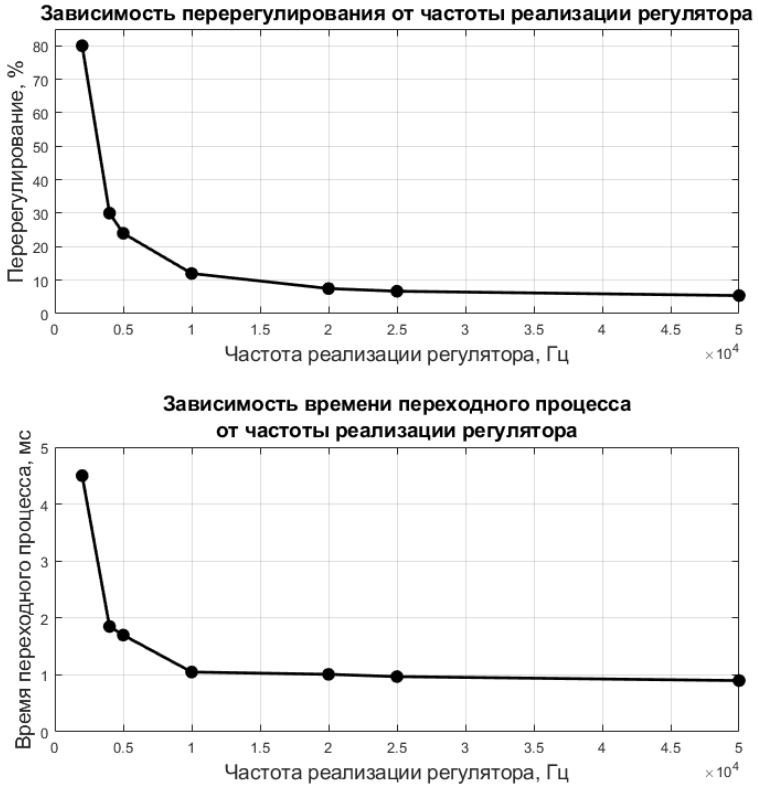


Рис. 5. Зависимости перерегулирования и времени переходного процесса от частоты регулятора

По результатам экспериментов, представленных на рисунке 5, можно сделать вывод о том, что диапазон, на котором показатели качества переходного процесса объекта управления не ухудшаются с уменьшением частоты – от 10 кГц до 50 кГц. Исходя из задачи получения максимальной экономии вычислительных ресурсов микроконтроллера, можно сделать вывод о том, что для данной ситуации наилучшим выбором будет использование частоты обновления на уровне 10 кГц.

Заключение

В ходе данного исследования было изучено влияние частоты обновления дискретного ПИ-регулятора на качество переходных процессов в контуре регулирования, используемого в электроприводе прототипа многоколесного мобильного робота. Эксперименты показали, что частота

работы регулятора имеет существенное влияние на качество переходных процессов. Из результатов экспериментов следует, что увеличение частоты регулятора в пределах от 10 кГц до 50 кГц не приводит к существенному улучшению показателей качества переходных процессов. Однако снижение частоты регулятора ниже 10 кГц ведет к значительному ухудшению эффективности управления. Исходя из задачи оптимизации вычислительных ресурсов микроконтроллера при сохранении приемлемого качества управления, рекомендуется в данном случае использовать частоту регулятора на уровне 10 кГц. Это позволит достичь оптимального баланса между расходованием вычислительных ресурсов микроконтроллера [2] и показателями качества переходного процесса. Таким образом, данная работа не только позволяет определить оптимальную частоту для работы регулятора для конкретного применения, но и обеспечивает основу для более эффективного использования ресурсов в системах управления мобильными роботами и аналогичными техническими устройствами. Дальнейшие исследования могут быть направлены на расширение диапазона исследуемых частот и адаптацию результатов для различных типов объектов управления.

Список использованных источников

1. Проектирование и исследование автоматизированных электроприводов. Часть 7. Теория оптимизации многоконтурных систем управления электроприводов: учебное пособие / Л.С. Удут. – Томск: Издательство Томского политехнического университета. – 2007. – 161 с.

2. Выбор микроконтроллера // Kazus.ru: Электронный портал. – URL: http: // kazus.ru/articles/183.html.

АЛГОРИТМ ПРОГРАММНОГО ОГРАНИЧЕНИЯ ПОЛЕТНОЙ ЗОНЫ МУЛЬТИКОПТЕРА

Филипас А.А.[1], Кривошеев Д.В.[2]
[1] Томский политехнический университет, Инженерная школа информационных технологий и робототехники, доцент, e-mail: filipas@tpu.ru
[2] Томский политехнический университет, Инженерная школа информационных технологий и робототехники, 8ТМ21, e-mail: dvk98@tpu.ru

Аннотация

В данной работе поэтапно описана разработка алгоритма, который позволяет задавать размеры зоны ограничения (длина – X, ширина – Y, высота – Z), реализовывать программно физическое ограничение вылета БПЛА из заданной (ограниченной) зоны при реализации ручного управления.

Ключевые слова: Алгоритм, ограничение полетной зоны, мультикоптер, БПЛА.

Введение

В настоящее время беспилотные летательные аппараты (БПЛА) – с тремя и более несущими винтами – мультикоптеры, прочно вошли в нашу повседневную жизнь. От простых развлечений ещё вчера, сегодня мультикоптеры находят применения в таких областях, как сельское хозяйство, общественная безопасность, борьба с лесными пожарами, управление чрезвычайными ситуациями, обследование линейной инфраструктуры (линий электропередач, трубопроводов), усиление мер по обеспечению правопорядка, телекоммуникации, мониторинг погоды, аэрофотовидеосъёмка и картографирование, телевидение, кинематограф, мониторинг окружающей среды, разведка запасов нефти и газа, грузовые перевозки, и многих других.

Некоторые виды работ с использованием мультипоптеров проводятся в полётных пространствах, имеющих физические ограничения. Также ограничение полётной зоны может применяться при осуществлении полетов вблизи зон с ограничениями полетов для беспилотных воздушных судов (БПЛА) БВС [1], при обучении пилотов БПЛА, а также в других задач, связанных с необходимостью ограничивать полетную зону мультикоптера.

В рамках данной работы рассматривается создание алгоритма программного ограничения рабочей зоны полета мультикоптера для его применения в условиях ограниченного полетного пространства. Система будет работать в реальном времени и реальных координатах, на открытых и закрытых площадках, без применения дополнительного оборудования, с использованием инерциальной навигации [2] коптера и системы optical flow [3].

Описание алгоритма

Для реализации ограничений полетной зоны мультикоптера рассмотрим основные моменты, на которые стоит обратить внимание при разработке данного алгоритма.

На первом этапе необходимо задать начальные условия (зону ограничения). На рисунке 1 схематически представлена область, которую мы будем задавать.

Первым и самым простым способом задания будет задание значений $X0, Y0, Z0$ в коде программы. Также можно задать диагональ $XYZ0$, а в программе реализовать расчет $X0, Y0, Z0$.

Второй способ задания начальных условий является более сложным с точки зрения реализации, однако он может стать наиболее удобным, интуитивно понятным и универсальным для пользователя.

Суть его заключатся в том, что пользователю для задания координат (зоны ограничения) необходимо будет установить коптер на точку начала координат и нажать кнопку для подтверждения ввода на коптере (либо на пульте). Затем необходимо переместить коптер в точку для задания координаты и подтвердить ввод нажатием кнопки на коптере (либо на пульте). То же самое необходимо проделать для координаты и , или можно сразу установить коптер в точку и три раза нажать кнопку подтверждения ввода координат.

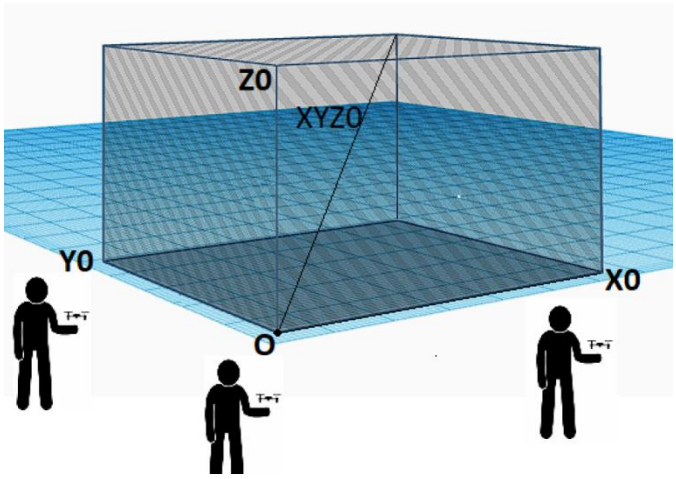


Рис. 1. Задания ограничений полетной зоны различными способами

На втором этапе рассмотрим сам алгоритм ограничения полетной зоны. Для этого необходимо учесть некоторые моменты. Рассмотрим плоскость, представленную на рисунке 2.

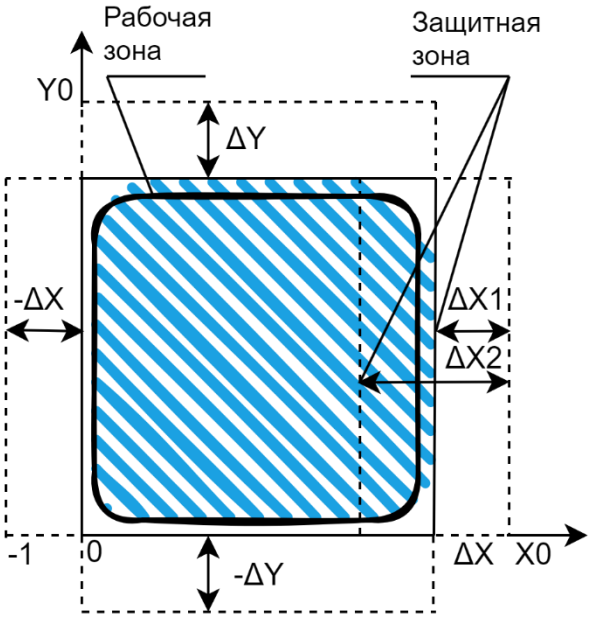


Рис. 2. Планирование зоны ограничений

Здесь представлен прямоугольник, ограниченный точками $X0$ и $Y0$, заданными на предыдущем этапе алгоритма. Точка 0 – начало отсчета. Рассмотрим случай ограничения полета коптера, когда он движется слева направо, от точки 0 в сторону $X0$. Предположим, что коптер летит со скоростью $V1$. Очевидно, что остановить коптер мгновенно не представляется возможным. Поэтому чтобы он остановился, не выходя за пределы $X0$, останавливать его нужно заранее в точке $X0-\Delta X1$. Однако если его скорость $V2$ больше скорости $V1$, то и останавливать его нужно раньше в точке $X0-\Delta X2$

Таким образом, значение параметра ΔX «защитного интервала» («защитной зоны») напрямую будет зависеть от скорости движения коптера.

Следует отметить, что ограничение по координате X не ограничивает движения коптера по координатам Y и Z. Ограничения движения коптера по всем координатам произойдет только тогда, когда он окажется в любом верхнем или нижнем углу заданной полетной зоны.

Таким образом, заштрихованная область и будет рабочей зоной полета коптера.

Теперь рассмотрим подробнее алгоритм ограничения полетной зоны коптера с использованием динамически изменяемой «защитной зоны» внутри рабочей зоны в зависимости от его положения в ней и текущей скорости коптера.

Для реализации алгоритма динамического управления «защитной зоны» составим более подробную схему конкретно под эту задачу. Такая схема, например для зоны размером 10x10 метров, представлена на рисунке 3.

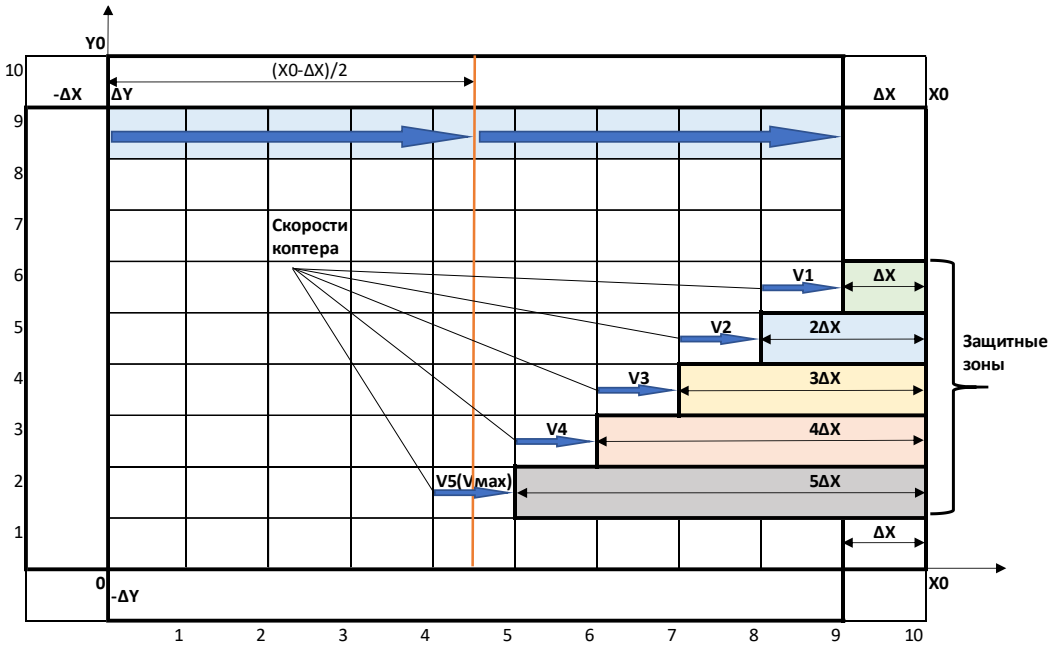


Рис. 3. Полетная зона для алгоритма управления интервалом «защитной зоны»

На схеме представлено поле, в котором квадраты от 0 до 9 – это рабочая зона полета коптера. Зона слева от нуля $-\Delta X$ и справа от 9 ΔX – это минимальная «защитная зона», которая будет задаваться фиксированной.

Рассмотрим движение коптера от нуля направо. Подлетая к «защитной зоне» $5\Delta X$ с максимальной скоростью $V5$ и пересекая ее, коптер отключается от пульта управления и по инерции останавливается, не выходя за границы минимальной «защитной зоны». Затем коптер автоматически устанавливается в точку $X0-\Delta X$, и теперь «защитная зона» для него станет ΔX, т.к скорость его стала меньше скорости $V1$. Если же у коптера при движении слева направо была скорость $V4$, то отключать его будем в момент пересечения интервала $4\Delta X$. С другими скоростями все происходит аналогично. Также стоит отметить, что если коптер движется справа налево, то алгоритм работает также, только с учетом его направления движения. Данный алгоритм ограничения относится и к движению коптера по оси Y, и по оси Z.

Для определения численных значений «защитных зон» $2\Delta X, 3\Delta X, 4\Delta X, 5\Delta X$ было проведено исследования «выбега» квадрокоптера COEX Clever [4] в среде симуляции Gazebo [5]. Суть исследования сводилась к разгону коптера при помощи ручного управления. Затем после достижения коптером определённой скорости осуществлялось отключение его от ручного управления, и определялось на сколько по инерции он вылетит до полной остановки. Полученные результаты представлены на рисунке 4.

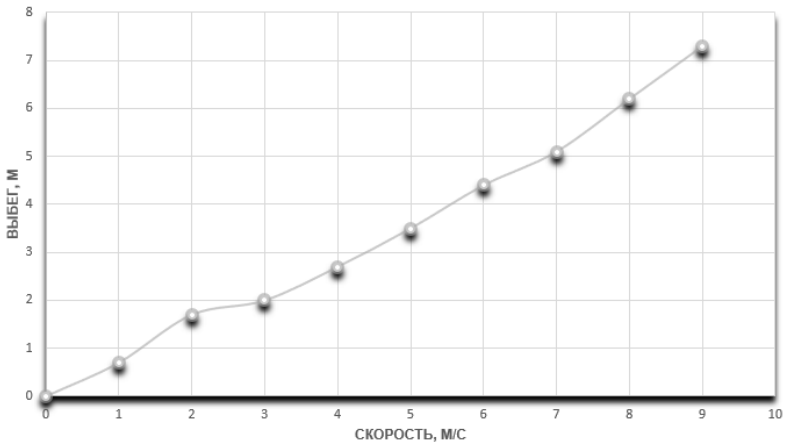


Рис. 4. Зависимость «выбега» от скорости

Также по этому графику автоматически задается ограничения максимальной скорости для данного алгоритма. Так, например, для площадки, представленной на рисунке 3, нет смысла разгонять коптер более 7 м/с, так как он просто не успеет остановится.

Заключение

В результате разработки алгоритма и проведённых исследований был написан программный код, реализующий все вышеописанные подходы. Программный код протестирован в симуляции. На программный код получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2024614405 [6].

Список использованных источников

1. Установление зоны ограничения полетов для беспилотных воздушных судов (беспилотных летательных аппаратов БПЛА) БВС // Центр комплексной безопасности: сайт. – 2023. – URL: http://ckb.su/component/k2/item/446-ustanovlenie-zony-ogranicheniya-poletov-dlya-bespilotnykh-vozdushnykh-sudov-bespilotnykh-letatelnykh-apparatov-bpla-bvs (дата обращения: 03.03.2024).

2. Инерциальная навигация // Википедия: сайт. – 2024. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Инерциальная_навигация (дата обращения: 10.03.2024).

3. Визуальная одометрия // RoboCraft: сайт. – 2024. – URL: https://robocraft.ru/computervision/738 (дата обращения: 10.03.2024).

4. Введение // Клевер: сайт. – 2024. – URL: https://clover.coex.tech/ru/#клевер (дата обращения: 10.02.2024).

5. GAZEBO // GAZEBO: сайт. – 2013. – URL: https://gazebosim.org/features (дата обращения: 10.03.2024).

6. ГОСУДАРСТВЕННАЯ РЕГИСТРАЦИЯ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ЭВМ 2024614405 // ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ ПРОМЫШЛЕНОЙ СОБСТВЕНОСТИ: сайт. – 2013. – URL: https://fips.ru/EGD/c4a89856-9601-4db2-8498-3e35b819290e (дата обращения: 23.02.2024).

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ГОЛОНОМНОЙ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Кликич А.С.[1], Поберёзкин Н.И.[2]
[1] Томский Политехнический университет, ИШИТР, студент гр. 8Е11, e-mail: ask182@tpu.ru
[2] Томский Политехнический университет, ИШИТР, ассистент, e-mail: nip6@tpu.ru

Аннотация

В статье рассматривается разработка программного обеспечения для образовательной робототехнической платформы с использованием ROS. Основной упор делается на управлении и передаче данных между компонентами робота. Дополнительно обсуждаются планы по дальнейшему расширению функционала для повышения универсальности и эффективности робота.

Ключевые слова: робот, программное обеспечение, робототехническая платформа, управление роботом, робот на базе ROS.

Введение

В наше время робототехника проникла в различные сферы жизни, от медицины до атомной промышленности, и ключевую роль в этой области играет программное обеспечение. Фактически, роботы не могут функционировать без подходящего программного обеспечения [1].

На данный момент ведущими центрами разработки робототехники являются такие страны, как Япония, Германия и США. В России разработка программного обеспечения для роботов встречает определенные трудности, в частности из-за санкций, что приводит к снижению количества роботов с отечественным программным обеспечением. Это создает проблему нехватки подходящего программного обеспечения для различных типов роботов, что становится все более актуальным [2].

Образовательный процесс в современных университетах сосредоточен на системах управления, которые студенты изучают без использования программного обеспечения на реальных роботах. Например, в Томском Политехническом университете имеется образовательный стенд в виде голономной робототехнической платформы, на котором студенты должны освоить навыки управления роботами, включая кинематику и решение траекторных задач. Однако отсутствие программного обеспечения на этом роботе стало препятствием для полноценного обучения.

Поэтому основной целью данной работы является разработка программного обеспечения для образовательного стенда в виде голономной робототехнической платформы. Это позволит студентам изучать и решать задачи в области управления современными роботами.

На текущий момент сформулированы следующие задачи:

Разработка программного обеспечения для управления робототехнической платформой;

Реализация передачи данных между программным обеспечением и одноплатным компьютером.

Взаимосвязь ПК и одноплатного компьютера

Поскольку робот оснащен двойной аппаратной системой управления, включающей персональный компьютер и одноплатный компьютер, первоочередной задачей было обеспечить передачу данных между этими двумя комплексами. В качестве протокола для передачи данных был выбран интерфейс Ethernet. Для обеспечения коммуникации между этими двумя устройствами была выбрана архитектура клиент-подписчик, позволяющая обеспечить удобный доступ к общим данным [3].

Для взаимодействия между одноплатным компьютером и ПК устанавливаются определенные принципы работы. Один из них выступает в роли издателя, который регулярно публикует данные, в то время как другой действует в качестве подписчика, ожидая получения опубликованных данных. После успешного приема данных подписчик отправляет сообщение издателю о том, что данные получены.

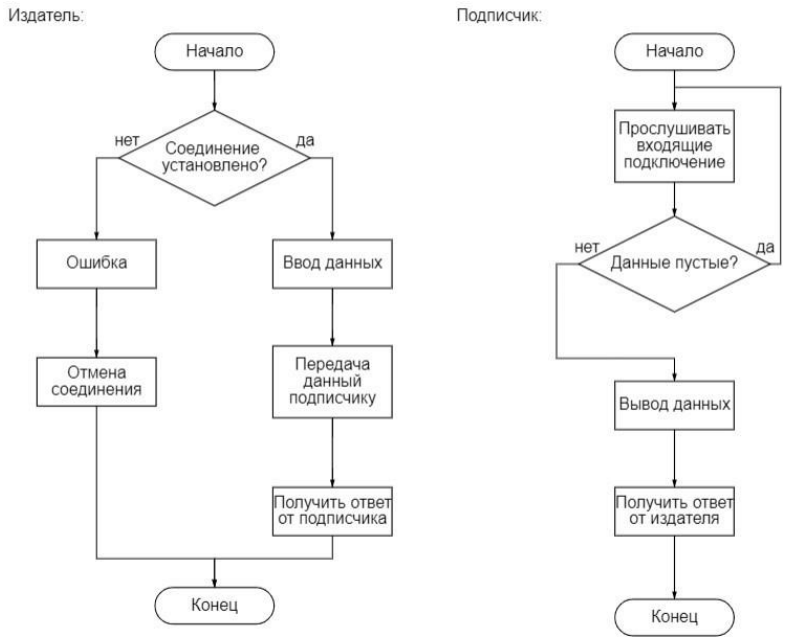


Рис. 1. Блок-схема алгоритма передачи данных

Разработка программного обеспечения

После настройки передачи данных началась разработка пользовательского интерфейса для управления низкоуровневыми операциями. Этот интерфейс включает в себя возможность управления поворотом выбранного пользователем двигателя, направлением движения, скоростью движения или углом поворота, который в дальнейшем будет называться демонстрационным управлением.

На данный момент функция управления низкоуровневыми операциями ограничивается только демонстрационным управлением двигателем. В будущем планируется добавить регулятор управления двигателями, в качестве регулятора управления уже был выбран PID регулятор, в результате необходимо будет настроить три коэффициента регулирования.

После создания алгоритма управления, для более полного понимания взаимосвязей между процессами в программном обеспечении, было разработано дерево вызова процедур (рис. 2). Это дерево отображает иерархию всех процессов внутри программы, их взаимосвязи и последовательность выполнения. Стоит отметить, что данное дерево процессов создано исключительно для функции управления низкоуровневыми операциями, а не для всего программного обеспечения в целом.

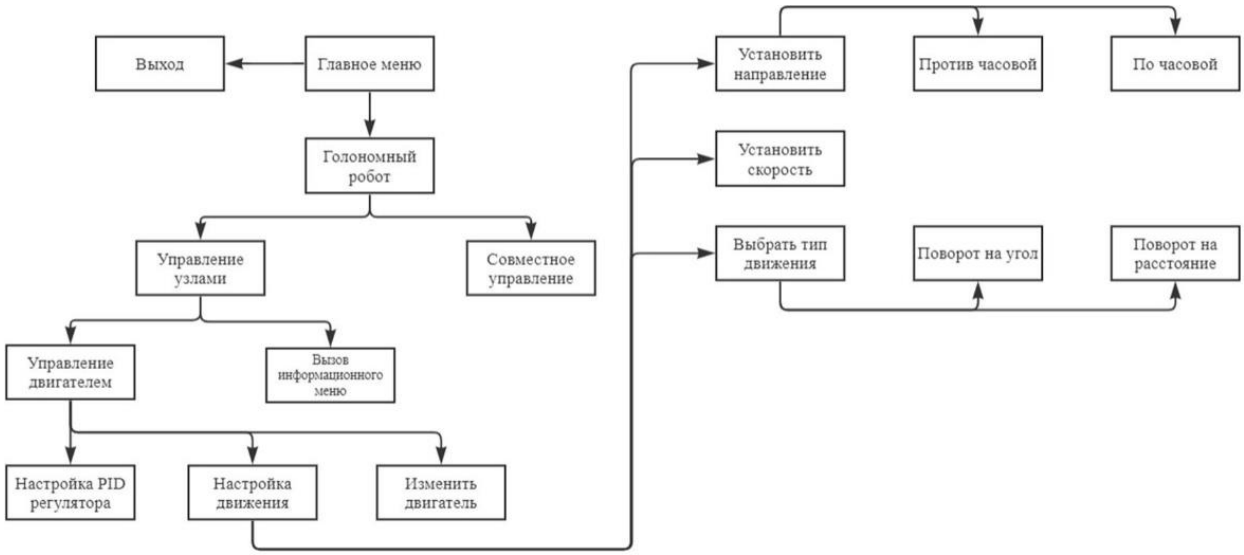


Рис. 2. Дерево вызова процедур

По составленному дереву вызова процедур было реализовано часть приложения для управления низкоуровневыми операциями голономной робототехнической платформы (рис. 3).



Рис. 3. Приложение для демонстрационного управления двигателями

Взаимосвязь ПО и одноплатного компьютера

Передача данных играет важную роль в приложении, так как обеспечивает связь между приложением и одноплатным компьютером. Для организации этой передачи данных было решено объединить две задачи в единое целое, что стало следующим этапом разработки. Результатом этого совмещения стала возможность передачи данных с программного обеспечения на одноплатный компьютер.

ROS

В настоящее время большинство роботов создано на базе Robot Operation System. Для обеспечения универсальности необходимо, чтобы разработанное приложение могло использоваться на любом роботе, который также основан на базе ROS [4, 5].

Алгоритм приема и передачи данных, реализованный на ROS, аналогичен описанному выше. Основное различие заключается в упрощении кода, что является важным фактором для дальнейшего развития программного обеспечения.

Сначала определяются параметры, по которым будет осуществляться процесс движения (рис. 4).

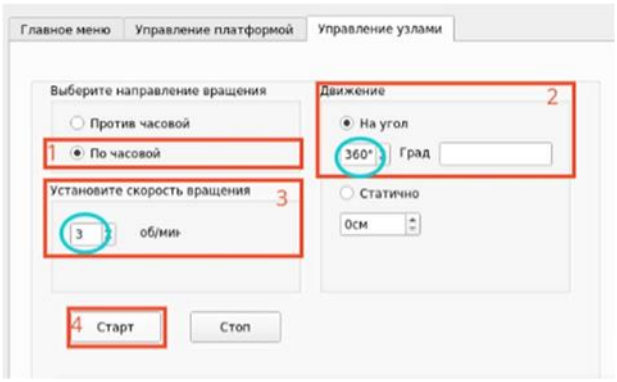


Рис. 4. Ввод параметров

После ввода необходимых параметров и запуска приложения, происходит однократная передача данных в узел подписчика, о скорости и углу вращения колеса (рис. 5).

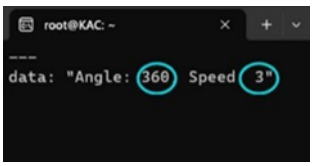


Рис. 5. Вывод параметров

Для проверки корректности передачи данных можно воспользоваться графическим плагином rqt_graph, который позволяет визуализировать процесс передачи данных в ROS (рис. 6).

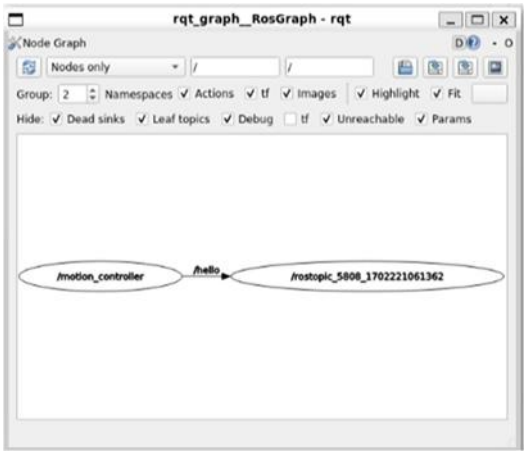


Рис. 6. Визуальный процесс передачи данных

В настоящее время осуществляется передача данных с использованием ROS в пределах симулятора, а в дальнейшем планируется передача результатов на реального робота.

Заключение

В ходе работы было разработано программное обеспечение, разделенное на управление нижним уровнем и протокольный уровень. Это обеспечивает управление роботом и задание параметров движения.

В процессе разработки было выявлено, что количество функций в дереве вызова процедур достаточно для решения поставленной задачи, однако в дальнейшем их можно расширить путем введения дополнительных функций. Функции, которые могут быть введены для расширения дерева вызова процедур, включают дополнительные режимы движения или поведения робота, реализацию различных алгоритмов управления, введение функций диагностики и обратной связи, интеграцию дополнительных сенсоров или актуаторов. Это позволит сделать робота более гибким и адаптивным к различным задачам и ситуациям, улучшив его универсальность и эффективность.

Список использованных источников

1. Роботы заменят людей на опасных участках производства [Электронный ресурс]. – URL:https://rg.ru/2016/10/25/roboty-zameniat-liudej-na-opasnyh-uchastkah-proizvodstva.html (дата обращения 20.02.2023).

2. Почему не нужно боятся импортозамещения PRA-решений [Электронный ресурс]. – URL:https://vc.ru/471724-pix-robotics/455894-pochemu-ne-nuzhno-boyatsya-importozameshcheniya-rpa-resheniy (дата обращения 20.02.2023).

3. TCP/IP. Теория и практика [Электронный ресурс]. – URL: https://habr.com/ru/companies/samsung/articles/571302/ (дата обращения 20.01.2023).

4. Robot Operation System (ROS) [Электронный ресурс]. – URL: https://www.ros.org/ (дата обращения 20.02.2023).

5. Введение и применение ROS [Электронный ресурс]. – https://habr.com/ru/companies/samsung/articles/571302/ (дата обращения 20.01.2023).

CONTROL OF A BRUSHLESS DC ELECTRIC MOTOR WITH A COMMON ENABLE CONFIGURATION DRIVER

Dotti P.[1], Poberezkin N. I.[2]
[1]TPU, School of Computer Science and Robotics, group 8E11, e-mail: pablo1@tpu.ru
[2]TPU, School of Computer Science and Robotics, teaching assistant DAR, e-mail: nip6@tpu.ru

Abstract

In this paper the working principle of a BLDC motor and how to control it with the six-step and sinusoidal control methods utilizing a common enable configuration driver is addressed. To compare the two different driving methos the current waveform of one of the three phases was analyzed.

Keywords: BLDC motor, sinusoidal control, six-step control, common enable configuration.

Introduction

Brushless DC (BLDC) motors have emerged as a significant technological advancement in the field of electric motors. With their efficient and reliable performance, BLDC motors have gained considerable attention in various industries and applications. In contrast to traditional brushed DC motors, BLDC motors offer several advantages, including higher efficiency, improved power density, enhanced speed control, and longer lifespan due to the absence of mechanical brushes, so they don't have any mechanical wear and tear. These features make BLDC motors an ideal choice for numerous applications, such as electric vehicles, robotics, aerospace systems, industrial automation, and more. Understanding the underlying principles, design considerations, and control strategies of BLDC motors is crucial for maximizing their performance and unlocking their full potential. In this paper, it will be discussed the control principle of a BLDC motor with a driver that has a common enable configuration.

Working principle of a BLDC motor

BLDC motors are synchronous motors. This means that the magnetic field generated by the stator and the magnetic field generated by the rotor rotate at the same frequency. It is also important to know that this type of motors does not experience "slip" as seen in induction motors. BLDC motors can come in single-phase, two-phase or three-phase configurations. In this paper, it is explained how to drive a 3-phase BLDC motor, which is the most common motor type.

The rotor is the part of the motor that spins. It consists of a chassis that holds permanent magnets that are placed in an alternating poles configuration (north, south, north, south). The number of magnets is always bigger than the number or coils of the stator.

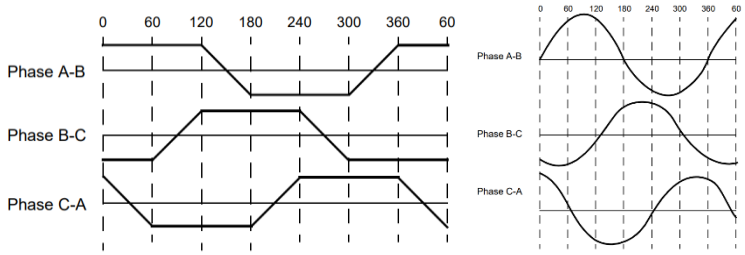
The motor is controlled from the stator, which, as the name implies, is the stationary part of the motor. In the stator, there are 3 different phases that can be connected either in a star or a delta configuration. Each phase is placed 120 degrees from the others, thus forming some sort of equilateral triangle, where each phase is, from the center, pointing to one of the vertices of the triangle. When one phase is turned on, the magnetic field of the stator is pointing, from the center, to the direction of the phase. If two phases are turned on, the magnetic field will point to the center point of the vertices of the two turned on phases. This results in the magnetic field of the rotor spinning only 60 degrees from the original position. So, by turning on and off the 3 phases at the right time, or in a synchronous manner, the magnetic field of the stator will spin, and with it, the rotor [1–3].

BLDC controller

To turn the different phases on and off a controller is used. Controllers are usually composed of a 3-phase inverter. This allows each phase to be connected to ground, to the positive supply rail (Vcc from now on) or to be left "floating" (not connected to neither ground or Vcc) independently from the others. There is also another common configuration in which the enable pins of the gates of each phase are connected together, so there is no possibility of leaving a phase floating. This last configuration is called "common enable configuration" and it is the configuration used in this paper.

Driving methods

There are three main controlling methods for BLDC motors. Those are “six-step control”, “sinusoidal control” and “field-oriented control (FOC)”. In this paper, only the first two methods will be discussed, mainly focusing on the sinusoidal control. Both require a feedback loop of the position of the motor. This can be accomplished either with hall-effect sensors or, as done here, with an absolute magnetic encoder, which also works on the hall-effect principle. The six-step method is shown below in the fig. 1a, and the sinusoidal method in the fig. 1b.



(a) six-step *(b) sinusoidal*

Fig. 1. Driving methods for a BLDC motor [1]

The main difference between these two methods relies on the smoothness of the motor’s rotation. While the six-step method is relatively easy to implement, it results in a not so smooth rotation of the motor, having vibrations. This is where the sinusoidal drive method comes into play. Not having steps, but smooth transitions from phase to phase, it can smoothly turn the motor, resulting in less vibrations.

The main problem that came up during the driving stage of the research was the configuration of the controller. In this paper, a main board from a DIY 3-axis gimbal with a STM32F303F8T6 microcontroller and 3 DRV8313 driver ICs is used. Since all of the components are soldered in one board, there is no possible way to change the connections of the pins. This resulted in all the Enable pins of the MOSFETs (pins that turn them on or off) of the drivers connected together to the microcontroller’s pin PB10.

To explain why this is a problem, first, it is necessary to understand how a common ESC (electronic speed controller) or BLDC motor controller works. In fig. 2 a usual controller configuration is shown. We can see that to turn on the coil B we turn the gate Q2 on and pull the gate Q6 to ground. This results in the current flowing from coil B to C, and no current flowing through coil A. When a coil is not connected to neither Vcc (V+ in figure 2 or GND, it is called “floating state”, so coil A is now “floating”. By making one of the phases float we can make the magnetic field of the stator point to the desired direction.

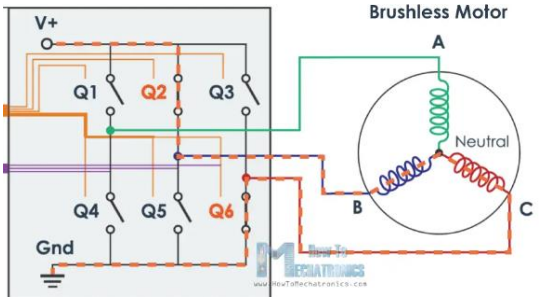


Fig. 2. Working principle of a BLDC driver or ESC [4]

Now that we understand how a common BLDC controller works, we can understand the problem of the common enable configuration. This configuration makes it impossible to leave a phase floating. So, at all times, the phases must be connected to either GND or to Vcc resulting on the magnetic field of the stator pointing not quite to the desired place.

To drive the motor, it was first used the six-step method. With this method the angles for whole revolutions were recorded. As mentioned above, these angles are not consistent, varying from 3 to 7 degrees, resulting in vibrations, high current consumption and low torque. In the process of driving the motor, it was noted that it takes 11 electrical revolutions of the stator magnetic field to achieve one complete mechanical

revolution of the rotor. This meant that later on, the revolution in the sinusoidal control would have to be 11 times quicker than the rotor's revolution, so a coefficient was needed.

To start explaining this method, it is easier to express it in 3 formulas (1, 2 and 3), one for each phase:

$$A = \sin(k\alpha + \Delta\alpha), \tag{1}$$

$$B = \sin(k\alpha + 120^\circ + \Delta\alpha), \tag{2}$$

$$C = \sin(k\alpha + 240^\circ + \Delta\alpha). \tag{3}$$

where *A*, *B*, and *C* are the phases, *k* is the coefficient to match the speed of the rotor (equal to 11 as mentioned above), α is the angle from the feedback loop, and $\Delta\alpha$ is the difference of the magnetic field of the rotor and the magnetic field of the stator. According to the right-hand rule, to get the maximum amount of torque in a motor the rotor magnetic field should be perpendicular to the stator magnetic field. With this in mind the $\Delta\alpha$ coefficient was set to 90 degrees.

With all of the equations and coefficients, the code was written to implement them. To try and solve the common enable problem, the negative part of the sines was deleted, this resulted in a smoother rotational movement of the rotor in comparison to the six-step method. On top of this controlling system 2 regulators were build. The first regulator controls the position. This was done with a P controller (PID wasn't used since the proportional component was enough to achieve acceptable results). Then, a PI controller was used to control the speed. This is because the P controller had a constant error that made the system unusable, so an I (integral) component was added. The current waveform using this method is shown in fig. 3.

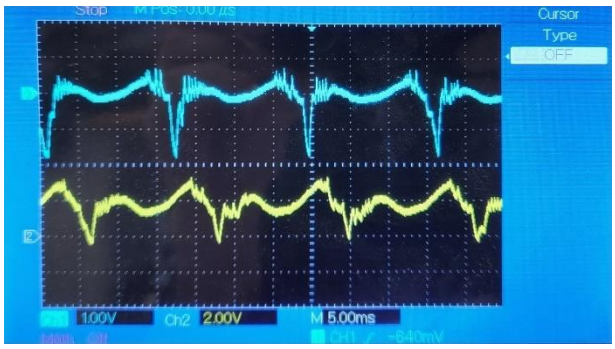
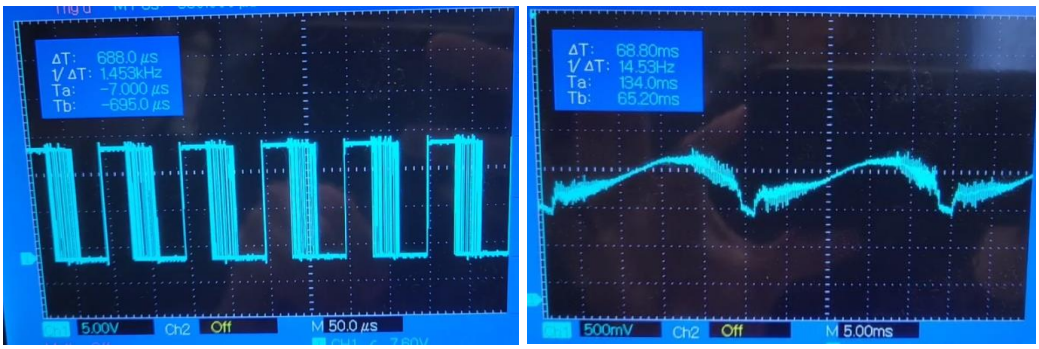


Fig. 3. Current waveforms, where yellow is the current of one phase of the motor

As can be seen in fig. 3, the current waveform is not a sine wave as it should be. This led to high vibrations and noise in the current measurement process. To try and get a better result with the sinusoidal control, one more attempt was made at solving the problem with the common enable configuration. This time, instead of deleting the negative part of the sines, the sines were shifted up by a value equal to their maximum amplitude. This resulted in only positive values and the maximum and minimum of the sines corresponding to the maximum and minimum of the PWM duty cycle value. The PWM output is can be seen in fig. 4a.

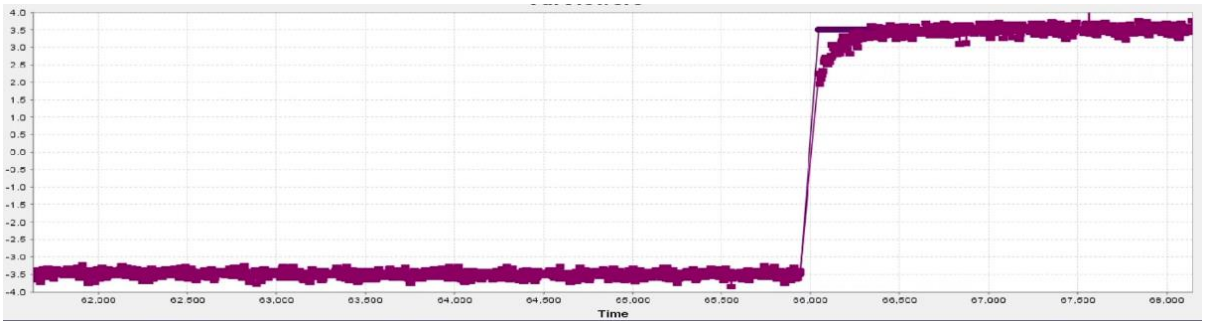
This greatly increased the smoothness of rotation, as well as the current consumption and the waveform of the current. The waveform of the current can be seen in fig. 4b.

As it can be seen in the figure above, the current approximates a sine wave, which is what was expected. Then a 3-contour control system was implemented, with P controller for position, PI for speed, and PI for current. A current control system was implemented to have the possibility to specify the maximum torque of the motor, and to keep the whole system safe. Transient responses from the different regulators are shown in fig. 5.

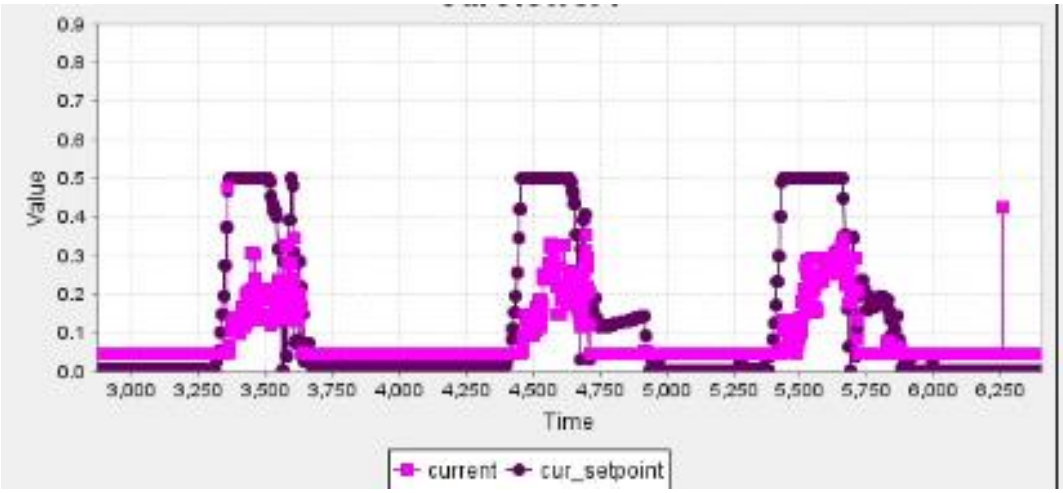


(a) Voltage (b) Current

Fig. 4. The motor's current and voltage waveforms



(a) Speed regulator's transient response



(b) Current regulator's transient response when outside forces applied

Fig. 5. Regulators' transient responses

As can be seen in fig. 5, both regulators do their job quite well. The speed regulator has no overshoot and the current regulator has no problem keeping the current lower than the established limit. This offers full control over the motor while also ensuring its longevity and performance.

Conclusion

BLDC motor control method with a sensed sinusoidal approach with a driver that has a common enable configuration can be done if taken into account the necessary things. These things are the shift that had to be done in the program and the nuisances that arrived to achieve smooth operation. Never the less, this option was explored and implemented. In the future, it is planned to explore the third and last method of BLDC motor driving, field-oriented control, which provides other advantages over sinusoidal drives.

References

1. Brushless DC (BLDC) Motor Fundamentals / Padmaraja Yedamale // ELECTRATHON OF TAMPA BAY
2. Modeling and simulation of the BLDC motor in MATLAB GUI / B. Tibor, V. Fedák and F. Durovský, // 2011 IEEE International Symposium on Industrial Electronics, Gdansk, Poland. – 2011, – pp. 1403-1407
3. Locus diagrams of net magnetic field vector of dual winding induction motor / A.I. Çanakoğlu, M.M. Tezcan, A.G. Yetgin, B. Cevher and M. Turan // International Conference on Electromechanical and Power Systems (SIELMEN), Iasi, Romania, 2017, pp. 108-11, doi: 10.1109/SIELMEN.2017.8123320 – IEEE. – 2017, – pp. 108-11
4. How Brushless DC Motor Works? BLDC and ESC / Dejan // How To Mechatronics – 7.01.2021

ИССЛЕДОВАНИЕ МОДУЛЕЙ ПЕЛЬТЬЕ SP1848 В РЕЖИМАХ ТЕПЛОПЕРЕНОСА И ГЕНЕРАЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ, И ИХ ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ

Саблин М.А.[1], Саблина Г.В.[2], Трубин В.Г.[3]
[1] Новосибирский государственный технический университет, каф. АВт, группа АА-26,
e-mail: mxsblnnn@gmail.com
[2] Новосибирский государственный технический университет, каф. АВт, доцент,
e-mail: gv.sablina@gmail.com
[3] Новосибирский государственный технический университет, каф. АВт, ст. преподаватель,
e-mail: t@kb-au.ru

Аннотация

Обсуждается задача исследования свойств модуля Пельтье SP1848. Разработан лабораторный стенд, который позволил провести опыты по нагреванию модуля, охлаждению, генерации электрической энергии. Сконструирован портативный холодильник, проведены эксперименты по изучению его охлаждающих свойств. Показано, что модули Пельтье позволяют не только сохранять в камере фиксированную температуру, но и понижать её. Сформулированы достоинства и недостатки модуля, описаны способы его применения.

Ключевые слова: модуль Пельтье SP1848; альтернативный источник энергии; генерация энергии; нагревание; охлаждение.

Введение

В настоящее время энергетические потребности населения планеты возрастают с каждым днём. Учёные многих стран разрабатывают альтернативные источники энергии и внедряют их в эксплуатацию в связи с выработкой ресурсов классических источников энергии, таких как уголь, нефть и газ.

Таким источником может являться эффект Пельтье [1–2], который был открыт Жаном Шарлем Пельтьé в 1834 году. В одном из экспериментов учёный пропускал электрический ток через пластинку висмута с подключёнными к ней медными проводниками [3]. В ходе эксперимента было обнаружено, что одно соединение висмут – медь нагревается, другое – остывает. Эффект оказался обратимым. При подаче напряжения на контакты модуля на его поверхностях появлялась разность температур, вследствие которой на этих поверхностях возникала электродвижущая сила.

Возможности применения данного эффекта достаточно широки. Модули Пельтье применяются при решении различных задач. Они могут оказаться полезными при разработке и исследовании электронных измерительных устройств, которые зачастую предполагают исследование функционирования этих устройств как при повышенных, так и при пониженных температурах [4]. Элементы Пельтье применяются в задачах охлаждения в случаях, когда энергетическая эффективность охладителя не принципиальна. Например, они эффективны для проектирования небольших автомобильных холодильников, так как применение обычного компрессора в этом случае невозможно из-за ограниченных размеров и, кроме того, требуемая мощность охлаждения невелика.

Элементы Пельтье могут быть применены при транспортировке грузов (например, медицинских анализов), когда не допускается наличие фреона. Также они могут быть использованы для генерации электрической энергии в случаях, когда нет других источников.

В данной работе эффекты нагревания, охлаждения и генерации энергии будут рассмотрены при использовании термоэлектрического модуля SP1848 (рис. 1), его работа основана на эффекте Пельтье.

Постановка задачи

В результате работы необходимо было решить следующие задачи:

Сконструировать лабораторный стенд с модулем SP1848 для проведения экспериментов;
Использовать модуль SP1848 в качестве устройства охлаждения;
Использовать модуль SP1848 в качестве устройства нагревания;
Получить электрическую энергию при помощи модуля SP1848;
Сконструировать портативный холодильник на базе шести модулей SP1848;
Сделать вывод о достоинствах, недостатках и возможных применениях свойств модуля SP1848.



Рис. 1. Модуль Пельтье SP1848

Исследование охлаждающих и нагревательных свойств модуля проводилось путём подачи на элемент регулируемого постоянного напряжения положительной или отрицательной полярности, исследование генерирующих свойств модуля проводилось путём нагрева одной из сторон элемента и охлаждения другой.

Проведение экспериментов

Исследование нагревающих и охлаждающих свойств модуля Пельтье SP1848

Для проведения исследований охлаждающих и нагревательных свойств модуля Пельтье был собран лабораторный стенд (рис. 2).



Рис. 2. Лабораторный стенд

Для повышения эффективности работы модули были установлены на радиаторы, на поверхность соприкосновения нанесена термопаста для повышения эффективности теплового контакта между двумя поверхностями.

С целью исследования охлаждающих и нагревательных свойств модуля Пельтье, на его контакты подавалось постоянное напряжение от лабораторного источника постоянного тока [5]. Максимальные подаваемые напряжения были ограничены значениями 6 В при токе 3,5 А, во избежание выхода модуля из строя. Для охлаждения модуля на его контакты подавалось напряжение положительной полярности, для нагревания – отрицательной.

При подаче на модуль напряжения +6 В при токе 3,5 А, была достигнута минимальная температура его поверхности -12,5 °С, что вызвало замерзание воды на поверхности монеты, расположенной на модуле (рис. 3 и 4).

Для проведения измерений температуры использовался тепловизор FLIR E5 производства FLIR Systems (США).

При смене полярности напряжения питания и подаче на модуль отрицательного напряжения −6 В при токе 3,5 А, была достигнута максимальная температура его поверхности +69,1 °С, что вызвало ускоренное испарение воды с поверхности монеты, расположенной на поверхности модуля (рис. 5).

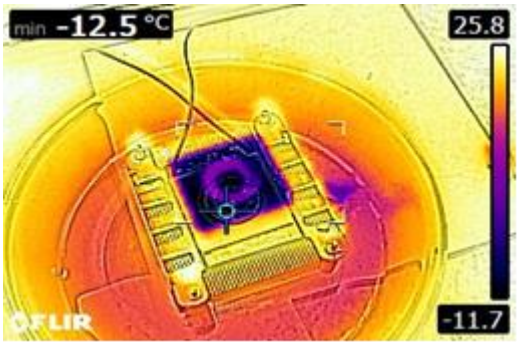


Рис. 3. Охлаждение монеты (тепловизор)

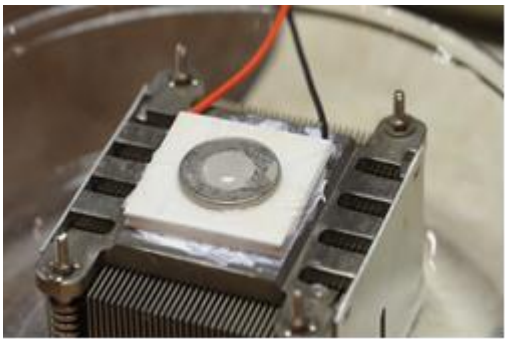


Рис. 4. Охлаждение монеты на стенде

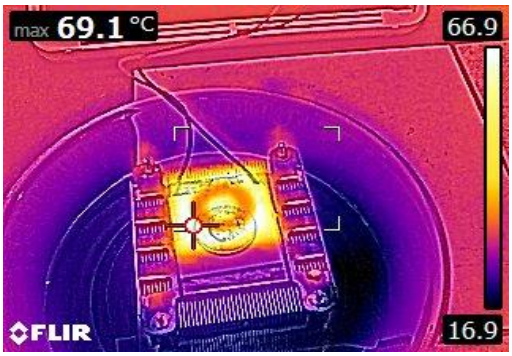


Рис. 5. Нагревание монеты на стенде (тепловизор)

Исследование генерирующих свойств модуля Пельтье SP1848

Для проведения исследований генерирующих свойств модуля Пельтье был использован лабораторный стенд, показанный на рисунке 2.

Исследование свойств модуля в качестве источника электрической энергии проводилось путём нагревания одной из его сторон и охлаждения другой [6].

Для увеличения эффективности работы, два модуля Пельтье были подключены последовательно (рис. 6).

Их нагревание проводилось с помощью промышленного термофена BOSCH GHG 660 LCD до температуры, не превышающей +120 °C, во избежание выхода модулей из строя. Охлаждение противоположной стороны осуществлялось с помощью радиаторов, помещённых в холодную воду температурой около +5 °C.

Нагрев поверхности модулей до +120 °C обеспечил выходное напряжение 2,4 В. Данного напряжения оказалось достаточно, чтобы зажечь лампу накаливания 2,5 В при токе 0,08 А.

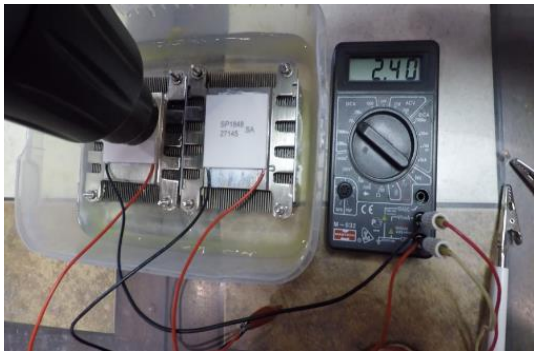


Рис. 6. Генерация энергии с помощью модулей Пельтье (два модуля)

Конструирование холодильника на модулях Пельтье

В ходе данного проекта была сконструирована портативная холодильная камера с использованием шести модулей Пельтье SP1848 (рис. 7).



Рис. 7. Внешний вид холодильной камеры

Изначально предполагалось, что данная холодильная камера будет служить не средством охлаждения, а средством поддержания пониженной температуры.

Было определено, что с учётом максимально допустимых напряжения и силы тока, подаваемых на модули, наиболее оптимальной схемой подключения являлись три последовательно соединённые пары параллельно включённых модулей Пельтье. Данная цепь подключалась к лабораторному источнику питания, непосредственно с которого подавалось напряжение.

В качестве корпуса холодильной камеры была использована металлическая коробка. Её внутренняя и внешняя поверхности вокруг установленных модулей Пельтье были оклеены термоизоляционным материалом для уменьшения теплопотерь. При присоединении модулей к корпусу и радиаторам на соприкасающиеся поверхности была нанесена термопаста.

Однако, в ходе испытаний данной конструкции было выявлено, что количество отводимой радиаторами теплоты оказалось недостаточным, из-за чего вся система начинала значительно разогреваться (вплоть до +40 °C).

Весь холод, генерируемый модулями, начинал уходить непосредственно на сами модули, из-за чего вся конструкция становилась неработоспособной.

Для устранения данного недостатка было принято решение охлаждать радиаторы с помощью вентиляторов. Было установлено, что за 30 минут работы минимальная температура внутри холодильной камеры снизилась со значения +25 °C до +12,4 °C, а бутылка с водой, помещённая внутрь, охладилась до +13,9 °C (рис. 8) при подаваемом напряжении 13 В и токе 3,5 А. Подаваемое напряжение выбиралось из соображений, что проектируемая холодильная камера будет использоваться в качестве портативного холодильника в автомобиле.

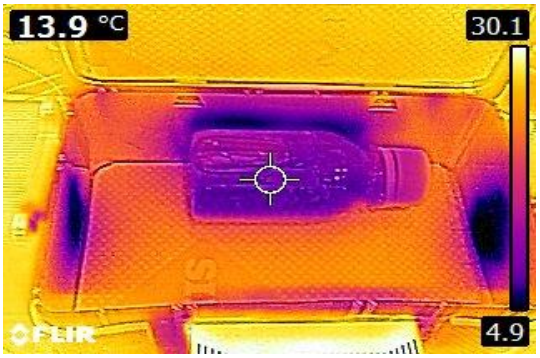


Рис. 8. Температура бутылки с водой внутри холодильной камеры (тепловизор)

Результаты работы

В ходе экспериментов, проведённых в данной работе, были изучены различные свойства модуля Пельтье SP1848, а также проанализированы способы его применения.

Проведён эксперимент по изменению температуры модуля, в зависимости от подаваемого на него напряжения. При подаче напряжения +6 В при токе 3,5 А достигнута минимальная температура поверхности модуля -12,5 °С, что вызвало замерзание воды на поверхности монеты, расположенной на модуле Пельтье;

При подаче отрицательного напряжения -6 В при токе 3,5 А достигнута максимальная температура его поверхности +69,1 °С, что вызвало ускоренное испарение воды с поверхности монеты;

Проведён эксперимент для изучения генерирующих свойств модуля Пельтье SP1848. Установлено, что нагрев поверхности модуля до +120 °С обеспечивает выработку на его контактах напряжения 2,4 В. Данного напряжения оказалось достаточно, чтобы зажечь лампу накаливания 2,5 В при токе 0.08 А;

Сконструирована холодильная камера на основе шести модулей SP1848. Минимальная температура внутри холодильной камеры за 30 минут её работы снизилась с +25 °С до +12,4 °С, а бутылка с водой охладилась до +13,9 °С при подаваемом напряжении в 13 В и токе 3,5 А.

Заключение

Проведённая работа показала, что, как у любого технического устройства, у термоэлектрического модуля Пельтье SP1848 **есть свои достоинства и недостатки.**

Можно выделить следующие достоинства:

Отсутствие в конструкции жидких или газообразных теплоносителей, что делает модуль предельно простым как в устройстве, так и в работе;

Возможность последовательного соединения модулей, что приведёт к увеличению вырабатываемого ими электрического напряжения.

Основными недостатком модулей являются:

Малая энергоэффективность, требующая дополнительного исследования;

Высокая стоимость мощных модулей.

Возможные способы применения модулей Пельтье SP1848:

Использование их в качестве малогабаритного охлаждающего устройства, например, в электронике для охлаждения матриц тепловизоров;

Использование для поддержания пониженной температуры грузов при транспортировке в автомобилях;

Использование в качестве источника электрической энергии в условиях значительного перепада температур для отопления жилых и нежилых помещений небольшого объёма [7].

Продолжением данного исследования может стать использование для управления модулем различных регуляторов, которые позволят стабильно поддерживать температуру на заданном уровне, как это показано, например, в работах [8–10].

Список использованных источников

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика: Учеб. пособ.: для вузов. В 10. т. Т. VIII. Электродинамика сплошных сред. – 4-е изд., стереот. – М.: Физматлит, 2003. – 656 с.
2. Иоффе А.Ф., Стильбанс Л.С., Иорданишвили Е.К., Ставицкая Т.С. Термоэлектрическое охлаждение. – М.: АН СССР, Букинист, 1956. – 110 с.
3. Наркевич И.И. Физика: Учеб. / И.И. Наркевич, Э.И. Вомлянский, С.И. Лобко. – Мн.: Новое знание, 2004. – 680 с.
4. Исаев Д.Н. Разработка испытательной термокамеры на основе элемента Пельтье/Д.Н. Исаев; науч. Рук. М.М. Бабичев // Наука. Технологии. Инновации: сб. науч. тр. 17 Всерос. науч. конф. молодых ученых, Новосибирск. 4–8 дек. 2023 г.: в 11 ч. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2024. – Ч. 1. – С. 30-34.
5. Физическая энциклопедия, т. 5. Стробоскопические приборы – яркость / Гл. ред. А.М. Прохоров. Ред. кол.: Д.М. Балдин, Большая Российская Энциклопедия, 1998. –760 с.
6. Стародумов Е.М. Элемент Пельтье как альтернативный источник энергии // Международный школьный научный вестник. – 2018. – № 5-4. – С. 652-654.
7. Индигирка. – URL: https://t-m-f.ru/catalog-new/model/pechi_portativnye/indigirka/#1931.
8. Пневский Роман. Нечеткое управление элементом Пельтье / Роман Пневский, Рафал Ковалик, Эмиль Садовски// Молодой ученый. – 2018. – № 9 (195). – С. 49-53.
9. Регулятор температуры элемента ПЕЛЬТЬЕ ТЕРМОПРО ТП 1-5 ПТ. – URL: https://www.protehnology.ru/regulyator-temperatury-elementa-pelte-termopro-tp-1-5-pt.
10. Гринкевич В.А. Синтез регулятора тока для элемента Пельтье. Сборник научных трудов НГТУ. – 2018. – № 3-4 (93). – С.16-39.

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК УЛЬТРАЗВУКОВОГО ДАТЧИКА В СОСТАВЕ ДАЛЬНОМЕРА МОБИЛЬНОЙ РОБОТИЗИРОВАННОЙ ПЛАТФОРМЫ

Рябов А.В.[1], Филипас А.А.[2], Ланграф С.В.[3]
[1] ТПУ, ИШИТР, гр. 8Е02, e-mail: avr36@tpu.ru
[2] ТПУ, ИШИТР, к.т.н., заведующий кафедрой – руководитель отделения на правах кафедры, e-mail: filipas@tpu.ru
[3] ТПУ, ИШИТР, к.т.н., доц., e-mail: langraf@tpu.ru

Аннотация

В данной работе исследуется влияние материалов и поверхностей на показания расстояний ультразвукового датчика. Исследование проводится на базе собранной физической модели. В работе приведены погрешности работы датчика относительно использования разных материалов и поверхностей. Результатом исследования является определение материалов и поверхностей с высокой величиной погрешности при измерении расстояния ультразвуковым датчиком.

Ключевые слова: отельный робот, ультразвуковой датчик.

Введение

В настоящее время происходит активное развитие сферы гостиничного бизнеса, как в России, так и во всем мире. Об этом свидетельствует рост количества гостиниц (рис. 1), прибыли и инвестиций в сферу отельного бизнеса в России [1–3]. Мировая индустрия также свидетельствует о высокой заинтересованности в этой сфере. Особенно заметен интерес стран Азии и Египта. Последние в настоящее время занимаются проектом по созданию глэмпинга «Town Gate» в Каире [4]. Одной из современных проблем в этой сфере является доставка багажа гостя в номер.

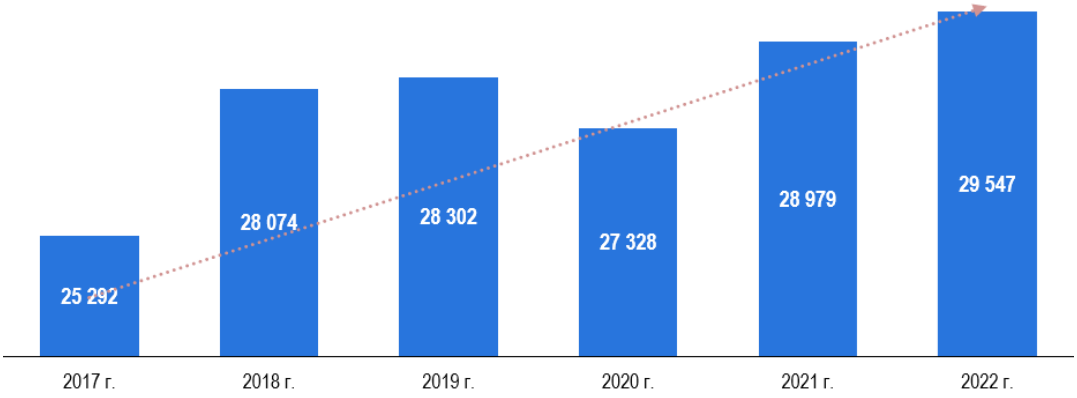


Рис. 1. Число гостиниц и других средств размещения в России

Для решения данной проблемы американская компания «Savioke» создала робота-дворецкого «Relay +» (рис. 2), который используется в отеле «Aloft Hotels» в Купертино, Калифорния [5]. Цена данного робота 2,6 миллиона рублей [6]. В виду напряженных отношений нашей страны с США предлагается создать отечественный аналог данного робота, который будет дешевле данного робота.

Ввиду того, что мобильный робот должен перемещаться автономно по отелю, определять препятствия и объезжать их, робот должен быть оснащен системой навигации. В данном случае требовалось решить одну из подзадач навигации – избегание столкновений робота с препятствиями.

Датчики, которые используются у робота из Калифорнии стоят дорого (лидар, камера), поэтому с целью уменьшения стоимости робота было решено использовать более простую, дешевую систему, представленную в виде ультразвуковых дальномеров.



Рис. 2. Робот-дворецкий «Relay +»

Одной из возможных проблем ультразвукового сканирования может быть искажение показаний конструкцией платформы. Поэтому требовалось исследовать ее влияние, а именно стоек дальномеров, на точность показаний (рис. 3).

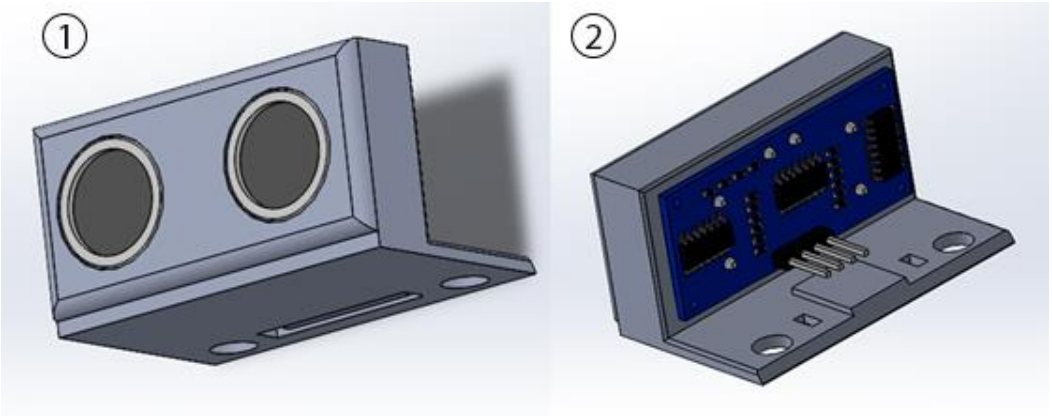


Рис. 3. Эскизная модель пластиковой стойки для дальномера:
1 – вид спереди;
2 – вид сзади

Отели отличаются по своей конструкции. В стенах отеля могут закладываться материалы, которые могут по-разному влиять на точность показаний датчиков. Необходимо проверить работоспособность ультразвуковой системы в конкретных условиях. Поэтому требуется проверить, какие материалы допустимы для работы дальномеров с допустимой границей погрешности в ± 3 мм. Эскизная модель мобильной роботехнической платформы, на которой будет установлена ультразвуковая система, представлена на рисунке 4.

Цель

Данная работа имеет следующие цели:

Определение влияния конструкции стойки датчика на величину погрешности измерений;

Определение относительных погрешностей датчика на основе измерения расстояний до препятствий из разных материалов.

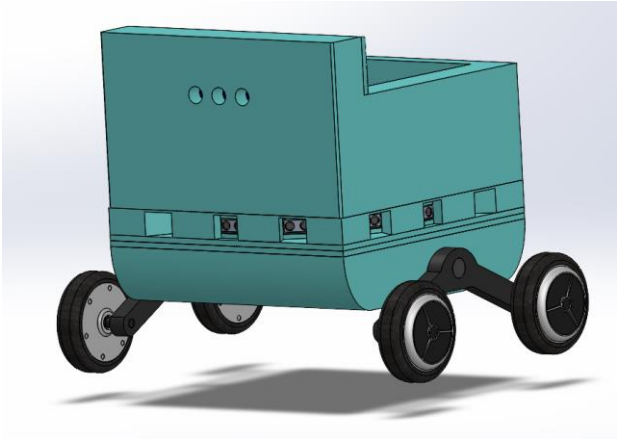


Рис. 4. Эскизная модель мобильной роботехнической платформы

Метод и устройства

В качестве датчика расстояния решено было использовать ультразвуковой датчик модели «HC-SR04». Данный дальномер является широко распространённым и относительно дешевым. Заявленная производителем измеряемая дальность датчика находится в диапазоне от 2 до 400 см, что является допустимым для использования на платформе [7]. В качестве микроконтроллера использовался «STM32F411RET6». Данный микроконтроллер обеспечивает работу датчика на заданной частоте и доступен для приобретения, поэтому выбор был сделан в его пользу.

Результаты

Для проведения экспериментов была собрана установка физического подобия, представленная на рисунке 5.

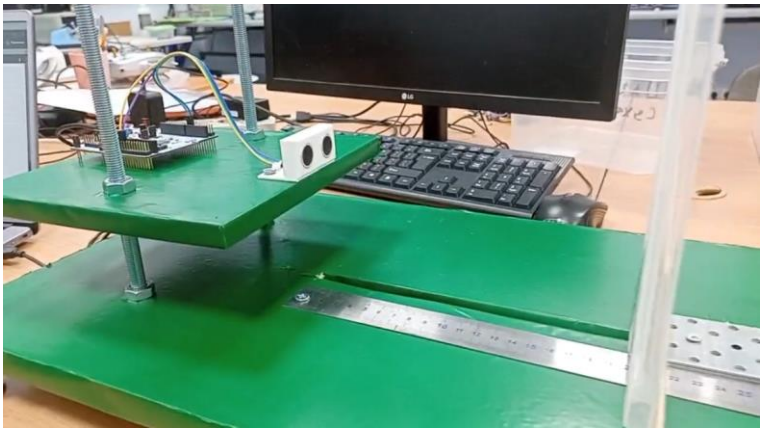


Рис. 5. Стенд для определения погрешностей измерения расстояний с помощью ультразвукового дальномера

В ходе эксперимента определялось влияние материалов и поверхностей на относительные погрешности измерений. Выборка формировалась на отрезке от 2 до 10 см с интервалом в 1 см и на отрезке от 10 до 50 см с интервалом в 5 см. Для каждого материала была создана выборка из 17 значений по одному значению для каждого расстояния. Результаты измерений представлены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты измерений

Фактическое расстояние, см	Расстояния до поверхностей различных материалов, измеренные датчиком, см						
	Пенопласт	Резина	Ламинат	Фанера	Пенопропилен	Гиспсокартон	Пластик
2	2,10	2,10	1,90	2,40	3,90	3,00	2,73
3	3,04	3,04	3,30	3,30	5,40	3,33	3,33
4	4,20	3,92	3,90	3,94	5,70	4,52	4,23
5	4,80	5,10	5,10	4,80	7,20	5,11	5,11
6	6,30	6,00	6,00	5,60	6,90	6,30	5,71
7	7,20	6,90	7,20	7,40	7,78	7,50	6,00
8	8,10	8,10	7,80	8,30	15,30	8,40	8,95
9	9,50	8,97	9,20	9,20	13,70	10,16	9,57
10	10,40	10,20	10,20	10,50	11,62	10,14	10,15
15	15,01	15,30	15,00	15,00	16,60	15,67	15,96
20	20,50	20,50	19,80	20,50	22,80	20,80	21,40
25	25,50	25,20	25,20	25,50	28,66	25,22	28,13
30	30,20	29,70	29,50	30,50	31,80	30,26	29,95
35	34,80	35,40	35,40	35,20	35,40	35,20	35,17
40	40,30	40,50	40,50	40,50	42,70	41,05	39,57
45	44,50	45,20	44,40	44,60	44,50	44,70	44,89
50	49,20	49,60	49,20	49,40	49,50	49,23	49,24

В паспорте прибора обычно указывается погрешность однократного измерения, поэтому было принято измерить её. В качестве показаний, записываемых в таблицу, брались значения, которые удерживались дальномером на протяжении 1-2 секунд. Скачки значений за менее длительный промежуток времени списывались на влияние шума и не брались в выборку. Относительная погрешность рассчитывалась по формуле:

$$\delta_{отн} = \frac{D_{эксп} - D_{ист}}{D_{ист}} \cdot 100\,\%, \qquad (1)$$

где $D_{эксп}$ – экспериментальное значение расстояния до объекта [см]; $D_{ист}$ – истинное значение расстояния до объекта [см].

В начале эксперимента было измерено несколько значений для пенопласта без стойки. После установки датчика в стойку были повторно измерены значения для того же материала. Величины значений заметно не изменились, поэтому был сделан вывод, о том, что применяемая конструкция не оказывает существенного влияния на показания дальномера.

На рисунке 6 представлены относительные погрешности расстояний от вида материала. Можно заметить, что наибольшие отклонения проявляются при эксперименте с пенопропиленом. Данный материал имеет на своей поверхности канавки из-за чего происходит наложение отражённых волн друг на друга с последующим искажением показаний. Меньшей, но все же заметной относительной погрешностью обладают гипсокартон, пластик и фанера. Остальные материалы не имеют значительных погрешностей и погрешности измерений находятся в пределах нормы – $\pm$ 3 мм.

Заключение

По результатам эксперимента можно сделать вывод о том, что использование пластиковых стоек, для крепления ультразвуковых дальномеров не оказывает значительного влияния на измерения расстояний датчиком и представляется возможным.

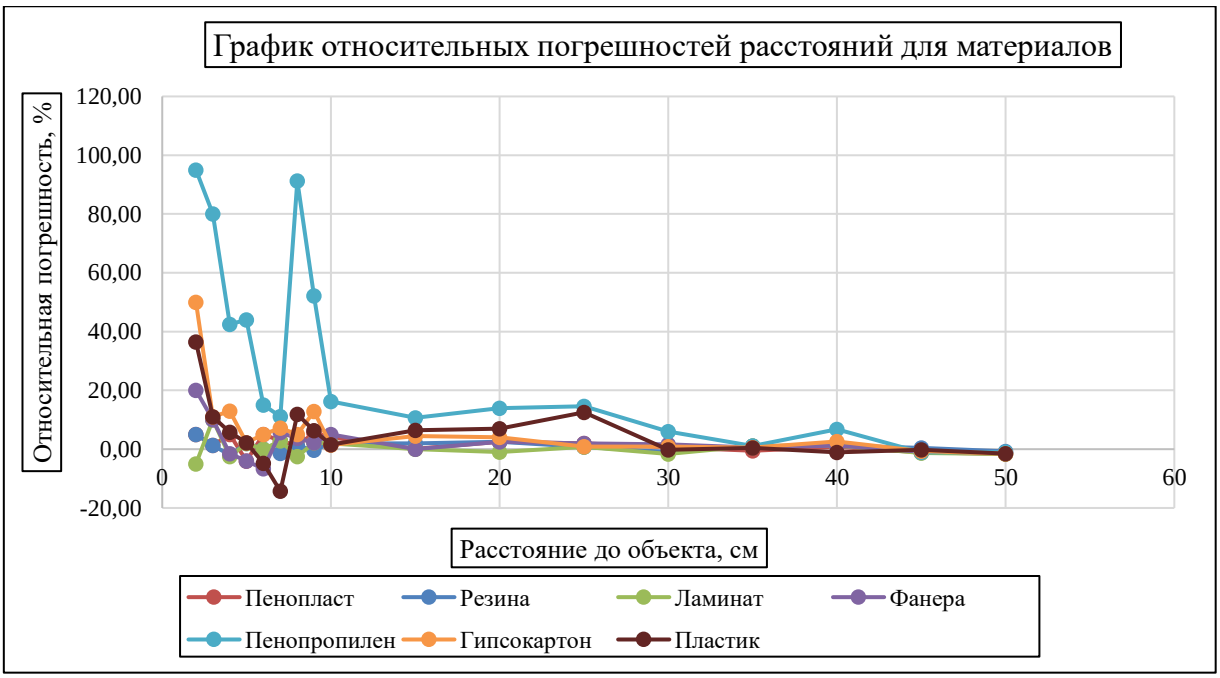


Рис. 6. График относительных погрешностей

В основном в постройку стен отелей закладываются такие материалы, как: кирпич, фанера, листы ДСП, гипсокартон. Учитывая результаты измерений, можно сделать вывод о слабом влиянии таких материалов, как фанера и гипсокартон, что позволяет использовать систему ультразвука в данных помещениях. Однако, на использование дальномеров накладываются ограничение. Использование системы в звукоизоляционных помещениях, которые содержат в свою очередь пенопропилен, не представляется возможным.

Список использованных источников

1. Анализ гостиничного рынка – Центр экономики рынков / [Электронный ресурс] // Центр Экономики Рынков: [сайт]. – URL: https://research-center.ru/analiz-gostinichnogo-rynka/ (дата обращения: 06.03.2024).
2. В России насчитали более 10 тысяч «звездных» отелей - Новости / [Электронный ресурс] // ТО : [сайт]. – URL: https://obzor.city/news/535010#:~:text=На%20данный%20момент%20официально%20подтвердили,отелей%20располагается%20в%20Краснодарском%20крае (дата обращения: 06.03.2024).
3. Росстат – Туризм / [Электронный ресурс] // Росстат: [сайт]. – URL: https://rosstat.gov.ru/statistics/turizm (дата обращения: 06.03.2024).
4. Town Gate by Smart View Real Estate | Propertyfinder Egypt / [Электронный ресурс] // Property Finder: [сайт]. – URL: https://www.propertyfinder.eg/en/new-projects/mountain-view/جيت-تاون (дата обращения: 17.03.2024).
5. Silicon Valley Hotel Unveils World’s First Robot Bellhop / [Электронный ресурс] // Yahoo Tech : [сайт]. – URL: https://finance.yahoo.com/news/silicon-valley-hotel-unveils-worlds-first-robot-94630820849.html (дата обращения: 12.09.2023).
6. Робот Savioke Relay в Москве - магазин «Техно 3D» / [Электронный ресурс] // Техно 3D: [сайт]. – URL: https://3dpt.ru/product/promyshlennyy-robot-savioke-relay (дата обращения: 13.09.2023).
7. HC-SR04-Ultrasonic.pdf / [Электронный ресурс] // : [сайт]. – URL: https://handsontec.com/dataspecs/HC-SR04-Ultrasonic.pdf (дата обращения: 17.03.2024).

ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ МОБИЛЬНОЙ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ БАГАЖА

Рябов А.В.[1], Филипас А.А.[2]
[1] ТПУ, ИШИТР, гр. 8Е02, e-mail: avr36@tpu.ru
[2] ТПУ, ИШИТР, к.т.н., заведующий кафедрой – руководитель отделения на правах кафедры, e-mail: filipas@tpu.ru

Аннотация

В данной работе проводится описание конструкции отельного робота для доставки багажа. Моделирование робототехнической платформы проводилось в программном обеспечении SolidWorks. В материале приведены расчёты элементов платформы, их описание и выбор. Результатом работы является обоснованная и рассчитанная модель конструкции платформы, смоделированной в программе SolidWorks.

Ключевые слова: отельный робот, конструкция, SolidWorks.

Введение

Применение роботов в различных сферах жизни человека только увеличивается. В последние четыре года наиболее активно развивается сфера отельного бизнеса и применение роботов в этой сфере не является исключением. Известным примером применения робототехники в гостиничном бизнесе является робот-дворецкий «Relay +» [1, 2], произведённый американской компанией «Savioke» и начавший работу 20 августа 2014 года в отеле «Aloft Hotels» в Купертино, Калифорния (рис. 1). В едином плане по определению целей развития страны на период до 2030 года президентом РФ была отмечена важность развития туристической инфраструктуры и поддержание гостиничных комплексов на достойном уровне [3]. Кроме того, по сравнению с 2020 годом в 2022 году наблюдался рост инвестиций в сферу гостиничного бизнеса (рис. 2) [4].

На данный момент роботов в сфере отельного бизнеса в России не найдено. Проект нацелен на проектирование и внедрение мобильной робототехнической платформы в отелях России.



Рис. 1. Робот-дворецкий «Relay +», Купертино, Калифорния

Цель

Данная работа имеет следующие цели по моделированию и расчетам:

Мотор-колёс, используемых на платформе;

Системы подвески для предупреждения действия изгибающих моментов, влекущих к деформации конструкции, при езде через препятствия;

Системы измерения дальности до объекта ультразвуковым методом для предупреждения столкновений платформы со статическими и динамическими препятствиями;

Отсека для размещения ручной клади посетителя отеля.



Рис. 2. Инвестиции в сферу отельного бизнеса на отрезке 2014-2022 гг.

Мотор-колеса

Для передвижения платформы в качестве приводов были выбраны мотор-колеса. Главными преимуществами мотор-колеса по сравнению с прочими силовыми устройствами является высокие мощностные характеристики при компактных размерах. При массе платформы в 100 кг и перевозе грузов до 70 кг были рассчитаны силовые характеристики робототехнической платформы. Расчеты проводились для различных видов движения и представлены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты расчетов силовых характеристик приводов

Горизонталь		Наклонная		Препятствия		Деформация шины	
Момент, [Н·м]	Мощность, [Вт]	Момент, [Н·м]	Мощность, [Вт]	Момент, [Н·м]	Мощность, [Вт]	Момент, [Н·м]	Мощность, [Вт]
18.7	468	25.2	630	13	97.5	7.7	19.25

Данные характеристики позволяют обеспечивать колеса модели «ATA36V170319037025». Эскизная модель колес робототехнической платформы представлена на рисунок 3.

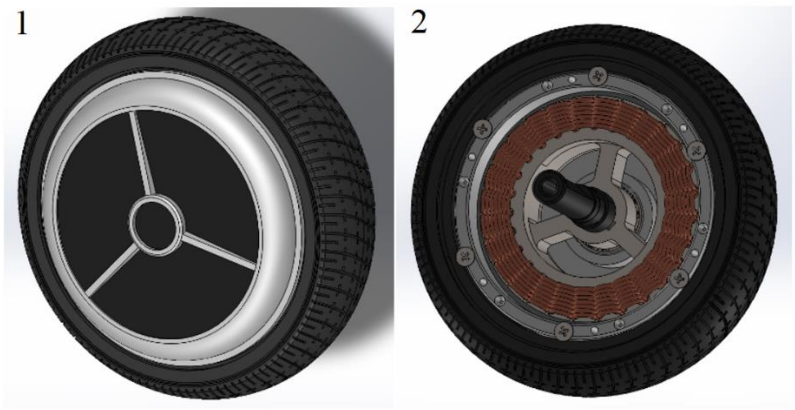


Рис. 3. Эскизная модель мотор-колеса:
1 – общий вид;
2 – внутренне устройство колеса

Система подвески

Подвеска платформы была спроектирована для преодоления препятствий, таких как пороги. Подвеска включает в себя основание робототехнической платформы, к которому крепятся с помощью винтового соединения 4 амортизатора, с пружинами жесткостью 25 кН/м. В свою очередь амортизаторы попарно скреплены с двумя рейками, находящимися в 30 мм от дна основания, на которых закреплены 4 мотор-колеса. Модель подвески платформы представлена на рисунке 4.

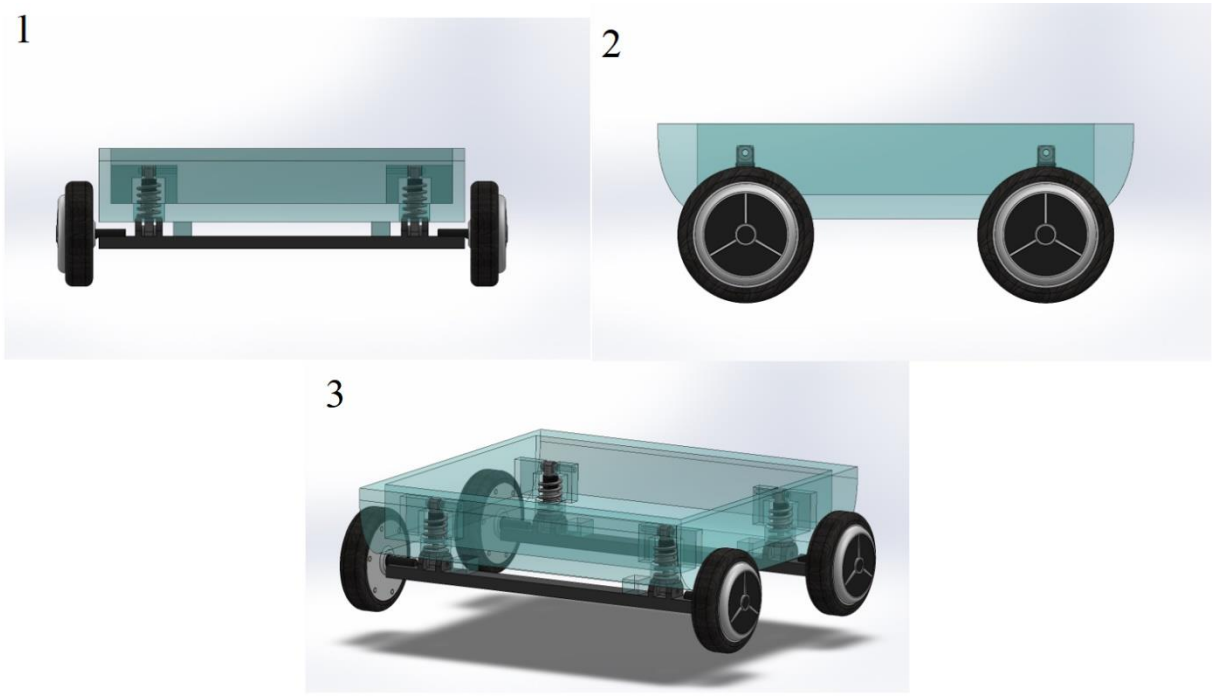


Рис. 4. Эскизная модель системы подвески:
1 – вид спереди;
2 – вид справа;
3 – общий вид

Ультразвуковая система

Ультразвуковая система представлена 12 ультразвуковыми датчиками, которые закреплены на подложке размерами 600×600 мм и крышки, на которую в дальнейшем крепится отсек с багажом. Эскизная модель ультразвуковой системы представлена на рисунок 5.

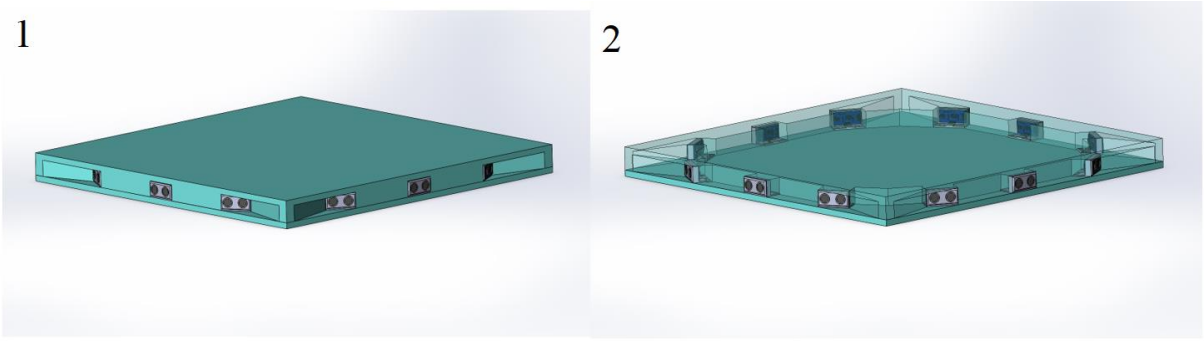


Рис. 5. Эскизная модель ультразвуковой системы:
1 – общий вид;
2 – внутренний вид системы

Угол действия приемника датчика составляется 30°. Конструкция, представленная на рисунке 5, позволяет системе ультразвука сканировать пространство по всей окружности платформы, с выделенным сектором в 30° для каждого датчика.

Отсек для ручной клади

Самым популярным видом транспорта для перемещений по России является самолёт [5]. Абсолютно каждый пассажир при выезде использует ручную кладь. Максимальные габариты ручной клади, предоставляемые авиалиниями, составляют 550×400×270 мм [6]. Наибольшей перевозимой массой багажа пассажирами по России является 15 килограммов [6]. С учетом этих данных был выделен отсек под платформу габаритами 550×420×400 мм. Эскизная модель отсека для ручной клади представлена на рисунке 6.

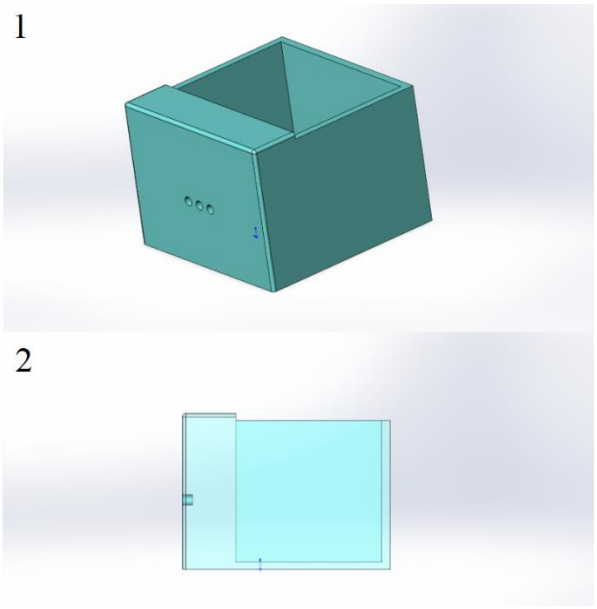


Рис. 6. Эскизная модель отсека для ручной клади:
1 – общий вид;
2 – вид справа

Помимо перевоза ручной клади в отеле, мобильная робототехническая платформа сможет перевезти пиццу размерами 385×385 мм и 3 бутылки воды размерами 85×85×350 мм.

Заключение

Данная работа позволяет полностью собрать макет мобильной платформы, для тестирования работы ультразвуковой системы на реальной физической модели и дальнейшего внедрения в отели для перевоза ручной клади и доставки продуктов питания в номер.

Список использованных источников

1. Silicon Valley Hotel Unveils World’s First Robot Bellhop / [Электронный ресурс] // Yahoo Tech: [сайт]. – URL: https://finance.yahoo.com/news/silicon-valley-hotel-unveils-worlds-first-robot-94630820849.html (дата обращения: 15.02.2024).
2. Робот Savioke Relay в Москве - магазин «Техно 3D» / [Электронный ресурс] // Техно 3D: [сайт]. – URL: https://3dpt.ru/product/promyshlennyy-robot-savioke-relay (дата обращения: 15.02.2024).
3. Единый план по достижению национальных целей развития Российской Федерации на период до 2024 года и на плановый период до 2030 года | Министерство экономического развития Российской Федерации / [Электронный ресурс] // Министерство экономического развития Российской Федерации: [сайт]. – URL: https://www.economy.gov.ru/material/dokumenty/edinyy_plan_po_dostizheniyu_nacionalnyh_celey_razvitiya_rossiyskoy_federacii_na_period_do_2024_goda_i_na_planovyy_period_do_2030_goda.html (дата обращения: 01.03.2024).
4. Росстат – Туризм / [Электронный ресурс] // Росстат: [сайт]. – URL: https://rosstat.gov.ru/statistics/turizm (дата обращения: 06.03.2024).
5. Туристы назвали самый популярный вид транспорта для путешествий по России – Рамблер/путешествия / [Электронный ресурс] // Рамблер: [сайт]. – URL: https://travel.rambler.ru/abroad/52240126-turist-opisal-zhenschin-v-novoy-zelandii-slovami-nikakih-namekov-na-zhenstvennost/ (дата обращения: 10.02.2024).
6. Габариты, вес, содержимое: всё, что нужно знать о требованиях авиакомпаний к ручной клади – Яндекс Путешествия / [Электронный ресурс] // Яндекс Путешествия: [сайт]. – URL: https://travel.yandex.ru/journal/ruchnaja-klad/ (дата обращения: 27.02.2024).

ОБУЧЕНИЕ С ПОДКРЕПЛЕНИЕМ КАК МЕТОД УПРАВЛЕНИЯ МОБИЛЬНЫМ РОБОТОМ: СРАВНЕНИЕ С ПИ-РЕГУЛЯТОРОМ

Дружинин Н.С.[1], Беляев А.С.[2]
[1] ТПУ, ИШИТР, гр.8Е02, e-mail: nsd11@tpu.ru
[2] ТПУ, ИШИТР, к.т.н., ст. преподаватель, e-mail: asb22@tpu.ru

Аннотация

В исследовании рассматривается применение метода обучения с подкреплением (RL) для управления мобильным роботом Festo Robotino V1.6, в сравнении с традиционным подходом использования PI-регулятора. Основное внимание уделено техническим аспектам реализации и безопасности обучения, с особым акцентом на использовании нейросетевых моделей в контролируемой среде. Экспериментальная часть демонстрирует, что RL позволяет достигать высокой точности в выполнении заданной траектории движения, превосходя результаты, получаемые с помощью PI-регулятора. Анализ показывает значительные перспективы применения обучения с подкреплением в робототехнике для повышения адаптивности и эффективности управления в динамичных и неопределенных условиях. Отдельно отмечается важность дальнейшего изучения и развития методов RL, учитывая их потенциал в интеграции искусственного интеллекта в реальные условия эксплуатации робототехнических систем.

Ключевые слова: обучение с подкреплением (RL), мобильные роботы, многорукие бандиты, ПИ-регулятор, нейросетевая модель.

Введение

В современной робототехнике применяется широкий спектр методов управления, позволяющих достигать высокой эффективности и адаптивности в различных условиях эксплуатации. Одним из передовых подходов является обучение с подкреплением (Reinforcement Learning, RL), которое позволяет мобильным роботам самостоятельно находить оптимальные стратегии поведения в неопределенной среде.

Одним из ключевых преимуществ RL является возможность минимизации затрат на разработку управляющих систем для сложных объектов. В традиционных подходах значительные ресурсы уходят на математическое моделирование объектов управления, что включает в себя описание множества параметров, влияния внешних возмущений и неопределенностей. В случае с RL, требуется значительно меньше усилий для начального этапа разработки, так как алгоритм способен самостоятельно "изучить" объект управления в процессе обучения. Это существенно снижает как временные, так и финансовые затраты на разработку, делая RL экономически выгодным решением.

Тем не менее, несмотря на преимущества, существуют и определенные сложности в применении RL. Одна из главных проблем – необходимость первичного обучения в безопасной среде, чтобы избежать возможного выхода объекта из строя в процессе эксплуатации. В научной литературе широко описаны методики обучения в симуляторах, что позволяет предварительно "подготовить" алгоритмы управления к работе в реальных условиях с целью уменьшения риска для оборудования [1–3].

Целью данной работы является разработка и тестирование алгоритма обучения с подкреплением для задачи управления мобильным роботом Festo Robotino V1.6, который должен эффективно передвигаться по различным типам поверхности [4, 5]. Особое внимание уделяется безопасности обучения – используется заранее разработанная нейросетевая модель мобильного робота, что позволяет проводить обучение в контролируемой и безопасной среде. Кроме того, необходимо провести сравнение эффективности и экономической выгоды применения обучения с подкреплением в сравнении с традиционными методами управления, такими как PI-регулятор, с акцентом на возможности оптимизации процесса управления мобильными роботами в сложных условиях.

Разработка многоруких бандитов для Robotino V2

Для первичного обучения алгоритмов обучения с подкреплением используется одна из разработанных и протестированных ранее «цифровых теней» мобильного робота. Структурная схема цифровой тени представлена на рисунке 1, где V^3_x, V^3_y, V^3_z – заданные проекции заданных скоростей в локальной системе координат; w^3_1, w^3_2, w^3_3 – заданные угловые скорости моторов; w^P_1, w^P_2, w^P_3 –

реальные угловые скорости моторов; I_1, I_2, I_3 – потребляемые силы токов моторов; $w^э_1$, $w^э_2$, $w^э_3$ – эффективная скорость колёс с учётом эффекта проскальзывания; Δx, Δy, Δz – перемещение мобильного робота по осям X и У, изменение его угловой ориентации.

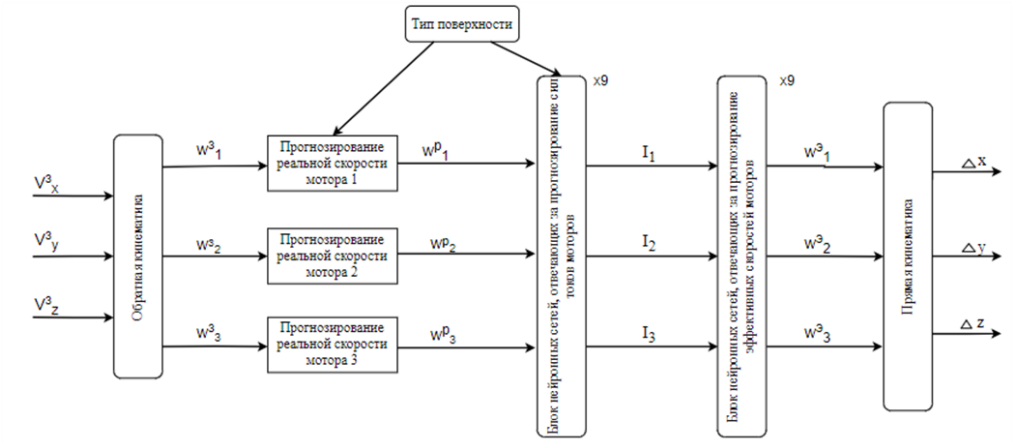


Рис. 1. «Нейросетевая» модель мобильного робота

Для реализации системы управления на основе обучения с подкреплением был выбран метод «многорукий бандит». При этом структура системы управления представляет собой два последовательно применённых «многоруких бандита». Таким образом, для работы двух связанных между собой бандитов необходимо задавать последовательно точки, лежащие на требуемой траектории. На рисунке 2 представлена структурная схема алгоритма управления мобильным роботом при помощи многоруких бандитов.

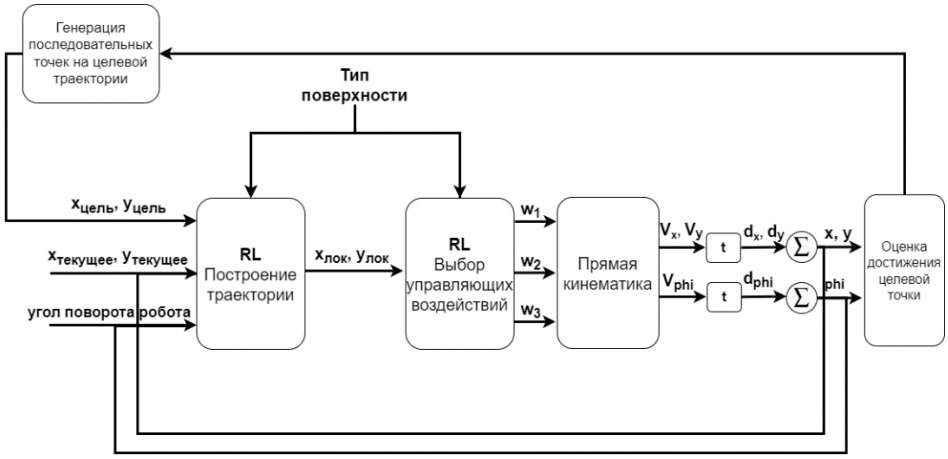


Рис. 2. Структурная схема алгоритма управления на основе многоруких бандитов

Бандит нижнего уровня (RL выбор управляющих воздействий) выбирает оптимальные скорости мобильного робота для достижения точек, лежащих на окружности, описанной вокруг него. На вход этого бандита идет целевая точка, в которую должен переместиться робот с учётом эффекта проскальзывания, на выходе бандит принимает решение, какие управляющие воздействия ему подать на моторы робота, чтобы оказаться в заданной точке. При обучении использовалась нейросетевая модель, описанная ранее на рисунке 1. Возможные точки, в которые бандит может переместиться, представлены на рисунке 3.

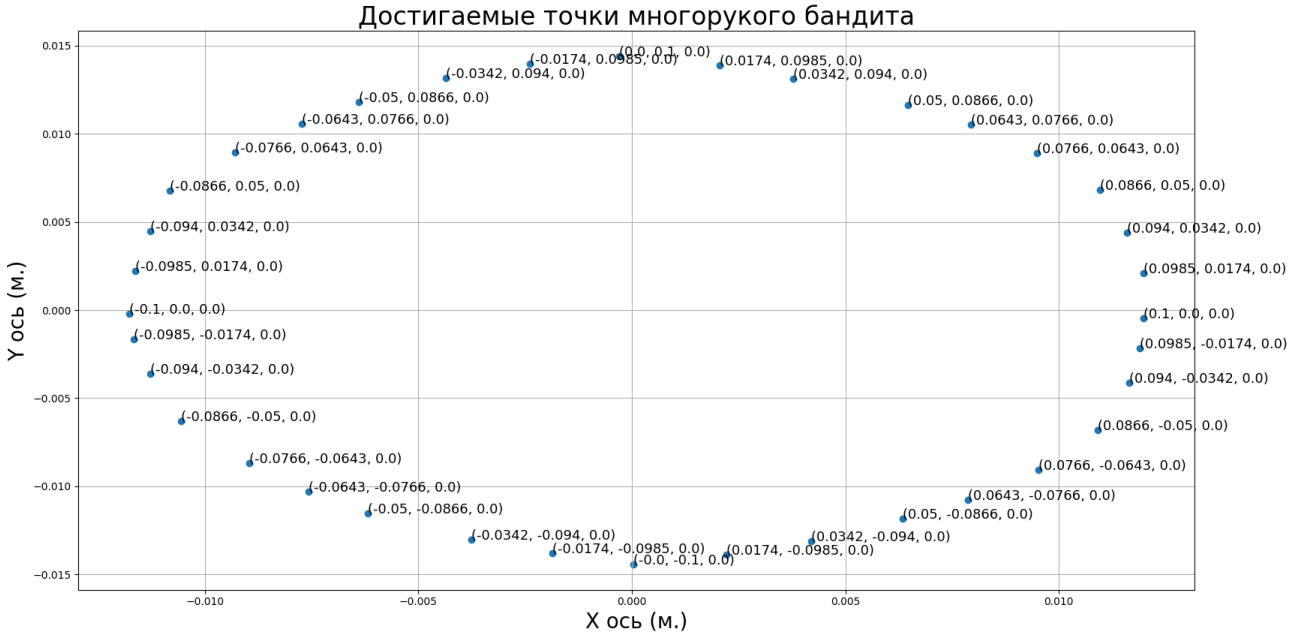


Рис. 3. Достигаемые точки первого многорукого бандита

Бандит верхнего уровня (RL построение траекторий) выполняет выбор оптимальной (по уменьшению расстояния) траектории для достижения целевой точки. На вход бандиту идет целевая точка, в которой должен оказаться мобильный робот после выполнения нескольких управляющих воздействий, на выходе бандит выбирает состояние, в котором он должен оказаться на следующем шаге, чтобы приблизиться к целевой точке. Полученная точка идет на вход первому бандиту. Данный бандит обучен доходить из любой точки дискретизированного полигона в любую точку поля.

Разработка PI регулятора для Robotino V2

Для оценки полученных результатов также реализовано классическое управление мобильным роботом на основе PI регулятора по положению. Настройка коэффициентов регулятора производилась на основе показаний нейросетевой модели робота. На рисунке 4 представлена структурная схема алгоритма управления мобильным роботом на основе PI регулятора.

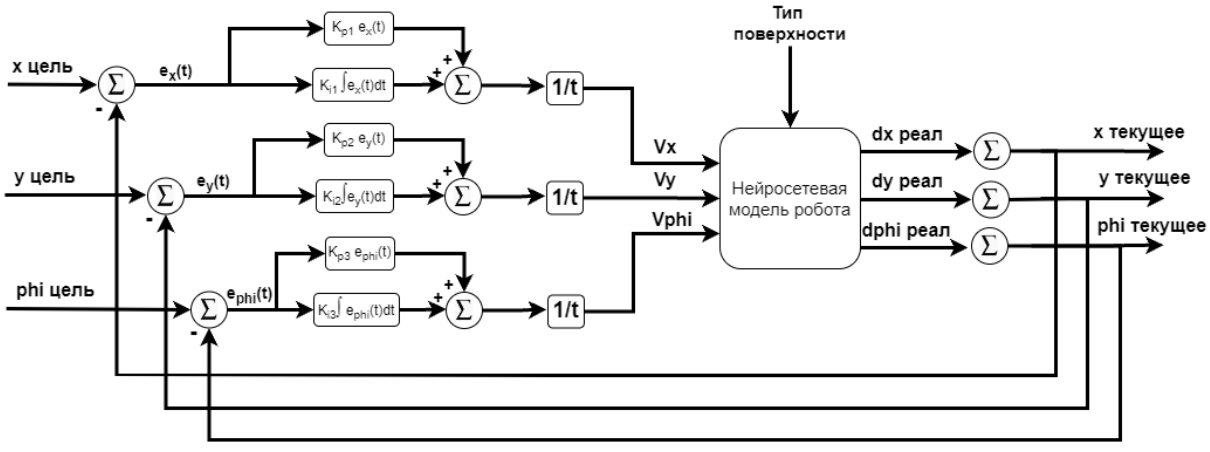


Рис. 4. Структурная схема алгоритма управления на основе PI регулятора по положению

Разработав два метода управления, следующим этапом стала апробация результатов на прохождение траектории квадрата.

Апробация многоруких бандитов и PI регулятора

В качестве оценки работоспособности алгоритмов, а также для их сравнительного анализа была поставлена задача проехать по траектории квадрата. На рисунке 5 представлены результаты работы алгоритмов.

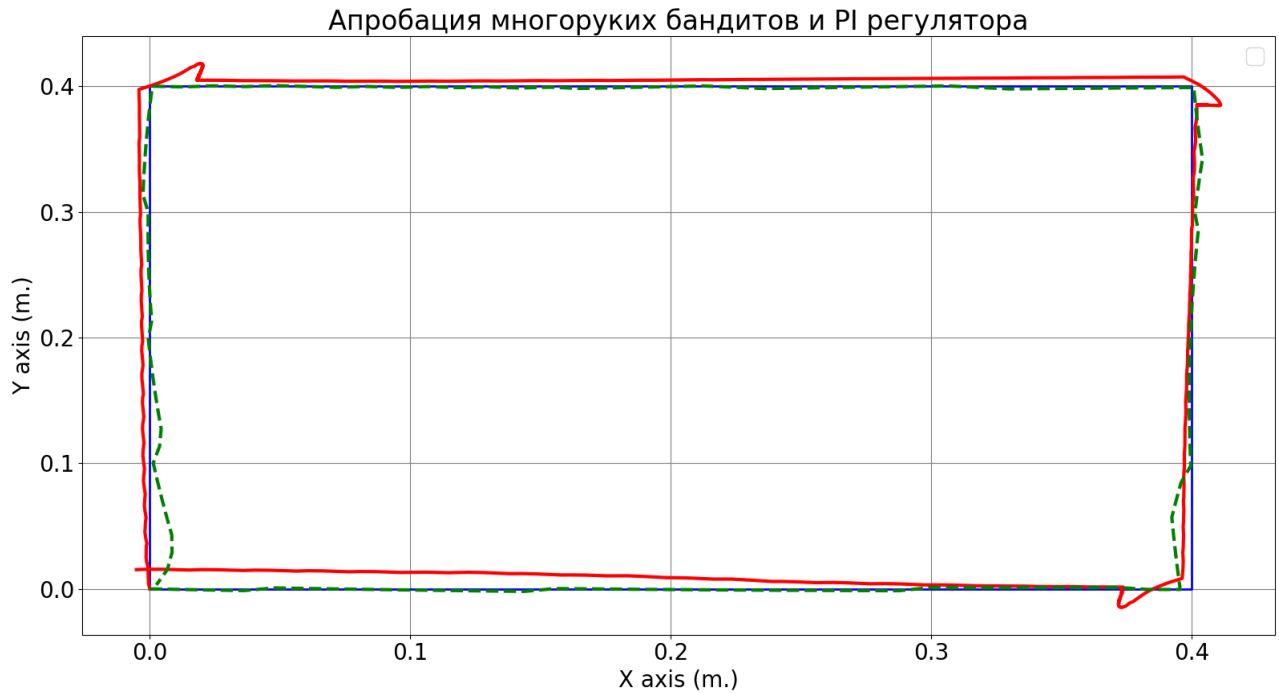


Рис. 5. Апробация алгоритмов на траектории «квадрат»

На рисунке 5 синяя линия – целевая траектория, красная линия – траектория с управлением через PI регулятор, зеленая пунктирная линия – траектория с управлением посредством многоруких бандитов.

Для численной оценки рассчитана метрика абсолютной интегральной ошибки по осям X и У. Поскольку построенные траектории включают в себя разное количество точек, то для оценки был использован инструмент интерполяции. В таблице 1 представлены численные результаты ошибок для рассматриваемых алгоритмов управления.

Таблица 1

Сравнение разработанных алгоритмов управления

	Многорукие бандиты	PI регулятор
Абсолютная интегральная ошибка по оси X, метры	0.042	0.091
Абсолютная интегральная ошибка по оси У, метры	0.013	0.114

Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод о том, что в данной постановке задачи многорукие бандиты справляются с задачей управления лучше классического PI регулятора. Однако стоит отметить, что результаты регулятора в данном случае неоднозначные, поскольку настройка коэффициентов пропорционально и интегральной составляющей происходила вручную итеративным методом. Однако стоит отметить, что управление мобильным роботом при помощи многоруких бандитов является конкурентно способным методом.

Заключение

В ходе выполненной работы был проведен сравнительный анализ двух методов управления мобильным роботом Festo Robotino V1.6: классического PI-регулятора и обучения с подкреплением,

реализованного через многорукие бандиты. Исследование показало, что алгоритмы обучения с подкреплением могут быть не только экономически выгодными, но и технически эффективными в задачах управления сложными системами, такими как мобильные роботы, в условиях неопределенности и динамично изменяющейся среды.

Следует отметить, что для более точной оценки работоспособности алгоритмов управления требуется провести ряд тестов на реальном роботе. Данный этап является следующим в разработке рассматриваемого подхода. В обучении с подкреплением он носит название sim-to-real.

Благодаря использованию нейросетевой модели для первичного обучения в безопасной симулированной среде, удалось значительно снизить риски выхода реального робота из строя и оптимизировать процесс настройки алгоритмов управления. Результаты апробации показали, что многорукие бандиты способны обеспечить более точное следование заданной траектории по сравнению с PI-регулятором, что подтверждает их потенциал в решении подобных задач.

Однако необходимо отметить, что выбор метода управления должен основываться на конкретных требованиях и условиях эксплуатации робота. Несмотря на преимущества обучения с подкреплением, в некоторых случаях традиционные методы могут оказаться предпочтительнее из-за их предсказуемости и стабильности.

Заключительно, результаты данной работы подчеркивают важность дальнейших исследований в области применения обучения с подкреплением в робототехнике и разработки новых методов, которые позволят эффективно сочетать возможности искусственного интеллекта с требованиями реального мира.

Список использованных источников

1. X.B. Peng, M. Andrychowicz, W. Zaremba and P. Abbeel, "Sim-to-Real Transfer of Robotic Control with Dynamics Randomization," 2018 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), Brisbane, QLD, Australia. – 2018. – C. 3803-3810. – doi: 10.1109/ICRA.2018.8460528.
2. Tan, Jie & Zhang, Tingnan & Coumans, Erwin & Iscen, Atil & Bai, Yunfei & Hafner, Danijar & Bohez, Steven & Vanhoucke, Vincent. Sim-to-Real: Learning Agile Locomotion For Quadruped Robots. – 2018
3. Wahlström, Niklas & Schön, Thomas & Deisenroth, Marc. From Pixels to Torques: Policy Learning with Deep Dynamical Models. – 2015
4. A.S. Belyaev, O.A. Brylev, E.A. Ivanov, Slip Detection and Compensation System for Mobile Robot in Heterogeneous Environment, IFAC-PapersOnLine. – Volume 54. – Issue 13. – 2021. – Pages 339-344. – ISSN 2405-8963. – URL: https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2021.10.470.
5. Andrakhanov A., Belyaev A. Navigation learning system for mobile robot in heterogeneous environment: Inductive modeling approach, (2017), Proceedings of the 12th International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies, CSIT. – 2017. 1, art. – no. 8098846. – pp. 543 – 548. Cited 2 times. – DOI: 10.1109/STC-CSIT.2017.8098846.
6. F. Cursi, W. Bai, W. Li, E.M. Yeatman and P. Kormushev, "Augmented Neural Network for Full Robot Kinematic Modelling in SE(3)," in IEEE Robotics and Automation Letters. – vol. 7. – no. 3. – pp. 7140-7147. – July 2022. – doi: 10.1109/LRA.2022.3180428.
7. Gu Fang and M.W., M.G. Dissanayake, "Neural networks for modelling robot forward dynamics," Proceedings of ICNN'95 - International Conference on Neural Networks. – 1995. – pp. 2715-2719 – vol.5. – doi: 10.1109/ICNN.1995.487965.
8. Singh, B., Kumar, R. & Singh, V.P. Reinforcement learning in robotic applications: a comprehensive survey. Artif Intell – Rev 55. – 945-990. – 2022. – URL: https://doi.org/10.1007/s10462-021-09997-9.
9. Polydoros, Athanasios & Nalpantidis, Lazaros. (2017). Survey of Model-Based Reinforcement Learning: Applications on Robotics. Journal of Intelligent & Robotic Systems. –86. –153-. 10.1007/s10846-017-0468-y.
10. S. Shao et al., "Towards Hardware Accelerated Reinforcement Learning for Application-Specific Robotic Control," 2018 IEEE 29th International Conference on Application-specific Systems, Architectures and Processors (ASAP), Milan, Italy. – 2018. – pp. 1-8. – doi: 10.1109/ASAP.2018.8445099.

КОНСТРУИРОВАНИЕ СЕРВИСНОГО РОБОТА - КУРЬЕРА ДЛЯ РАБОТЫ В МЕДИЦИНСКОМ УЧРЕЖДЕНИИ

Байназарова Д.Д.[1], Ланграф С.В.[2]
[1] Томский политехнический университет, ИШИТР, студент гр.8ЕМ21, e-mail: ddb10@tpu.ru
[2] Томский политехнический университет, ИШИТР, к.т.н., e-mail: langraf@tpu.ru

Аннотация

В данной работе проводится обзор аналогов и проектирование конструкции сервисного робота для доставки лекарственных препаратов в рамках одного этажа медицинского учреждения.

Ключевые слова: колесный робот, навигация, конструкция.

Введение

Согласно приложению № 10 к положению об организации оказания первичной медико-санитарной помощи взрослому населению, утвержденному приказом Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации от 15 мая 2012 г. N 543н, на 1 должность процедурной медсестры должно приходиться максимум 15 пациенто-мест, однако в данный момент в среднем на одну медсестру приходится от 20-и пациенто-мест и более.

К примеру, на один этаж Областного Государственного Автономного Учреждения Здравоохранения «Больница № 2» в настоящее время на дневную смену приходится 3 дежурные медсестры и 3 постовые медсестры на 2 этажа, а на ночную только две дежурные медсестры на 2 этажа. В Госпитальной клинике СибГМУ им. Савиных А. Г. в дневную смену на один этаж приходится в среднем 3 медсестры, а в ночную смену 2 и меньше. В Городской клинической больнице № 3 им. Б. И. Альперовича в дневную смену на один этаж приходится 2 палатные и 2 процедурные медсестры, а ночью – 2 или 3 в зависимости от количества прибывших на скорой помощи.

При ежедневной выдаче медикаментов (а именно от 3-х раз в день) возникает острая потребность в дополнительных трудовых ресурсах. Именно поэтому, для облегчения работы медицинского персонала в больницах в данной работе будет разрабатываться сервисный робот для обслуживания медицинских учреждений.

Сервисный робот для обслуживания медицинских учреждений – это мобильный робот, предназначенный для передачи медикаментов от медсестры к пациенту.

При создании робота следует учитывать ряд факторов:

1. Сервисный робот должен достигать в высоту от 500 до 700 мм (средняя величина расстояния от пола до колена), ширина должна быть не менее 300 мм и не более 500 мм, так же, как и длинна.
2. Привод робота должен позволять роботу двигаться со скоростью 0,1 - 0,4 м/с.
3. Привод робота должен позволять роботу работать при полной нагрузке 6 кг.
4. Корпус робота должен быть выполнен из термостойкого материала, не вступающего в реакцию с медикаментами.
5. Вес робота в состоянии конечной сборки не должен превышать 20 кг.
6. Работа робота в помещении не должна вредить окружающим людям и влиять на работу окружающей его аппаратуры.
7. Работа робота не должна причинять ущерб имуществу медицинского учреждения.

Выбор движителя для робота

С учетом того, что робот будет относится к indoor типу, для перемещения в больнице лучше будет выбрать колеса в качестве движителя.

Рассмотрим типы колесных роботов и подберем подходящий для поставленной задачи перемещения в рамках одного этажа медицинского учреждения. Виды колесных роботов представлены в таблице 1.

В рамках поставленной задачи больше подходит тип роботов с обычными колесами. Перемещение будет производиться по прямой и практически ровной поверхности, также функционал робота не требует больших затрат. Также выбор колес обусловлен простотой конструкции, так как вес робота не должен превышать 20 кг.

Таблица 6

Виды колесных роботов

Тип робота	**Описание**	**Преимущества**	**Недостатки**
Колесные роботы с обычными колесами	Роботы, оснащенные обычными круглыми колесами	Простота конструкции, низкая стоимость, хорошая маневренность на ровных поверхностях	Ограниченная проходимость на неровных поверхностях, слабая устойчивость на склонах
Колесные роботы с омни-колесами	Способность двигаться в любом направлении	Отличная маневренность, способность двигаться боком, поворот на месте	Сложная конструкция, высокая стоимость, ограниченная проходимость на неровных поверхностях
Колесные роботы с гусеницами	Роботы, оснащенные гусеницами для передвижения	Отличная проходимость на неровных поверхностях, устойчивость на склонах.	Медленная скорость, сложная конструкция, высокая стоимость
Колесные роботы с шаровыми колесами	Роботы способными двигаться в любом направлении	Отличная маневренность, способность двигаться боком, поворот на месте	Сложная конструкция, высокая стоимость, ограниченная проходимость на неровных поверхностях
Колесные роботы с многоножками	Роботы, оснащенные множеством ног для передвижения	Отличная проходимость на неровных поверхностях, способность преодолевать препятствия	Сложная конструкция, высокая стоимость, медленная скорость

С учётом того, что робот должен будет перевозить большое количество медикаментов в своем корпусе, он должен быть устойчивым, а следовательно, количество колес должно быть от 3-х и больше, в зависимости от габаритов корпуса.

Сравнительный анализ

Существует множество аналогов разрабатываемого в данной работе робота. Рассмотрим два из них, а именно: Yandex R3 и Starship Delivery Robot. Аналоги сервисного робота для доставки медикамента представлены в таблице 2.

Среди рассмотренных роботов более подходящим (согласно техническому заданию) к проектированию аналогом является Starship Delivery Robot.

Таблица 7

Аналоги сервисного робота для доставки медикаментов

Наименование робота	Габариты, мм	Количество колес	Навигация	Особенности	Вес, кг
Yandex R3	625x500x542	6	Lidar, Radar, 4 камеры	Расположение балансиров колес на задних осях для лучшей езды	70
Starship Delivery Robot	697 x 569 x 571 (без флага)	6	GPS, Radar, ультразвуковые сенсоры, 12 камер	Роботы Starship Technologies передвигаются по местности со скоростью не более 6 км/ч. Они не мешают движению людей по тротуарам.	35

Выбор навигационных устройств

При выборе датчика перемещения нужно основываться на нескольких факторах:

1. Датчик должен работать на большом расстоянии (от 3 до 6 метров);
2. Датчик должен качественно работать в хорошо освещенном помещении (солнечный свет и искусственное освещение);
3. Датчик должен точно обеспечивать определение и передачу координат координаты робота в условиях indoor и частично outdoor. Классификация датчиков представлена в таблице 3.

Таблица 8

Классификация датчиков

Наименование	Преимущества	Недостатки
Инфракрасные датчики движения	1. Инфракрасные датчики движения считаются абсолютно безопасными для здоровья человека, так как они действуют как "приемники" инфракрасного излучения и не излучают никаких вредных сигналов; 2. Инфракрасные датчики позволяют пользователю точно настраивать дальность и угол обнаружения движущихся объектов.	1. Инфракрасные датчики имеют относительно узкий диапазон рабочих температур; 2. Из-за воздействия окружающих факторов, таких как солнечный свет и осадки, работа инфракрасных датчиков движения на улице может быть менее точной.
Микроволновые датчики движения	1.Датчики способны обнаруживать движущиеся объекты даже за дверьми, стеклами или тонкими стенами; 2.Их работоспособность не зависит от температуры окружающей среды или объектов; 3.Микроволновые датчики способны реагировать на самые незначительные движения объектов	1. Они стоят дороже по сравнению с датчиками других типов; 2. Микроволновые датчики могут срабатывать из-за движений вне необходимой зоны наблюдения; 3. Микроволновые датчики могут срабатывать из-за движений вне необходимой зоны наблюдения.
Ультразвуковые датчики движения	1. Ультразвуковые датчики доступны по относительно низкой цене, что делает их доступными для широкого спектра применений; 2. Ультразвуковые датчики работают стабильно, независимо от окружающей среды, так как они не чувствительны к свету, осадкам, или другим атмосферным условиям; 3. Ультразвуковые датчики могут обнаруживать движение любых объектов, независимо от их материала.	1. Ультразвуковые датчики имеют ограниченную дальность обнаружения движения, что может потребовать установки нескольких датчиков для полного покрытия больших площадей; 2. Для активации ультразвукового датчика движения требуются достаточно резкие перемещения объектов. Если движение происходит очень медленно или плавно, датчик может не сработать.
Lidar (light detection and ranging)	1. Высокая точность; 2. Надёжность. Лидары отлично ориентируются даже в полной темноте; 3. Практичность. Эффективен в больших помещениях и сложных средах с множеством препятствий.	1. Риск выхода из строя. Вращающийся модуль с лазером — механический элемент, который подвержен износу и со временем может сломаться; 2. Возможность отражения лазера.

Проанализировав аналоги сервисного робота и различные виды датчиков, выбор определенно падает на Lidar. Данная технология активно используется для создания роботов курьеров, так как именно благодаря вращению лазера можно составить карту помещения, используя только одно устройство. Несмотря на большие габариты, легко встраивается в конструкцию.

Подбор привода для перемещений робота

Существует ряд требований к приводу проектируемого робота, а именно:

1) минимальный размер;
2) оптимальная стоимость;
3) понятная и простая конструкция, легко внедряемая в конструкцию самого робота;
4) адаптируемость программной части под данную задачу;
5) номинальная мощность от 250 Вт до 400 Вт;
6) максимальный крутящий момент не менее 10 Н*м не более 20 Н*м;
7) скорость вращения на холостом ходу не менее 250 об/мин.

С учетом специфики работы и упрощения конструкции робота, оптимальнее будет использовать автономный независимый колесный привод. В данном случае удобнее будет использовать мотор колеса с индивидуальным управлением.

Мотор-колесо – это разновидность ведущего колеса, комплексный агрегат, в котором объединены непосредственно колесо, электрический двигатель, силовая передача и тормозная система.

Рассмотрим основные существующие типы мотор-колес. Основные типы мотор-колес представлены в таблице 4.

Таблица 4

Основные типы мотор-колес

Наименование	Принцип работы	Преимущества	Недостатки
Редукторное мотор-колесо	Производит крутящий момент за счет появления вращающегося магнитного поля в фиксированном статоре, взаимодействующем с постоянными магнитами.	1. Компактность мотора; 2. Высокий крутящий момент. Даже мотор небольшой мощности обеспечивает высокую тягу в горку.	Ограниченная скорость, в среднем до 25-30 км/ч.
Безредукторное мотор-колесо	В данном типе мотор-колеса есть две основные части – ротор и статор. Ротор – это ось колеса с обмотками, она неподвижна и жестко закреплена. Статор – это втулка колеса с мощными постоянными магнитами, она подвижна.	1. Надежность и простота конструкции; 2. Возможность тормозить двигателем (рекуперация); 3. Большая мощность до 5000 Вт; 4. КПД выше за счет отсутствия редуктора.	1. Большие габариты и вес мотора; 2. Мотор-колесо с прямым приводом дороже редукторного при одинаковой мощности.

Для данной задачи больше подойдет вариант привода с оптимальной ценой, легкой внедряемостью в механизм робота, с упрощенной конструкцией и оптимальной мощностью для работы в рамках медицинского учреждения. Следовательно, проанализировав различные варианты привода, более подходящим выбираем безредукторный тип мотор-колеса.

Разработка структурной схемы робота

Была разработана структурная схема сервисного робота для доставки лекарственных препаратов, приведённая на рисунке 1, где {L} – это множество сигналов, поступающих с Lidar; {S} – это множество сигналов, поступающих с датчиков Холла; {I} – это множество сигналов, поступающих с датчиков тока; {U} – это множество управляющих сигналов напряжения.

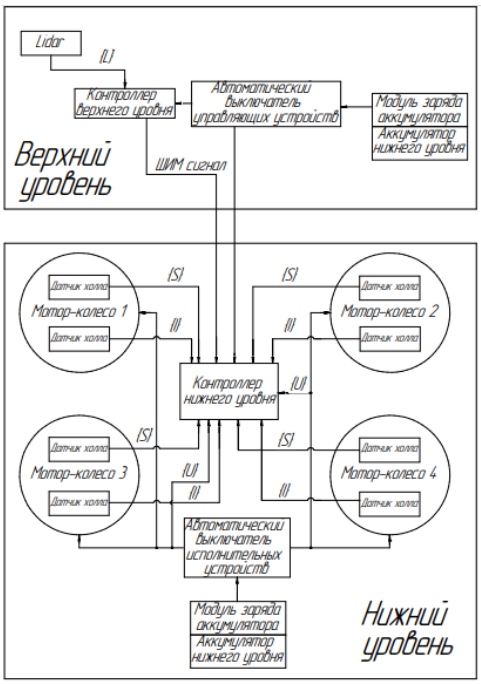


Рис. 10. Структурная схема сервисного робота

Проектирование конструкции робота

Расположение колес является основополагающим фактором для дальнейшей разработки кинематической схемы и возможностей для маневрирования при движении робота. Квадратная компоновка на две колесные пары обусловлена методом организации перемещений с неповоротными автономными колёсами с индивидуальным управлением (выбранные нами прежде мотор-колеса безредукторного типа), таким образом достигается максимальная маневренность робота.

В качестве материала для корпуса будет использоваться ABS пластик. Такой выбор был сделан из-за ряда преимуществ данного материала, а именно: легкость, химическая стойкость, возможность использования различных технологий изготовления корпуса. В перспективе корпус можно будет изготовить с использованием вакуумной формовки или 3D печати.

Ширина корпуса была определена исходя из величины ширины коридора медицинского учреждения – 2 м, в данном случае для примера рабочего места использовался коридор второго этажа медицинского учреждения «ОГАУЗ Больница №2№». Габариты робота равны 510 х 300 х 450 мм., общий вид в двух проекциях представлен на рисунке 2.

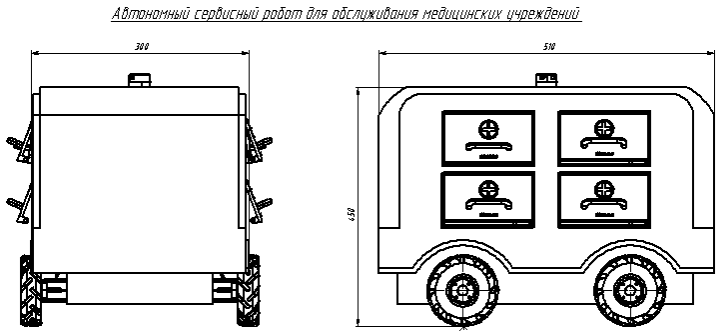


Рис. 11. Общий вид робота в двух проекциях

Корпус робота включает в себя 4 отсека для медикаментов по две стенки корпуса, следовательно, в один заход сможет обслужить до 8 пациентов.



Рис.3. Отрисовка модели робота в программе Solidworks PhotoView 360

Заключение

В рамках данной работы была разработана конструктивная компоновка для сервисного робота, предназначенного для работы в рамках медицинского учреждения, с учетом специфики окружающих его условий.

Конструкция была создана с учетом дальнейшего прототипирования и изготовления для работы в реальных условиях.

В перспективе данный робот сможет выполнять перевозку медикаментов по палатам пациентов в указанное время суток, с учетом расположения палат. Так же планируется создание удобного и понятного интерфейса для задания программы перемещения.

Робот соответствует заданным условиям и подходит для работы в больницах и лабораториях.

Список использованных источников

1. ГОСТ Р 56274-2014 «Общие показатели и требования в эргономике».
2. СП 158.13330.2014 «Здания и помещения медицинских организаций. Правила проектирования»
3. Приложение N 10 к Положению об организации оказания первичной медико-санитарной помощи взрослому населению, утвержденному приказом Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации от 15 мая 2012 г. N 543н.
4. ГОСТ 20790–93/ГОСТ Р 50444-92 «Приборы, аппараты и оборудование медицинские. Общие технические условия».
5. Хмелевский Ю.П., Туманова А.А. Особенности формообразования и выбора цветового решения в дизайне-проектировании медицинского оборудования. –Томск: ТПУ МНПК ТПУ, 2021. – 278 стр.

РОБОТ ФАРМ-РОВЕР – АССИСТЕНТ МЕДСЕСТРЫ

Запевалов В.А.[1]
[1] *БОУ «Югорский физико-математический лицей-интернат», 10А кл.,*
e-mail: qwerty61918@gmail.com

Аннотация

В работе представлено описание транспортного робота, способного доставлять лекарства нескольким пациентам одновременно. Роботизированное транспортное средство, способное перемещаться под управлением оператора либо автономно по траекторным линиям. Робот снабжен двумя независимыми контейнерами, для каждого пациента предусмотрен индивидуальный доступ к своему контейнеру. Проектная работа прикладного характер. Результаты её могут использованы в медицинской робототехнике.

Ключевые слова: доставка лекарств, транспортный робот, индивидуальный доступ, автоматизированное управление.

Введение

Особенностью сегодняшнего времени являются эпидемии различных вирусов и пандемия COVID. Она охватила все страны, и в каждой стране многократно увеличился объем работы у медиков. Кроме того, растет число вооруженных конфликтов. Медицинским работникам приходится обслуживать гораздо большее количество больных и травмированных людей. Очень сложно успеть своевременно дать лекарства пациентам в стационарах. Появляется потребность привлечь на помощь медикам современных роботов. В Китае, Израиле, Швейцарии, Японии и других странах ведутся работы по созданию роботов, доставляющих лекарства пациентам [1, 2].

Цель работы: создать колёсный транспортный робот, способный доставлять лекарства нескольким пациентам одновременно.

Задачи:

1. Создать транспортный робот – Фарм-ровер, на колесном шасси, обладающий высокой маневренностью.
2. Оснастить робот двумя независимыми контейнерами с раздельным доступом для хранения и транспортировки лекарств.
3. Обеспечить возможность функционирования Фарм-ровера в двух режимах:
   – дистанционного ручного управления;
   – программного управления с интерактивным взаимодействием.

Практическая значимость работы состоит в том, что ее результаты могут оказать реальную действенную помощь как в медицине, так и в других жизненных ситуациях.

В ходе выполнения проекта проведен поиск информации в интернете. Проанализированы источники, посвященные робототехнике [1, 2]. Обнаружена информация об аналогичных системах, разработанных в разных странах [3, 4]. Найдены примеры применения беспилотных автотранспортных средств [1, 5, 6]. Подобрана литература, в которой описаны особенности применения этого набора LEGO Mindstorms EV3 [7]. Высокую маневренность Фарм-роверу обеспечивает использование омни-колес [8, 9].

Аппаратное обеспечение и конструкция Фарм-ровера

Фарм-ровер спроектирован для транспортировки лекарств пациентам в больнице. Он имеет возможность доставки лекарств двум различным пациентам за один рейс. Название машина получила от двух терминов:

1. Фармация, в переводе с греческого – лекарство.
2. Ровер – данный термин выбран Яндексом в честь самоходных космических аппаратов, которые исследуют поверхность небесных тел.

Фарм-ровер собран из деталей набора LEGO Mindstorms EV3 [7].

В качестве колес использованы омни-колеса, у которых на внешней поверхности установлены дополнительные ролики. Ролики способны вращаться, поэтому такие колёса позволяют машине перемещаться в любую сторону. [8, 9].

Колеса устанавливаются по одному с каждой из четырех сторон ровера. Вращая по отдельности или совместно колеса в разные стороны можно добиться движения в любом направлении.

Фарм-ровер оснащен двумя транспортными контейнерами для доставки лекарств. Доступ в контейнеры раздельный. Каждый из них имеет индивидуальное управление крышками. Для того, чтобы снизить возможность ошибок пациентов при выборе лекарств, крышки отмечены красным и синим цветом. Открытие и закрытие крышек может производиться с пульта либо с помощью индивидуальных карточек пациентов. Для повышения безопасности использования Фарм-ровер, при открывании крышек раздается звук «red up» или «blue up», а при закрывании – «red down» или «blue down». В дополнение к этому включается подсветка на датчике цвета.

Фарм-ровер состоит из следующих основных блоков:

1. Блок процессора, для управления моторами и приема команд инфракрасного датчика.
2. Инфракрасный датчик – 2 шт., для приема команд от пульта управления.
3. Оптический датчик, для обеспечения возможности движения по линии.
4. Ультразвуковой датчик, для обнаружения препятствий.
5. Дистанционный пульт управления, для отправки команд роботу.
6. Большие моторы – 4 шт., для вращения колес.
7. Омни-колёса – 4 шт., для передвижения по поверхности в разные стороны.
8. Корпус.
9. Малый мотор – 2 шт., для открытия/закрытия створок транспортных контейнеров.
10. Зубчатые передачи – 2 шт., для передачи вращения створкам транспортных контейнеров.
11. Батарейный отсек – 1 шт.

Фарм-ровер, как система, представляет собой комплект оборудования, состав которого представлен на рисунке 1.

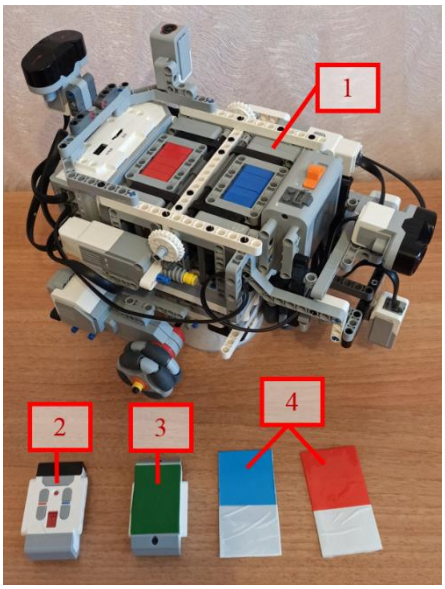


Рис. 1. Состав комплекта оборудования Фарм-ровера:
1 – робот Фарм-ровер, осуществляющий доставку лекарств;
2 – пульт управления медсестры, для выбора палаты назначения;
3 – карточка медсестры, для одновременного открытия всех контейнеров. Может быть совмещена с пультом (2);
4 – персональные карточки пациентов, для доступа к индивидуальным контейнерам

Алгоритмическое обеспечение Фарм-ровера

Предусмотрены два режима функционирования Фарм-ровера:

1. Режим дистанционного ручного управления.
2. Режим программного управления с интерактивным взаимодействием.

Для каждого из режимов создано свое программное обеспечение.

В режиме дистанционного ручного управления при запуске программы начинается цикл, в котором опрашивается инфракрасный датчик. Датчик получает различные команды с пульта управления. Принятые команды анализируются, и робот выполняет определенные действия.

Маневрирование ровера обеспечивается раздельным управлением колесами. Вращая каждое колесо в определенном направлении, можно заставить Фарм-ровер двигаться в нужном направлении. Для увеличения заметности робота он оснащен дополнительным датчиком цвета, который при движении ровера поочередно мигает красным и синим цветом. Для этого датчик включается в режимы измерения отраженного света и режим измерения освещенности. При работе с крышками контейнеров запускаются звуковые фрагменты, предупреждающие о действии. Например: «Red up» или «Blue down».

Цикл работы повторяется до тех пор, пока не будет нажата кнопка «стоп». Программа выходит из цикла, и робот произносит слово «стоп».

Алгоритм функционирования робота в режиме ручного управления показан на рисунке 2.

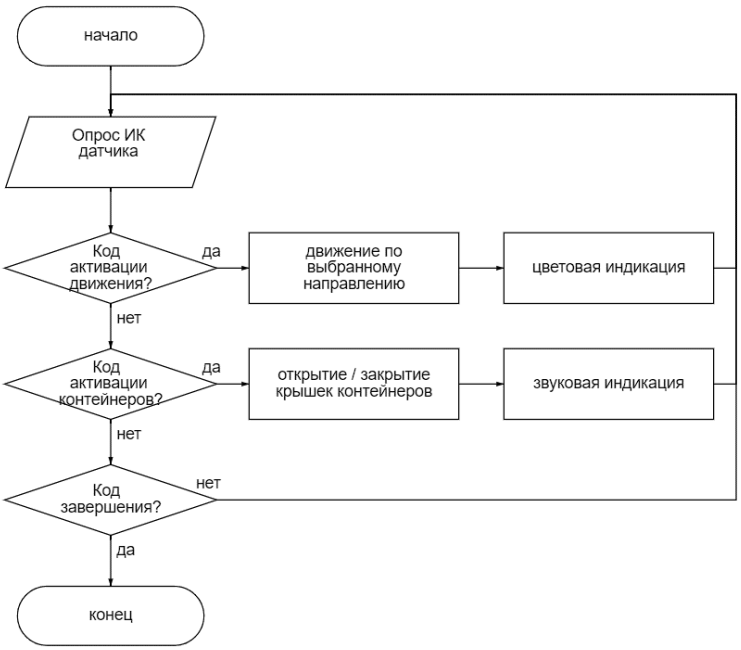


Рис. 2. Алгоритм функционирования робота в режиме ручного управления

В режиме программного управления с интерактивным взаимодействием при запуске Фарм-ровер произносит слово «старт» и устанавливает значения переменных, отвечающих за подсчет палат. С пульта задается номер палаты, в которую нужно доставить лекарства. В дальнейшем номер палаты робот определит по порядковому номеру цветовой метки на перекрестке основной трассовой линии с палатной трассой.

Программный блок «doors» содержит код, позволяющий в интерактивном режиме открыть одновременно оба контейнера робота и положить в них лекарства. Выдержав паузу в 4 секунды, робот закрывает оба контейнера. После этого ровер выполняет подпрограмму движения по коридору. В ходе движения Фарм-ровер осуществляет подсчет пройденных перекрестков. Делает он это путем распознавания цветовых меток на трассе. Количество подсчитанных меток сравнивается с заданным номером перекрестка. При достижении равенства, робот понимает, что доехал до нужной палаты. На данном перекрестке робот поворачивает в сторону палаты.

В процессе движения по трассам Фарм-ровер с помощью ультразвукового датчика сканирует пространство перед собой. При обнаружении препятствия на удалении 30 см робот останавливается и подает звуковые сигналы до устранения препятствия.

В палате робот движется по траектории до точки выдачи лекарств, обозначенной цветовым квадратом. На нем ровер разворачивается. Далее робот ожидает интерактивного взаимодействия с пациентами.

Подпрограмма блока «patient» обеспечивает доступ пациентов к персональным контейнерам. Для этого каждый из пациентов подносит к датчику цвета Фарм-ровера карточку с цветовым идентификатором. В представляемой версии робота предусмотрены карточки синего и красного цвета. Робот открывает соответствующий контейнер. После двухсекундной паузы контейнер закрывается. Для возврата робота на пост медсестры ему предъявляется карточка белого цвета.

Алгоритм функционирования робота в режиме программного управления с интерактивным взаимодействием показан на рисунке 3.

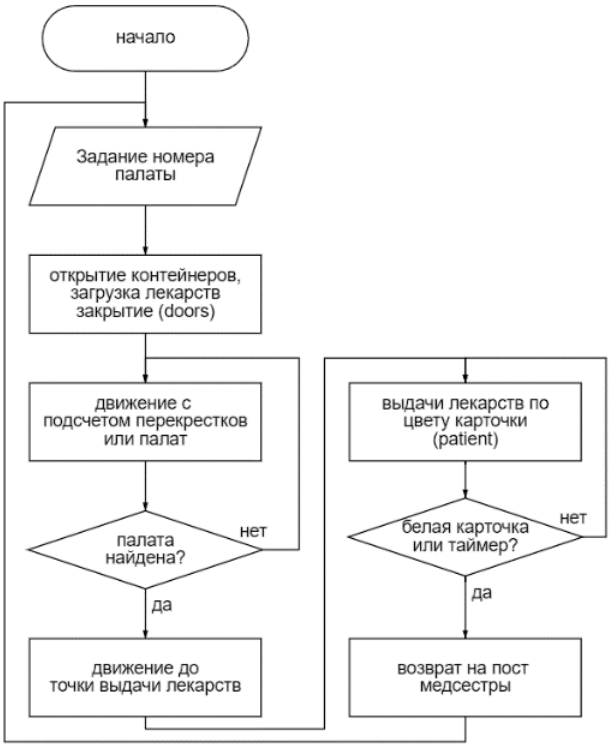


Рис. 3. Алгоритм функционирования робота в режиме программного управления с интерактивным взаимодействием

Испытания функционирования Фарм-ровера

Комплексные проверки функционирования проводились для обоих режимов. Видеофайл, демонстрирующий динамические возможности Фарм-ровера и его функционирование в режиме дистанционного ручного управления доступен по ссылке: https://drive.google.com/file/d/1SlvHEYaEcVBaslzb0c-ii9UdODRcLsVH/view.

При испытании в режиме программного управления с интерактивным взаимодействием, использовался следующий алгоритм:

1. Медперсонал загружает лекарства в контейнеры Фарм-ровера, задает номер палаты и запускает робота.
2. Ровер отсчитывает количество перекрестков.
3. Сворачивает в палату на заданном перекрестке и доезжает до конечной метки в палате.
4. Пациенты с помощью карточек-ключей открывают индивидуальные контейнеры, извлекают лекарства, закрывают контейнеры и сообщают роверу команду на возврат. Процесс открытия показан на рисунке 4.
5. Робот возвращается на пост медсестры.

Видеофайл, демонстрирующий функциональные возможности Фарм-ровера в режиме программного управления с интерактивным взаимодействием доступен по ссылке: https://drive.google.com/file/d/1qPz5PmXaXN8TVte-yfociCvsqJggBzzS/view.

Испытания проводились на полигоне, который представляет собой модель этажа больницы. Полигон показан в видеофайле. Для каждого из режимов работы Фарм-ровера разработана инструкция по эксплуатации.

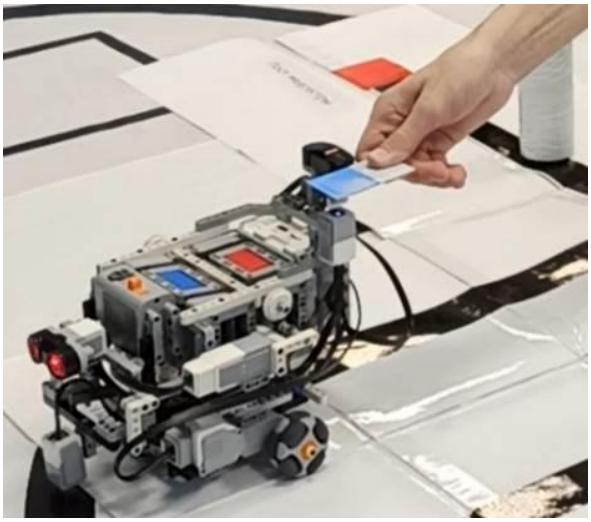


Рис. 4. Процесс открытия контейнеров цветовой карточкой

Заключение

Автором проекта достигнута поставленная цель – создан транспортный робот – Фарм-ровер, способный доставлять лекарства или иные предметы получателям с индивидуальными правами доступа.

В процессе выполнения проекта сделано:

1. Создан транспортный робот – Фарм-ровер на колесном шасси, обладающий высокой маневренностью.
2. Произведено оснащение Фарм-ровера двумя независимыми контейнерами с раздельным доступом для хранения и транспортировки лекарств.
3. Обеспечена возможность функционирования Фарм-ровера в двух режимах:
   – дистанционного ручного управления;
   – программного управления с интерактивным взаимодействием.

Таким образом, все поставленные задачи успешно решены.

На практике доказана возможность создания и использования транспортных роботов для доставки лекарств пациентам. Наличие индивидуальных контейнеров с персональным доступом обеспечивает раздельное хранение лекарств и их сохранность при транспортировке. Разработана инструкция по эксплуатации Фарм-ровера.

Работа прошла апробацию на ряде конференций и олимпиад регионального и Всероссийского уровней. В том числе:

– Всероссийский конкурс научных и творческих работ «ТехЛидер».
– Всероссийский конкурс научно-исследовательских работ имени Д. И. Менделеева.
– Международный форум научной молодежи «Шаг в будущее», 2023. Диплом лауреата III степени.

Список использованных источников

1. Антти, С. Беспилотники: автомобили, дроны, мультикоптеры – Москва: ДМК Пресс. – 2018. –120 с.
2. Глухов В.С., Галустов Р.А., Дикой А.А., Дикая И.В. История и современность развития роботов: учебное пособие. – Армавир: Армавирский государственный педагогический университет. – 2019. – 231 с.
3. Бойко, А. Роботы-курьеры для больниц и госпиталей / А.Бойко. / [Электронный ресурс]. – URL: https://robotrends.ru/robopedia/roboty-kurery-dlya-bolnic- i-gospitalyay (дата обращения 16.11.2022 г.).

4. Применение робототехники в медицине – Блог Top3DShop / [Электронный ресурс]. – URL: https://top3dshop.ru/blog/the-latest-medical-robots.html (дата обращения 21.12.2022 г.).
5. Ровер – робот-курьер – Блог Яндекса / [Электронный ресурс]. URL: https://yandex.ru/blog/company/yandeks-rover-robot-dostavschik (дата обращения 21.12.2022 г.).
6. Автомобили будущего: как изменятся машины в ближайшие 50 лет / [Электронный ресурс]. – URL: https://www.rolf.ru/blog/avtomobili (дата обращения 16.11.2022 г.).
7. LEGO Mindstorms Education EV3 – Обзор конструктора / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://educube.ru/news/1206/ (дата обращения 21.12.2022 г.).
8. Колесо Илона / [Электронный ресурс]. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D1%81%D0%BE_%D0%98%D0%BB%D0%BE%D0%BD%D0%B0 (дата обращения 21.12.2022 г.).
9. Что такое колесный робот Mecanum? | 5+ важных типов колесных роботов / [Электронный ресурс]. – URL: https://ru.lambdageeks.com/mecanum-wheeled-robot-design-applications/ (дата обращения 21.12.2022 г.).

RESEARCH OF THE APPLICABILITY OF POLYNOMIAL AND COSINE DECOMPOSITION FOR APPROXIMATING POWER CONSUMPTION OF A MOBILE ROBOT MOTION ON DIFFERENT TERRAIN TYPES

Kushnarev O. [1], Belyaev A. [2]
[1] TPU, SCSR, Gr. 8EM31, e-mail: okushnarev@tpu.ru
[2] TPU, SCSR, PhD Tech., Senior Lecturer, e-mail: asb22@tpu.ru

Abstract

This paper studies the approximation of energy costs for mobile robot motion. Obtained patterns could serve as terrain characteristics and be used to distinguish different terrains. It is shown that the cosine decomposition has a better approximation accuracy with lower model complexity as compared to the polynomial decomposition.

Keywords: mobile robot, energy consumption, terrain characteristics, polynomial decomposition, discrete cosine transform.

Introduction

Energy losses during the motion of mobile robots represent an important part of research in outdoor mobile robotics. Since these robots move in environments that have different effects on the robot's propulsion system. Therefore, information about the characteristics and type of terrain must be considered in the navigation system to ensure a high quality of motion. In this regard, the power consumption of motion on the terrain can be a parameter describing the terrain characteristics on the one hand and an input for the robot control system on the other hand.

The consumed power is used to determine the energy loss of robot motion in [1]. The authors use a method to analyze the consumed power and estimate the friction coefficients on different terrains. For this purpose, a mathematical model is presented that estimates sliding friction as a function of sliding angles and radius of curvature of the motion path. Experimental measurements were conducted on various types of terrain such as marble, wood, concrete, and soil. By analyzing the power consumption and estimating the friction coefficients, the authors evaluate the effect of different types of terrains on the robot's performance and energy efficiency. According to the authors, the resulting terrain characteristics can be integrated into the robot's motion planning to optimize its performance on different terrains.

Predicting the energy consumption of a robot while traversing various terrains is crucial for effective path planning. This is clearly demonstrated in [2]. The authors consider the influence of various terrain types, including concrete roads, grass, sand, and others, on the energy consumption of mobile robot motion. The paper evaluates the energy consumption of movement on different terrains and at different robot speeds. The terrain energy consumption ratio is calculated by comparing the power required to traverse the current terrain to the power required to traverse a flat, smooth baseline terrain. This ratio is then utilized to identify the most energy-efficient path for mobile robots through a weighted graph.

Other methods are also used to characterize terrains. For example, in [3], the authors obtain terrain information using motor current and rate of turn of the mobile robot. This data is collected while the robot is moving over different types of terrains such as gravel, grass, dirt, sand, and asphalt. By analyzing the relationship between motor current and turning speed on different terrains, the authors produce characteristic curves that represent the robot's behavior on each type of terrain. These curves allow further classification of terrains and evaluation of their traversability for mobile robots. In [4], terrain information is obtained using the vibration and torque data of the robot's hybrid wheel-leg propulsors. The torque, meanwhile, is estimated using current sensors mounted on the robot's motors. This data enables the estimation of slippage and physical terrain properties, such as stiffness and coefficient of internal friction. The authors also suggest the possibility of using the real-time characteristics obtained to evaluate the level of ground hazard.

Based on the works presented above, we conclude that the use of information about energy losses or power consumption can allow solving various problems of mobile robots moving on different terrains. The use of these characteristics in [2] is limited only by the type of invariant coefficients, and do not take into account the influence of other variable motion parameters. That is why this paper considers the problem of investigating the possibility of using existing approximation methods, such as polynomial decomposition and

discrete cosine transform, to approximate the energy costs of robot motion over different types of underlying terrains.

Experimental setup

Fig. 1 shows a schematic of the experimental setup using a Festo Robotino 1.6 mobile robot as in [5]. The robot's movements are determined by the velocities in its local coordinate system. The robot runs on three DC motors, which are equipped with current and voltage sensors. During the experiments, the robot moves around an experimental site with various types of underlying terrain: type 1 – gray terrain, soft and smooth; type 2 – green terrain, hard and rough; type 3 – table, hard and smooth. Each of these terrains affects the robot's movement in a different way.

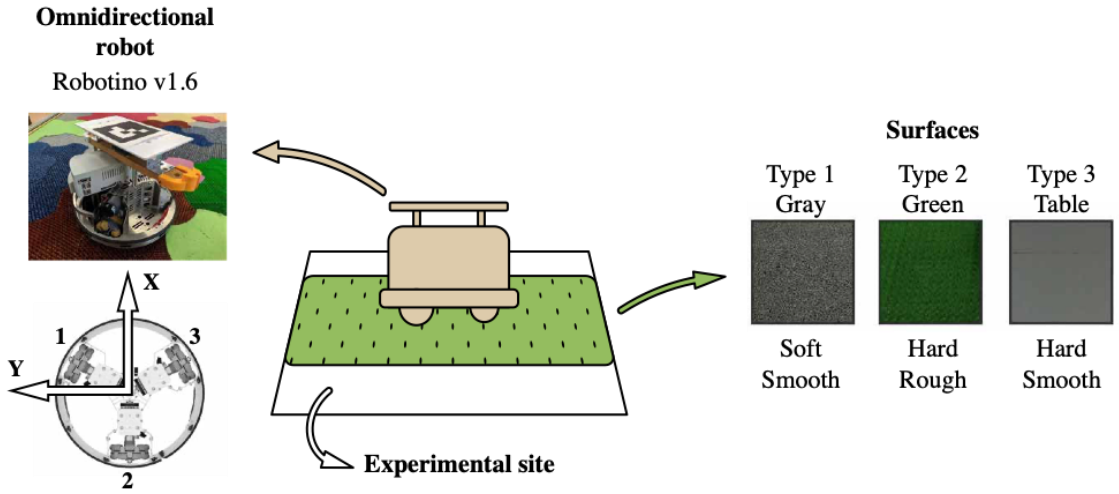


Fig. 8. Schematic representation of the experimental setup

The power consumed is calculated using the formula:

$$P = \sum_{i=1..N} U_i \cdot I_i,$$

where U_i is the supply voltage of the *i-th* motor, I_i is the current consumption of the *i-th* motor, N is the number of motors.

During experiments power consumption data is collected from the mobile robot moving on all three types of terrains: gray, green, and table. For each type of terrain, the data is obtained for motion directions from 0 to 355 degrees with a 5 degrees step. The amplitude varies from 0.1 to 0.3 m/s. The obtained data are shown in fig. 2. It displays the median values and the values of the first and third quartiles for each type of terrain.

We use polynomial and cosine series decomposition to approximate the obtained data. The cosine decomposition was selected due to the clear similarity of the obtained data with harmonic functions, as shown in the example of gray and green terrains in fig. 2.

Analysis

For the sake of clarity, the analysis approach is illustrated using the example of a gray terrain. To estimate the upper limit of the acceptable approximation error for a particular direction, the average relative deviation from the median of the values of the first and third quartiles of the sample is calculated. In the case of a gray terrain, the distance from the median to the first quartile is 3.42 % and to the third quartile is 3.58 %. These values define the interval within which we expect the approximation of the data to be representative. Since the values are close to each other, it is assumed that the error in predicting the median values should be below the mean of the two outliers, i.e. less than 3.5 %.

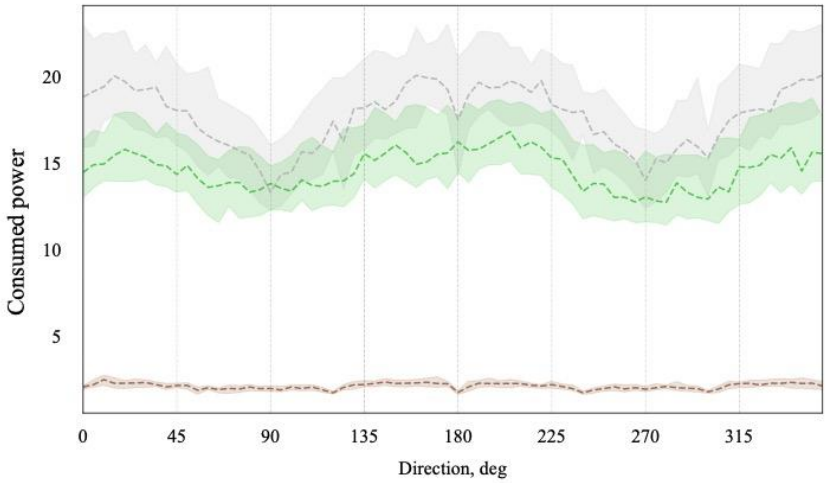


Fig. 9. Value of median, first and third quartiles for all directions of motion and terrains (gray and green terrains correspond to colors on the graph, brown for the table)

The goal of polynomial approximation is to find a polynomial of a specific degree that provides the best possible approximation of a given data set. This is accomplished through the use of the least squares method, which minimizes the sum of squares of the differences between the actual function values and the polynomial values.

The Discrete Cosine Transform (DCT) allows to represent a signal as a sum of cosine functions of different frequencies and amplitudes. The cosine transform has some advantages over the Fourier transform. DCT represents the signal more compactly, since the main information is contained in the first components, and therefore fewer coefficients will be needed to describe the dependencies. DCT requires fewer computational resources and has a simpler structure. This is because cosine transform uses only real coefficients, while the Fourier transform requires complex numbers, which increases memory space and computational complexity.

Model complexities are rated for comparison purposes. The degree of the polynomial is used to rate polynomial functions, while the number of coefficients is used to rate cosine transformations. In this case, the number of cosines in the function will be one less than the number of coefficients. This is because the y-intercept is included in the coefficients. Figure 3 shows a comparison of the errors of the models for the gray terrain.

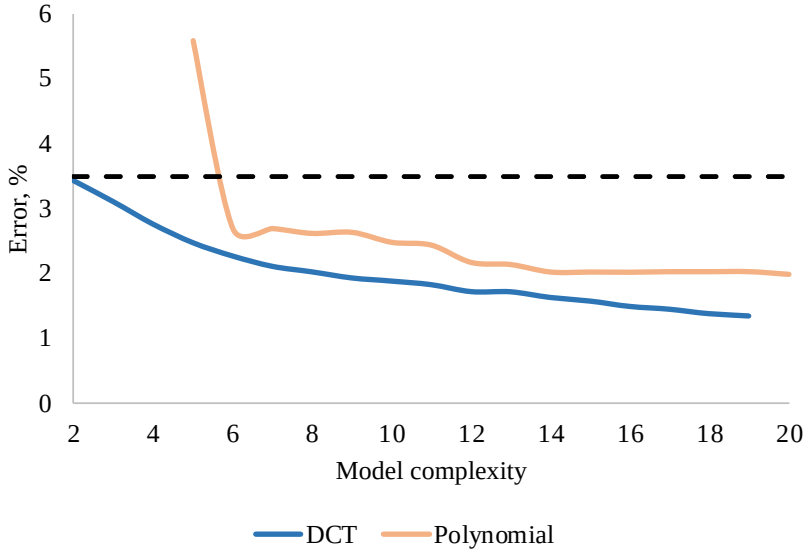


Fig. 10. Errors of models approximating median gray terrain values versus model complexity

The graph shows that the cosine decomposition provides higher accuracy of approximation compared to the polynomial one with equal model complexity. Also, the model error becomes less than 3.5 % only when a sixth-degree polynomial is used. The cosine model may achieve better quality at lower complexity due to its more efficient extraction of basic dependencies from the data, thanks to the initial similarity of the graph of medians with the harmonic function. The polynomial model reaches a plateau in accuracy as its complexity increases, while the cosine model continues to improve accuracy. It should be noted that this conclusion is based on the limited complexity of the cosine decomposition. It is logical to assume that the approximation with cosine series also asymptotically tends to a fixed value of the error.

The same analysis is applied to the green terrain and the table. Figures 4 and 5 show the results of approximation by polynomial and cosine models of minimum acceptable complexity, i. e. with average percentage error less than 3.5%.

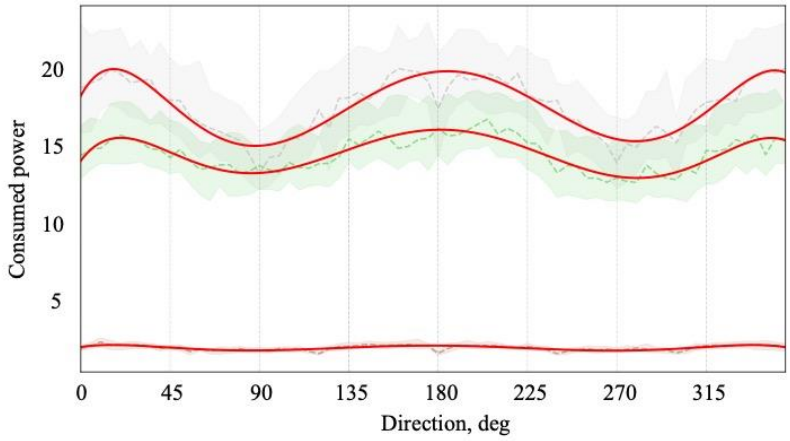


Fig. 11. Polynomial approximation of median values of the power input by a polynomial of the sixth degree

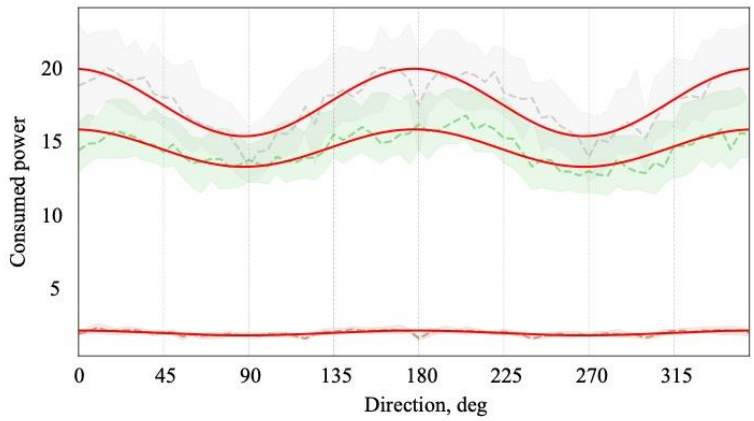


Fig. 12. Approximation of median values of the power consumption by cosine decomposition with two coefficients

Conclusion

Both models, cosine decomposition and polynomial approximation, accurately describe the relationship between the change in median power input and the direction of motion of the mobile robot. However, in this particular problem, the cosine decomposition model is more accurate than the polynomial approximation model, despite having a lower level of complexity. Extra advantage of cosine decomposition is that it is not affected by the Runge phenomenon, which can cause significant errors in approximation when using polynomial functions.

It is worth saying that the approximated functions can be applied to terrain classification problem. Deriving these dependencies enables a transition from a discrete set of studied robot motion directions to a

continuous function. This allows for interpolation of power consumption median values for any direction of robot motion. Therefore, considering that the approximated functions of consumed power for different terrains are placed in distinct parts of value's range, they can be used to distinguish between terrains.

References

1. Dogru S, Marques L. Power Characterization of a Skid-Steered Mobile Field Robot. In: Proceedings - 2016 International Conference on Autonomous Robot Systems and Competitions, ICARSC 2016. – 2016.
2. Yuan Q, Lu Q, Xi Z. Optimal path selection for mobile robots based on energy consumption assessment of different terrain surface. In: Chinese Control Conference, CCC. – 2017.
3. Ojeda L, Borenstein J, Witus G. Terrain trafficability characterization with a mobile robot. In: Unmanned Ground Vehicle Technology VII. – 2005.
4. Comin FJ, Saaj CM. Models for slip estimation and soft terrain characterization with multilegged wheel-legs. IEEE Transactions on Robotics. – 2017. – 33(6).
5. Belyaev A.S., Kushnarev O. Yu., Brylev O.A. Synthesis of a hybrid underlying surface classifier based on fuzzy logic using current consumption of mobile robot motion. Informatsionno-upravliaiushchie sistemy [Information and Control Systems]. – 2024. – no. 1. – pp. 31-43.

РАЗРАБОТКА РОБОТА-ТЕЧЕИСКАТЕЛЯ ДЛЯ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ

Бен Л. А.[1], Тырышкин А.В.[2]
[1] Томский политехнический университет, ИШИТР, 8Е02, e-mail: lab10@tpu.ru
[2] Томский политехнический университет, ОАР ИШИТР, к.т.н., доцент ОАР ИШИТР, e-mail: tyryshkin@tpu.ru

Аннотация

Россия – вторая по счёту среди мировых лидеров по добыче природного газа [1]. Ежедневно происходят утечки на газопроводах и не всегда удается обнаружить их вовремя. Из-за этого страдает экосистема, а также люди, которые оказываются вблизи газопровода.

В статье предложен новый метод поиска утечек газа. Разрабатываемый робот представляет собой гибрид дирижабля, соединенный с квадрокоптером. В ходе работы собран газоанализатор и построена карта загазованности.

Ключевые слова: утечки газа, газопровод, газоанализатор, гибрид, робот-течеискатель.

Введение

Нефтегазовая промышленность является одной из ведущих отраслей. В 2023 году, по данным Росстата, добыча природного газа в России составила 638 млрд кубометров [2]. Россия теряет в среднем 35 миллионов тонн природного газа, что составляет около 5 % добычи природного газа в России [3]. Или, другими словами, 227,5 млрд рублей. На магистральных газопроводах ежедневно происходят утечки газа и существует множество причин их возникновения. Например, коррозионные повреждения газопроводов, потеря герметичности разъёмных соединений и уплотнений, утечки газа через клапаны и затворы запорной арматуры на сбросных газопроводах, а также дефекты сварных швов [4].

Рассмотрим существующие методы обнаружения утечек природного газа. Наиболее распространенный вариант проверки – это проезд персонала вдоль газопровода. Данный способ является трудозатратным, сопряжен с риском для жизни людей, а также требует специальной техники. Существует наземный робот RoboGasInspector. Его недостатками являются небольшой радиус работы, а также неспособность преодолеть труднодоступные места. Наиболее приближенный аналог к нашей разработке – это беспилотный летательный аппарат HoverGuard. Существенными недостатками являются непродолжительное время работы и необходимость в операторе.

Целью работы является разработка робота-течеискателя с почти не ограниченным временем работы, который будет обнаруживать места возникновения утечек газа вдоль газопровода.

Основная часть

Структурная схема представлена на рисунке 1. Предлагаемый робот будет представлять собой дирижабль, соединенный с квадрокоптером. На нем смонтированы газоанализатор, блок питания и блок управления. Блок питания представляет собой аккумулятор, соединенный с солнечными панелями. На блок управления поступают сигналы с датчиков GPS, металла и блока задач. Данные с датчиков природного газа и GPS хранятся в памяти и через передатчик транслируются на диспетчерский пункт с заданной периодичностью.

В процессе работы оператор ставит задачу, которую должен выполнить робот-течеискатель. В частности, задает допустимую концентрацию метана в атмосфере и координаты, до которых должен добраться течеискатель. Поставленная задача поступает на блок управления. Кроме этого, на блок управления поступают данные с датчиков природного газа, металла и GPS. В зависимости от полученных значений и поставленной задачи робот-течеискатель выполняет заданные команды. Если концентрация метана в атмосфере не превышает допустимое значение, то робот продолжит движение вдоль газопровода. В противном случае при обнаружении утечки природного газа газоанализатор начнет огибать места с концентрацией метана выше нормы.

Существуют различные методы для обеспечения движения вдоль газопровода. Например, с помощью систем визуальной навигации или следование по заданным координатам. Однако более универсальным алгоритмом является использования датчика металла для перемещения вдоль газопровода. Данный метод не лишен недостатков, поскольку при наличии железных путей или

сооружений может произойти ошибка в навигации. Но магистральные газопроводы чаще всего проходят по территориям лишенных инфраструктуры. Если на участке присутствуют металлоконструкции, применяется гибридный метод. Использование датчика металла совместно с перемещением по заданным координатам позволит скомпенсировать недостатки обоих методов.

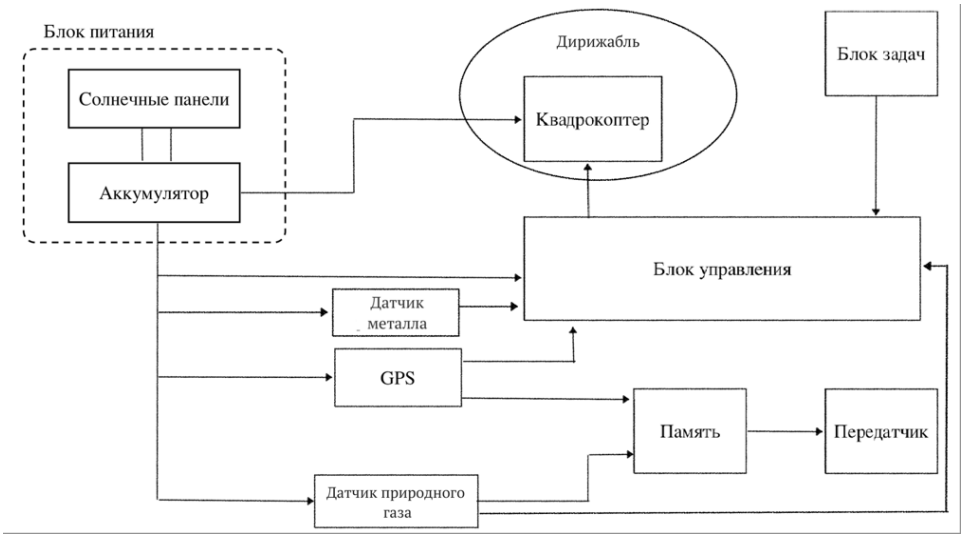


Рис. 1. Предлагаемое решение для поиска утечек газа

Конструктивно робот-течеискатель внешне будет напоминать муху. Схематическое изображение приведено на рисунке 2. У мух сильно развито обоняние и данное решение вызовет интерес у школьников и студентов. Совмещение дирижабля с квадрокоптером позволит существенно увеличить время непрерывной работы и повысить безаварийность в эксплуатации. В процессе работы газоанализатора расходуется энергия от аккумулятора. Заряд от солнечных панелей будет существенно продлевать время работы. В случае разряда аккумулятора следует осуществить приземление. После того, как батарея будет заряжена можно продолжать работу.

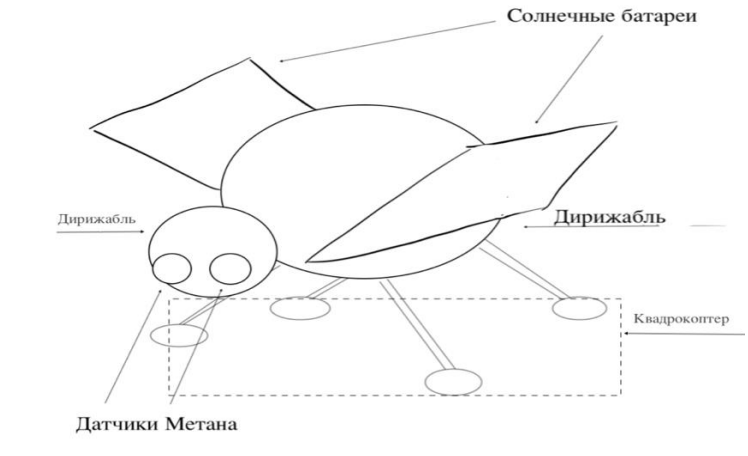


Рис. 2. Дизайнерское решение робота

Была проведена оценка полезной нагрузки. Вычислена масса всех составляющих робота, таких как аккумулятор, солнечные панели, датчики и др. Далее по закону Архимеда [5] произведен расчет дирижабля с учетом массы его оболочки. В результате вычислений определен объем дирижабля, который составил 3 м^3. При разряде аккумулятора робот совершает посадку. Для этого у робота должна быть отрицательная подъемная сила, не превышающая вес всей конструкции. Разницу между силой

веса и подъёмной силой дирижабля компенсирует квадрокоптер. Это позволит увеличить время работы, за счет того, что часть нагрузки с квадрокоптера будет снята дирижаблем.

При наземном инспектировании газопроводов персонал использует газоанализатор, но он обладает существенным весом. Его составные части, такие как корпус и блок питания, не нужны в условиях поставленной задачи. Принято решение отказаться от газоанализатора и ограничится датчиком, который подключён к одноплатному компьютеру через АЦП [6].

В Томске на улице Олега Кошевого было проведено тестирование газоанализатора и сымитирована загазованность газовым баллоном. Датчик обнаружения метана и природного газа MQ4 [7] подключили к одноплатному компьютеру ARM NanoPi M4. Данные с датчика считывали по шине I2C [8]. К квадрокоптеру подключен GPS Ublox m8n. Благодаря данному датчику, с полетного контроллера по шине UART, удалость получить данные, которые информируют нас о дате, времени и местоположении дрона. Файл, полученный после прохождения маршрута, записан в формате kml. Данный файл загрузили на сайт GoogleMyMaps и получили карту, представленную на рисунке 3.

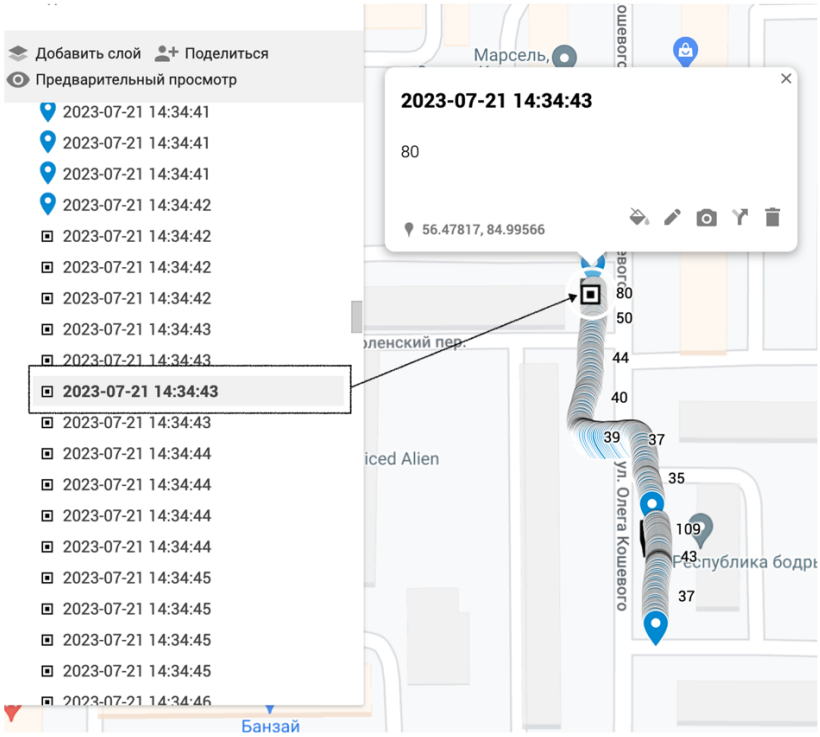


Рис. 3. Карта загазованности, построенная в GoogleMyMaps

Благодаря построенной карте убедились в правильности работы газоанализатора. На рисунке представлено множество точек. Слева выделенные данные относятся к точке в правой части. Когда значение концентрации превышает допустимое, место обнаружения утечки природного газа отмечается черно-белым квадратом. Значение в отмеченной точке составляет 80 ppm. Заданное максимальное значение составляет 60 ppm.

Заключение

Проведенные расчеты и исследования показали, что проект реален. Изделие не содержит дефицитных комплектующих деталей. А также не требует применения сложного технологического оборудования. В текущем планируется создать опытный образец и испытать в естественных условиях. Поскольку проект обладает новизной, идет подготовка к патентованию разработки как полезной модели.

Список использованных источников

1. Данные о мировой энергетике и климате. Добыча природного газа. – текст: электронный. – URL: https://energystats.enerdata.net/natural-gas/world-natural-gas-production-statistics.html (дата обращения: 26.03.2024).

2. Росстат оценил добычу газа в России в 2023 г. в 638 млрд кубометров. – текст: электронный. – URL: https://www.interfax.ru/business/943942 (дата обращения: 26.03.2024).

3. Проблема потери природного газа в России. - текст: электронный. – URL: https://vuzlit.com/704080/problema_poteri_prirodnogo_gaza_rossii (дата обращения: 26.03.2024).

4. Поиск утечек газа на сетях газораспределения, основанный на новых принципах. – текст: электронный. – URL: https://www.pergam.ru/articles/poisk-utechek-gaza-na-setyakh-gazoraspredeleniya.htm (дата обращения: 26.03.2024).

5. Архимедова сила. – текст: электронный. – URL: https://skysmart.ru/articles/physics/arhimedova-sila (дата обращения: 26.03.2024).

6. АЦП. – текст: электронный. – URL: https://www.lcard.ru/lexicon/adc (дата обращения: 26.03.2024).

7. Даташит для датчика MQ4. – URL: https://rxtx.su/files/datasheets/electronic-components/sensors/gas-sensors/mq4.pdf (дата обращения: 26.03.2024).

8. Интерфейс передачи данных I2C. – текст: электронный. – URL: https://3d-diy.ru/wiki/arduino-moduli/interfeys-peredachi-dannykh-i2c/ (дата обращения: 26.03.2024).

СИСТЕМА МОМЕНТНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОЛОЖЕНИЕМ ДВУХТРОСОВОГО РОБОТА

Нгуен Д.Х.[1], Беляев А.С.[2]
[1] ТПУ, ИШИТР ОАР, студент группы 8Е11, e-mail: nd01@tpu.ru
[2] ТПУ, ИШИТР ОАР, к.т.н., старший преподаватель, e-mail: asb22@tpu.ru

Аннотация

В работе рассмотрена задача имитационного моделирования двухтросового робота и синтеза системы управления им на основе принципа регулирования момента. Для определения требуемого задающего момента он был представлен в виде двух функциональных составляющих, отвечающих за статическую стабилизацию груза и за динамику его планируемого движения. Приведены результаты моделирования, показавшие высокую точность работы.

Ключевые слова: тросовый робот, системы управления, управление по моменту, имитационное моделирование.

Введение

Тросовые конструкции находят широкое применение в разных сферах жизни человека. Это объясняется принципом работы системы, а именно тем, что единственной подвижной частью системы, за исключением непосредственно подвешенного груза, являются тросы, а все исполнительные элементы, например, электродвигатели, закреплены стационарно и не относятся к перемещающейся массе. Отсюда следует, что инерция данной установки зависит только от массы подвешенного элемента. Именно по данной причине подобные автоматизированные конструкции находят широкое применение во многих задачах. Например, в медицине их используют в системах компенсации веса, которые позволяют пациентам с проблемами опорно-двигательного аппарата начать реабилитацию быстрее, дозировать нагрузки и, предотвращая падения, избегать повторного травмирования [1–4]. В космической отрасли такие системы применяют в качестве систем обезвешивания, которые компенсируют вес элементов космических аппаратов во время земных испытаний, чтобы приблизить условия эксперимента к космическим. Такие системы используют для обезвешивания как статичных конструкций, например: спутников [5], астронавтов [6], так и динамических, например, солнечных панелей в режиме раскрытия [7–9]. Также роботы, построенные на тросовых конструкциях, активно исследуются в качестве современных промышленных 3D принтеров, способных печатать на больших площадях с использованием таких материалов, как, например, бетон [10]. Такие роботы могут применяться при строительстве зданий. И конечно, такого рода системы могут использоваться в качестве подъемно-транспортных систем, например роботизированных кранов.

При этом, во всех из представленных случаев управление подобными системами строится на основе информации о длинах тросов или о положении подвешенной конструкции. То есть, система управления строится на основе контура положения. С одной стороны, данный выбор выглядит логично, ввиду того что именно положение объекта для конечного пользователя и разработчика является наиболее важной величиной, а для системы управления является выходной величиной. Однако поскольку объект во всех случая (медицина – человек, космос – солнечная панель, промышленность – экструдер 3D принтера с бетоном) обладает значительно большим весом по сравнению остальной перемещаемой массой системы, необходимо постоянно создавать усилия на тросах, чтобы компенсировать данный вес. Следовательно, для лучшего качества управления такой системой внутренний контур управления должен компенсировать вес подвешенной конструкции. В результате большинство систем управления такими роботами либо имеют сложную многоконтурную систему управления, например положение-скорость-ток [11], либо пренебрегают контуром тока [5] и теряют точность в компенсации силы и рывка. Поэтому в данной работе ставится вопрос о реализации системы управления таким роботом исключительно на контуре тока-момента, чтобы упростить процесс реализации и настройки и компенсировать вес груза в статическом и динамическом режимах.

Математическое описание системы

В качестве исследуемого объекта использована 2-х тросовая система с грузом, кинематическая схема которой приведена на рисунке 1.

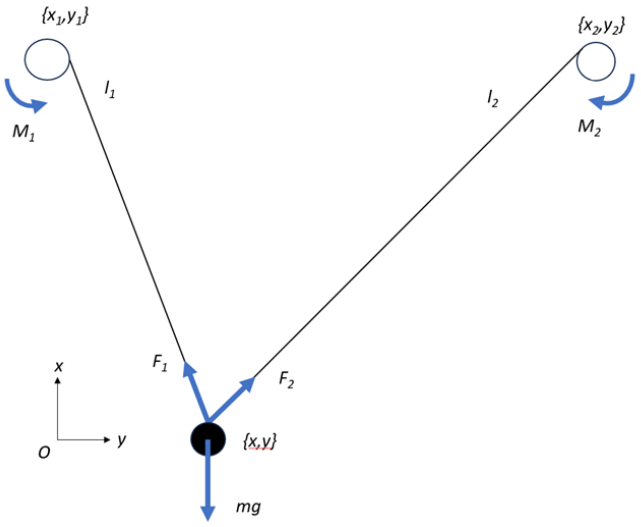


Рис. 1. Кинетическая схема двухтросовой системы обезвешивания

Для описания динамики работы системы использовано уравнение Ньютона в векторной форме, описывающие действующие на груз силы:

$$\vec{F_1}+\vec{F_2}=m\vec{a}. \tag{1}$$

Принцип работы системы был разделен на две функциональных составляющих:

1. Статический режим работы – обеспечение на лебедках моментов, необходимых для поддержания груза в статическом состоянии, то есть при условии равновесия действующих на систему сил;

2. Динамический режим работы – обеспечение движения груза в пространстве по заданной траектории.

Для обеспечения статического режима работы системы в (1) в качестве ускорения использована исключительно составляющая веса груза. В результате разложения сил на проекции по осям XOY получены следующие зависимости сил для обеспечения статического режима:

$$\begin{cases} F_1(x,y)=\dfrac{l_1(x_2-x)}{(x_2-x)(y_1-y)-(x_1-x)(y_2-y)}mg, \\ F_2(x,y)=\dfrac{l_2(x_1-x)}{(x_1-x)(y_2-y)-(x_2-x)(y_1-y)}mg, \end{cases} \tag{2}$$

где x, y – координаты груза, x_1, y_1 – координаты первой лебедки, x_2, y_2 – координаты второй лебедки, m – масса груза, F_1, F_2 – силы натяжения первого и второго троса соответственно, l_1, l_2 – силы натяжения первого и второго троса соответственно, g – ускорение свободного падения.

Для обеспечения динамического режима работы были определены зависимости изменения сил в пространстве путем дифференцирования (2):

$$\begin{cases} dF_1(dx,dy)=\dfrac{\partial F_1}{\partial x}dx+\dfrac{\partial F_1}{\partial y}dy=\dfrac{l_1(x_1-x_2)mg}{((x_2-x)(y_1-y)-(x_1-x)(y_2-y))^2}((y_2-y)dx-(x_2-x)dy), \\ dF_2(dx,dy)=\dfrac{\partial F_2}{\partial x}dx+\dfrac{\partial F_2}{\partial y}dy=\dfrac{l_2(x_2-x_1)mg}{((x_1-x)(y_2-y)-(x_2-x)(y_2-y))^2}((y_1-y)dx-(x_1-x)dy). \end{cases}$$

Для определения кинематических зависимостей между длинами тросов и координатами груза использованы уравнения окружностей, проходящих через координаты лебедок:

$$\begin{cases} (x-x_1)^2+(y-y_1)^2=l_1^2, \\ (x-x_2)^2+(y-y_2)^2=l_2^2. \end{cases}$$

Последним шагом математического описания стали уравнения исполнительных элементов – двигателей постоянного тока с возбуждением от постоянных магнитов:

$$\begin{cases} u_j = \omega_j \dfrac{Ce}{k_{red}} + i_j \cdot r + L\dfrac{di_j}{dt}, \\ M_j = i_j \cdot k \cdot k_{red}, \end{cases} \rightarrow \begin{cases} \dfrac{di_j}{dt} = \dfrac{u_j}{L} - \dfrac{\omega_j \cdot Ce}{L \cdot k_{red}} - i_j \dfrac{r}{L}, \\ M_j = i_j \cdot k \cdot k_{red}, \end{cases}$$

где k_{red} – передаточное число редуктора, k – конструктивный коэффициент движителя, Ce – электрическая постоянная двигателя, L – индуктивность обмотки якоря двигателя.

Объединение данных уравнений в виде системы или приведение к виду «вход-состояние-выход» позволит получить полную математическую модель описываемой системы, однако ввиду громоздкости данная модель не приведена в работе.

Описание системы моделирования

С целью проверки полученных ранее математических зависимостей, а также наглядной демонстрации принципов работы системы следующим шагом разработки стало создание имитационной модели системы в среде Matlab Simulink с применением библиотеки SimMechanics для моделирования механических систем и тросов. На рисунке 2 приведена имитационная модель лебедки с тросом с использованием блоков данной библиотеки.

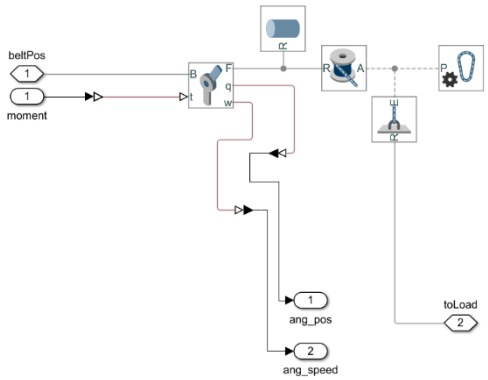
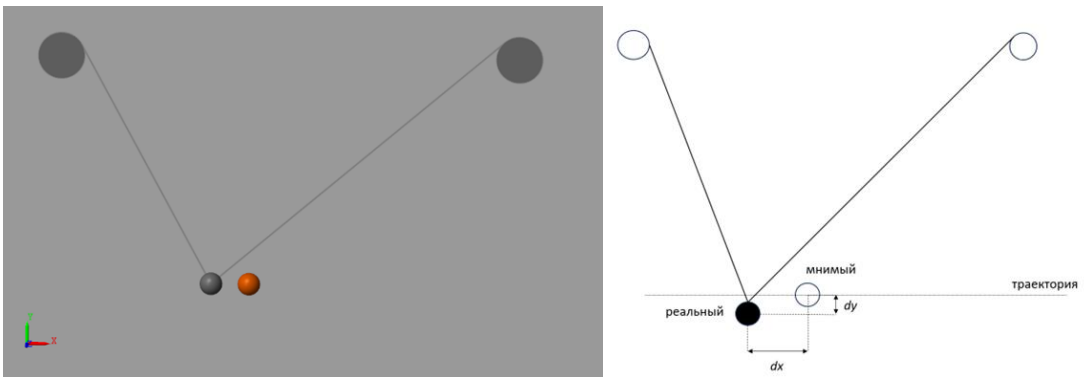


Рис. 2. Модель лебедки с тросом

Собрав в единую имитационную модель 2 лебедки и груз, получена модель, внешний вид которой приведен на рисунке 3А. Стоит отметить, что для оценки качества работы системы управления был введен дополнительный мнимый груз (красный на рисунке 3А), вес которого скомпенсирован введением дополнительной силы. Рассогласование между координатами мнимого и реального груза в дальнейшем будут использованы в качестве метрики работы системы и будут обозначены как ошибки. Схематично данные об ошибке представлены на рисунке 3Б.



(а) *(б)*

Рис. 3. а) Внешний вид имитационной модели; б) Схема определения ошибок рассогласования

Для того, чтобы добиться качественного процесса регулирования система управления должна одновременно обеспечивать оба вышеупомянутых режима работы: статический и динамический.

Это значит, что она должна компенсировать вес обезвешиваемого элемента и добавлять дополнительные моменты необходимые для перемещения груза в пространстве. Структура такой системы представлена на рисунке 4. Недостаток данной системы состоит в двух последовательно соединенных регуляторах по моменту, что несколько противоречит цели данного исследования. Однако, по сути, оба данных регулятора управляют непосредственно моментом на валу двигателей, что говорит об их функциональной близости. В дальнейших исследованиях данные регуляторы будут объединены.

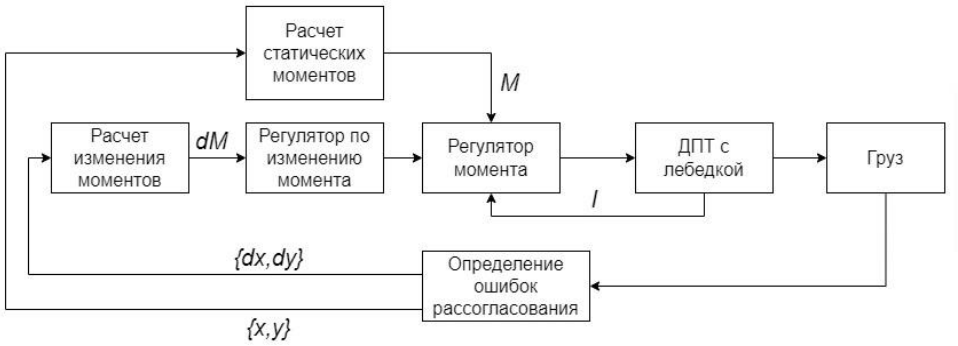


Рис. 4. Контур управления по моментам

Итоговая модель системы с учетом системы управления, объектов (мнимого и реального) блоков, отвечающих за расчет и исполнительных элементов, приведена на рисунке 5. А параметры, выбранные для моделирования, в таблице 1.

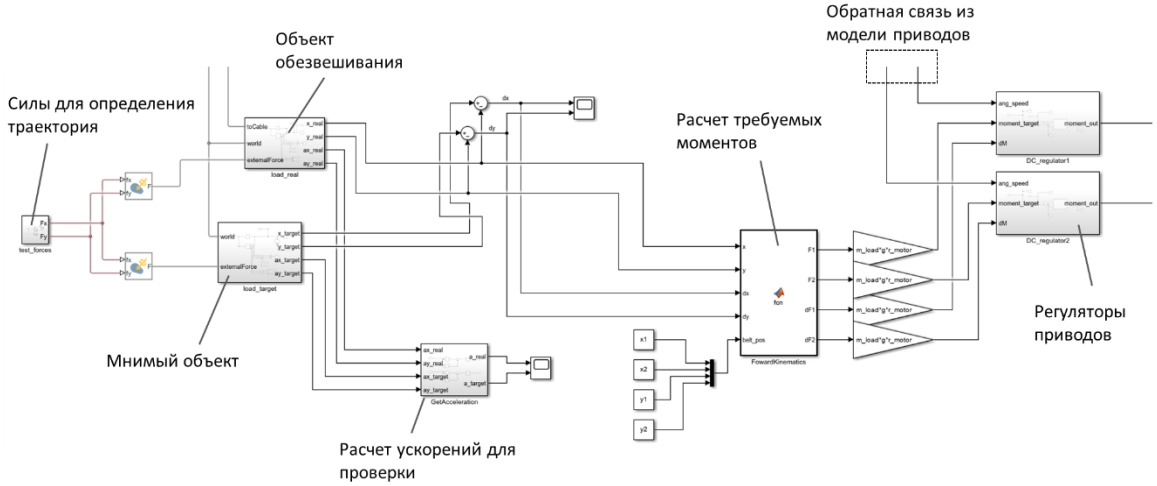


Рис. 5. Модель системы в Simulink

Таблица 1

Параметры системы моделирования

Обозначение	Значение	Обозначение	Значение	Обозначение	Значение
(x_0, y_0)	(0, 0) м	(x_1, y_1)	(0, 2) м	m	5 кг
Ce	0,0075 В/(об/мин)	(x_2, y_2)	(4, 2) м	$m_{лб}$	1 кг
g	9,8067 м/с^2	$R_{лб}$	0,2 м	k	0,06 Н/(м*А)
L	0,0015 Гн	k_{red}	16		

Заключительным этапом стала проверка системы управления для тестовой траектории движения. Для этого была определена кусочно-заданная функции состоящая из 4-х этапов: движение по оси OX, остановка, движение по оси OУ, остановка. На рисунке 6 приведены графики ошибок по каждой из осей.

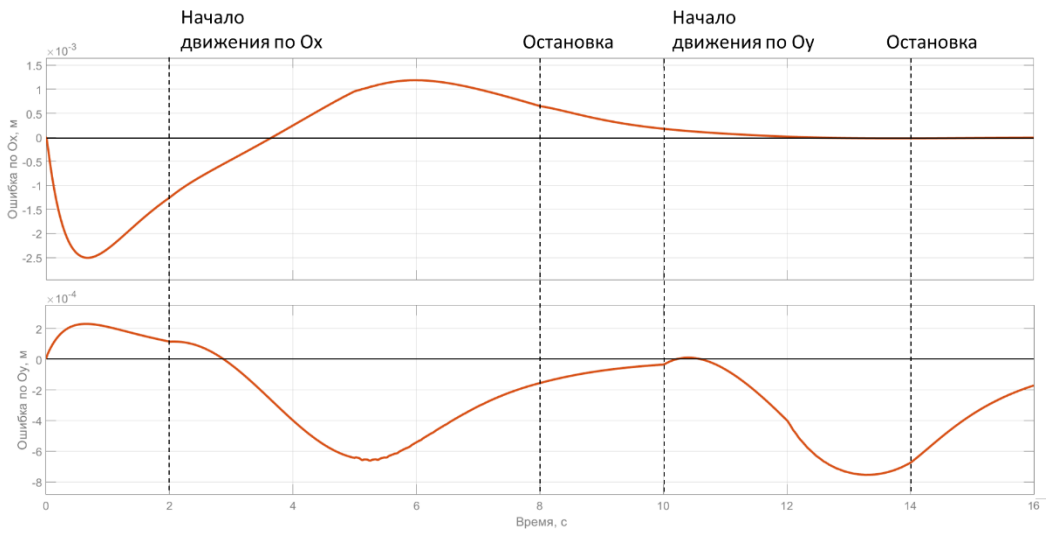


Рис. 6. Ошибки позиции по осям

По данным графикам можно сделать вывод о работоспособности системы, так как ошибка рассогласования не выходит за пределы 3 мм.

Заключение

В работе рассмотрен процесс моделирования двухтросового робота. На основании закона Ньютона получены основные уравнения динамики, позволяющие определять необходимые моменты на лебедках для компенсации веса груза в любой точке рабочего пространства. Построена имитационная модель в Matlab Simulink с применением библиотеки SimMechanics, моделирующей тросы и лебедки в виде готовых блоков. Реализована система управления на основе контура управления по моменту с разбиением требуемого момента на две составляющие: момент, необходимый для компенсации веса, и момент, необходимый для перемещения груза по требуемой траектории. Произведено моделирование работы системы, показавшее работоспособность предложенного метода с точностью в 3 мм.

Реализация подобной системы управления по сравнению с многоконтурными системами более проста в настройке и отладке, ввиду отсутствия подчиненности и меньшего количества настраиваемых параметров. В будущих исследованиях будут рассмотрены вопросы о переходе на единый контур регулирования и применении алгоритма регулирования другого типа, например линейно-квадратичного регулятора.

Список использованных источников

1. Systematic analysis of transparency in the gait rehabilitation device the FLOAT / M. Bannwart, M. Bolliger, P. Lutz [et al.] // 14th International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision (ICARCV). – IEEE. – 2016. – P. 1-6.

2. The structure design of small satellite full-physical simulation system / Z. Xu, Y. Wang, Y. He, X. Bai // IEEE International Conference on Cyber Technology in Automation, Control, and Intelligent Systems (CYBER). – IEEE. – 2015. – P. 642-648.

3. A Novel Mechatronic Body Weight Support System / M. Frey, G. Colombo, M. Vaglio [et al.] // IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering. – 2006. – Vol. 14. – № 3. – P. 311-321.

4. ZeroG: Overground gait and balance training system / J. Hidler, D. Brennan, iian Black [et al.] // The Journal of Rehabilitation Research and Development. – 2011. – Vol. 48. – № 4. – P. 287.

5. INVERITAS: A facility for hardware-in-the-loop long distance movement simulation for rendezvous and capture of satellites and other autonomous objects / J. Paul, A. Dettmann, B. Girault [et al.] // Acta Astronautica. – 2015. – Vol. 116. – P. 1-24.

6. Пятибратов, Г.Я. Электромеханическая силокомпенсирующая система разгрузки веса пациентов при их реабилитации на медицинском тренажере / Г.Я. Пятибратов, Л.Л. Алтунян, А.А. Даньшина // Пром-Инжиниринг: Труды IV международной научно-технической конференции, МоскваЧелябинск-Новочеркасск,

15–18 мая 2018 года. – Москва-ЧелябинскНовочеркасск: Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет). – 2018. – С. 335-340.

7. Беляев А.С. Системы активного обезвешивания трансформируемых конструкций космических аппаратов при их наземных испытаниях.: Дис. … канд. техн. наук: 2.3.3. / А.С. Беляев. – Омск. – 2023. – 157с.

8. Четырехтросовая система обезвешивания с управлением по вектору силы / А.С. Беляев, А.А. Филипас, В.В. Курганов, Н.И. Поберезкин // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2022. – Т. 18. – № 2. – С. 98-106. – DOI 10.17122/1999-5458-2022-18-2-98-106. – EDN XNEZOS.

9. Docking Simulator. – Text: electronic // NASA. – 11.01.2010. – URL: http://crgis.ndc.nasa.gov/historic/File:1967_Docking_Simulator.jpg (usage data: 14 06.2022)

10. Design, Control, and Experimentation of Internally-Actuated Rovers for the Exploration of Low-gravity Planetary Bodies / B.J. Hockman, A. Frick, R.G. Reid [et al.] // Journal of Field Robotics. – 2017. – Vol. 34. – № 1. – P. 5-24.

11. Cable-Driven Parallel Robot: Distribution of Tension Forces, the Problem of Game Theory / E.A. Marchuk, A. Al Badr, Ya. V. Kalinin, A.V. Maloletov // Russian Journal of Nonlinear Dynamics. – 2023. – Vol. 19. – No. 4. – P. 613-631. – DOI 10.20537/nd231208. – EDN RYZTAM.

12. Design of RYSEN: An Intrinsically Safe and Low-Power Three-Dimensional Overground Body Weight Support / M. Plooij, U. Keller, B. Sterke [et al.] // IEEE Robotics and Automation Letters. – 2018. – Vol. 3. – № 3. – P. 2253-2260.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫМ СТОЛОМ ДЛЯ НАСТОЛЬНОГО ФУТБОЛА

Гриценко К. В.[1], Поберезкин Н. И.[2]
[1] ТПУ, ИШИТР, гр. 8Е11, e-mail: kvg15@tpu.ru
[2] ТПУ, ИШИТР, ассистент ОАР, e-mail: nip6@tpu.ru

Аннотация

В рамках работы был спроектирован протокол передачи данных между одноплатным компьютером и микроконтроллером. Разработана система управления и рассчитана кинематика и динамика системы.

Ключевые слова: Настольный футбол, кикер, управление системой, кинематика, голономный.

Введение

В настоящее время на отделении автоматизации и робототехники ведется разработка автоматизированного тренажера для настольного футбола, представленного на рисунке 1. На прошлом этапе был разработан механизм, представленный на рисунке 2, осуществляющий вращательное и поступательное движения штанги, система управления моторами и PI-регулятор по контурам положения и скорости.

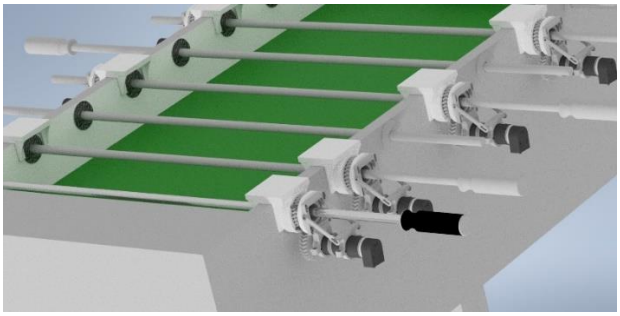


Рис. 1. Автоматизированный тренажер для настольного футбола

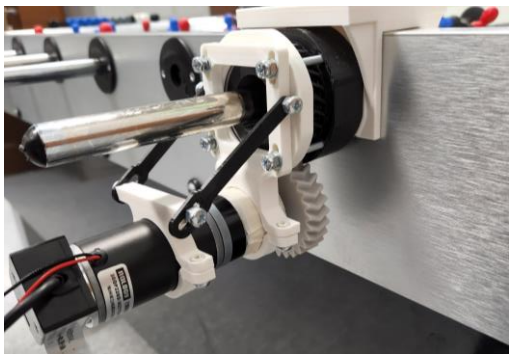


Рис. 2. Исполняющий механизм

В состав исполняющего механизма (рис. 2) входит безрезьбовой роликовый винт, ролики которого повернуты относительно оси вращения на 45°, представлен на рисунке 3. Пара таких роликов позволяет обеспечить как вращательное, так и поступательное движение.

Структурная схема системы представлена на рисунке 4, где η_i – сигналы, передаваемые между контроллером среднего уровня и контроллером нижнего уровня, а ω_s – угловая скорость входного вала мотора.

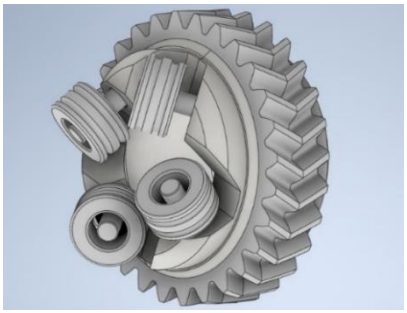


Рис. 3. Безрезьбовой роликовый винт

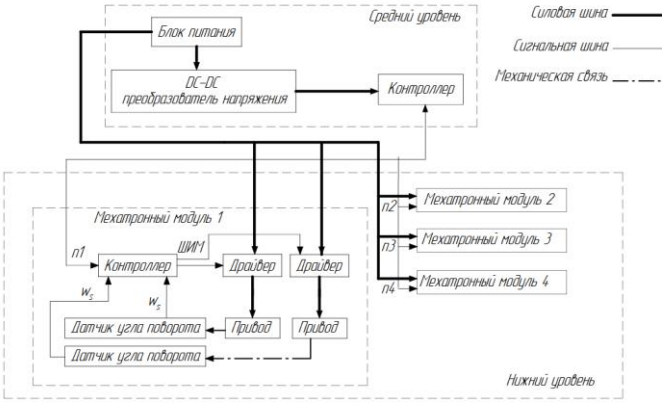


Рис. 4. Структурная схема системы

Поскольку уже есть реализованные регуляторы и механическая система, то следующим этапом проекта становится организация управления системой. Для этого нужен средний уровень, с которым нужно наладить связь и обеспечить точную и бесперебойную передачу данных. Для решения этой задачи было решено посчитать механику и кинематику используемой в механизме передачи, изучить и реализовать протоколы связи между микроконтроллерами и методы верификации данных при передаче.

Расчеты механики и кинематики системы

Расчет механики требуется в целях определения основных характеристик моторов, которые будут использоваться в системе, чтобы обеспечить предъявляемые к ней требования. Для этого нужно отдельно провести расчеты вращательного и поступательного движений, а также определить КПД передачи.

В расчетах вращательного движения штанги использовались формулы (1), (2), (3) и (4).

$$\varepsilon = 2 \cdot \frac{\varphi}{t_{уск}^2}, \tag{1}$$

$$\omega = \varepsilon \cdot \frac{t_{уск}}{360} \cdot 60, \tag{2}$$

$$J = m \cdot R^2, \tag{3}$$

$$M = J \cdot \varepsilon, \tag{4}$$

где φ – угол, который проходит игрок для удара, $t_{уск}$ – время ускорения.

Для расчета линейного движения штанги использовались формулы (5), (6), (7) и (8).

$$a = \frac{v}{t}, \tag{5}$$

$$F = m \cdot a, \tag{6}$$

$$A = F \cdot S, \tag{7}$$

$$P = \frac{A}{t}. \tag{8}$$

После того, как были посчитаны основные параметры для каждого из видов движений, был выполнен расчет КПД передачи, которая представляет собой безрезьбовой роликовый винт, ролики которого повернуты на 45° относительно оси вращения и придают валу необходимое движение.

На рисунке 5 изображен упрощенный вид конструкции, где каждый из роликов имеет с валом определенный натяг F_{ni}. Где максимальная выходная сила $F_{t\max}$ равна сумме всех четырех нормальных сил, помноженных на статический коэффициент трения μ_s.

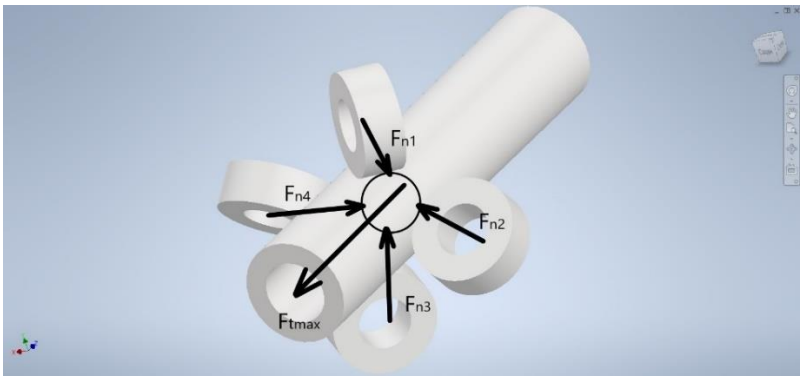


Рис. 5. Упрощенный вид конструкции

Для нахождения КПД передачи была использована формула (7), а также формулы КПД (9) и потерь крутящего момента из-за трения (10) КПД передачи можно найти из выражений 7 и 9, ещё стоит учесть потери крутящего момента по причине возникновения трения качения между роликами и штангой, они представлены в выражении 10, которые представлены ниже:

$$\eta = \frac{\tau_{входной} - \tau_{потерь}}{\tau_{входной}}, \tag{9}$$

$$\tau_{F_{TP}} = r \cdot \mu_r \cdot F_N, \tag{10}$$

где, μ_r – коэффициент трения качения, τ – крутящий момент.

В результате математических преобразований было получено КПД, равное 69,4 %. Следовательно, из полученных крутящего момента, частоты оборотов и мощности, с учетом КПД передачи, появилась возможность подобрать для проекта те моторы, которые смогут обеспечить требуемые показатели системы.

Вследствие того, что вал при линейном движении описывает винтовую траекторию, то величина шага вала, с учетом того, что радиус ролика равен радиусу вала, определяется как:

$$L = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot \tan(\theta) \tag{11}$$

Из уравнения (11) было определено, что шаг вала за один оборот винта равен 5 см.

Для проверки полученной величины шага был проведен эксперимент с прототипом, по результатам которого был получен шаг, равный 4,62 см. Таким образом, погрешность составила 7,6 %, что может быть связано с наличием проскальзывания роликов, а также неровности вала.

После проведения расчётов необходимо было обеспечить взаимодействие среднего и нижнего уровня.

Анализ методов передачи данных

Для осуществления управления столом было решено использовать, в качестве среднего уровня, одноплатный компьютер Raspberry PI 4, который должен подключаться ко всем микроконтроллерам нижнего уровня, принимать с них данные о состоянии системы и отдавать им команды на выполнение различных действий.

Основными требованиями к передаче данных в разрабатываемой системе являются минимальная зависимость от длины линии связи, высокая скорость передачи и помехозащищенность передаваемого сигнала, поскольку управление столом осуществляется за счёт приводов, которые синтезируют

электромагнитные помехи. Исходя из этого, в рамках работы был проведен анализ следующих интерфейсов:

– SPI;
– I2C;
– CAN;
– USB 2.0.

Информация о каждом из интерфейсов представлена в источниках [1–6].

По итогу проведенного анализа был выбран протокол USB 2.0. Такой выбор обоснован высокой скоростью передачи данных, возможностью передавать информацию нескольким ведомым устройствам и устойчивостью к помехам.

SPI протокол менее предпочтителен из-за условий передачи данных, а именно длина линии передачи данных и слабой защищенностью от электромагнитных помех со стороны используемых моторов.

I2C протокол также как SPI имеет плохую помехозащищенность, что скажется на качестве передачи данных.

CAN протокол наравне с USB имеет отличную помехозащищенность, однако из-за сложности реализации и необходимости в дополнительной конфигурации, в виде конвертера CAN для Raspberry PI, был выбран USB 2.0, как наиболее простой, надежный и быстрый протокол.

Анализ методов подтверждения и верификации при передаче данных

При использовании различных методов контроля информации, можно встретить определённый вид баланса, когда высокая эффективность нахождения ошибок влечет за собой дополнительное процессорное время, а менее эффективное – высокую скорость работы и меньшую затратность на ресурсы процессора. Поэтому необходимо провести анализ существующих алгоритмов решения данной задачи для обеспечения максимальной точности передачи данных между средним и нижним уровнями.

В рамках данной работы были рассмотрены следующие методы подтверждения и верификации при передаче данных:

– Проверка четности (Parity checking);
– Код Хэмминга;
– Контрольная сумма;
– CRC (Циклический избыточный код).

Из самых часто встречаемых ошибок при передаче данных являются:

– Ошибка отдельного бита - когда один из битов инвертирован;
– Ошибка неупорядоченности – когда отправляются те же самые символы, но в неверном порядке;
– Пакетная ошибка – повреждение сразу нескольких битов.

Основная информация по “Коду Хэмминга” и CRC представлена в источниках [7-9].

После того, как методы подтверждения и верификации были рассмотрены, была составлена сравнительная таблица 1.

Проведя анализ методов и сравнив их, был сделан вывод, что наиболее подходящим методом будет являться аппаратный CRC (Циклический избыточный код). Такой выбор обусловлен тем, что его эффективность выявления однобитных и двухбитных ошибок составляет 100 %, а для многобитных – 99 %. Также, известно, что в используемом протоколе USB 2.0 есть встроенный CRC, обеспечивающий постоянное определение ошибок и отправку запросов на повторную отправку неверно пришедших данных. Также, аппаратная реализация позволит поддержать высокую скорость обработки данных при минимальных ресурсных затратах.

Таблица 1

Сравнительна таблица методов подтверждения и верификации при передаче данных

Метод	Сложность реализации (1 – сложная; 5 – легкая)	Используемые ресурсы (1 – много; 5 – мало)	Работа с разными объемами данных (1 – только с малыми объемами данных; 5 – от малых до больших)	Эффективность нахождения ошибок (1 – низкая; 5 – высокая)	Способ исправления ошибок
Parity checking (проверка четности)	3	4	2	3	Исправление битовых ошибок
Расстояние Хэмминга	2	3	3	4	Собственный метод исправления битовых ошибок
Контрольная сумма	3	3	3	3	Запрос на повторную отправку
CRC	2	2	5	5	Запрос на повторную отправку

Реализация системы управления

Следующим этапом работы является реализация системы управления на существующем прототипе.

Первоначально необходимо обеспечить передачу величины уставки регулятора с одноплатного компьютера на микроконтроллер и декодировку этих данных. На рисунке 6 происходит отправка данных с одноплатного компьютера, на рисунке 7 прием данных на аппаратной платформе STM, в ПО STMStudio.

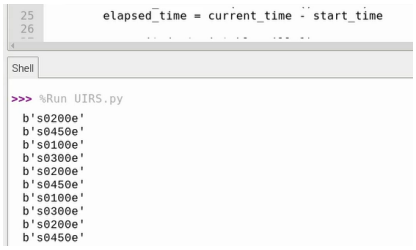


Рис. 6. Отправка данных с Raspberry PI 4

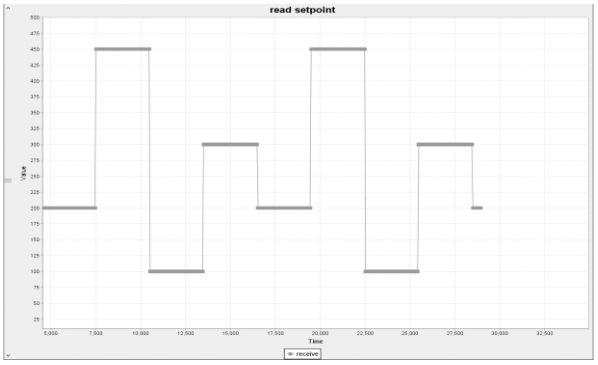


Рис. 7. Прием данных на STM32

Вместе с этим, в рамках выполняемой работы была реализована передача значения текущего угла поворота штанги, а также алгоритм отработки аварийной ситуации – разрыв соединения между одноплатным компьютером и микроконтроллером. Реакцией системы на такую ситуацию является ожидание переподключения устройства к порту USB одноплатного компьютера, в случае восстановления соединения между компьютером и микроконтроллером, порт снова открывается, и передача данных возобновляется. Отработка данной ситуации показана на рисунках 8, 9, 10. На рисунках изображен стенд, состоящий из Raspberry PI 4 Model B, STM32F103C8T6, блока питания и мотора постоянного тока с драйвером. Микроконтроллер в такой ситуации заканчивает последнее данное ему задание и ожидает повторного подключения и получения новых данных со среднего уровня.



Рис. 8. Включенное состояние системы

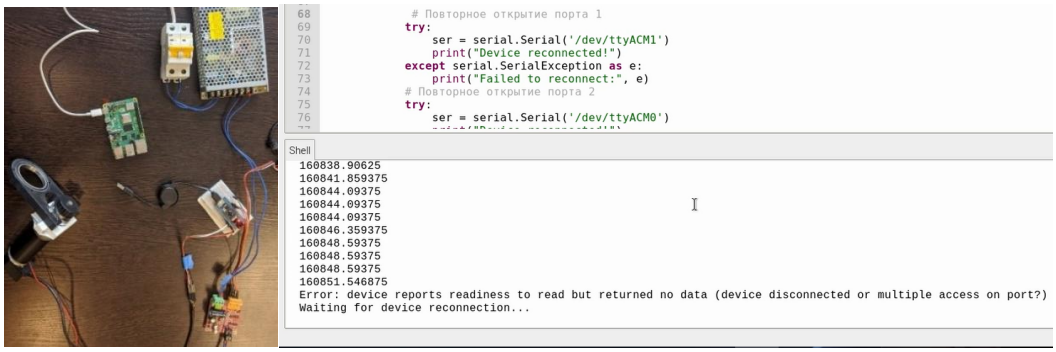


Рис. 9. Разрыв линии связи

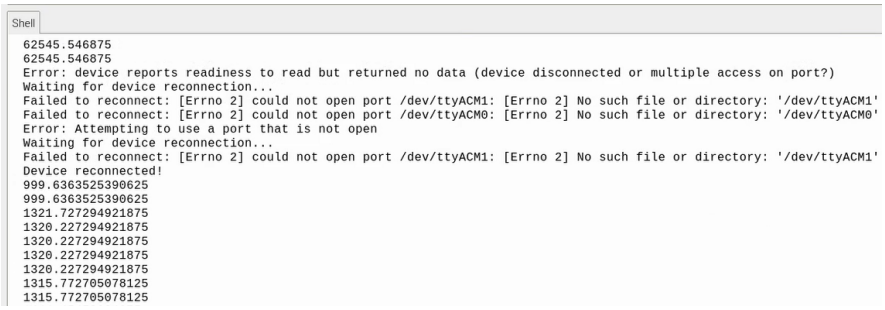


Рис. 10. Восстановление подключения между одноплатным компьютером и микроконтроллером

Заключение

В рамках данной работы был проведен анализ методов передачи данных между одноплатным компьютером Raspberry PI 4 и микроконтроллерами семейства STM32, а также методов верификации и подтверждения данных при передаче. По результатам анализов было решено применить USB интерфейс и аппаратно встроенный в него CRC, так как при данной реализации передача данных будет осуществляться на высокой скорости, точно и непрерывно, и с хорошей помехозащищенностью.

Также, в рамках работы были проведены расчеты механики и кинематики механизма. Посчитанные крутящий момент, частота оборотов, мощность и КПД передачи позволило сделать выводы о том, какие моторы необходимо использовать для обеспечения требуемых показателей системы. Расчеты кинематики заключались в определении шага вала при одном обороте безрезьбового роликового винта. Определив шаг, 5 см, был проведен эксперимент с прототипом, где реальный шаг составил 4,62 см, такая погрешность обусловлена проскальзыванием роликов о штангу, и неровностью вала. В дополнении к этому, в будущем планируется реализовать контур тока с последующей интеграцией в систему и согласованное управление двумя штангами настольного футбола.

Список использованных источников

1. BASICS OF THE SPI COMMUNICATION PROTOCOL. [Электронный ресурс]. – URL: https://www.circuitbasics.com/basics-of-the-spi-communication-protocol/
2. BASICS OF THE I2C COMMUNICATION PROTOCOL. [Электронный ресурс]. – URL: https://www.circuitbasics.com/basics-of-the-i2c-communication-protocol/
3. Интерфейс передачи данных - I2C. [Электронный ресурс]. – URL: https://3d-diy.ru/wiki/arduino-moduli/interfeys-peredachi-dannykh-i2c/
4. Ultimate CAN Bus Guide 2023: A Detailed Look at the Protocol. [Электронный ресурс]. – URL: https://www.autopi.io/blog/can-bus-explained/#:~:text=One%20ECU%20can%20formulate%20and,(CANL%20and%20CAN%20H).
5. Интерфейс USB. Полный обзор и структура пакетов данных. [Электронный ресурс]. – URL: https://microtechnics.ru/osnovy-interfejsa-usb/
6. About the USB Protocol, Common USB Bus Errors, and How to Troubleshoot Them. [Электронный ресурс]. – URL: https://www.totalphase.com/blog/2020/07/about-the-usb-protocol-common-usb-bus-errors-and-how-to-troubleshoot-them/
7. Код Хэмминга. [Электронный ресурс]. – URL: https://habr.com/ru/articles/140611/
8. CRC. [Электронный ресурс]. – URL: https://www.totalphase.com/blog/2020/07/about-the-usb-protocol-common-usb-bus-errors-and-how-to-troubleshoot-them/
9. CRC. [Электронный ресурс]. – URL: https://radiohlam.ru/crc_calc/

РОБОТИЗИРОВАННАЯ ИГРУШКА «ЛОШАДКА, ЗАПРЯЖЕННАЯ В ПОВОЗКУ»

Пилипенко Я.В.[1], Жалюк В.Р.[2], Тырышкин А.В.[3]
[1] ТПУ, ИШИТР, Группа 8Т22, email: yvp16@tpu.ru
[2] ТПУ, ИШИТР, Группа 8Т22, email: vrz2@tpu.ru
[3] ТПУ, ИШИТР, доцент ОАР ИШИТР, email: tyryshkin@tpu.ru

Аннотация

Разработка, проектирование и создание многофункциональной роботизированной игрушки, подходящей для детей разных возрастов.

Ключевые слова: роботизированной игрушки, лошадка, телега, программирование микроконтроллера.

Актуальность

В наше время в мире цифровизации игрушки стремительно сменяются на гаджеты, а те игрушки, которые есть на рынке настолько однообразны, что трудно найти качественную, развивающую и бюджетную игрушку для ребенка.

С 1970 года радиус активности детей, или количество пространства вокруг дома, в котором дети свободно исследуют окружающий мир, сократилось на 90 %. В 2007 году специалисты стали отмечать, что все больше подростков, представителей цифрового поколения, страдают потерей памяти, расстройством внимания, когнитивными нарушениями, подавленностью и депрессией, низким уровнем самоконтроля [1]. Исследование показало, что в мозгу этих пациентов наблюдаются изменения, схожие с теми, что появляются после черепно-мозговой травмы или на ранней стадии деменции — слабоумия, которое обычно развивается в старческом возрасте. Именно поэтому в современной литературе появился новый термин «**Цифровое слабоумие**» — это нарушение мозговой деятельности, влекущее за собой снижение внимания, концентрации, ухудшение памяти в связи с частым или постоянным использованием электронных устройств [2].

Создание роботизированной игрушки будет способствовать развитию мелкой моторики, пространственному мышлению и погружению в мир электроники. Данная игрушка может вдохновить ребенка начать воплощать идеи своими руками и изучать робототехнику.

Большая часть игрушек производится в зарубежных странах и импортируется в Россию. Согласно исследованию РБК, опубликованному в 2021 году, Китай остается самым крупным поставщиком детских товаров для России – рыночная доля китайских игрушек составляет 70 %. На втором месте Европа, откуда ввозится 20 % игрушек. Российские производители поставляют на национальный рынок 10% детской продукции [3]. В связи с этим данный проект может положительно повлиять на развитие отросли производства в России.

В настоящие время большой популярностью пользуются маркетплейсы, поэтому было принято решение проанализировать именно этот рынок роботизированных игрушек [4]. Большинство игрушек, представленных на сайте, способствует развитию технических навыков, а именно сборке и программированию. Однако они обладают низким игровым эффектом. По запросу «робот-игрушка» или «роботизированная игрушка» можно было увидеть «стереотипных» роботов.

Анализ рынка показал, что наиболее популярным является набор для опытов Эврики «Робот 14 в 1» (рис. 1). Возрастная аудитория в описании товара заявлена от 8 лет, при этом конструктор состоит из 200 деталей, что значительно усложняет сборку для ребенка. Проанализировав отзывы покупателей, было выявлено что товар сделан некачественно, т.к. робот работает от солнечной батареи, а светового потока в помещении оказывается недостаточно для ее питания. Цена игрушки 2000 рублей и не оправдывает качество изделия. Страна изготовитель – Китай.

Кроме того, популярным является конструктор электронный на солнечной батарее «Робот Валли 12 в 1» (рис. 2). Возрастная аудитория в описании товара заявлена от 5 лет. Нечетко составленная инструкция по сборке и некачественный материал усложняет сбор изделия. Цена робота, 2681 рублей, является завышенной, так как не соответствует качеству. Страна изготовитель – Китай.



Рис. 1. Набор для опытов Эврики «Робот 14 в 1»



Рис. 2. Робот Валли

Из российских изделий можно отметить каталку детскую в виде лошадки с повозкой из натурального дерева (рис. 3). Игрушка подходит для заявленной аудитории, однако имеет весьма простой вид и функционал, который может быстро надоесть. Стоимость игрушки 2300 рублей обуславливается только материалом, из которого она изготовлена.



Рис. 3 Лошадка с повозкой

Таким образом, можно сделать вывод, что разработка отечественной роботизированной игрушки весьма актуальна.

Введение

Целью работы является разработка и создание многофункциональной роботизированной игрушки в виде лошадки, запряженной в повозку, для детей разных возрастов.

Для достижения цели необходимо решить следующие задачи:

1. Проанализировать рынок игрушек.
2. Разработать концепцию и дизайн игрушки.
3. Изготовить комплект документации для изготовления опытного образца.
4. Разработать алгоритмы поведения лошадки.

Новизна

В ходе работы был проведен патентный поиск по базе ФИПС, класс А63Н33, выявлен ряд решений, ближайший аналог авторское свидетельство № 1366171. Нами доработано данное решение для увеличения игрового эффекта. В настоящее время проводится работа по патентованию нашего решения.

Основная часть

Игрушка будет представлять собой лошадку, запряженную в повозку. В набор также входит фигурка кучера и стилизованные грузы для повозки. Поведение лошадки обусловливается «поведением» кучера и наличием грузов в повозке.

Вся электронная составляющая игрушки спрятана внутри повозки и не содержит явно выраженного выключателя. Структурная схема представлена на рисунке 4.

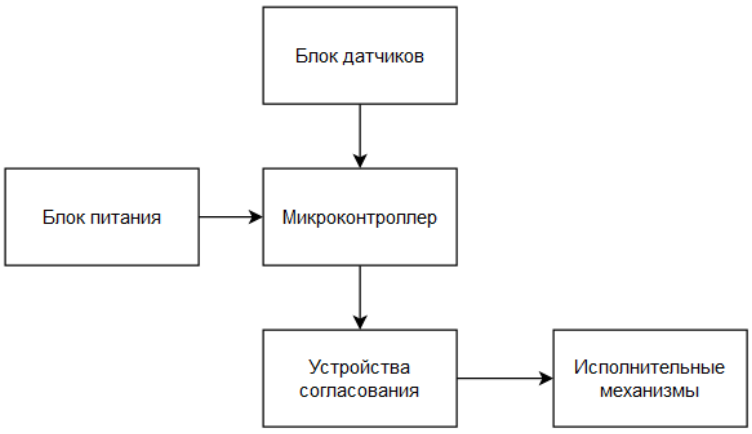


Рис. 4. Структурная схема

Электрическая схема содержит блок питания, который через блок датчиков подключен к микроконтроллеру. В работе используется микроконтроллер Arduino Nano. Выходы микроконтроллера через блок согласования подключаются к исполнительным механизмам. Блок питания представляет собой три AAA батарейки. Блок датчиков представляет собой набор тактильных датчиков и герметизированных контактов (геркон). В микроконтроллер записывается логика поведения лошадки, которая может быть модифицирована. Блок согласования предназначен для усиления сигнала по мощности, поступающего от микроконтроллера к исполнительным элементам. Исполнительными элементами являются мотор-редуктор, DFPlayer Mini mp3 плеер и динамик. Мотор-редуктор предназначен для осуществления движения повозки, DFPlayer Mini mp3 плеер и динамик необходимы для воспроизведения звуков, создающих игровой эффект.

Планируется представление игрушки в трех вариантах для разных возрастных групп. Первый вариант будет представлять собой полностью готовую, собранную на производстве игрушку для детей дошкольного возраста. Этот вариант предполагает только игровой эффект. Второй вариант представляет собой игрушку-конструктор, который подразумевает сбор конструкции повозки с уже собранной электронной составляющей. Подходит для детей младшего школьного возраста и на ряду с игровым эффектом способен развивать конструкторские навыки. Третий вариант представляет собой полностью разобранную игрушку. Данный вариант направлен на развитие конструкторских навыков, навыков сборки электрических цепей и программирования. В последствии собранная игрушка также обладает игровым эффектом и нацелена на помощь в профориентировании, подходит для детей среднего и старшего школьного возраста.

Результаты

На данный момент нами разработаны чертежи для изготовления повозки. Часть деталей уже изготовлена на 3D принтере. Также происходит закупка материалов для электронной составляющей игрушки, разрабатываются алгоритмы для микроконтроллера.

Заключение

Проведенная работа показала, что проект актуален. Данный проект не требует дефицитных комплектующих и уникальных технологий. Выпуск данной игрушки расширит ассортимент детских товаров. В 2024 году мы планируем изготовить опытный образец, запатентовать наше решение и провести поиск профильных предприятий для серийного производства нашей игрушки.

Список литературы

1. Стрельникова Л. «Цифровое слабоумие» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://hij.ru/read/5210/ (дата обращения: 15.03.24).

2. Нестерова И.А. Цифровое слабоумие [Электронный ресурс] // Образовательная энциклопедия ODiplom.ru. – Режим доступа: http://odiplom.ru/lab/cifrovoe-slaboumie.html (дата обращения: 15.03.24).

3. TADVISER Государство. Бизнес. Технологии «Импорт и экспорт игрушек в Китае» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.tadviser.ru/index.php (дата обращения: 15.03.24).

4. OZON Интернет-Магазин – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.ozon.ru/ (дата обращения: 15.03.24).

ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА ИДЕНТИФИКАЦИИ ПАРАМЕТРОВ МОДЕЛИ ДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА НА КОЭФФИЦИЕНТЫ РЕГУЛЯТОРОВ ТРЕХКОНТУРНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Манзаров В.С.[1], Поберезкин Н.И.[2]
[1] ТПУ, ИШИТР, гр.8Е02, e-mail: vsm17@tpu.ru
[2] ТПУ, ИШИТР, ассистент ОАР, e-mail: nip6@tpu.ru

Аннотация

В статье рассматривается влияние качества идентификации на коэффициенты регуляторов трехконтурной системы управления двигателем постоянного тока. Проведен анализ соответствия использованных коэффициентов и коэффициентов в модели разного качества идентификации.

Ключевые слова: система подчиненного регулирования, идентификация параметров двигателя, влияние качества идентификации.

Введение

Роботы на шагающей платформе приобретают всеобщую популярность в связи с нарастающей необходимостью работать на труднопроходимых поверхностях. Для обеспечения точного и оперативного передвижения на подобного типа рельефе необходимо разработать систему управления приводами. Правильная и качественная настройка двигательных систем позволит избежать ряд проблем при построении системы управления всей робототехнической платформой. Настройка подразумевает под собой поиск коэффициентов регулирования, для чего используется модель объекта управления. Чтобы процессы, протекающие в объекте управления, были максимально приближены к процессам в реальном объекте проводят идентификацию параметров реального объекта. Точность идентификации показывает приближенность модели к реальному объекту. В работе рассматривается влияние качества идентификации на коэффициенты регуляторов трехконтурной системы управления двигателем постоянного тока.

Идентификация модели двигателя постоянного тока без нагрузки

Идентификация, то есть процесс определения параметров и характеристик, необходим для упрощения синтеза системы управления движителями. В работе используется двигатель модели 36GP-36ZYT (24 В). В источнике [2] двигатель постоянного тока математически описан следующей системой уравнений:

$$\begin{cases} \dfrac{di}{dt} = \dfrac{1}{L} \cdot (i \cdot R - C \cdot \omega + U); \\ \dfrac{d\omega}{dt} = \dfrac{1}{J} \cdot (i \cdot C - Mc). \end{cases}$$

Здесь U – напряжение якоря, i – ток якоря, R – сопротивление якоря, L – индуктивность обмотки возбуждения, ω – частота вращения ротора, J – момент инерции ротора, C – конструкционная составляющая ДПТ, M_C – момент сопротивления.

Исходя из уравнений, можно разработать модель двигателя в среде Matlab/Simulink. Данная модель принимает на вход напряжение, а на выходе – ток в якоре и скорость мотора. Идентификации подлежали следующие составляющие: Mc, J.

Постоянные в уравнении определяют переходные процессы в двигателе, их значения можно приблизительно определить с помощью встроенных средств среды моделирования (Parameter Estimation), зная вход-выходные характеристики двигателя (напряжение, скорость, ток). Данное приложение использует метод наименьших квадратов, метод максимального правдоподобия и другие. Для научного эксперимента были проведены идентификации разной точности, чтобы проверить, насколько полученные постоянные отражают действительное поведение двигателя. Результаты идентификации с разной точностью помогут установить, какие методы и параметры идентификации наиболее подходят для данной системы. Такой подход позволяет более надежно моделировать и управлять двигателем, учитывая его фактические характеристики.

На рисунке 1 представлен результат наиболее точной идентификации модели при таких условиях нагрузки на двигатель.

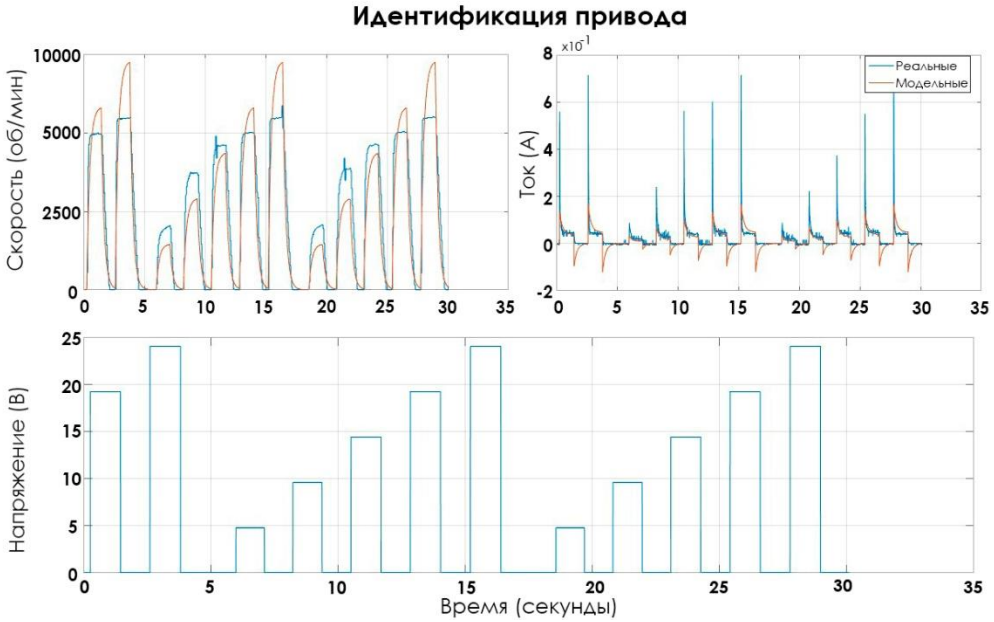


Рис. 1. Результат идентификации модели двигателя постоянного тока

Качество идентификации было вычислено с помощью интегрального критерия и в данном случае примерно равно 85 %. Были найдены относительные отклонения по скорости, току, затем их среднее относительное отклонение.

$$\left| \frac{\int_0^t F1_{real_speed} - \int_0^t F2_{model_speed}}{\int_0^t F1_{real_speed}} \cdot 100\,\% \right| \approx 11,29\,\%,$$

$$\left| \frac{\int_0^t F1_{real_current} - \int_0^t F2_{model_current}}{\int_0^t F1_{real_current}} \cdot 100\,\% \right| \approx 19,39\,\%.$$

Среднее относительное отклонение равно 15,34 %.

Полного совпадения графиков добиться не удается в связи с нелинейными процессами, происходящими в двигателе.

Чтобы определить, достаточно ли такой точности, необходимо синтезировать систему управления, подобрать коэффициенты регуляторов и проверить систему на физическом стенде, сравнив модельный переходный процесс с реальным. В таблице 1 представлена информация о моделях разного качества идентификации.

Как видно из таблицы, скорость идентифицируется верно во всех случаях, потому что это относительно простой параметр для измерения и идентификации, а моделируемый ток становится близок к реальным значениям только после большого числа последовательных итераций.

Таблица 1

Модели разного качества идентификации

Качество идентификации	60%	75%	85%
Метод идентификации	Метод наименьших квадратов	Минимизация абсолютной ошибки	Метод наименьших квадратов
Число итераций	6	9	13
Абсолютная ошибка	180,023	89,234	64,1239
Примечание	Моделируемый ток в два раза больше, скорость верна.	Моделируемый ток на высоких оборотах в два раза больше реального, скорость верна.	Моделируемый ток близок к реальным значениям, скорость верна.

Синтез системы управления

На вход системы управления подается угол, на который движитель должен повернуться. Исходя из входной уставки система должна подавать на силовой драйвер необходимые значения скважности ШИМ-сигнала, при этом удовлетворяя заданные требования к системе управления.

Система подчиненного регулирования является системой с последовательным подключением регуляторов, а число контуров в ней равно числу регуляторов. Каждый контур отвечает за регулирование одной переменной и настраивается независимо от других. Если число регулируемых величин не более трех, то такая система позволяет обеспечить достаточное быстродействие и энергоэффективность. Трехконтурная система регулирования представлена на рисунке 2.

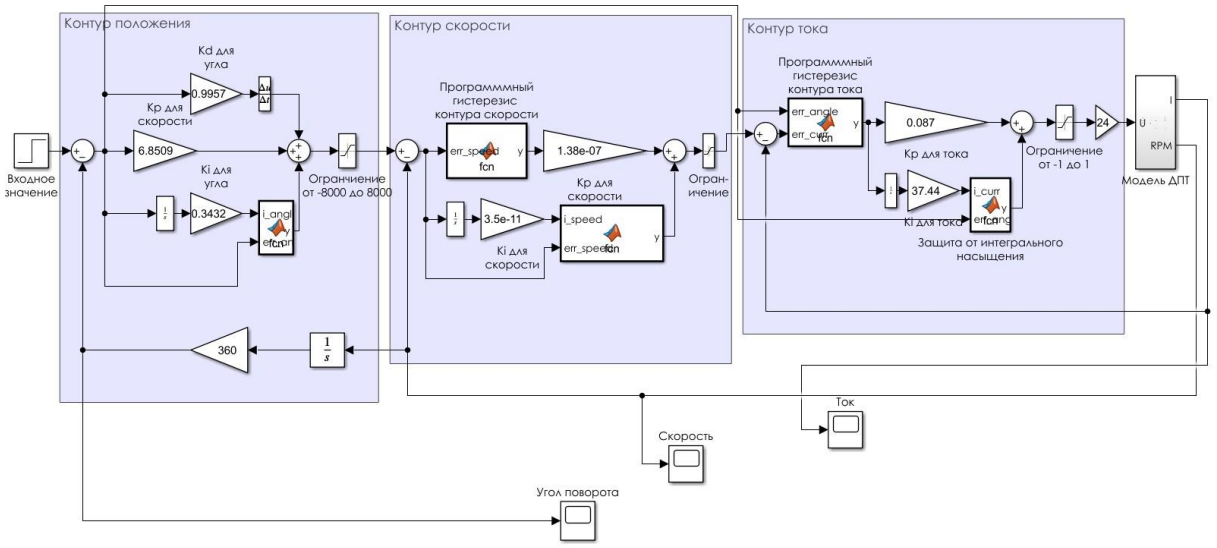


Рис. 2. Система подчиненного регулирования в Matlab

Как видно из операторно-структурной схемы, выход одного регулятора последовательно подключается на вход последующего регулятора. Каждый регулятор ограничивается некоторым диапазоном выходного сигнала в зависимости от динамических характеристик и корректируется по отдельности, потому что изолированная настройка упрощает задачу и уменьшает риск ошибок. Например, контур тока обычно настраивается на быстродействие, чтобы обеспечить быстрый отклик на изменение нагрузки, тогда как контур положения может иметь более медленную динамику, но более точное следование заданной траектории. Также настройка каждого контура изолированно позволяет гарантировать его устойчивость перед тем, как вводить другие контуры. Это обеспечивает стабильное и надежное функционирование всей системы.

Также в систему была внедрена защита от интегрального насыщения и программный гистерезис, чтобы приблизить математическую модель к реальной.

При настройке контура тип и параметры регуляторов выбираются таким образом, что регулятор компенсирует большие инерционности объекта и приводит передаточную функцию контура к нормированному виду с учетом значения эквивалентной малой постоянной времени и выбранного

критерия оптимизации [3]. Данная методика была впервые предложена С. Кесслером в 50-е года 20 века.

Параметры регуляторов выбирались с учетом критерия модульного оптимума. Простейший разомкнутый контур, оптимизированный по МО, представляет собой апериодическое звено второго порядка:

$$W(p)_o = \frac{y(t)}{x_s(t)} = \frac{1}{a \cdot T_u \cdot s(T_u \cdot s + 1)},$$

где $x_s(t)$ – задающее воздействие, $y(t)$ – выходная координата, T_u – постоянная времени объекта, s – оператор дифференцирования, a – коэффициент оптимизации.

Также исходя из источника [4] можно сделать вывод, что параметры регуляторов выбираются таким образом, чтобы переходные процессы в системе обладали высоким быстродействием и малым перерегулированием. Для решения данной задачи были выбраны ПИД-регуляторы, которые являются наиболее распространенными и универсальными в промышленной автоматике.

Частота регулирования для контура положения и скорости равна 30 Гц, а для контура тока – 3 кГц. Такой выбор постоянных времени регулирования основан не только на постоянной времени самого объекта управления, его природе, а также и на вычислительных способностях управляющего устройства. На рисунке 3 представлены переходные процессы после подбора коэффициентов для каждого контура на модели высокого качества идентификации.

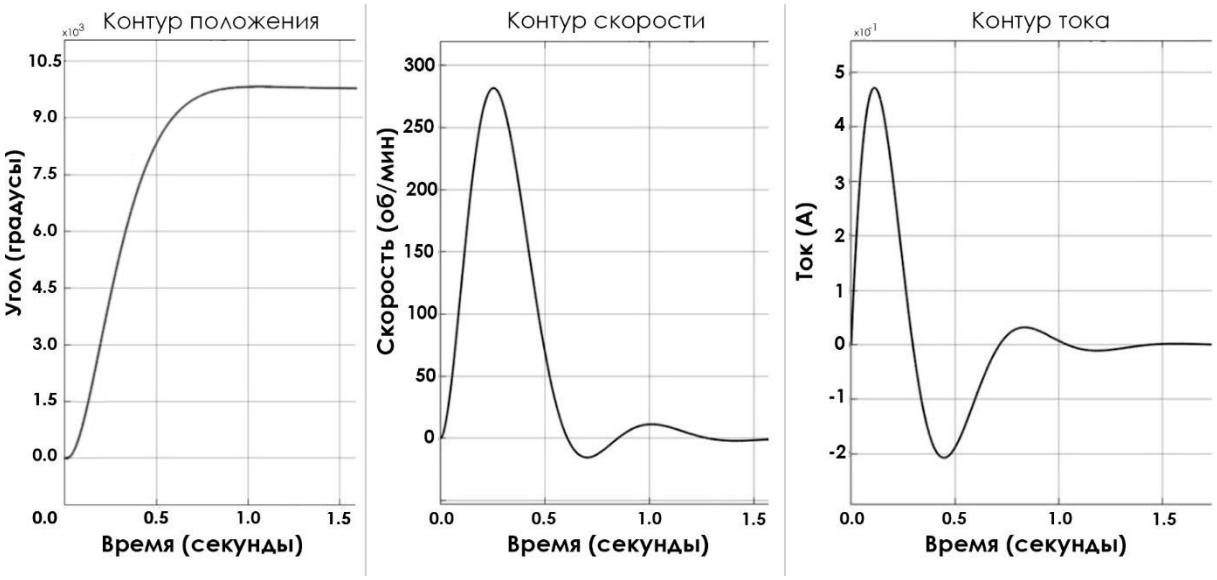


Рис. 3. Переходные процессы каждого контура СПР

Получив необходимые значения регуляторов, можно перейти к проверке работы системы управления на реальном двигателе.

Проверка работы моделируемой системы на реальном объекте

Испытание на реальном стенде показало, что коэффициенты регуляторов, определенные в среде Matlab, не обеспечивают ожидаемый характер переходного процесса. При изолированной проверке контуров было выяснено, что для контура тока и положения оптимальные коэффициенты должны быть меньше. Это можно объяснить низкой инерционностью протекания тока в цепи, неточной идентификацией, нелинейностью процессов, протекающих в двигателе, а также погрешностью в измерениях датчика тока и энкодера. На рисунке 4 зеленой линией представлен переходный процесс после корректировки коэффициентов регуляторов.

Следует упомянуть, что коэффициенты были откорректированы таким образом, чтобы обеспечить наибольшую схожесть реального переходного процесса с модельным.

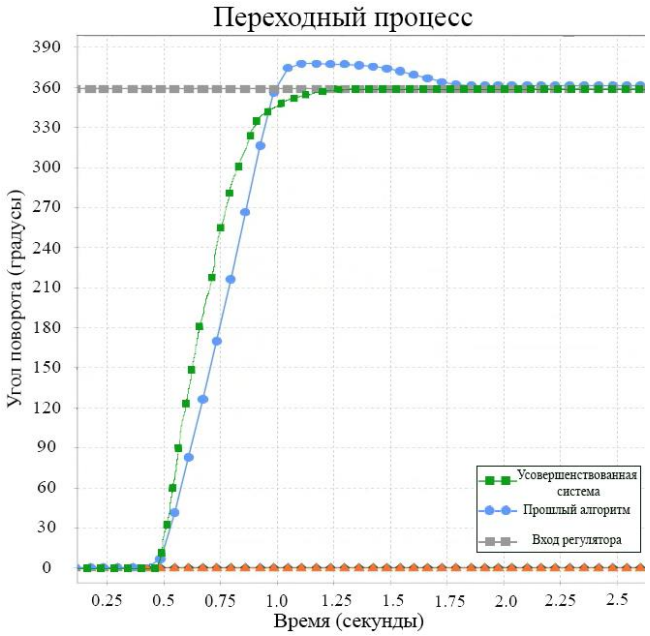


Рис. 4. Переходный процесс на физическом стенде после корректировки

В таблице 2 указаны коэффициенты регуляторов, которые обеспечивают схожие переходные процессы, а также коэффициенты, которые использовались на реальном двигателе.

Таблица 2

Коэффициенты для регуляторов каждого контура моделей разного качества идентификации

Качество идентификации	I (60%)	II (75%)	III (85%)	Исп. на стенде
П. коэф. положения	0,0176	1,6896	6,8509	4,0
И. коэф. положения	0,99962	0,2429	0,2412	0,3
Д. коэф. положения	1,00013	0,8196	0,7957	0,5
П. коэф. скорости	0,00049	0,0003	1,38e-7	0,0002
И. коэф. скорости	0,0	0,0096	3,5e-11	0,0002
П. коэф. тока	0,0018	2,6496	0,087	0,05
И. коэф. тока	9,4915	2,9624	37,44	15,0

С помощью таблицы были сделаны выводы о значениях регуляторных коэффициентов в зависимости от качества идентификации.

Для контура положения: чем выше качество идентификации, тем больше становится пропорциональный коэффициент для контура положения и тем меньше становятся интегральные и дифференциальные. Коэффициенты, использованные на стенде, приблизительно равны коэффициентам у моделей с качеством 75 и 85 процентов.

Для контура скорости: чем выше качество идентификации, тем меньше становится пропорциональный коэффициент для контура скорости. Для интегрального коэффициента явной зависимости не обнаружено.

Для контура тока явной зависимости также не было обнаружено. Наиболее вероятно, что это произошло из-за иного метода идентификации у второй модели. Если сравнивать первую и третью модели (60 % и 85 %), то можно сделать следующий вывод: чем выше качество идентификации, тем больше становится пропорциональный и интегральный коэффициенты для контура тока.

Коэффициенты для каждой модели были откорректированы таким образом, чтобы обеспечить вышеупомянутые требования к переходным процессам, однако для идентификации со сходимостью 60 процентов не удалось добиться необходимых показателей качества. Сравнительные графики представлены на рисунке 5.

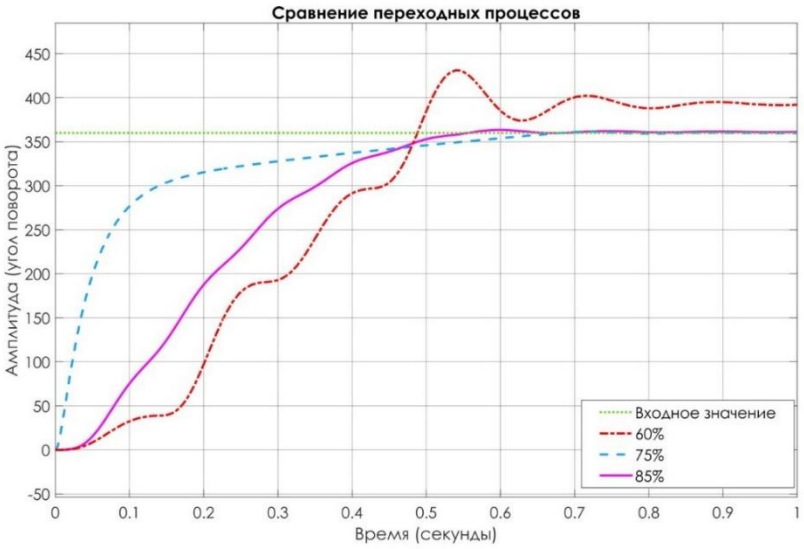


Рис. 5. Переходные процессы трехконтурной системы с разной точностью идентификации модели

Увеличение качества идентификации привело к более точному подбору регуляторных коэффициентов, что позволяет системе лучше соответствовать желаемым характеристикам. Это особенно заметно в контуре положения и контуре тока, где коэффициенты у наиболее точной модели обеспечивают более стабильное и предсказуемое управление на реальном двигателе.

Заключение

В результате экспериментов был проведен анализ коэффициентов регуляторов системы управления двигателем постоянного тока в зависимости от качества идентификации. Можно сделать вывод, что уже на среднем качестве идентификации коэффициенты регуляторов приближаются к тем значениям, которые достаточны для корректного переходного процесса на реальной модели.

Список использованных источников

1. Методика синтеза подчиненного регулирования электропривода с учетом ограничений фазовых координат (Сероченков Д.А.) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=46345561.

2. Математические модели двигателей постоянного тока для задач управления [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: https://elar.rsvpu.ru/bitstream/123456789/18340/1/5-230-06585-0_1999.pdf;

3. Оптимизация контуров регулирования систем электропривода по типовым методикам [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: https://cyberleninka.ru/article/n/optimizatsiya-konturov-regulirovaniya-sistem-elektroprivoda-po-tipovym-metodikam.

4. Синтез системы подчиненного регулирования электромагнитным подвесом ротора (Кояин Н.В., Мальцева О.П., Удут Л.С.) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sintez-sistemy-podchinennogo-regulirovaniya-elektromagnitnym-podvesom-rotora.

5. Методы настройки ПИД регуляторов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: http://www.ural-asutp.ru/articles/14-articles/112-metody-nastrojki-pid-regulyatorov.

6. Система подчиненного регулирования (Московский государственный университет путей сообщения) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: https://studfile.net/preview/4545333/page:5.

7. Трёхконтурная система подчиненного регулирования скорости двухмассового электромеханического объекта (Толочко О.И.) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/38772/1/Tolochko_KGPI_1998.pdf.

8. Системы подчиненного регулирования электроприводов: учебное пособие для вузов. Ч. 1. Электроприводы постоянного тока с подчиненным регулированием координат (Шрейнер Р.Т.) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: https://elar.rsvpu.ru/handle/123456789/8753.

МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ПОДВЕСКИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Брылев О. А.[1], Гончаров В. И.[2], Розум Д. И.[3], Беляев А. С.[4]
[1] Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Инженерная школа информационных технологий и робототехники, А3-36, e-mail: oab12@tpu.ru
[2] Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Инженерная школа информационных технологий и робототехники, профессор-консультант, e-mail: gvi@tpu.ru
[3] ИП Розум Денис Иванович, e-mail:Rozum_D@mail.ru
[4] Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Инженерная школа информационных технологий и робототехники, старший преподаватель, e-mail: asb22@tpu.ru

Аннотация

В работе был выполнен обзор методов диагностики неисправностей подвески транспортных средств. Была представлена классификация методов диагностики и описаны основные идеи методов и их ограничения. Был рассмотрен ряд научных работ, реализующих данные методы применительно к диагностике подвески транспортных средств.

Ключевые слова: диагностика неисправностей, подвеска.

Введение

Подвеска является важной системой автомобиля, которая влияет на ходовые качества и комфорт поездки. Неисправная подвеска может существенно ухудшить управляемость и устойчивость автомобиля [1]. Изношенные или повреждённые компоненты, такие как амортизаторы или пружины, могут привести к чрезмерному крену кузова, снижению сцепления шин с дорогой, увеличению тормозного пути [2], снижению управляемости в поворотах и особенно во время резких манёвров. Также неисправное состояние подвески может усилить воздействие других факторов, таких как неблагоприятные дорожные и погодные условия. Комбинация всех вышеперечисленных эффектов может спровоцировать непрогнозируемое поведение автомобиля в экстренных случаях, что повышает риск ДТП.

В 2005-2007 гг. Государственная администрация безопасности дорожного движения (the National Highway Traffic Safety Administration, NHTSA) Министерства транспорта США провела Национальное исследование причин дорожно-транспортных происшествий (National Motor Vehicle Crash Causation Survey, NMVCCS). Результаты исследования были приведены в нескольких отчётах. Согласно отчёту [3] в 2 % (±0,7 %) ДТП критическая причина связана с неисправностью транспортного средства. Среди этих ДТП 3 % (±3,3 %) вызваны неисправностью рулевого управления, подвески, трансмиссии или двигателя. Однако в отчёте [4] на данную группу приходится 10,5 % ДТП.

Такая неоднозначность в оценке объясняется тем, что неисправность может быть прямой или косвенной причиной ДТП или не быть причиной вовсе. Официальная статистика ДТП сообщает именно о прямых причинах. К ним относится, например, неисправность тормозной системы. Неисправная подвеска зачастую относится к косвенным причинам, которые негативно влияют на поведение транспортного средства, но не являются непосредственной причиной ДТП. Оценить влияние косвенных причин на формирование чрезвычайной ситуации сложно [5].

Достоверное определение неисправности компонентов подвески всё ещё остаётся нерешённой задачей. Сейчас проблему в работе подвески может заметить только сам водитель по изменению поведения автомобиля, возникновению излишних вибраций и шума во время движения. Система бортовой диагностики (on-board diagnostics, OBD) не производит мониторинг состояния подвески вследствие отсутствия измерительных систем в составе пассивной подвески.

Кроме того, необходимость в системе мониторинга технического состояния подвески повышается с развитием беспилотных автомобилей. Для безопасного движения системе управления автомобилем необходима информация не только о внешней среде, получаемая с обширного набора датчиков (камер, лидаров, радаров и пр.), но и о состоянии систем самого автомобиля.

Методы диагностики неисправностей

Диагностика неисправностей — это методы, направленные на обнаружение, локализацию, идентификацию или классификацию неисправностей системы. Методы диагностики неисправностей

можно разделить на методы на основе модели объекта, методы, основанные на данных, и гибридные методы, которые сочетают в себе элементы других методов (рис. 1). Похожие классификации предлагаются в работах [6; 7]. Далее рассмотрим эти методы подробнее.

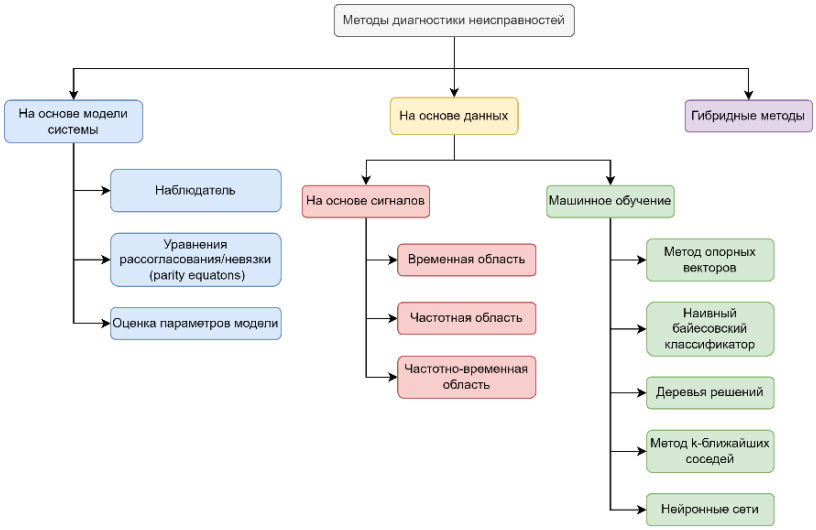


Рис. 1. Классификация методов диагностики неисправностей

Методы на основе модели системы

В данных методах система моделируется математическими уравнениями, которые описывают связи между входами и выходами системы. Путём измерений различных входных и выходных сигналов системы и сопоставления их с откликом модели можно обнаружить неисправность в системе.

Методы, основанные на модели, требуют некоторых априорных знаний о физике работы системы. Также необходима информация как минимум о структуре модели диагностируемой системы. Модель должна быть построена таким образом, чтобы она была чувствительна к интересующим нас изменениям в системе (т.е. относящиеся к рассматриваемым неисправностям), и не чувствительна к возмущениям, шумам измерений, ошибкам моделирования, изменениям управляющих воздействий, режимов и условий работы системы. Такие методы невозможно применить в тех случаях, если система слишком сложна для моделирования или измерение входных воздействий на систему затруднено или невозможно.

В работе [8] даны детальный обзор всех методов на основе модели и примеры их применения.

Моделирование неисправностей

В модели системы неисправности могут учитываться двумя способами [8].

1. Аддитивная модель неисправности:

$$y = x + f,$$

где x – некоторая переменная/сигнал модели системы, f – величина неисправности, y – результирующая переменная. Таким образом моделируются неисправности датчиков, например, дрифт или смещение измерений.

2. Мультипликативная модель неисправности:

$$y = (a + f)x = ax + fx,$$

где a – коэффициент или параметр модели. Эта модель подходит для неисправностей, которые влияют на параметры системы. Например, изменение коэффициента демпфирования амортизатора или жёсткости пружины.

Наблюдатели

Наблюдатели состояния могут применяться в задачах обнаружения и локализации неисправностей, если неисправности можно смоделировать как отклонение состояния системы от номинального (исправного) состояния. Например, утечка масла из амортизатора может быть обнаружена с помощью наблюдателя, когда объём масла является одной из переменных состояния модели.

Другой подход предполагает использование нескольких наблюдателей. Каждый из наблюдателей формируется для определения одного типа неисправности в системе. Такой подход используется в работах [9; 10]. Исследователи предложили метод определения неисправностей в подвеске железнодорожного транспорта на основе многомодельного подхода. Для каждого типа неисправности формируется модель системы, учитывающая эту неисправность. Например, несколько моделей с разными параметрами демпфера моделируют различную степень его неисправности. Затем на основе всех моделей строятся наблюдатели. В работах [9; 10] для оценки состояние системы используется фильтр Калмана. Для каждой оценки состояния вычисляется вероятность на основе функции правдоподобия. Если вероятность превышает заданный порог, то система обнаружила неисправность, соответствующую модели наблюдателя. Недостатком такого подхода является необходимость построения модели и наблюдателя для каждой отдельной неисправности и для каждой величины этой неисправности.

Уравнения рассогласования/невязки

Наиболее простой метод определение неисправности на основе модели заключается в том, чтобы получить модель объекта G_m и запустить её параллельно объекту G_p (рисунок 2), таким образом получая ошибку по выходу [11]:

$$r(s) = y_p(s) - y_m(s) = \left(G_p(s) - G_m(s)\right)u(s),$$

где $r(s)$ – сигналы невязки или рассогласования (residual) модели с объектом, $y_p(s)$ – выходы объекта, $y_m(s)$ – выходы модели, $u(s)$ – управляющие воздействия. Предположим, что наша модель полностью соответствует объекту, т.е. $G_m(s) = G_p(s)$. Также пусть в системе присутствует аддитивный шум n, и аддитивные неисправности на входе f_u и выходе f_y системы. Тогда рассогласование будет зависеть от шума и аддитивных неисправностей:

$$r(s) = G_p(s)\, f_u(s) + f_y(s) + n(s).$$

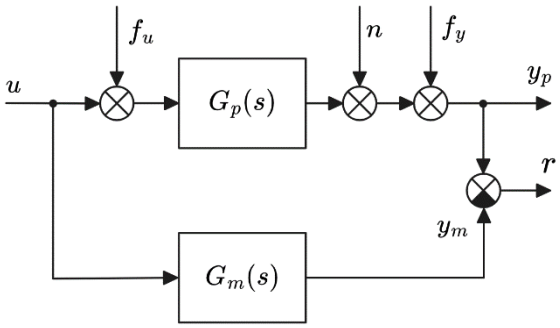


Рис. 2. Структурная схема системы с расчётом рассогласования модели с объектом

Есть и другие способы формирования уравнений рассогласования [11].

Уравнения рассогласования подходят для обнаружения и локализации аддитивных неисправностей. Также сигналы рассогласования реагируют на изменения параметров модели, которые влияют на статические коэффициенты передачи системы. В тоже время уравнения рассогласования в статическом режиме нечувствительны к изменениям параметров, отвечающих за динамику системы [11]. Поэтому в работе [12] авторы предлагают гибридный подход, когда уравнения рассогласования используются для обнаружения неисправности датчиков, а оценка параметров – для обнаружения неисправности объекта (активной системы подвески).

Оценка параметров

Методы данного класса могут применяться в задачах обнаружения и локализации неисправностей, если неисправности можно смоделировать как отклонение значений параметров от номинальных. Методы оценки параметров подходят для определения мультипликативных неисправностей, таких как изменения параметров упругих и демпфирующих элементов подвески.

В работе [13] авторы предлагают метод оценки параметров подвески автомобиля с помощью

амплитудно-частотной характеристики. На первом этапе происходит оценка амплитудно-частотной характеристики по экспериментальным данным. В эти данные входят вертикальные ускорения кузова автомобиля, переднего и заднего колеса, полученные с акселерометров. Автомобиль во время эксперимента переезжает искусственную неровность известного профиля. Второй этап заключается в идентификации параметров модели по полученной амплитудно-частотной характеристике. В качестве неизвестных параметров выступали момент инерции кузова автомобиля относительно поперечной оси, передняя и задняя неподрессоренные массы, коэффициенты жёсткости и демпфирования подвески, коэффициенты жёсткости шин.

В работе [14] исследователи на основе автомобильной подвески получают алгебраическое уравнение для оценки демпфирующей силы амортизатора. Предложенное решение прошло проверку на аддитивных неисправностях акселерометра, установленного на подрессоренной массе, и мультипликативных неисправностях амортизатора.

Методы на основе данных

В отличие от предыдущего подхода, методы на основе данных не требуют априорного знания модели системы. Всю необходимую информацию в данных методах получают из данных/сигналов системы. Однако не вся информация, содержащаяся в данных, связана с наличием неисправности в системе. Поэтому к данным применяются различные методы извлечения признаков (feature extraction). Признаки должны отображать интересующие нас изменения в системе. Это означает, что должна существовать связь между состоянием системы и признаком. Кроме того, необходимо добиваться независимости признаков от шума, ошибок измерений и пр.

Признаки можно классифицировать следующим образом [7]:

1. **признаки во временной области**: например, среднее значение, стандартное отклонение, дисперсия и другие статистики. Применение данного типа признаков можно увидеть в работах [15–19];

2. **признаки в частотной области**: различные признаки после дискретного преобразования Фурье, такие как частотные характеристики, пиковая частота, собственная частота колебаний, формы колебаний (мод) и т.д. Эти признаки применимы только в предположении, что анализируемые сигналы имеют стационарные характеристики, т.е. частотные характеристики не изменяются во времени. Такие признаки используются в работах [6; 7; 19];

3. **признаки в частотно-временной области**: для некоторых систем недостаточно выполнить анализ частотной области за большой промежуток времени, поскольку сигналы могут иметь переходный и нестационарный характер. В этих случаях подходят частотно-временные методы, поскольку они позволяют вычислять частотные спектры, изменяющиеся со временем. Например, оконное преобразование Фурье, вейвлет преобразования и пр. Применяются в работах [20–22].

Методы на основе сигналов

Идея данного подхода заключается в том, чтобы разные неисправности системы приводили к уникальным комбинациям значений извлечённых признаков. Это позволит различать не только исправное и неисправное состояние системы, но и различные неисправности между собой. Связь между признаками и состоянием системы определяется из набора данных с участием человека, что требует понимания того, как состояние компонентов влияет на характеристики выходных сигналов.

В работе [6] предлагается использовать операционный модальный анализ. Автор предложил новый метод оценки модальных параметров (первые три моды). На основе модальных параметров предлагается в дальнейшем идентификация масс, коэффициентов жёсткости и демпфирования подвески транспортного средства.

В работе [15] предложен оригинальный метод диагностики пружин и стабилизатора поперечной устойчивости автомобиля с помощью статического теста на четырёх наклонных поверхностях. Эти поверхности имеют уклон вправо, влево, вверх и вниз. Тестируемый автомобиль ставится последовательно на 4 наклонные поверхности, и собираются показания акселерометра в продольном и поперечном направлении кузова автомобиля в течении как минимум 10 секунд. Затем эти данные усреднялись для каждой поверхности, таким образом получалось по 4 значения продольного и поперечного ускорения. Авторы предложили алгоритм определения неисправностей в виде набора сравнений этих значений с заданными пороговыми значениями. Пороговые значения также задавались исследователями.

В работе [23] авторы предложили метод диагностики шаровой опоры автомобиля. Метод базируется на анализе "передаваемости" вибраций (transmissibility) между двумя акселерометрами, установленными близко к местам крепления шаровой опоры к рычагу подвески и поворотному кулаку.

Методы на основе машинного обучения

В отличие от методов на основе сигналов, методы машинного обучения извлекают связь между признаком и состоянием из набора данных автономно. То есть классификатор обучается, просматривая огромное количество примеров и самостоятельно выявляет закономерности, необходимые для классификации неисправностей.

В сфере диагностики подвески автомобиля можно встретить такие методы, основанные на машинном обучении, как:

- нейронные сети
- нейронная сеть прямого распространения [22]
- свёрточные нейронные сети [24]
- глубокие свёрточные сети (извлечение признаков) и рекуррентные нейронные сети [16, 20]
- классификаторы на основе деревьев [7, 17]
- наивный байесовский классификатор и байесовская сеть [7, 18]
- метод опорных векторов [7, 19]
- метод k-ближайших соседей [7]
- и др.

Основным недостатком методов машинного обучения является требование значительно большего объёма данных по сравнению с другими методами.

Гибридные методы

Гибридные методы сочетают в себе подходы из разных классов методов, рассмотренных выше. Например, в работе [25] с помощью уравнений рассогласования генерируются признаки неисправности в системе подвески, которые затем классифицируются различными методами машинного обучения.

Заключение

В работе были рассмотрены основные методы диагностики неисправностей подвески: методы на основе модели, методы на основе данных и гибридные методы. Методы на основе данных в свою очередь делятся на методы на основе сигналов и методы машинного обучения. Практически все рассмотренные реализации методов используют данные акселерометров, устанавливаемые на подрессоренную и неподрессоренные массы автомобиля.

Исследования последних 5-ти лет сосредоточены на разработке методов на основе данных. Из методов, основанных на моделях, в свежих работах можно встретить методы оценки параметров. Остальные методы — наблюдатели и уравнения рассогласования — практически не используются в последних разработках. Гибридные подходы к диагностике подвески всё ещё слабо развиты.

Список использованных источников

1. The Impact of Worn Shocks on Vehicle Handling and Stability / S. Guba, Y. Ko, G. Rizzoni, [et al.]. – Warrendale, PA : SAE International, – 2006. – URL: https://www.sae.org/publications/technical-papers/content/2006-01-0563/ (date accessed: 27.03.2024). – Text : electronic.

2. Influence of shock absorber wearing on vehicle brake performance / J.A. Calvo, V. Díaz, J.L. San Román, D. García-Pozuelo. – DOI 10.1007/s12239-008-0056-z // International Journal of Automotive Technology. – 2008. – Vol. 9. – № 4. – P. 467-472.

3. Singh S. Critical Reasons for Crashes Investigated in the National Motor Vehicle Crash Causation Survey : Traffic Safety Facts Crash Stats / S. Singh. – Washington, DC : National Highway Traffic Safety Administration, – 2015. – URL: https://trid.trb.org/View/1346216 (date accessed: 26.03.2024). – Text : electronic.

4. National motor vehicle crash causation survey: Report to congress. – National Highway Traffic Safety Administration, 2008.

5. Bureika G. Research on automobile technical state impact on road traffic accident level in the country / G. Bureika, V.Žuraulis, V. Sadauskas // Transport Means - Proceedings of the International Conference. – 2012. –P. 69-72.

6. Liu F. Online Identification of Vehicle Dynamic Systems for Condition Monitoring / F. Liu. – University of Huddersfield. – 2020. – 169 p.

7. Karlsson H. Monitoring Vehicle Suspension Elements Using Machine Learning Techniques / H. Karlsson. – 2019. – URL: https://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:kth:diva-262916 (date accessed: 06.11.2023). – Text : electronic.

8. Isermann R. Model-based fault-detection and diagnosis – status and applications / R. Isermann. – DOI 10.1016/j.arcontrol.2004.12.002 // Annual Reviews in Control. – 2005. – Vol. 29. – № 1. – P. 71-85.

9. Hayashi Y. Fault Detection of Railway Vehicles Using Multiple Model Approach / Y. Hayashi, H. Tsunashima, Y. Marumo. – DOI 10.1109/SICE.2006.314765. – Text : electronic // 2006 SICE-ICASE International Joint Conference 2006 SICE-ICASE International Joint Conference. – 2006. – P. 2812-2817.

10. Tsunashima H. Condition monitoring of railway vehicle suspension using adaptive multiple model approach / H. Tsunashima, H. Mori. – DOI 10.1109/ICCAS.2010.5669915. – Text : electronic // ICCAS 2010 ICCAS 2010. – 2010. – P. 584-589.

11. Isermann R. Fault detection with parity equations / R. Isermann. – DOI 10.1007/3-540-30368-5_10. – Text : electronic // Fault-Diagnosis Systems: An Introduction from Fault Detection to Fault Tolerance / ed. R. Isermann. – Berlin, Heidelberg : Springer, – 2006. – P. 197-229.

12. Fischer D. Fault detection for an active vehicle suspension / D. Fischer, E. Kaus, R. Isermann. – DOI 10.1109/ACC.2003.1240527. – Text : electronic // Proceedings of the 2003 American Control Conference, 2003. Proceedings of the 2003 American Control Conference, 2003. – 2003. – Vol. 5. – P. 4377-4382.

13. Vehicle parameter identification based on vehicle frequency response function / Q. Zhang, J. Hou, X. An [et al.]. – DOI 10.1016/j.jsv.2022.117375 // Journal of Sound and Vibration. – 2023. – Vol. 542. – P. 117375.

14. Algebraic Estimator of Damping Failure for Automotive Shock Absorber / M. Haddar, R. Chaari, S.C. Baslamisli [et al.]. – DOI 10.1007/978-3-030-79519-1_9. – Text : electronic // Smart Monitoring of Rotating Machinery for Industry 4.0 : Applied Condition Monitoring / eds. F. Chaari [et al.]. – Cham : Springer International Publishing, 2022. – P. 147-155.

15. Du X. Fault Diagnostics and Prognostics for Vehicle Springs and Stablizer Bar / X. Du, L. Mai, H. Sadjadi. – DOI 10.36001/phmconf.2020.v12i1.1129 // Annual Conference of the PHM Society. – 2020. – Vol. 12. – № 1. – P. 1-10.

16. Luo H. Integration of Multi-Gaussian fitting and LSTM neural networks for health monitoring of an automotive suspension component / H. Luo, M. Huang, Z. Zhou. – DOI 10.1016/j.jsv.2018.05.007 // Journal of Sound and Vibration. – 2018. – Vol. 428. – P. 87-103.

17. Arun Balaji P. Fault detection of automobile suspension system using decision tree algorithms: A machine learning approach / P. Arun Balaji, V. Sugumaran. – DOI 10.1177/09544089231152698 // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part E: Journal of Process Mechanical Engineering. – 2023. – Fault detection of automobile suspension system using decision tree algorithms. – P. 09544089231152698.

18. Balaji P.A. A Bayes learning approach for monitoring the condition of suspension system using vibration signals / P.A. Balaji, V. Sugumaran. – DOI 10.1088/1757-899X/1012/1/012029 // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2021. – Vol. 1012. – № 1. – P. 012029.

19. Ankrah A.A. Fusion of Model-Based and Data Driven Based Fault Diagnostic Methods for Railway Vehicle Suspension / A.A. Ankrah, J.K. Kimotho, O.M. Muvengei. – DOI 10.4236/jilsa.2020.123004 // Journal of Intelligent Learning Systems and Applications. – 2020. – Vol. 12. – № 03. – P. 51.

20. Luo H. A dual-tree complex wavelet enhanced convolutional LSTM neural network for structural health monitoring of automotive suspension / H. Luo, M. Huang, Z. Zhou. – DOI 10.1016/j.measurement.2019.01.038 // Measurement. – 2019. – Vol. 137. – P. 14-27.

21. Burdzik R. Multidimensional identification of resonances analysis of strongly nonstationary signals, case study: Diagnostic and condition monitoring of vehicle's suspension system : Special Issue on ICTD-CMMNO'2016 (ICTD : International Congress on Technical Diagnostics) / R. Burdzik. – DOI 10.1016/j.apacoust.2017.12.020 // Applied Acoustics. – 2019. – Vol. 144. – Multidimensional identification of resonances analysis of strongly nonstationary signals, case study. – P. 51-63.

22. Burdzik R. A comprehensive diagnostic system for vehicle suspensions based on a neural classifier and wavelet resonance estimators / R. Burdzik. – DOI 10.1016/j.measurement.2022.111602 // Measurement. – 2022. – Vol. 200. – P. 111602.

23. Carvalho L. A new methodology for detection of a loose or worn ball joints used in vehicles suspension system / L. Carvalho, S. Santos, C. Ferreira. – Text : electronic. – 2017.

24. Transfer Learning Based Fault Detection for Suspension System Using Vibrational Analysis and Radar Plots / S.A. Sai, S.N. Venkatesh, S. Dhanasekaran [et al.]. – DOI 10.3390/machines11080778 // Machines. – 2023. – Vol. 11. – № 8. – P. 778.

25. Shahab M.A novel fault diagnosis technique based on model and computational intelligence applied to vehicle active suspension systems / M. Shahab, M. Moavenian. – DOI 10.1002/jnm.2541 // International Journal of Numerical Modelling: Electronic Networks, Devices and Fields. – 2019. – Vol. 32. – № 3. – P. e2541.

РАЗРАБОТКА РОБОТИЗИРОВАННОГО МОДУЛЯ ПО ПРИГОТОВЛЕНИЮ КОКТЕЙЛЕЙ ТИПА ЛОНГИ

Ван Юйшань[1], Поберезкина Е.Е.[2], Лебедев К.В.[3]
[1] ТПУ, ИШИТР, гр. 158Т11, e-mail: vy012@tpu.ru
[2] ТПУ, ИШИТР, ОАР, старший преподаватель, e-mail: eep15@tpu.ru
[3] ТПУ, ИШИТР, ОАР, гр. 8Е02, email: kvl13@tpu.ru

Аннотация

В работе представлены литературный обзор и результат патентного поиска по данной тематике, а также анализ существующих популярных напитков с целью выявления требуемых ингредиентов. Представлены описание и структурная схема разрабатываемого решения.

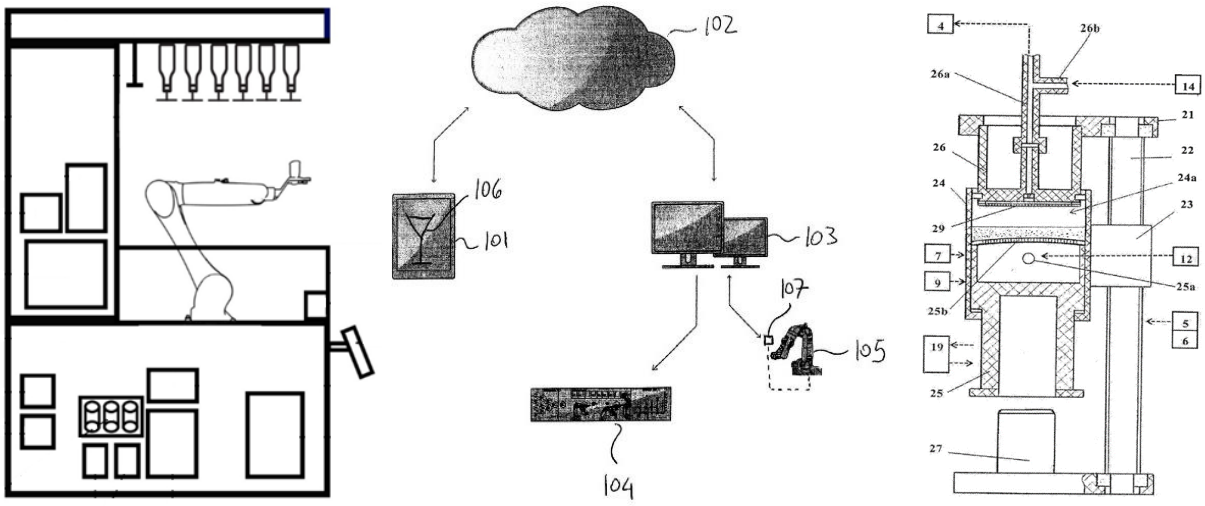
Ключевые слова: автоматизация общественного питания, лонги, робот-бармен, фуд-юнит, роботизированный модуль.

Введение

С развитием прогресса новые технологии проникают во все сферы жизни человека, в том числе в общественное питание. Роботизация заведений общественного питания поможет улучшить уровень обслуживания заведений, а также привлечет новых посетителей в силу новизны используемых решений. В настоящее время на рынке представлено множество решений по роботизации бара. Так, например, компания в Милане разработала робота, который смешивает напитки и коктейли, и применяет его в местных барах. Одна роботизированная рука смешивает напитки и коктейли, а другая помогает разливать их по чашкам [1]. TRX-Hand — новейшая разработка в области робототехники, анонсированная Tencent Robotics, которая тоже может готовить напитки [2]. Также имеется множество запатентованных решений. Первое найденное изобретение (рис. 1а) относится к автоматизированным производственным линиям по приготовлению пищевых продуктов, в частности напитков, и может быть использовано в общественных местах для оптимизации человеческого труда или замены персонала [3]. Следующее изобретение (рис. 1б) относится к интерактивной роботизированной станции для приготовления напитков [4]. Еще одно изобретение относится к торговому оборудованию и может быть использовано для организации круглогодичной уличной торговли молоком, торговли молоком в помещениях, а также для создания сети торговых точек по продаже молока с единым центром управления [5]. Также есть группа изобретений (рис. 1в), которые относятся к автоматическому кофейно-чайному аппарату и способу заваривания кофе и чая [6].

Большинство найденных решений по роботизации бара основаны на использовании одного и более манипуляторов. Процесс приготовления напитков в таких роботизированных барах не подразделяется по типу напитков, т.е. манипуляторы готовят коктейли различных типов (шоты и лонги), наливают пивные напитки и др. Это приводят к временным задержкам, а также дороговизне решения в силу использования манипуляторов.

Описываемое в данной работе решение является частью концепции роботизированного бара модульного типа [7]. Предлагаемая концепция роботизированного бара разделяет приготовление напитков по их типам и исключает манипуляторы из процесса приготовления. Модульный подход позволит обеспечить эффективное по времени приготовление, поскольку каждый модуль будет разработан под особенности приготовления разных видов напитков. Кроме того, появится возможность параллельного обслуживания клиентов. Также безусловный плюс данного предложения (с точки зрения системы лояльности и выгоды для потенциальных покупателей), это постепенное внедрение роботизации в заведение общественного питания, так как модули могут работать как по отдельности, так и вместе в системе. Об актуальности представленной разработки свидетельствует количество баров: в г. Томске насчитывается 137 баров [8], в России более 176 000 баров [9], а в Китае более 60 000 баров [10].



(а) (б) (в)

Рис. 1. Найденные запатентованные решения

Опираясь на принципы и задачи работы бармена, были выделены следующие составляющие роботизированного бара:

- модуль приема заказа;
- модуль связи с базой данных приложения бухгалтерского учета;
- роботизированный модуль по приготовлению коктейлей типа шоты [11];
- роботизированный модуль по приготовлению коктейлей типа лонги;
- роботизированный модуль выдачи заказа;
- роботизированный модуль промыва посуды.

В данной работе представлен этап разработки роботизированного модуля по приготовлению коктейлей типа лонги.

Описание разрабатываемого решения

Существует два типа коктейлей: лонги и шоты. Шоты – небольшие по объему напитки (60 мл), часто готовятся слоенными. Лонги – алкогольный коктейль достаточно большого объёма (более 120 мл, средний объём – 160-400 мл). Обычно готовится с большим количеством льда, поэтому пьётся долго, по мере таяния льда, через трубочку. Общий процесс приготовления такого напитка, следующий: в стакан объемом 350 мл добавляется лед, основные ингредиенты, хорошо перемешивается, а затем добавляются дополнительные съедобные ингредиенты.

Для определения количества основных ингредиентов был проведен анализ рецептуры известных напитков и выделены популярные коктейли, у которых максимальное совпадение по ингредиентам (таблица 1).

Таблица 1

Анализ рецептуры популярных напитков

№	Коктейль	Ингредиент 1	Ингредиент 2	Ингредиент 3	Ингредиент 4	Ингредиент 5	Ингредиент 6	Ингредиент 7
1	**Мохито**	белый ром	сахарный сироп	содовая	лайм	мята	лед	
2	**Мохито безалкогольный**	сахарный сироп	содовая	мята	лед			
3	**Апероль шприц**	апероль	просекко	содовая	апельсин	лед		
4	**Маргарита**	серебряная текила	трипл сек	сахарный сироп	лаймовый сок	лайм	соль	лед
5	**Джин тоник**	сухой джин	тоник	лайм	лед			

6	**Дайкири**	белый ром	сахарный сироп	лаймовый сок	лед			
7	**Куба либре**	золотой ром	лаймовый сок	кола	лайм	лед		
8	**Текила санрайз**	серебряная текила	гренадин	апельсиновый сок	апельсин	лед		
9	**Отвертка**	водка	апельсиновый сок	апельсин	лед			
10	**Том коллинз**	сухой джин	сахарный сироп	лаймовый сок	содовая	апельсин	лед	
11	**Мартини тоник**	белый вермут	тоник	лайм	лед			
12	**Водка тоник**	водка	лаймовый сок	тоник	лимон	лед		
13	**Ром кола**	белый ром	лаймовый сок	кола	лайм	лед		
14	**Лондонский мятный свизл**	сухой джин	сахарный сироп	лаймовый сок	содовая	мята	лед	

Таким образом, в разрабатываемом решении будет минимум 16 основных ингредиентов, а также 6 дополнительных съедобных ингредиентов: лайм, мята, апельсин, соль, лимон, лед.

Пояснительный рисунок для разрабатываемого решения представлен на рисунке 2.

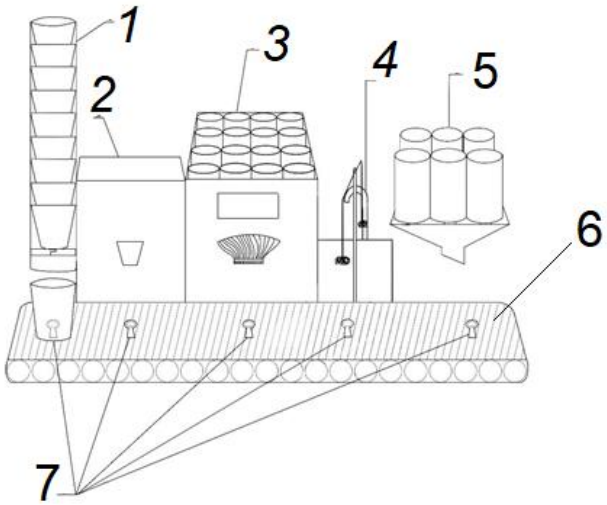


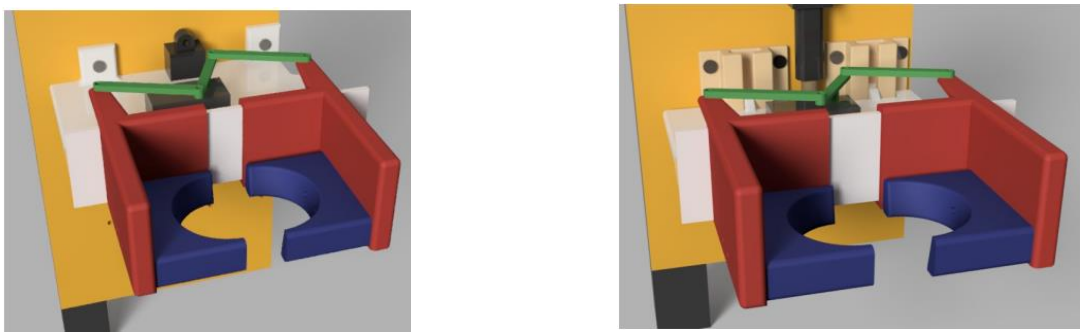
Рис. 2. Пояснительный рисунок:
1 – устройство выдачи посуды; 2 –устройство по добавке льда; 3 – основные ингредиенты;
4 – двухголовочный миксер; 5 – дополнительные ингредиенты; 6 – конвейерная лента;
7 – датчики препятствия

Опираясь на алгоритм приготовления напитков, было принято решение выделить 5 основных станций:

- станция по выдаче бокалов;
- станция по добавке льда;
- станция по добавке основных ингредиентов;
- станция по смешиванию;
- станция по добавке дополнительных ингредиентов.

Переход между станциями осуществляется с помощью ленточного конвейера. Позиционирование бокала на каждой станции происходит с помощью датчиков препятствия. Благодаря использованию конвейера, станет возможным поточное приготовление напитков очередью, что сократит время выдачи заказа. В качестве станции выдачи бокалов будет использоваться решение,

разработанное для роботизированного модуля по приготовлению коктейлей типа шоты (рис. 3 и 4). Для подъема и спуска используется линейный привод, для раскрытия схвата – сервопривод.



(а) (б)

Рис. 3. Модель устройства выдачи бокалов:
а – устройство верхнего схвата; б – устойство нижнего схвата

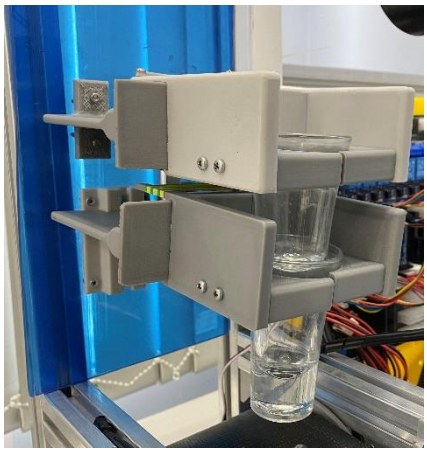


Рис. 4. Собранное устройство по выдачи бокалов

Станция по добавке льда будет оснащена морозильной камерой для поддержания температуры. Для подачи основных ингредиентов будут использованы электромагнитные клапаны, а для учета ингредиентов расходомеры. В качестве станции смешивания будет установлен двухголовочный миксер, с обязательной функцией промыва, для исключения попадания остатков ингредиентов с прошлого напитка в текущий. На станции по добавке дополнительных ингредиентов будут установлены контейнеры с задвижками.

После того как были выделены все необходимые исполнительные элементы, была разработана структурная схема, представленная на рисунке 3.

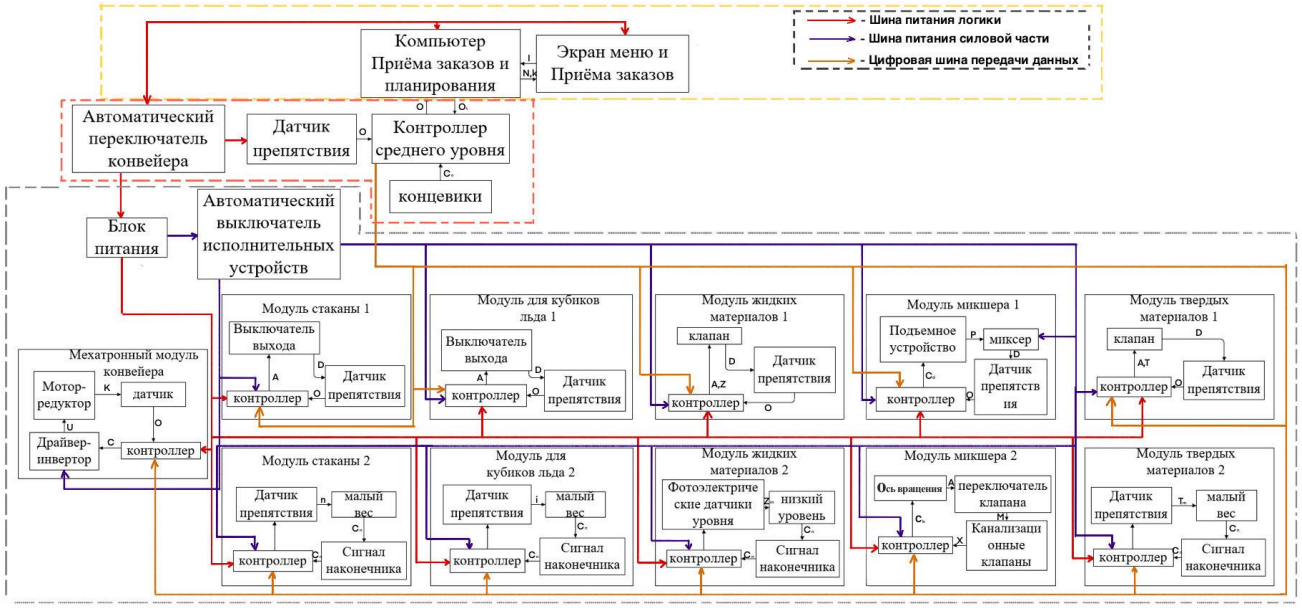


Рис. 3. Структурная схема:

N – номер коктейля; k – количество коктейлей; I – информация о заказе; $C_{d,b}$ – сигналы с датчиков на станции смешивания; O – сигналы с датчиков препятствия; A – сигналы на открытия клапанов; Z – информация о расходе основных ингредиентов; Z_m – информация о наличии основных ингредиентов; T – информация о расходе дополнительных ингредиентов; T_m – информация о наличии дополнительных ингредиентов; n – количество стаканов; i – количество льда

Заключение

В ходе работы был произведен литературный обзор и патентный поиск, произведен анализ рецептуры популярных напитков, разработана концепция и структурная схема предлагаемого решения. В дальнейшем планируется произвести расчет и выбор исполнительных элементов, разработать 3D-визуализацию предлагаемого решения, а также разработать необходимую конструкторскую документацию для сбора прототипа данного модуля.

Список использованных источников

1. Компания в Милане // KUKA: сайт. – 2024. – URL:https://www.kuka.com/.
2. Информация о TRX-Hand // Tencent обращается к барменам: сайт. – 2023. – URL: https://zhuanlan.zhihu.com/p/625563607.
3. Изобретение № 1, найденное в ФИПС // Роботизированный комплекс для приготовления напитков: сайт. – 2020. – URL: fips.ru/iiss/document.xhtml?faces-redirect=true&id=c63d7ac8dc776718c682bd1872573c76.
4. Изобретение № 2, найденное в ФИПС //, Интерактивная роботизированная станция для приготовления и выдачи напитка, в частности коктейля: сайт. – 2014. – URL: https://www.fips.ru/iiss/document.xhtml?faces-redirect=true&id=e2d3e1cc3fed82a79586efd6aeb6da42.
5. Изобретение № 3, найденное в ФИПС //, Сетевой торговый робот "молокобот": сайт. – 2018. – URL: https://www.fips.ru/iiss/document.xhtml?faces-redirect=true&id=73b312a1f6e839b6fa922218542f3ef0.
6. Изобретение № 4, найденное в ФИПС // АВТОМАТИЧЕСКИЙ КОФЕЙНО - ЧАЙНЫЙ АППАРАТ: сайт. – 2010. – URL: fips.ru/iiss/document.xhtml?faces-redirect=true&id=23e31f98a1277a5de95b66b9ccb5922d.
7. Петрова, Екатерина Евгеньевна. Разработка концепции роботизированного бара модульного типа / Е. Е. Петрова // Молодежь и современные информационные технологии сборник трудов XVIII Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, 22-26 марта 2021 г., г. Томск: / Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Инженерная школа информационных технологий и робототехники; под ред. Н. Г. Маркова [и др.]. – Томск: Изд-во ТПУ. – 2021. – [С. 396-397]. – Заглавие с титульного экрана. – [Библиогр.: с. 397 (3 назв.)].
8. Информация о развитии баров в Томске // Бары-где можно отдохнуть в Томске: сайт. – 2023. – URL: https://baryvse.ru/tomsk.
9. Информация о развитии баров в России // Количество ресторанов и баров в РФ превысило допандемийный уровень: сайт. – 2022. – URL: https://www.retail.ru/news/kolichestvo-restoranov-i-barov-v-rf-prevysilo-dopandemiynyy-uroven-28-sentyabrya-2022-220944/.

10. Информация о развитии баров в Китае // В Китае более 60 000 баров: сайт. – 2021. – URL: http://www.k98.pub/article40/article2471.html.

11. Петрова, Екатерина Евгеньевна. Разработка роботизированного модуля по приготовлению коктейлей типа шоты в рамках системы роботизированного бара / Е. Е. Петрова, Н. Поберезкин // Молодежь и современные информационные технологии сборник трудов XIX Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, 21-25 марта 2022 г., г. Томск: / Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Инженерная школа информационных технологий и робототехники ; ред. кол. А. Ю. Дёмин, Н. Г. Марков, В. Г. Спицын [и др.]. – Томск: Изд-во ТПУ. – 2022. – [С. 283-284]. – Заглавие с титульного экрана. – [Библиогр.: с. 284].

Я В БПЛА ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ДРОНОВ

Гелимов А.И.[1], Изотов А.Ю.[1], Попов В.Н.[2]
[1] Томский политехнический университет, ИШИТР, 8К13, e-mail: aig22@tpu.ru
[2] Томский политехнический университет, ИШИТР, доцент

Аннотация

В работе рассматривается задача использования компьютерного зрения в беспилотных летательных аппаратах для распознавания различных дронов. В качестве примера распознаваемых объектов приведены дроны вертолетной компоновки. Для реализации компьютерного зрения используется сверточная нейронная сеть U-Net, которая решает задачу классификации объектов с помощью семантической сегментации изображений.

Ключевые слова: беспилотные летательные аппараты, компьютерное зрение, свёрточные нейронные сети.

Введение

Развитие беспилотных летательных аппаратов (БПЛА, дроны) в последние годы привело к значительному увеличению их применения в различных отраслях, например, при тушении пожаров, доставке грузов, в мониторинге окружающей среды и т.п. Дроны не только приносят пользу в различных сферах, но и могут быть инструментом неправомерного использования и нанести экономический ущерб. В связи с малыми размерами и тихой работой, их использование отследить довольно тяжело. Даже в случае обнаружения подобного дрона возникают сложности с его нейтрализацией.

Для защиты от дронов-нарушителей существует различные способы. Новое направление в борьбе с БПЛА – использование против них дронов-охотников, которые представляют из себя FPV-дроны и управляются пилотами с земли [1]. Но такой способ работает только при высоком уровне мастерства оператора FPV-дрона. С недавних пор в средствах массовой информации стали появляться сообщения о начале использования БПЛА с компьютерным зрением и автозахватом целей. На текущий момент эта технология еще считается «сырой», но уже показала эффективность в ряде сфер применения [2–5]. БПЛА, оснащенные системами компьютерного зрения и автозахвата целей, позволят эффективно пресекать подобные попытки нарушения в автономном режиме. Актуальность этой проблемы усиливается по мере роста доступности и простоты использования БПЛА. Подобные аппараты могут использоваться не только для аэросъемки предприятий, но и для сбора конфиденциальной информации, следя за деятельностью компаний или государственных учреждений. Интеграция технологии компьютерного зрения в БПЛА обеспечивает более надежную защиту воздушного пространства в автономном режиме от «нежелательных» дронов. Также стоит упомянуть о возможности использования компьютерного зрения совместно с оператором БПЛА, в качестве цифрового ассистента, это позволит уменьшить нагрузку на операторов БПЛА и увеличит эффективность работы.

Применение БПЛА для охраны бесполетной зоны

Основную массу БПЛА представляют дроны квадракоптерной компоновки с установленной на них камерой высокого разрешения. Данные дроны имеют малую заметность в связи с небольшими габаритами и тихой работой. Также необходимо учесть небольшой запас хода и возможность зависать на одном месте. Менее распространёнными являются БЛПА самолётного типа с камерой высокого разрешения и с оптикой большой кратности. Основными особенностями данных дронов является высокая скорость и большая высота полёта.

Для обеспечения безопасности существуют следующие методы:

– Дрон-охотник несёт на себе направленную систему радиоэлектронной борьбы и, подлетая к дрону-нарушителю, глушит его связь.

– Дрон-охотник несёт на себе блок патронов с картечью или мелкой дробью и, подлетая к дрону-нарушителю, занимает позицию над ним и производит отстрел части или всего блока.

– Дрон-охотник несёт на себе заряд с сеткой и, подлетая к дрону-нарушителю, занимает позицию над ним и производит отстрел сетки. Сеть прикреплена к самому дрону-охотнику и в случае возможности он доставит дрон-нарушитель на базу.

– Дрон-охотник не несёт на себе дополнительных модулей и при нахождении дрона-нарушителя физически сталкивает его с курса. Данный вариант является самым простым в реализации, но самым дорогим в плане обслуживания системы.

Так же стоит отметить способы обнаружения и наведения на БПЛА, нарушившего бесполётный режим:

– На охраняемой территории или её периметре находится устройство обнаружения БЛПА по посылаемым ему радиосигналам. При обнаружении данным устройством признаков наличия дрона-нарушителя в пространстве над охраняемой территорией, в воздух подымается дрон-охотник и начинает патрулировать территорию по заранее заданному курсу в поисках БПЛА. Для этого он занимает высоту в 150-200 метров и с помощью систем компьютерного зрения находит дрон-нарушитель. В случае обнаружения БПЛА, он начинает сближение с ним со стороны верхней полусферы и параллельно проверяет точность обнаружения, для избежания ошибок. После, начинается физическое сдерживание дрона-нарушителя.

– На охраняемой территории находится станция автоматической зарядки БПЛА. Над территорией постоянно патрулируют один или несколько дронов-охотников. В случае малого заряда батарей они возвращаются на базу для подзарядки, а их место занимает дрон-охотник, который до этого стоял на данной станции. В случае обнаружения дрона-нарушителя, дрон-охотник начинает сближение с ним со стороны верхней полусферы и параллельно проверяет точность обнаружения, для избежания ошибок. После начинается физическое сдерживание дрона-нарушителя.

Выбор способа обнаружения и наведения зависит от множества внешних факторов, но в основном это территория, которую необходимо патрулировать.

Реализация распознавания объектов при помощи компьютерного зрения

В БПЛА с использованием компьютерного зрения распознавание объектов происходит на основе алгоритмов искусственного интеллекта. Данная система имитирует зрение человека, с целью выделения объектов с информационными признаками. Система позволяет произвести разделение изображения на отдельные однородные образы. В результате работы системы реализуется систематизация выделенных образов и определяются границы между образами.

В данной работе в качестве реализации компьютерного зрения используется сверточная нейронная сеть (СНС). При необходимости, СНС можно будет обучить и на другие цели.

Задачу классификации объектов в компьютерном зрении решает семантическая сегментация изображений. Целью семантической сегментации изображения является маркировка каждого пикселя изображения соответствующим классом. В отличие от таких задач как, например, классификация изображений, классификация с локализацией и обнаружение объектов, ожидаемый результат в семантической сегментации – это не просто метки и параметры ограничивающего прямоугольника. Сам вывод представляет собой изображение с высоким разрешением (обычно такого же размера, что и входное изображение), в котором каждый пиксель классифицируется по определенному классу. Таким образом, семантическая сегментация изображений – это классификация изображений на уровне пикселей.

В дронах-охотниках эффективность обнаружения и точность наведения на цель играют важную роль. В этом смысле семантическая сегментация выгодно отличается от обнаружения объектов или классификации с локализацией, поскольку маски сегментации дают более точное положение объекта, чем ограничивающие прямоугольники, которые могут включать в себя соседние области. Семантическая сегментация также позволяет выявлять целевые объекты в различных условиях, таких как изменения освещения или разнообразные фоны. Благодаря точному определению области цели без ограничивающих рамок, повышается точность захвата и снижается вероятность ошибок. Кроме того, существует более сложный вариант сегментации – это сегментация экземпляра. В задаче сегментации экземпляров наряду с классификацией на уровне пикселей система будет классифицировать каждый экземпляр класса отдельно.

Для семантической сегментации изображений существует множество классических сетей, таких как U-Net, SegNet, FCN, DeepLab, Mask Rcnn, Hed Net, RefineNet. В данной работе для решения задачи семантической сегментации была выбрана сеть U-Net. По данным многих конкурсов по сегментации

изображений, большинство победителей используют U-Net модель. У сети U-Net есть много преимуществ. Самым большим преимуществом является то, что на основе этой сети можно обучить хорошую модель на небольших наборах данных. Это преимущество подходит для данной задачи. Кроме того, сеть U-Net также быстра в скорости обучения, что также подходит для проектов, которые требует короткого времени для получения результатов.

В данной работе решается задача по применению компьютерного зрения для автономного распознавания дронов-нарушителей. Для этого необходимо научить СНС распознавать различные БПЛА. Для обучения использовался набор данных с аэрофотоснимками БПЛА. Набор данных имеет два типа файлов: формат .jpg, который содержит аэрофотоснимки, и формат .png, который содержит замаскированные изображения файлов .jpg, которые будут использоваться в качестве данных для модели. Набор данных содержит 240 изображений. Изображения в наборе данных имеют разное разрешение. Поэтому, чтобы передать данные в модель, необходимо сделать все изображения одинакового размера. В модели использовались изображения размером 512x512 пикселей. Обрезка фотографий вместо их масштабирования позволяет создавать больше данных для модели, разбивая большие изображения на маленькие фрагменты, а также дает более точные прогнозы, чем изменение размера изображений. Данные были разбиты на обучающую и тестовую выборки в соотношении 85 % на 15 %.

Обучение модели проводилось на базе Google Compute Engine (GPU) с оперативной памятью графического процессора 15 GB. Обучение занимало около 5 минут. Модель обучалась по 30 эпохам с размером пакета 16 изображений.

В качестве метрики качества работы модели использовался индекс Жаккара, также называемый метрикой IOU (пересечение по объединению) и применяемый при семантической сегментации изображений. Среднее значение IOU на валидационной выборке составило 0,6.

На рисунке 1 представлены графики потерь и точности на обучающей и валидационных выборках. На графиках видно, что с увеличением количества эпох обучения потери продолжают уменьшаться, а точность увеличиваться.

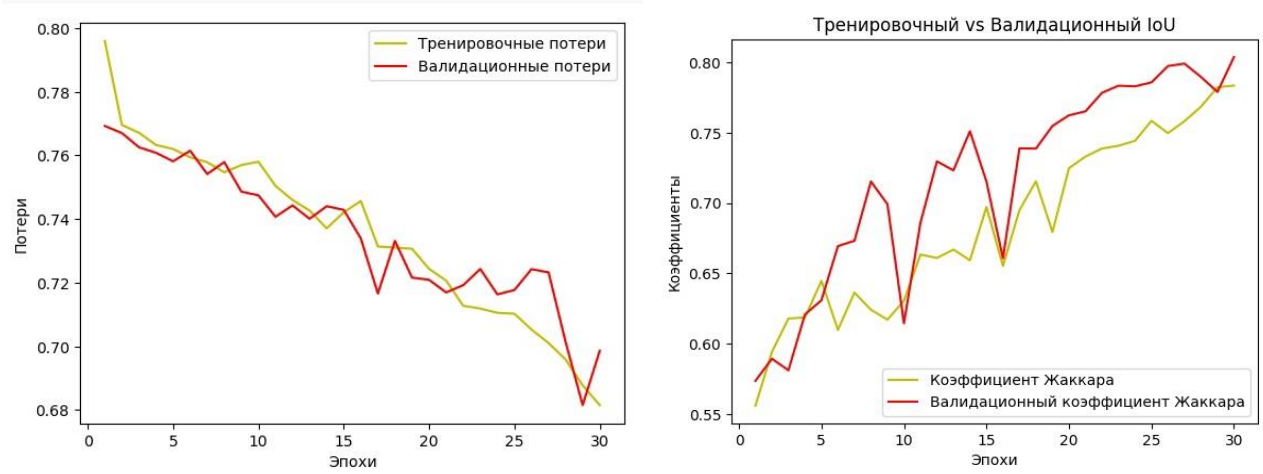


Рис. 1. Графики потерь и точности

На рисунке 2 представлены результаты работы модели, в формате исходное изображение, размеченное изображение, предсказанное изображение.

Обработка одного изображения размером 512x512 пикселей на базе Google Compute Engine (GPU) с оперативной памятью графического процессора 15 GB занимало в среднем 25 мс. В таком случае, обработка изображения размером 1024x1024 пикселей заняло бы в 4 раза больше времени, а именно 100 мс. С учетом средней скорости сближения дрона-охотника с дроном-нарушителем 50-100 км/ч цикл обновления изображений будет происходить каждые 1,5-3 м., что является достаточным в рамках данной задачи. В этом случае, в качестве вычислительного ресурса на БПЛА для реализации компьютерного зрения можно использовать миникомпьютеры с возможностью использования графического процессора для ускорения работы нейронной сети.

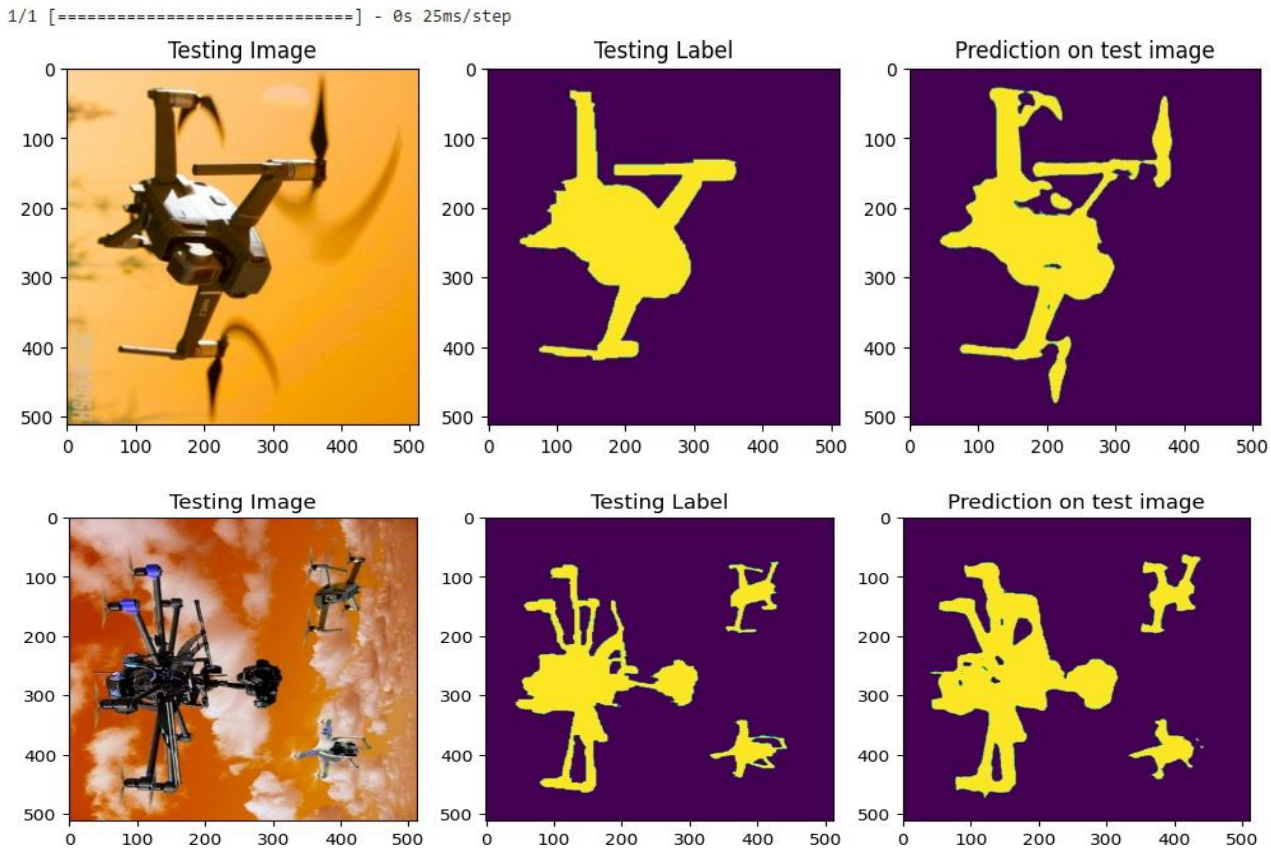


Рис. 2. Результаты работы модели

Заключение

Внедрение компьютерного зрения в БПЛА, предназначенные для охраны воздушного пространства, является важным шагом в повышении эффективности и автономности таких систем. В рамках данного проекта была проведена реализация компьютерного зрения в БПЛА с применением сверточной нейронной сети U-Net. Обученная модель успешно определяла и классифицировала БПЛА, демонстрируя высокую точность среднего значения коэффициента пересечения по объединению (IOU) на валидационной выборке, составившую 0,6.

Этот подход к обнаружению и захвату целей с использованием семантической сегментации обеспечивает необходимую точность и надежность в различных условиях и сценариях работы. Дальнейшее развитие проекта предполагает возможность обучения сверточной нейронной сети на различные цели и реализацию более сложных методов сегментации, включая сегментацию экземпляра. Эти усовершенствования позволят повысить адаптивность и эффективность БПЛА, обеспечивая им возможность успешно выполнять миссии по охране воздушного пространства в реальном времени.

Список использованных источников

1. Противодроновый дрон или Дрон-перехватчик // Наука и техника: сайт. – 2021. – URL: https://naukatehnika.com/protivodronovyj-dron.html

2. Али Б. Алгоритмы навигации беспилотных летательных аппаратов с использованием систем технического зрения / Б. Али, Р.Н. Садеков, В.В. Цодокова // Гироскопия и навигация. – 2022. – Т. 30, № 4(119). – С. 87-105. – DOI 10.17285/0869-7035.00105.

3. Матюха С.В. Искусственный интеллект в беспилотных авиационных системах // Транспортное дело России. – 2022. – №1. – С. 8-11.

4. Мустаев, А.Ф. Использование технологии "Машинного зрения" для управления БПЛА / А.Ф. Мустаев // Вестник науки. – 2019. – Т. 5, № 12(21). – С. 195-198.

5. Зоев И. В. Интеллектуальная система компьютерного зрения беспилотных летательных аппаратов для мониторинга технологических объектов предприятий нефтегазовой отрасли / И.В. Зоев, Н.Г. Марков, С.Е. Рыжова // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2019. – Т. 330, № 11. – С. 34-49. – DOI 10.18799/24131830/2019/11/2346.

РАЗРАБОТКА СЕНСОРНОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ ДАТЧИКА ТОКА

Дотти П.[1], Поберезкин Н. И.[2],
[1] ТПУ, ИШИТР, гр. 8Е11, e-mail: pablo1@tpu.ru
[2] ТПУ, ИШИТР, ассистент ОАР, e-mail: nip6@tpu.ru

Аннотация
Процесс разработки сенсорной системы на основе датчика тока по принципу шунтирования.

Ключевые слова: Датчик тока, шунт, операционный усилитель, микросхема.

Введение

Датчик тока – это устройство, которое измеряет величину электрического тока. Он используется в различных отраслях промышленности, включая электроэнергетику, машиностроение, производство и здравоохранение. Измерение величины тока является важным параметром при управлении, регулировании и диагностике различного рода электрических цепей, установок и производственных процессов. Датчики тока позволяют в реальном времени получать обратную связь о фактическом значении тока, текущем в цепи или системе. Это необходимо для контроля соответствия тока заданным параметрам, предотвращения перегрузок оборудования и срабатывания защитных механизмов при превышении допустимых пределов. Таким образом, датчики тока играют важную роль в обеспечении надёжной и безопасной работы технических устройств.

Исходя из этого, была подставлена задача разработать сенсорную систему для измерения тока электродвигателей постоянного тока. Система должна была обладать совокупностью характеристик, обеспечивающих низкую стоимость, воспроизводимость результатов, измерение тока в двух направлениях (от -3 до +3 А) без влияния на сигнал в цепи и формирование выходного напряжения в диапазоне от 0 до 3,3 В.

Описание работы

На сегодняшний момент существует много разных способов измерения тока: наиболее точным, является метод шунтирования, поскольку измеряемый ток напрямую протекает через часть измерительной системы – шунт. Шунт – это резистор с точно определённым, низким сопротивлением. Метод шунтирование заключается в измерении падения напряжения через шунт, чтобы по закону Ома можно было рассчитать протекающий ток через него. Шунт должен быть последовательно подключен с нагрузкой чтобы ток через них был равным. На первом этапе разработки датчика необходимо рассчитать основные параметры шунта – такие как мощность, сопротивление и падение напряжения на шунте. Для этого используется формулы приведены ниже:

$$P = R \cdot I^2 \rightarrow R = \frac{P}{I^2} = 0{,}11\,Ом,$$

$$U = I \cdot R = 0{,}1\ В,$$

где P – выделяющаяся мощность, R – сопротивление шунта и I – максимальный ток системы.

Ввиду малого сопротивления шунта, данное падения будет незначительным, по сравнению с остальной нагрузкой системы, поэтому для измерения данного падения необходимо его усиливать. В основном для усиления сигнала падения напряжения используют операционные усилители.

Чтобы провести выбор операционного усилителя нужно иметь в ввиду что, при управлении направлением вращения вала ДПТ ток меняет свое направление. Поэтому датчик тока должен измерять ток в обоих направления. Для датчика изменение направление движения тока будет означать смену его знака. Поэтому усилитель в системе должен выполнять смешение значения на выходе датчика, то есть осуществлять симметричный диапазон измерения в положительном и отрицательном направлении. С этой целью был использован усилитель под названием «дифференциальный усилитель», схема которого показана на рисунке 1.

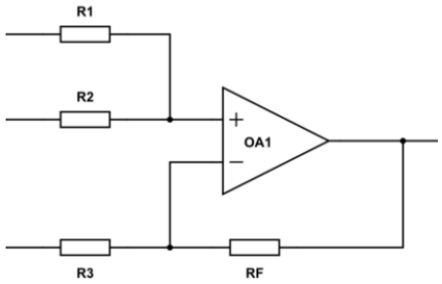


Рис. 1. Схема дифференциального усилителя [1, 4]

Коэффициент усиления на системе можно рассчитать по формуле (1):

$$U_{out} = \frac{1}{R_3}\left(\left(R_3 + R_F\right)\left(\frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot U_1 + \frac{R_2}{R_2 + R_1} \cdot U_2 \right) - R_F \cdot U_3 \right) \quad (1)$$

где U_1 – это напряжение на входе через R_1, U_2 – это напряжение на входе через R_2, U_3 – это напряжение на входе через R_3. При условии, что $R_1 = R_2$ и $R_F = R_1$ формулу (1) можно сократить и получается формула (2):

$$U_{out} = \left((U_3 - U_2)\frac{R_F}{R_3} \right) + U_1 \quad (2)$$

На формуле 2 можно заметить, что напряжение U_2 вычитается из напряжения U_3. Именно эта характеристика нужна для измерения падения напряжения на шунте. Вход U_3 подключается к одному концу шунта, а вход U_2 – к другому. Исходя из формулы 2, необходимо рассчитать напряжение U_1, которое отвечает за смещение и характеризуют нулевое значение тока:

$$U_1 = U_{ref} = \frac{U_{\max_ADC}}{2} = 1{,}65\ B.$$

Для схемотехнической реализации данного напряжение, относительно исходного опорного напряжения питания в 5 вольт, использована схема делителя напряжения показана на рисунке 2, где $U_{выходное}$ равно 1.65 В и $U_{входное}$ равно 5 В.

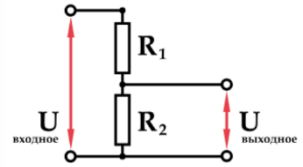


Рис. 2. Схема делителя напряжения

Значения сопротивления были рассчитаны по формуле:

$$U_{in} = U_{out}\left(\frac{R_2}{R_2 + R_1} \right).$$

В качестве результата расчета R_1 = 20 кОм и R_2 = 10 кОм.

Поскольку сигнал с делителя напряжения может быть нестабильным, произведена его стабилизация с применением схемы на базе операционного усилителя в режиме «повторитель напряжения». Повторитель напряжения — это специальный вариант неинвертирующего усилителя с коэффициентом усиление равным единице, схема которого показана на рисунке 3.

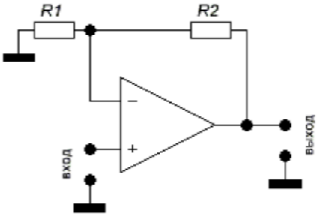


Рис. 3. Схема не-инвертирующего усилителя

Коэффициент усиления напряжение неинвертирующего усилителя рассчитается по формуле:

$$k = 1 + \frac{R_2}{R_1},$$

где k – это коэффициент усиления. Так как нужен повторитель напряжения оба сопротивления должны быть равны нулю.

После вышеприведённых расчетов определяется коэффициент усиления для дифференциального усилителя по формуле, показанной ниже:

$$k = \frac{U_{out} - U_{ref}}{R_{shunt} \cdot I_{\max}} = \frac{3,3 - 1,65}{0,1 \cdot 3} = 5,5 \quad (3)$$

где k – коэффициент усиления, U_{out} – максимальное допустимое напряжение на выходе датчика, R_{shunt} – сопротивление шунта и I_{max} – максимальный измеряемый ток. Этот коэффициент усиления равен отношению R_F к R_3 из (2). Для соблюдения этого отношения значения R_F и R_3 равны 7,25 кОм и 1,3 кОм, соответственно. Схема LM358P была использована в связи с тем, что она общедоступна, она дешевая и для датчика требуются два операционных усилителя.

Следующим этапом разработки стало моделирование рассчитанной схемы в среде Multisim 14. Этап моделирования необходим для проверки расчетов и демонстрации работы схемы. Результаты моделирования показали, что все расчеты были правильно проведены, и усилитель работает как рассчитано. В процессе моделирования было установлено появление высокочастотного шума, и для его компенсаций использован фильтр низких частот. В качестве фильтра был использован RC фильтр [2].

Так как датчик тока будет использоваться в многих системах были установлены конденсатор ёмкости 0,33 мкФ и потенциометр 1 кОм в качестве переменного сопротивления для того, чтобы можно было настраивать частоту среза фильтра под задачу.

Следующим этапом стала проверка работы и тестирование схемы на макете. Так как при тестировании датчик не достиг на выходе напряжения меньше 0,6 В была применена микросхема ICL7660 для питания усилителя с положительным и отрицательным напряжением. ICL7660 является преобразователем напряжения, способным преобразовать напряжение с +U в -U. В связи с погрешностями компонентов было необходимо изменить значение сопротивления R3 на 1,775 кОм с целью снижения коэффициента усиления. Конечная принципиальная схема датчика показана на рисунке 4 и список компонентов показан в таблице 1.

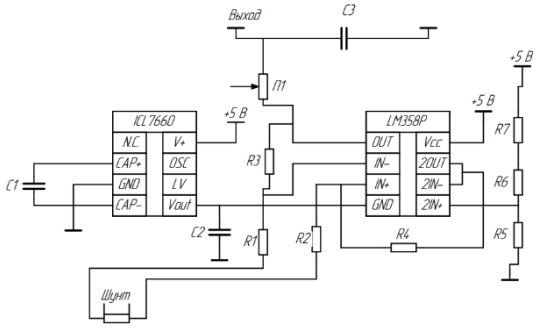


Рис. 4. Принципиальная схема датчика тока и таблица компонентов

Таблица 1

Список компонентов

Компоненты	Значения
R1, R2	1,3 кОм
R3, R4	7,5 кОм
R5, R6, R7	10 кОм
C1, C2	10 мкФ
C3	0,33 мкФ
П1	1 кОм

Следующим этапом стал процесс тестирования датчика. Результаты измерения допустимых переделов показаны в таблице 2.

Таблица 2

Результаты измерения допустимых пределов тока

Проверка на	Ток, протекающий через датчик (А)	Напряжение на выходе датчика (В)
Нижний предел	-3,1	0,17
Нулевой ток	0	1,65
Верхний предел	3,1	3,04

Как можно заметить, был установлен небольшой запас с целью предотвращения возникновения отрицательного напряжения на выходе. С этими данными можно было рассчитать разрешение датчика по выражению:

$$\frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{3,04 - 0,17}{3,1 - (-3,1)} = 0,4629 \text{ В/А}.$$

Стоит отметить, что датчик действительно может пользоваться всем диапазоном АЦП микроконтроллера, однако для этого требуется большее потребление тока нагрузкой.

Последним этапом разработки стало тестирование RC фильтр нижних частот. Для этого были использованы генератор сигналов, для создания зашумленного сигнала, и осциллограф. Генератор сигналов был подключен к концам U_3 и U_2, а осциллограф к выходу и к входу фильтра. В качестве тестового сигнала был задан сигнал с частотой 10 кГц, так как при управлении электроприводами это самая распространенная частота ШИМ [3], и амплитудой 200 мВ. Результаты представлены на рисунках 5 и 6.

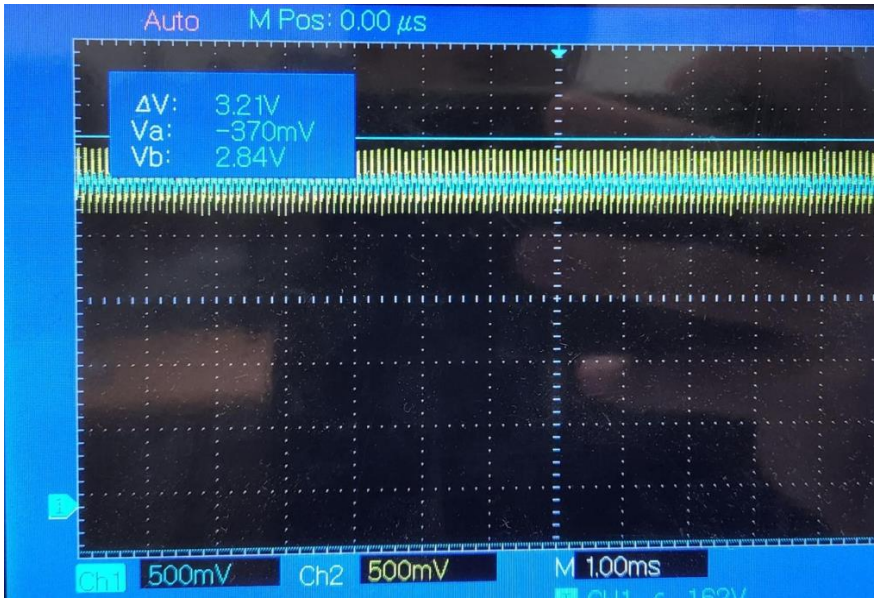


Рис. 5. Сигнал на осциллографе в диапазоне времени 100 мс

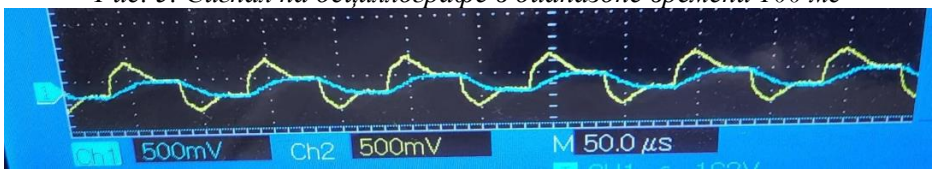


Рис. 6. Сигнал на осциллографе в диапазоне времени 50 мкс

На рисунках 5 и 6 сигнал желтого цвета представляет собой сигнал перед фильтрацией, а сигнал синего цвета – сигнал после фильтрации или на выходе датчика. Как можно заметить фильтр действительно работает и на выходе дает более плавный сигнал. Этот эффект можно усилить или уменьшить с помощью потенциометра на датчике. При этом, чем больше сопротивление (R) тем меньше полоса фильтрации, время переходного процесса возрастает, что показано в таблице 3.

Таблица 3

Результаты измерения частоты чтения датчика при разных сопротивлениях

Сопротивление (Ом)	Время переходного процесса (мс)	Максимальная частота чтения датчика (Гц)
129	0,82	1280
341	0,912	1230
17,1	0,672	2100

Заключение

В рамках данной работы была спроектирована, разработана, собрана и протестирована сенсорная система на основе датчика тока по принципу шунтирования. Данный датчик будет в будущем применяться в мобильных робототехнических системах для измерения тока в системе управления ДПТ, где можно будет настроить частоту среза фильтра для каждой системы

Список использованных источников

1. Creating a Bidirectional Current-Sense Amplifier from Two Unidirectional Current-Sense Amplifiers. // Analog Devices. – URL: https://www.analog.com/en/resources/technical-articles/creating-a-bidirectional-currentsense-amplifier-from-two-unidirectional-currentsense-amplifiers.html

2. Low-Pass Filter a PWM Signal into an Analog Voltage. // All About Circuits. – URL: https://www.allaboutcircuits.com/technical-articles/low-pass-filter-a-pwm-signal-into-an-analog-voltage/

3. Patel and M. Ferdowsi, "Current Sensing for Automotive Electronics – A Survey," in IEEE Transactions on Vehicular Technology. – vol. 58. – no. 8. – pp. 4108-4119. – Oct. 2009. – doi: 10.1109/TVT.2009.2022081. // Научная статья. – URL: https://www.researchgate.net/publication/224439603_Current_Sensing_for_Automotive_Electronics-A_Survey

4. Current-sense amplifiers. // Texas Instruments. – URL: https://www.ti.com/amplifier-circuit/current-sense/overview.html

Секция 5. Автоматизация технологических процессов и производств

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ И ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ

Гительман В.С.[1,2], Курганов В.В.[3]
[1] Томский политехнический университет, Инженерная школа информационных технологий и робототехники, 8ТМ22, e-mail: vsg16@tpu.ru
[2] АО «ТомскНИПИнефть», отдел АСУ ТП, инженер II категории, e-mail: GitelmanVS@tomsknipi.ru
[3] Томский политехнический университет, Инженерная школа информационных технологий и робототехники, доцент, e-mail: kurganov@tpu.ru

Аннотация

В работе описывается подход к управлению процессами посредством интеграции технологий Индустрии 4.0: Интернета вещей (беспроводной связи) и дополненной реальности. Разрабатывается архитектура системы автоматического управления с использованием беспроводного протокола MQTT. Осуществляется практическая реализация архитектуры на примере системы автоматического регулирования (САР). В результате разработано AR-приложение для мониторинга параметров и управления процессами.

Ключевые слова: беспроводная связь, дополненная реальность, автоматизированное рабочее место (АРМ), автоматизированная система управления технологическими процессами (АСУ ТП), AR-приложение.

Введение

В настоящее время на предприятиях происходит активное внедрение решений на базе современных технологий Индустрии 4.0. На производствах появляются интеллектуальные датчики, программируемые контроллеры, способные обмениваться информацией по беспроводным протоколам. Принято считать, что проводные технологии, являющиеся основой классической АСУ ТП, реализуемой с использованием традиционных промышленных протоколов передачи данных, считаются более надежными и безопасными [1]. Но прокладывание проводной связи на большие расстояния или в труднодоступные места может быть экономически нецелесообразно. В этом случае лучше использовать беспроводные технологии или интеграцию проводной и беспроводной связи.

Беспроводные протоколы дают дополнительные возможности как в мониторинге параметров, так и управлении процессами. Более того, такие протоколы позволяют легко масштабировать систему управления. Таким образом, актуальной является задача интеграции беспроводных протоколов Интернета вещей с классическими промышленными протоколами. Синергетический эффект интеграции данных протоколов позволит осуществлять мониторинг и контроль технологических параметров не только посредством классического стационарного АРМ оператора (персонального компьютера), но и с использованием мобильных АРМ (смартфонов/планшетов).

Целью работы является разработка и практическая реализация архитектуры АСУ ТП с использованием беспроводного протокола MQTT и технологий дополненной реальности на примере существующей САР температуры.

Разработка и практическая реализация АСУ ТП на основе беспроводных технологий

Классическая АСУ ТП строится на иерархической структуре, приведенной на рисунке 1.

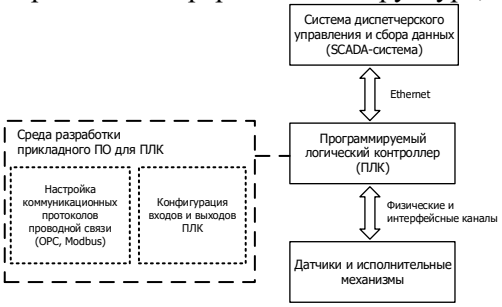


Рис. 1. Структурная схема традиционной АСУ ТП

Структурная схема АСУ ТП, приведенная на рисунке 1, может включать в себя аппаратное серверное и коммуникационное оборудование или же функции сервера могут быть реализованы программными средствами на базе SCADA-системы.

Несмотря на то, что данная структура АСУ ТП является традиционной и используется на многих предприятиях, она обладает рядом недостатков:

- не предусматриваются мобильные АРМ, которые способствуют большей гибкости и мобильности персонала в принятии решений, мониторинге и контроле технологических параметров;
- возможна несвоевременная реакция операторов ввиду ограничения мобильности персонала;
- высокая стоимость проводной связи, прокладывать которую в ряде случаев не является целесообразным решением, в отличии от интеграции в систему беспроводных протоколов передачи данных, позволяющих сократить стоимость системы [1];
- отсутствует возможность внедрения технологий дополненной реальности.

В традиционных автоматизированных системах управления технологическими процессами (АСУ ТП) применяются различные проводные протоколы передачи данных, такие как OPC UA/DA, Modbus и другие. Для устранения недостатков, характерных для таких систем и упомянутых ранее, возможно применение беспроводных технологий связи, методов математического моделирования и программных шлюзов. Интеграция проводных и беспроводных протоколов передачи данных, а также использование средств математического моделирования позволяют создать более эффективную систему управления. В такую систему могут быть дополнительно включены мобильный АРМ, приложение дополненной реальности (AR) для контроля и управления параметрами.

На примере существующей САР температуры, рассмотренной в ранних работах [3], и посредством имеющихся программно-аппаратных средств, была реализована архитектура АСУ ТП (рисунок 2), которая включает возможности технологий дополненной реальности и беспроводной передачи данных. В данном случае применен протокол беспроводной передачи данных MQTT. Протокол, в сравнении с такими беспроводными протоколами интернета вещей, как AMQP, CoAP и HTTP, обладает наименьшим среди рассматриваемых протоколов размером заголовка сообщения (2 байта) [4]. Благодаря малому размеру сообщения, применение MQTT в АСУ ТП позволяет быстро передавать небольшие порции информации с датчиков [4]. В пользу того, что данный протокол является наиболее приемлемым вариантом беспроводной передачи данных в АСУ ТП, говорит тот факт, что в отличие от других протоколов интернета вещей, протокол MQTT поддерживается производителями российских SCADA-систем: TeslaSCADA2, MasterSCADA 4D, TRACE MODE 7, SmartICS [5, 7, 8, 8]. Эксперименты над протоколами интернета вещей показывают, что протокол MQTT обладает наиболее высоким показателем доставленных пакетов в случаях нестабильного канала связи [10].

На рисунке 2 представлена структурная схема АСУ ТП с использованием беспроводных технологий, сохраняющая базовые принципы традиционной системы, изображенной на рисунке 1. В то же время, среда математического моделирования, коммуникационная платформа, AR-приложение и мобильный АРМ представляют собой дополнительные компоненты, расширяющие возможности в мониторинге, контроле параметров и управлении технологическими процессами.

Структурная схема, представленная на рисунке 2, включает ПЛК150 от компании ОВЕН, среду математического моделирования SimInTech, классическую SCADA-систему MasterSCADA, коммуникационную платформу KEPServerEX V6, а также мобильные АРМ, реализованные на основе приложения IoT MQTT Panel, SCADA-системы TeslaSCADA, AR-приложения, разработанного в среде Unity.

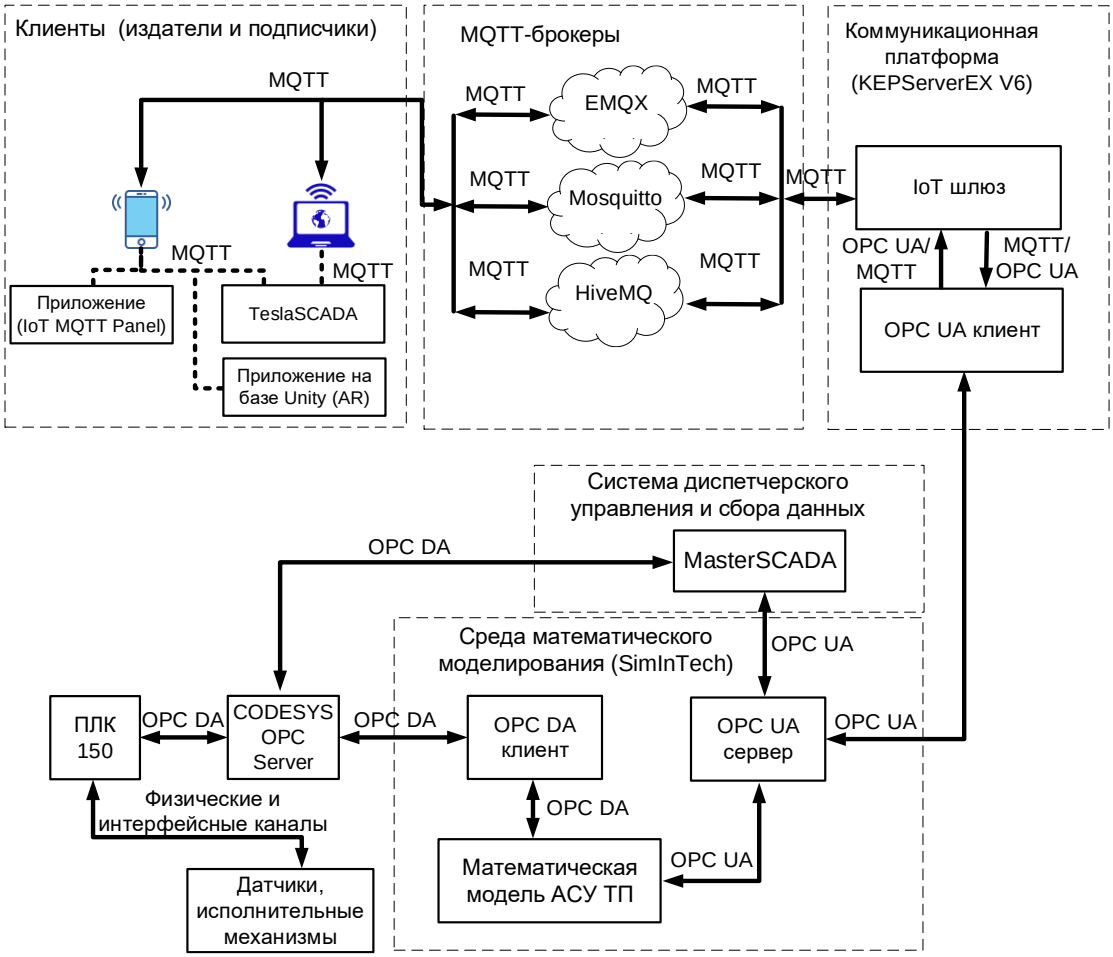


Рис. 2. Структурная схема M2M-взаимодействия на основе беспроводной связи

Представленная структура обеспечивает возможность увеличения гибкости и подвижности операторского персонала за счет внедрения мобильных автоматизированных рабочих мест (МАРМ) и приложений дополненной реальности, основанных на беспроводных технологиях. Кроме того, применение средств математического моделирования позволяет более эффективно реализовывать сложные регуляторы (нечеткие, нейросетевые и др.) по сравнению со средствами разработки программного обеспечения для программируемых логических контроллеров (ПЛК). При этом в соответствии со структурой математическая модель непосредственно участвует в обработке данных и выдаче управляющих воздействий на исполнительные механизмы через взаимодействие с CODESYS OPC Server.

Разработка AR-приложения осуществлена с использованием плагина Vuforia в среде Unity с привязкой виртуальных меток к физическим QR-кодам. Внешний вид стенда для регулирования температуры с виртуальными метками представлен на рисунке 3.

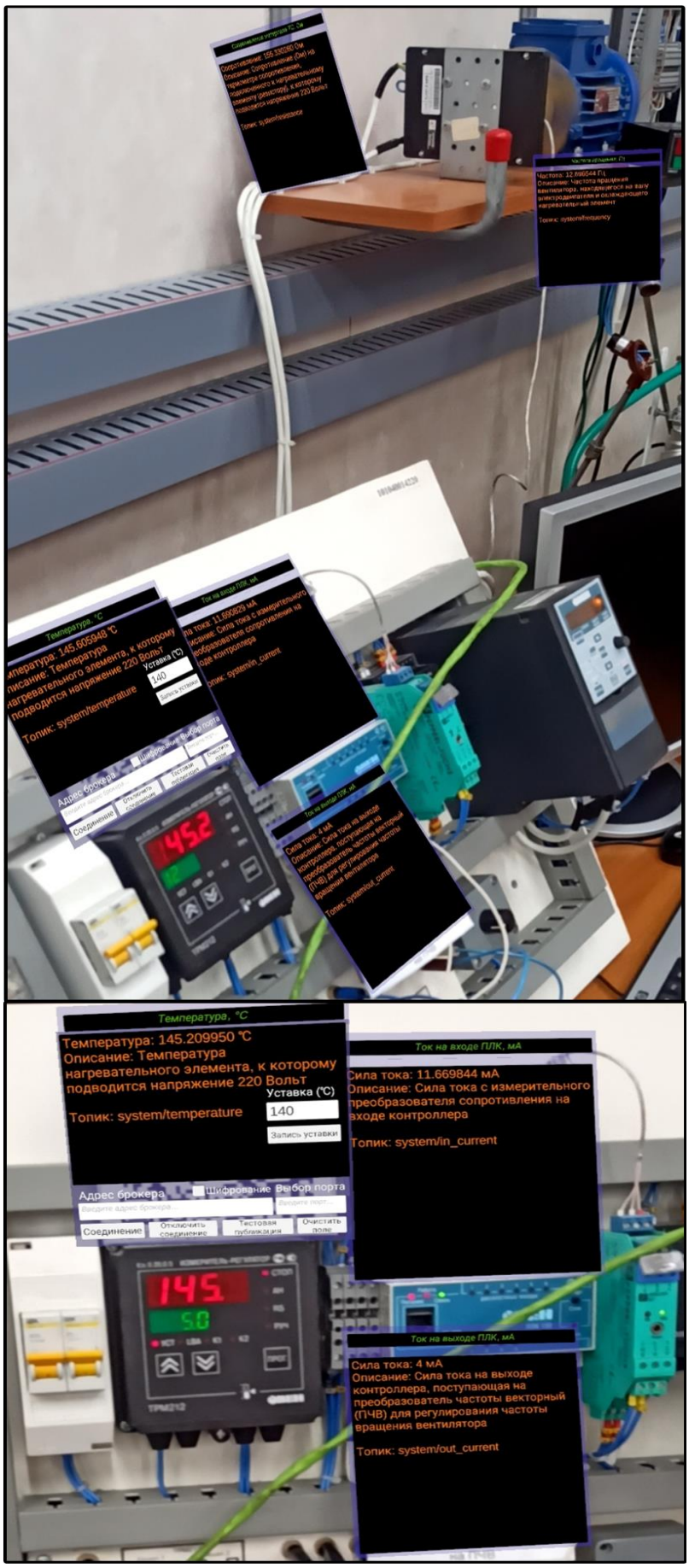


Рис. 3. Результат работы AR-приложения на базе MQTT-протокола

В рамках работы выполнена проверка функционирования AR-приложения на смартфоне. Передача данных на виртуальные метки осуществляется успешно. Информация по каждому технологическому параметру обновляется с периодичностью менее 1 секунды.

Результаты

Итогом работы является практическая реализация архитектуры АСУ ТП с использованием беспроводного протокола связи MQTT. Разработано AR-приложение в среде Unity, а также мобильный АРМ, созданный посредством SCADA-системы TeslaSCADA. Реализованная на практике архитектура позволяет осуществлять контроль и управление процессами через смартфон/планшет.

Заключение

В процессе выполнения работы реализована архитектура АСУ ТП на основе беспроводного протокола MQTT. Практические результаты работы могут быть использованы для внедрения дополненной реальности и мобильных АРМ в любой системе АСУ ТП, построенной на протоколах стандартов OPC и Modbus, а также на любых программных и аппаратных средствах, являющихся аналогичными по возможностям рассмотренным ранее элементам архитектуры АСУ ТП на базе беспроводного протокола MQTT.

Благодаря интеграции беспроводного протокола MQTT с промышленными протоколами стандартов OPC и Modbus, произведено расширение возможностей классической АСУ ТП. В результате продемонстрирован подход контроля технологических параметров и управления процессами посредством мобильных АРМ и AR-приложения.

Перспективы развития проекта включают доработку AR-приложения в части внешнего вида виртуальных AR-меток, разработка собственного локального MQTT-брокера и практическая реализация мер информационной безопасности для защиты АСУ ТП, включающей беспроводные технологии и мобильные АРМ.

Список использованных источников

1. Все, что вы хотели знать о проводных компьютерных сетях: определение, преимущества и основные свойства // Научные Статьи.Ру: сайт. – 2023. – URL: https://nauchniestati.ru/spravka/provodnye-kompyuternye-seti/.
2. Беспроводные локальные сети // RealLab: сайт. – 2024. – URL: https://www.reallab.ru/bookasutp/2-promishlennie-seti-i-interfeisi/2-11-besprovodnie-lokalnie-seti/.
3. Гительман, В.С. Модельно-ориентированное проектирование как инструмент повышения качества разработки программного обеспечения для программируемых логических контроллеров / В.С. Гительман, В.В. Курганов // Проблемы разведки, разработки и обустройства месторождений нефти и газа : Сборник тезисов XVI региональной научно-технической конференции молодых специалистов АО "ТомскНИПИнефть", Томск, 03 марта 2023 года / Отв. редактор А.Г. Чернов. – Томск: Акционерное общество "Томский научно-исследовательский и проектный институт нефти и газа", 2023. – С. 37-41. – EDN OWPTAK.
4. Naik N. Choice of effective messaging protocols for IoT systems: MQTT, CoAP, AMQP and HTTP //2017 IEEE international systems engineering symposium (ISSE). – IEEE. – 2017. – С. 1-7.
5. IoT protocols | Best 8 in the list // High Voltages: сайт. – 2022. – URL: https://highvoltages.co/iot-internet-of-things/iot-protocol/
6. Что такое TeslaSCADA2 // TeslaSCADA: сайт. – 2024. – URL: https://teslascada.com/ru/products/teslascada2.
7. MasterSCADA 4D MQTT // SYSSOFT: сайт. – 2024. – URL: https://www.syssoft.ru/insat/masterscada-4d-mqtt/.
8. Коротко о TRACE MODE 7 (обзор) // TRACE MODE: сайт. – 2024. – URL: https://www.tracemode.ru/products/articles/obzor_TM7.
9. Протокол MQTT, онлайн-карты и уведомления: Релиз SmartICS 2.4 от Elcomplus // elcomplus: сайт. – 2024. – URL: https://elcomplus.ru/ru/releases/smartics-2-4.
10. Костеннов, Т.В. Сравнение протоколов связи для организации M2M-взаимодействий в SCADA-системах и системах промышленного интернета вещей / Т.В. Костеннов // Математические структуры и моделирование. – 2023. – № 2(66). – С. 91-102. – DOI 10.24147/2222-8772.2023.2.91-102. – EDN TFAFDU.

АНАЛИЗ ДАННЫХ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПОГРУЖНЫХ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ ПРИ ДОБЫЧЕ УРАНА МЕТОДОМ СПВ С ЦЕЛЬЮ ВЫЯВЛЕНИЯ АНОМАЛИЙ

Колотихин Е.И.[1], Ефремов А.А.[2] Щипков А.А.[3]
[1]Национальный исследовательски Томский политехнический университет, ОАР ИШИТР, студент группы 8Т01, e-mail: eik20@tpu.ru
[2]Национальный исследовательски Томский политехнический университет, ОАР ИШИТР, старший преподаватель, e-mail: alexyefremov@tpu.ru
[3]Национальный исследовательски Томский политехнический университет, ОАР ИШИТР, доцент, e-mail: schipkov_aa@tpu.ru

Аннотация

В данной работе представлен анализ данных системы автоматизации погружных центробежных насосов, используемых при добыче урана методом скважинного подземного выщелачивания. Целью исследования является выявление аномалий в работе насосов, которые могут указывать на неисправности или сбои в системе. Для достижения этой цели используется корреляционный анализ, позволяющий выявить статистические зависимости между параметрами системы.

Ключевые слова: Корреляционный анализ, анализ данных, погружные центробежные насосы.

Введение

В данной работе предлагается метод обнаружения и детализации неисправностей в системе автоматизированного управления (СУ) погружных центробежных насосных агрегатов (НА), используемых в добыче урана методом скважинного подземного выщелачивания (СПВ). Предлагаемый метод основан на анализе корреляции между показателями работы НА, контролируемыми системой управления НА. При выявлении аномалий корреляций можно с высокой вероятностью говорить о неполадках в каналах измерения соответствующих показателей. Для выявления аномалий корреляций используются различные приемы, опробованные на анализе реальных данных, полученных от СУ НА.

Актуальность данного исследования заключается в необходимости оценки технологического оборудования с помощью анализа данных АСУ ТП, т.к. надежность и стабильность работы таких систем крайне важна для эффективной эксплуатации и минимизации возможных рисков.

Результаты данного исследования могут быть полезны инженерам и специалистам по автоматизации в горнодобывающей промышленности, занимающимся добычей урана методом СПВ, а также учебным заведениям и исследовательским институтам, занимающимся подготовкой специалистов в области горного дела и анализа данных.

Целью данной работы является рассмотрение метода, основанного на анализе корреляций, для оценки технического состояния системы автоматизации погружных центробежных насосов. Метод планируется применить к данным, полученным от SCADA-системы в режиме реального времени.

Постановка задачи

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

1. Обоснование применимости корреляционного подхода для выявления аномалий. Необходимо показать, что корреляционный анализ может быть эффективно использован для обнаружения несоответствий между данными, получаемыми с помощью каналов измерений, и реальной ситуацией.
2. Рассмотрение различных видов коэффициентов корреляции и выбор наиболее подходящего для применения в корреляционном анализе. Существуют различные показатели корреляции, каждый из которых имеет свои особенности и может быть наиболее эффективным при разных условиях. Необходимо выбрать коэффициент корреляции, который наилучшим образом подходит для анализа данных, получаемых системой измерений.
3. Определение численного значения критерия появления аномального события на основе анализа корреляций реальных данных, полученных от SCADA-системы. Необходимо определить пороговое значение коэффициента корреляции, при котором можно говорить о наличии аномального события.

Результаты исследования

Для проверки применимости корреляционного анализа были взяты значения тока и активной мощности. Вследствие того, что реальные данные включают в себя шумы и выбросы, применено экспоненциальное сглаживание. Результаты сглаживания значений тока и мощности изображены на рис. 12 и 13.

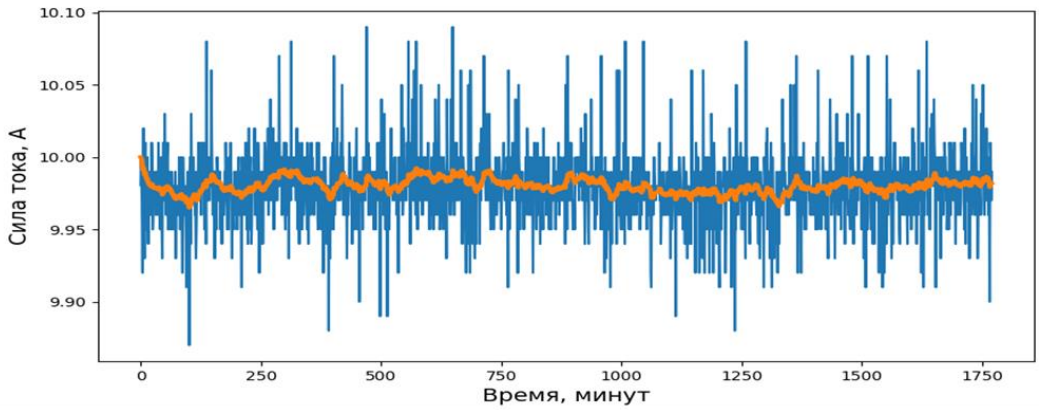


Рис. 12. Значения силы тока:
Синяя линия – реальные значения силы тока;
Оранжевая линия – сглаженные значения силы тока

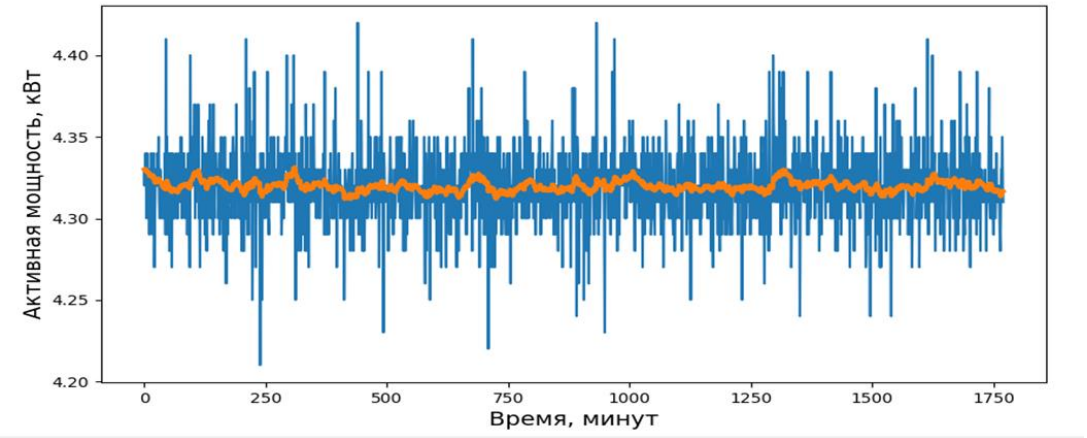


Рис. 13. Значения мощности:
Синяя линия – реальные значения мощности;
Оранжевая линия – сглаженные значения мощности

Вследствие прямой пропорциональной зависимости между силой тока и мощностью [1], ожидаемое значение коэффициента корреляции должно быть близким к 1.

Для проверки соответствия значений корреляции данному утверждению был использован коэффициент корреляции Пирсона [2], который применяется для численных данных и измеряет линейную связь между переменными. Коэффициент корреляции Пирсона может принимать значения от -1 до 1. Значение, по модулю равное 1, означает пропорциональную зависимость. Значение 0 означает отсутствие связи между переменными.

В результате, на основе расчетов коэффициентов корреляции выборок, состоящих из значений параметров, полученных за сутки для 28 насосных агрегатов, была получена гистограмма, изображенная на рис. 14.



Рис. 14. Гистограмма распределения коэффициентов корреляции

Данная гистограмма подтверждает наличие связи между параметрами вследствие того, что значительную долю составляют НА со значением корреляции, близким к 1. Однако для ряда насосных агрегатов было получено низкое значение коэффициента корреляции при суточной выборке, что не соответствует ожиданиям.

После подтверждения применимости возникает необходимость выбора оптимального типа используемого коэффициента корреляции. Для этого были построены графики, коэффициентов корреляции Пирсона, Кендалла и Спирмена [3] для накапливающихся выборок, пополняемых новыми данными в режиме реального времени (рис. 4).

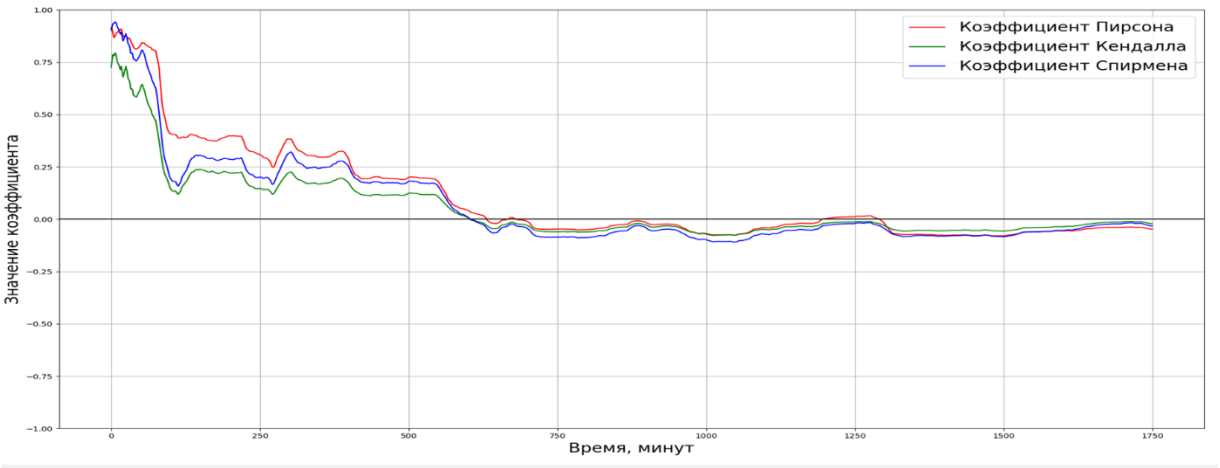


Рис. 15. График зависимости коэффициентов корреляции от размера выборки

Графики оказались весьма схожими, что не позволяет однозначно выбрать какой-либо коэффициент на данном этапе исследования. В связи с отсутствием существенных различий в характере изменения коэффициентов корреляции в дальнейшем будет использоваться коэффициент корреляции Пирсона.

Общепринято, что значения коэффициента корреляции Пирсона выше 0,7 являются указанием на сильную связь между величинами. Однако, поскольку при нормальной работе насосных агрегатов (НА) ожидается, что значение корреляции между током и мощностью должно быть близким к 1, было принято решение повысить численное значение критерия появления аномального события до среднего значения коэффициентов корреляции для всех НА.

В результате применения корреляционного анализа на накапливающихся выборках, полученных из имеющихся реальных данных, возможно получение двух различных картин, представленных на рисунках 16 и 17.

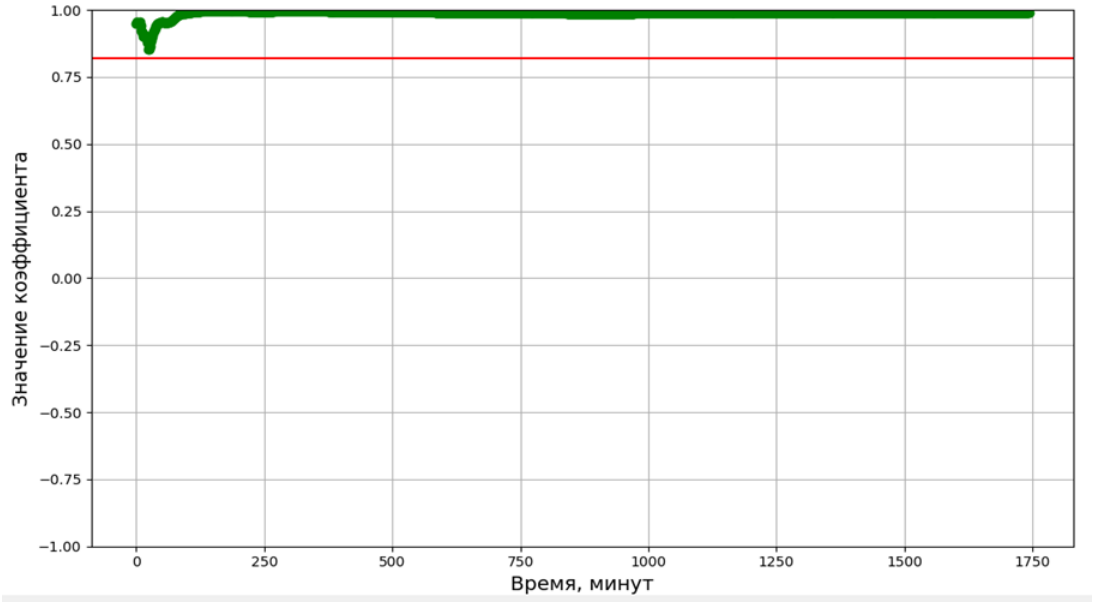


Рис. 16. График зависимости коэффициента корреляции Пирсона при высоком значении суточного коэффициента корреляции

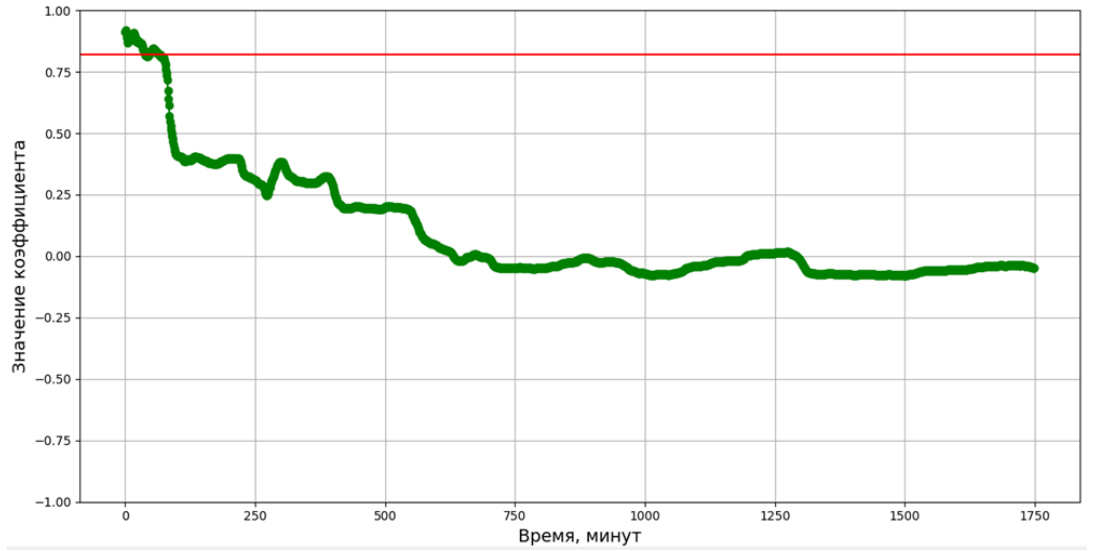


Рис. 17. График зависимости коэффициента корреляции Пирсона при низком значении суточного коэффициента

Красная линия на графиках соответствует среднему значению коэффициентов корреляции Пирсона, полученных по суточным выборкам для 28 НА, и равному 0,82. Переход графика ниже этой границы указывает на появление аномального события. На примере графика на рис. 17 можно заметить, что такой переход произошел примерно на 100-й минуте.

Заключение

В результате исследования была показана применимость корреляционного подхода для анализа данных, получаемых SCADA-системой, с целью выявления аномалий в работе насосов. Использование коэффициента корреляции Пирсона в качестве меры зависимости между силой тока и мощностью НА позволило выявить каналы измерения, для которых значения корреляций отклоняются от ожидаемых.

Можно выдвинуть предположение, что низкие значения коэффициента корреляции между силой тока и мощностью в НА могут быть вызваны либо некорректной работой каналов измерения, либо неисправностью, заключающейся в самом насосном агрегате. Однако на данном этапе исследования это предположение нуждается в подтверждении, поэтому в дальнейшем для выявления точной причины низких значений коэффициента корреляции планируется получить больше данных для анализа и применить предложенный метод для других показателей работы НА.

Список использованных источников

1. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи: учебник для бакалавров. – 12-е изд., испр. и доп. – М.: Юрайт. – 2016. – 702 с.
2. Громыко Г.Л. Теория статистики: Учебник. – Т. 11, 2-е изд., перераб. и доп. –М.: ИНФРА-М, 2005.–476 с.
3. Ван дер Варден Б.Л. Математическая статистика. Пер. с нем. Л.Н. Большева; под ред. Н.В. Смирнова. – М.: Изд-во иностранной литературы, 1960. – 435 с.

ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ПСЕВДОЛИНЕЙНОГО КОРРЕКТИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА С АМПЛИТУДНЫМ ПОДАВЛЕНИЕМ В ПРОМЫШЛЕННОМ УПРАВЛЕНИИ

Ли Чжэньбэй.[1], Скороспешкин М.В.[2]
[1]Томский политехнический университет, ИШИТР, 8ТМ21 e-mail: chzhenbey1@tpu.ru
[2]Томский политехнический университет, ИШИТР, Доцент, e-mail: smax@tpu.ru

Аннотация

Рассматривается подход к повышению качества управления нестационарным объектом путем включения в систему автоматического регулирования псевдолинейного корректирующего устройства с амплитудным подавлением. Псевдолинейное корректирующее устройство с амплитудным подавлением позволяет получить ослабление амплитуды с ростом частоты без изменения фазы. Корректирующему устройству можно придать свойство адаптивности – меняя параметры настройки корректирующего устройства, можно повысить качество управления нестационарным объектом в режиме реального времени. Показан пример программной реализации псевдолинейного корректирующего устройства с амплитудным подавлением в виде функционального блока на языке FBD на платформе CoDeSys 2.3.

Ключевые слова: псевдолинейное корректирующее устройство с амплитудным подавлением, нестационарный объект управления, качество регулирования

Введение

В современных автоматических системах управления широко применяются ПИД-регуляторы. Однако существуют системы, в которых параметры меняются со временем, и для этих систем можно использовать ПИД-регуляторы, способные подстраивать свои параметры в процессе работы. Однако использование такого подхода требует значительного времени на подстройку, что может затруднить реализацию таких систем.

В качестве альтернативного подхода можно использовать корректирующие устройства (КУ), которые способствуют улучшению качества управления нестационарными объектами и обеспечению необходимой степени устойчивости согласно требованиям системы. Одним из таких устройств является псевдолинейное корректирующее устройство, которое адаптивно увеличивает амплитудный и фазовый запас системы. В данной работе рассматривается использование устройства, основанного на билинейном преобразовании, для реализации псевдолинейного корректирующего устройства в пакете CoDeSys 2.3.

Теория псевдолинейного корректирующего устройства с амплитудным подавлением

Псевдолинейное корректирующее устройство с амплитудным подавлением позволяет получить ослабление амплитуды с ростом частоты без изменения фазы. На рисунке 1 показана структурная данного типа корректирующего устройства [1].

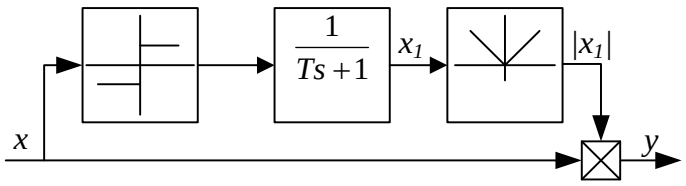


Рис. 1. Псевдолинейное корректирующее устройство с амплитудным подавлением

Входной сигнал, разветвляясь, проходит по двум каналам. Верхняя ветвь фильтра состоит из блока сигнатуры, фильтра низких частот, блока взятия модуля, по нижней ветви входной сигнал следует без изменения. Сигнал на выходе фильтра получается, как произведение входных сигналов обеих ветвей [2]:

$$y = |x_1| x \qquad (1)$$

Причем x_1 определяется уравнением

$$Tx_1' + x_1 = sign\ x \tag{2}$$

Предполагая, что на входе фильтра действует синусоидальный сигнал, получим решение

$$x_1 = x_1 e^{-\frac{t}{T}} \pm (1 - e^{-\frac{t}{T}}) \tag{3}$$

где $x_{10} = \mp \dfrac{1 - e^{-\frac{\pi}{\omega T}}}{1 - e^{-\frac{\pi}{\omega T}}}$.

Коэффициенты гармонической линеаризации нелинейного фильтра:

$$a = \frac{2}{\pi A} \int_0^{\pi} (|x_1| A \sin \omega t) \sin \omega t \, d(\omega t);$$
$$b = \frac{2}{\pi A} \int_0^{\pi} (|x_1| A \sin \omega t) \cos \omega t \, d(\omega t). \tag{4}$$

Коэффициенты гармонической линеаризации a и b зависят только от частоты поэтому амплитудная и фазовая характеристики рассматриваемого нелинейного фильтра, также зависит только от частоты и не зависят от амплитуды входного сигнала [3].

На рисунке 2 приведены графики АЧХ и ФЧХ данного корректирующего устройства. Кривые 1, 2 и 3 соответствуют значениям T, равным *1, 5* и *10с*.

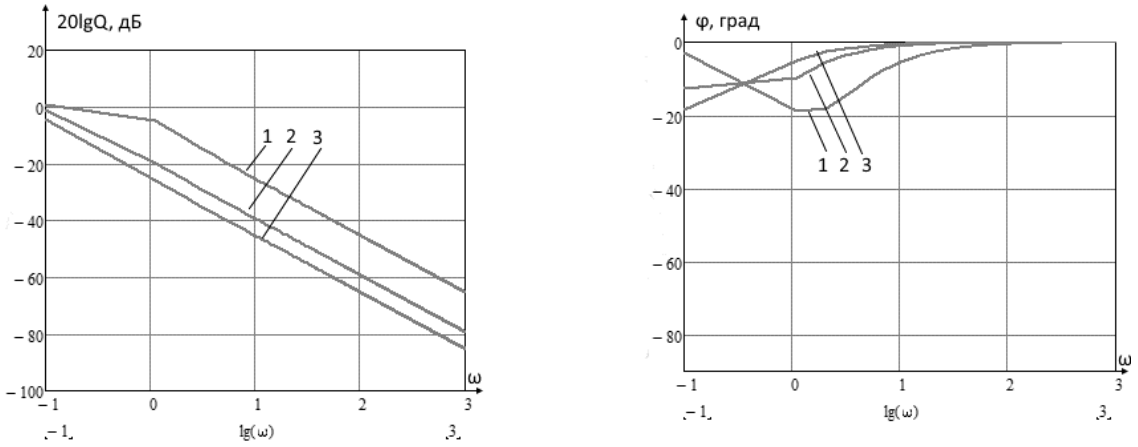


Рис. 2. АЧХ и ФЧХ корректирующего устройства с амплитудным подавлением

Из рисунка 2 видно, что чем больше T, тем сильнее подавление амплитуды, а фазовый сдвиг, внесен данным корректором, не ниже *-20 град*.

Программная реализация псевдолинейного корректирующего устройства с амплитудным подавлением

С помощью билинейного преобразования можно получить дискретную передаточную функцию системы, которая описывает ее поведение в дискретном времени. Дискретная передаточная функция может быть использована для получения разностного уравнения, описывающего поведение системы в дискретном времени.

Преобразование имеет следующий вид:

$$s \Leftrightarrow \frac{2}{\Delta t} \cdot \frac{1 - z^{-1}}{1 + z^{-1}} \tag{5}$$

Где «Δt» период дискретизации сигнала.

Фильтр псевдолинейного корректирующего устройства для амплитуды описывается переходной функцией $W_A = \frac{1}{Ts+1}$. Подставив данное преобразование в вышеуказанную переходную функцию, можем собрать полином, содержащий отрицательные степени переменной:

$$W(z) = \frac{1}{1+T\cdot\frac{2}{\Delta t}\cdot\frac{1-z^{-1}}{1+z^{-1}}} = \frac{Y(z)}{X(z)} \quad (6)$$

После этого производится умножение числителя и знаменателя между собой:

$$\left(1+T\cdot\frac{2}{\Delta t}\right)\cdot Y(z) - \left(T\cdot\frac{2}{\Delta t}-1\right)\cdot Y(z)\cdot z^{-1} = X(z) + X(z)\cdot z^{-1} \quad (7)$$

В преобразовании, «z^{-1}» представляет задержку на один отсчет в дискретном временном домене $(t-\Delta t)$. Если входной сигнал $X(z)$ задерживается на один отсчет, то его преобразование $X(z)$ будет умножено на «z^{-1}».

В результате изложенного получена модель временной области данного выражения:

$$Y(t) = \frac{X(t) + X(t-\Delta t) + \left(T\cdot\frac{2}{\Delta t}-1\right)\cdot Y(t-\Delta t)}{\left(1+T\cdot\frac{2}{\Delta t}\right)} \quad (8)$$

Уравнение показывает текущее значение выходного сигнала Y, выраженное через текущие и прошлые значения входного сигнала X, $X1$ и прошлые значения выходного сигнала $Y1$.

$$Y = \left(\frac{2\cdot T-\Delta t}{2\cdot T+\Delta t}\right)\cdot Y1 + \frac{\Delta t}{2\cdot T+\Delta t}(X+X1) \quad (9)$$

В начальной итерации значения переменных «$Y1$» и «$X1$» равны нулю, а затем на каждой последующей итерации они принимают значения переменных «Y» и «X» соответственно.

Согласно формуле (9), реализация фильтра псевдолинейного корректирующего устройства с амплитудным подавлением приведена на рисунке 3.

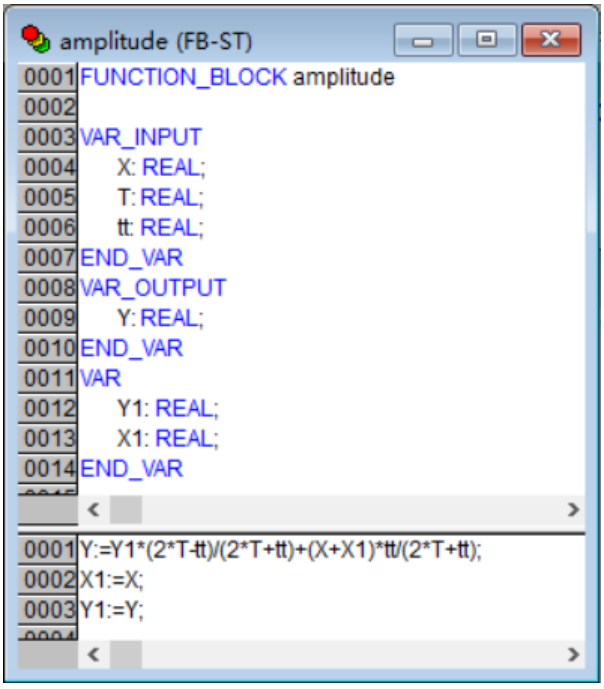


Рис. 3. Реализация фильтра псевдолинейного корректирующего устройства для амплитуды подавлением на языке ST

Данный код на языке ST представляет собой функциональный блок с именем amplitude, который имеет три входных параметра: X (Входной сигнал), T (Коэффициент постоянной времени ПКУ) и tt (период дискретизации сигнала). Также он имеет один выходной параметр Y (Выходной сигнал).

Программная реализация псевдолинейного корректирующего устройства с амплитудным подавлением

В соответствии со структурой, приведенной на рисунке 1, можно построить функциональный блок псевдолинейного корректирующего устройства с амплитудным подавлением на языке FBD, показанной на рисунке 4.

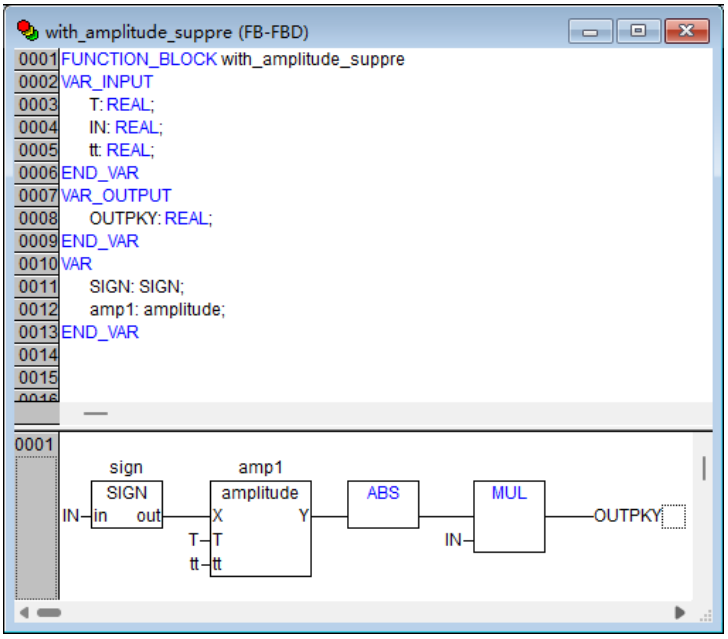


Рис. 4. Реализация псевдолинейного корректирующего устройства с амплитудным подавлением на языке FBD

Заключение

В данной работе была рассмотрена реализация псевдолинейного корректирующего устройства с амплитудным подавлением в промышленных системах управления. Программная реализация этого устройства на платформе CoDeSys 2.3 показала, что оно может быть легко интегрировано в существующие системы управления. Использование как стандартных, так и пользовательских функциональных блоков на языках FBD и ST обеспечивает гибкость и простоту в настройке и эксплуатации.

Этот подход к управлению нестационарными объектами имеет большой потенциал в промышленности, и его дальнейшее развитие и исследования могут привести к созданию более эффективных и устойчивых систем управления. Внедрение псевдолинейного корректирующего устройства позволяет достичь повышенной точности и стабильности управления в условиях изменяющихся параметров объектов.

Список использованных источников

1. Топчеев Ю.И. Нелинейные корректирующие устройства в системах автоматического управления. – М.: Машиностроение, 1971. – 466 с.

2. Скороспешкин М.В. Адаптивное двухканальное корректирующее устройство для систем автоматического регулирования // Известия Томского политехнического университета. – 2008. – Т. 312. – № 5. – С. 52-57.

3. Скороспешкин М.В., Скороспешкин В.Н. Адаптивная система автоматического регулирования с подстройкой корректирующего устройства // Проблемы информатики. – 2012. – № 5. – С. 166-171.

ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ПСЕВДОЛИНЕЙНОГО КОРРЕКТИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА С ФАЗОВЫМ ОПЕРЕЖЕНИЕМ В ПРОМЫШЛЕННОМ УПРАВЛЕНИИ

Ли Чжэньбэй.[1], Скороспешкин М.В.[2]
[1]Томский политехнический университет, ИШИТР, 8ТМ21 e-mail: chzhenbey1@tpu.ru
[2]Томский политехнический университет, ИШИТР, Доцент, e-mail: smax@tpu.ru

Аннотация

Рассматривается подход к повышению качества управления нестационарным объектом путем включения в систему автоматического регулирования псевдолинейного корректирующего устройства с фазовым опережением. Псевдолинейное корректирующее устройство с фазовым опережением позволяет получить фазовое опережение без заметного изменения амплитуды. Корректирующему устройству можно придать свойство адаптивности – меняя параметры настройки корректирующего устройства, можно повысить качество управления нестационарным объектом в режиме реального времени. Показан пример программной реализации псевдолинейного корректирующего устройства с фазовым опережением в виде функционального блока на языке FBD на платформе CoDeSys 2.3.

Ключевые слова: псевдолинейное корректирующее устройство с фазовым опережением, нестационарный объект управления, качество регулирования

Введение

В настоящее время ПИД-регуляторы широко используются в большинстве автоматических систем управления. Однако существуют системы, где параметры меняются со временем, и для них необходимо использовать ПИД-регуляторы, способные адаптивно подстраивать свои параметры в процессе работы. Однако этот подход требует значительного времени на настройку, что может быть проблематично при реализации таких систем.

Вместо этого можно использовать корректирующие устройства (КУ), которые способствуют улучшению качества управления нестационарными объектами и обеспечивают необходимую степень устойчивости в соответствии с требованиями системы. Одним из таких КУ является псевдолинейное корректирующее устройство, которое способно адаптивно увеличивать амплитудный и фазовый запас системы.

Теория псевдолинейного корректирующего устройства с фазовым опережением

Псевдолинейное корректирующее устройство с фазовым опережением позволяет получить фазовое опережение без заметного изменения амплитуды. Схема такого корректирующего устройства показана на рисунке 1 [1].

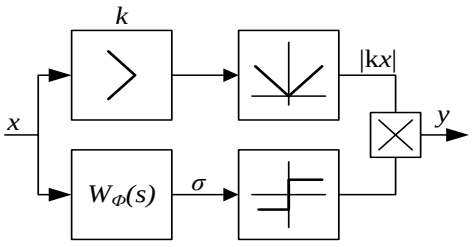


Рис. 1. Схема псевдолинейного корректирующего устройства с фазовым опережением

Входной сигнал проходит через 2 канала. Верхний канал состоит из усилителя k и блока выделения модуля. Нижний канал включает в себя линейный фильтр и блока определения знака. Выхода двух каналов проходят через блок умножения. На рисунке 2 приведены нелинейные характеристики этой схемы при разных значениях опережения α, получаемых выбором параметров схемы [2].

При $0 < \alpha < \pi/2$ имеем $OC_1 = a$, $\quad \dfrac{OC_1}{OC_2} = \sin\alpha;$

а при $\pi/2 < \alpha < \pi$ $OC_1 = a$, $\dfrac{OC_1}{OC_2} = \cos\alpha$,

где, a – амплитуда входных колебаний.

При $\alpha = \pi/2$ точки C_1 и C_2 сливаются. Если нелинейная часть фильтра имеет вид

$$W_\phi(s) = \frac{Ts+1}{T_1 s+1}, \tag{1}$$

то опережение

$$\alpha = arctg\,\frac{\omega T(1-\gamma)}{1+\omega^2 T^2 \gamma}; \qquad \gamma = \frac{T_1}{T}. \tag{2}$$

Коэффициенты гармонической линеаризации определяются по формулам:

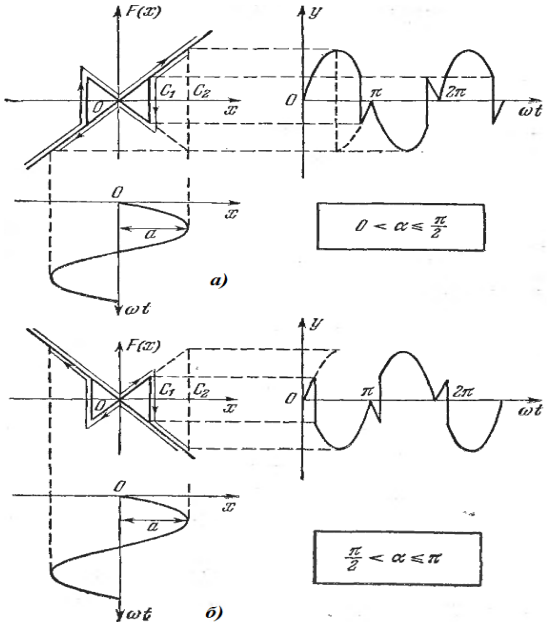


Рис. 2. Нелинейные характеристики ПКУ с фазовым опережением

Интегралы разбиваются на два с пределами соответственно (0, α) и (α, π). В результате получаем

$$q = \frac{k}{\pi}(\pi - 2\alpha + \sin 2\alpha); \qquad q' = \frac{k}{\pi}(1-\cos 2\alpha), \tag{3}$$

где $\alpha = f(\omega)$ выражается формулой (3).

Получаемое фазовое опережение показано на рисунке 3,4, при различных значениях γ в зависимости от частоты ω. При этом амплитудное искажение Q(ω), определяемое величиной оказывается незначительным [3].

$$Q(\omega) = \sqrt{q^2(\omega) + q'^2(\omega)} \tag{4}$$

На рисунке 3 приведены АЧХ и ФЧХ ПКУ с фазовым опережением при $T_1=0.1c$ с различными значениями T. Кривые 1, 2, 3, 4 и 5 соответствуют значениям T равным *1, 2, 3, 5* и *10c*. На рисунке 4 приведены АЧХ и ФЧХ ПКУ с фазовым опережением при $T_1=0.5c$ с различными значениями T. Кривые 1, 2, 3, 4 и 5 соответствуют значениям T равным *1, 2, 3, 5* и *10c*.

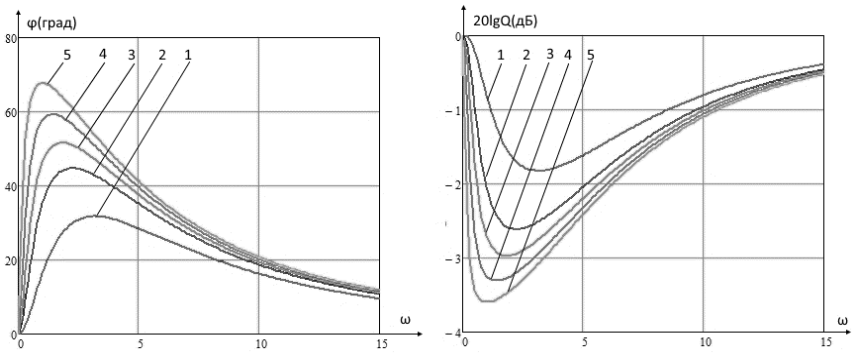


Рис. 3. ФЧХ и АЧХ ПКУ с фазовым опережением при T_1=0.1с

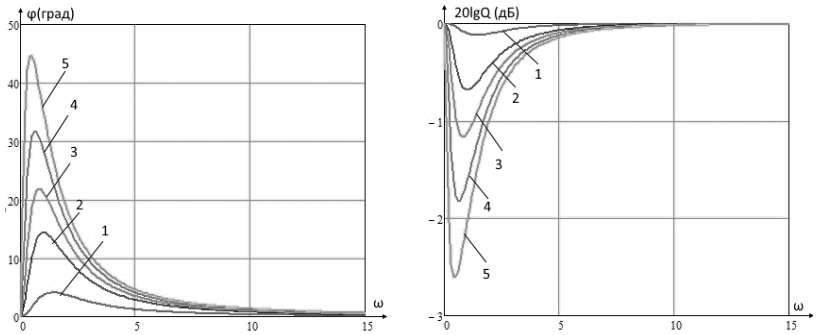


Рис. 4. ФЧХ и АЧХ ПКУ с фазовым опережением при T_1=0.5с

По графикам видно, что ПКУ с фазовым опережением имеет незначительным амплитудным ослаблением, значение которого увеличивается с ростом *T*, и значительным фазовым опережением, значение которого увеличивается с ростом *T*.

Программная реализация псевдолинейного корректирующего устройства с фазовым опережением

С помощью билинейного преобразования можно получить дискретную передаточную функцию системы, которая описывает ее поведение в дискретном времени. Дискретная передаточная функция может быть использована для получения разностного уравнения, описывающего поведение системы в дискретном времени.

Преобразование имеет следующий вид:

$$s \Leftrightarrow \frac{2}{\Delta t} \cdot \frac{1-z^{-1}}{1+z^{-1}}, \tag{5}$$

где «Δt» период дискретизации сигнала.

Фильтр псевдолинейного корректирующего устройства для фазы описывается переходной функцией **Ошибка! Источник ссылки не найден.**. Подставив данное преобразование в вышеуказанную переходную функцию, можем собрать полином, содержащий отрицательные степени переменной:

$$W(z) = \frac{1+T \cdot \frac{2}{\Delta t} \cdot \frac{1-z^{-1}}{1+z^{-1}}}{1+\frac{2}{\Delta t} \cdot \frac{1-z^{-1}}{1+z^{-1}}} = \frac{Y(z)}{X(z)} \tag{6}$$

После этого производится умножение числителя и знаменателя между собой:

$$\left(\frac{\Delta t+2}{\Delta t}\right) \cdot Y(z) + \left(\frac{\Delta t-2}{\Delta t}\right) \cdot Y(z) \cdot z^{-1} = \left(\frac{\Delta t+T \cdot 2}{\Delta t}\right) \cdot X(z) + \left(\frac{\Delta t-T \cdot 2}{\Delta t}\right) \cdot X(z) \cdot z^{-1} \tag{7}$$

В преобразовании, « z^{-1} » представляет задержку на один отсчет в дискретном временном домене $(t-\Delta t)$. Если входной сигнал $X(z)$ задерживается на один отсчет, то его преобразование $X(z)$ будет умножено на « z^{-1} ».

В результате изложенного получена модель временной области данного выражения:

$$Y(t)=\frac{(\Delta t+T\cdot 2)}{(\Delta t+2)}\cdot X(t)+\frac{(\Delta t-T\cdot 2)}{(\Delta t+2)}\cdot X(t-\Delta t)-\frac{\Delta t-2}{(\Delta t+2)}\cdot Y(t-\Delta t) \quad (8)$$

Уравнение показывает текущее значение выходного сигнала Y, выраженное через текущие и прошлые значения входного сигнала X, $X1$ и прошлые значения выходного сигнала $Y1$.

$$Y=\frac{(\Delta t+T\cdot 2)}{(\Delta t+2)}\cdot X+\frac{(\Delta t-T\cdot 2)}{(\Delta t+2)}\cdot X1-\frac{\Delta t-2}{(\Delta t+2)}\cdot Y1 \quad (9)$$

Согласно формуле **Ошибка! Источник ссылки не найден.**, реализация фильтра псевдолинейного корректирующего устройства с фазовым опережением приведена на рисунке 5.

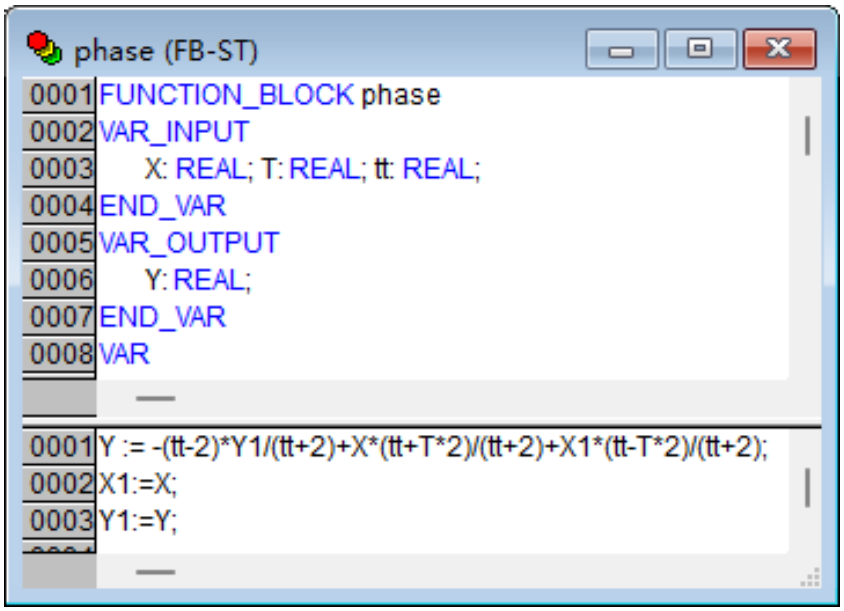


Рис. 5. Реализация фильтра псевдолинейного корректирующего устройства для фазы на языке ST

Данный код на языке ST представляет собой функциональный блок с именем phase, который имеет три входных параметра: X (Входной сигнал), T (Коэффициент постоянной времени ПКУ) и tt (период дискретизации сигнала). Также он имеет один выходной параметр Y (Выходной сигнал).

Программная реализация псевдолинейного корректирующего устройства с фазовым опережением

В соответствии со структурой, приведенной на рисунке 1, можно построить функциональный блок псевдолинейного корректирующего устройства с фазовым опережением на языке FBD, показанной на рисунке 6.

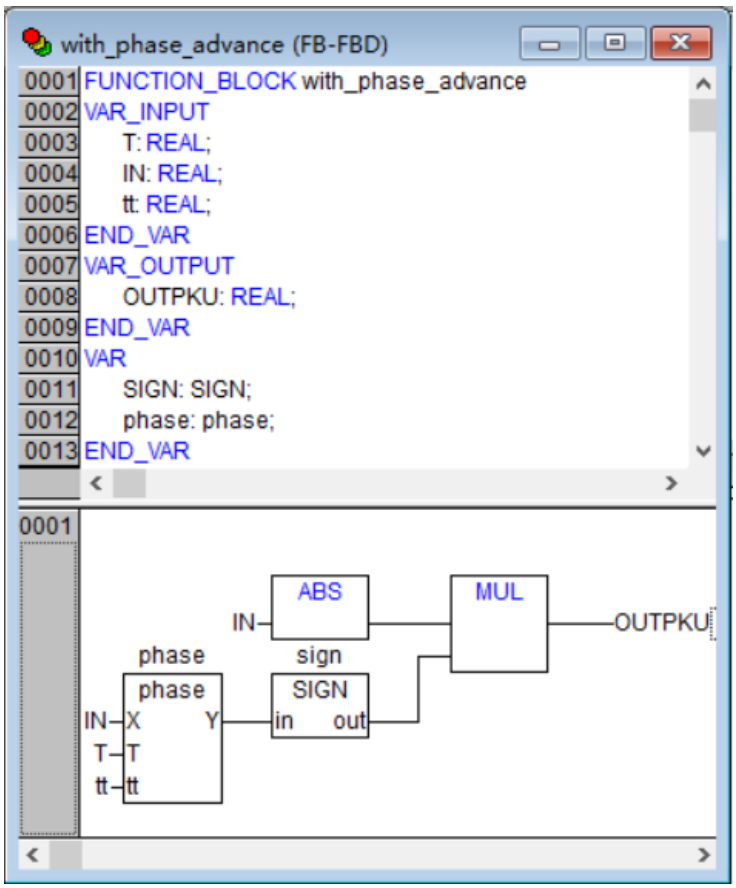


Рис. 6. Реализация псевдолинейного корректирующего устройства с фазовым опережением на языке FBD

Заключение

В данной работе была рассмотрена реализация псевдолинейного корректирующего устройства с фазовым опережением в промышленных системах управления. Программная реализация данного устройства на платформе CoDeSys 2.3 показала, что оно может быть легко интегрировано в существующие системы управления. Использование как стандартных, так и пользовательских функциональных блоков на языках FBD и ST обеспечивает гибкость и простоту в настройке и эксплуатации.

Этот подход к управлению нестационарными объектами имеет большой потенциал в промышленности, и дальнейшее развитие и исследования в этой области могут привести к созданию более эффективных и устойчивых систем управления.

Список использованных источников

1. Топчеев Ю.И. Нелинейные корректирующие устройства в системах автоматического управления. – М.: Машиностроение. – 1971. – 466 с.

2. Скороспешкин М.В. Адаптивные псевдолинейные корректоры динамических характеристик систем автоматического регулирования // Известия Томского политехнического университета. – 2006. – Т. 309. – № 7. – С. 172–176.

3. Скороспешкин М.В. Адаптивное двухканальное корректирующее устройство для систем автоматического регулирования // Известия Томского политехнического университета. – 2008. – Т. 312. – № 5. – С. 52–57.

УЧЕТ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ: УСТРАНЕНИЕ НЕВЯЗКИ ПРИ ОЦЕНКЕ МАТЕРИАЛЬНЫХ ПОТОКОВ НА НЕФТЕГАЗОВОМ ПРЕДПРИЯТИИ

Марков Д.С.[1], Зарницын А.Ю.[2]
[1] Томский политехнический университет, Инженерная школа информационных технологий и робототехники, 8ТМ22, e-mail: dsm39@tpu.ru
[2] Томский политехнический университет, Инженерная школа информационных технологий и робототехники, старший преподаватель, e-mail: ayz10@tpu.ru

Аннотация

Рассмотрены методы согласования данных и вычисления грубых ошибок измерений в гидродинамической системе для учета влияния погрешностей измерительной аппаратуры, неисправностей в системе управления производственным объектом с целью построения моделей бизнес-процессов в автоматизированных системах планирования и контроля материальных потоков предприятия.

Ключевые слова: материально-энергетический баланс, согласование данных, тепловые потери, определение грубых ошибок измерений.

Введение

Концепция «бережливого производства» с применением методов оптимизации производственных процессов, сокращения затрат, уменьшения времени создания конечного продукта неразрывно связана с автоматизацией промышленного предприятия, созданием взаимосвязанных технических систем мониторинга и управления, оперирующих с массивом данных о состоянии технологического процесса набором команд и инструкций. Данные в общем случае поступают от средств измерения и имеют степень достоверности, обусловленную погрешностью прибора, способом или методикой измерения.

Проблема получения достоверной информации существует, в частности, на нефтеперерабатывающих заводах (НПЗ), где учет потоков сырья выполняется посредством поточных расходомеров, имеющих значительную погрешность 0,5-2 %. Погрешность увеличивается с ростом вязкости нефтепродукта, зависит от его формы, например, фракции в газообразной фазе имеют повышенную вязкость. Стоит отметить, что по мере истощения запасов традиционной нефти растет добыча вязкой нефти из морских высокодебитных скважин с применением центробежных насосов, поэтому актуальность точного анализа потребления сырья растет [1].

Сегодня на большинстве российских НПЗ задача согласования измеренных значений материальных потоков предприятия решается эвристическим методом: производится экспертная оценка данных специалистами по сведению баланса, эксперты руководствуются собственным производственным опытом и используют инструменты взаимосвязанных электронных таблиц для расчетов. Не вызывает сомнений слабая формализация подобного метода оценки, его прямая зависимость от человеческого фактора, квалификации инженеров и экономистов. Искажение параметров может приводить к принятию неверных решений по корректировке режимов работы установок, в конечном счете – к экономическим потерям предприятия [2].

По описанной выше причине, а также с развитием цифровых систем управления в промышленности, все большее распространение приобретает иной подход к согласованию материального баланса – кибернетический, основанный на математической модели структуры потоков и однозначных алгоритмах сведения баланса. Цель данной работы – описать типовую структуру системы сведения баланса на примере НПЗ и предложить метод вычисления грубых ошибок измерений, вносящих наибольший вклад в небаланс предприятия.

За последнее десятилетие выпущен ряд посвященных проблеме статей отечественных авторов, в них зачастую рассматриваются такие вопросы, как построение математической модели при смешении нефтепродуктов [3], оценка эффективности выбранной методики либо разработка альтернативных методов сведения баланса и построение моделей бизнес-процессов [4], оценка тепловых потерь в нефтепроводах [5] или влияния вязкости жидкости на рабочие характеристики насоса [1]. На территории РФ выполнено несколько коммерческих проектов по реализации систем сведения материального баланса. Эффективность внедрения системы на НПЗ АО «ПЕТРОТЕЛ-ЛУКОЙЛ» была

оценена экспертами в 8 центров на баррель перерабатываемого сырья [6]. Специалисты компании «Honeywell» совместно с ООО «ЛУКОЙЛ – Инженерные навыки и компетенции», Нижний Новгород сравнивали также отклонение средних значений по выходу светлых нефтепродуктов из двух выборок по ручному и автоматизированному анализу, отклонение составило 0,7 % в пользу автоматизированной системы [2]. Экономия топлива на ТЭС «Международная» после внедрения программного модуля оценена в 1308 тонн в год в условном исчислении, что демонстрирует эффективность решений в теплоэнергетической отрасли [7].

Работа будет интересна инженерам, связанным по роду деятельности с нефтепереработкой, а также разработчикам и операторам автоматизированных систем управления предприятием.

Основная часть

На любой производственный объект поступает сырье, из сырья впоследствии производится конечный продукт, в процессе обработки появляются отходы, удаляемые из системы, а некоторая часть вещества в системе остается, накапливается. На основании закона сохранения масс веществ можно утверждать, что входящие потоки за вычетом разницы накопления дают массу выходящих потоков. Помимо массового баланса можно рассматривать и компонентный баланс, соотношение концентраций веществ, учитывать химические реакции, происходящие в замкнутой системе, а также вывести уравнения теплового баланса, так или иначе, любой из представленных типов баланса определяется физическими законами сохранения массы и энергии.

Для теплообменников и турбомашин, в частности, насосов, уравнение теплового баланса имеет следующий вид:

$$\sum_{j=1}^{N} a_{ij} \cdot F_j \cdot h_j + q = 0, \tag{1}$$

где j – номер потока (от 1 до N); i – номер узла; a_{ij} – коэффициент наличия и направления потока F_j в узле i; h_j – удельная энтальпия потока, Дж/кг; q – величина теплового потока в узле, для центробежных насосов – нагрев при сжатии, Дж.

Увеличение температуры жидкости, проходящей через насос, зависит от тепла, выделяемого электродвигателем (механических потерь) и сжатия жидкости в турбомеханизме. В многоступенчатом насосе изменение температуры с учетом обоих факторов:

$$T_{n+1} = T_n + \frac{q\left(\eta\left(T_n\right)\right)}{\varrho Q c_p} + \frac{\alpha T_n}{c_p} g H_n, \tag{2}$$

где T_n – температура жидкости при работе насоса с первоначальной скоростью, К; $q\left(\eta\left(T_n\right)\right)$ – количество тепла, выделяемое при работе одной ступени с жидкостью вязкостью η; c_p – теплоемкость горючей смеси, Дж/кг·К; ϱ – плотность смеси, кг/м^3; Q – объемный расход жидкости, м^3/с; α – коэффициент изотермического расширения, процесс считать адиабатическим, К$^{-1}$; H_n – напор n-ой ступени насоса.

Задача согласования данных на практике ставится как задача квадратичного программирования на поиск минимума целевой функции $I(x)$ с набором заданных ограничений для согласованных значений:

$$\min_x I(\boldsymbol{x}),\ I(\boldsymbol{x}) = \sum_{i=1}^{k} \left(\frac{x_i - z_i}{\sigma_i} \right)^2, \tag{3}$$

где $\boldsymbol{X}$ – вектор переменных размерности k, описывает количество потоков предприятия, массу сырья, расход топлива или потери, это действительные, реальные величины; $\boldsymbol{Z}$ – вектор измерений, отображающий данные о потоках; σ_i – стандартное отклонение i-го измерения.

Физический смысл критерия оптимизации состоит в том, что решения системы, согласованные значения, должны как можно меньше отличаться от измеренных значений, нужно, чтобы более точные наблюдения входили в уравнения с большим весом, менее точные, грубые измерения – с меньшим весом. Вектор измерений $\boldsymbol{Z}$ может включать в себя, помимо массовых (количественных), качественные характеристики такие, как октановые числа потоков в узлах смешения нефтепродуктов, что расширяет сферу применения систем по сведению баланса. К примеру, измерительный модуль «Production Balance» от компании «Mescenter», разработчика MES-систем «MATRIX HCS», поддерживает массовый, объемный, тепловой и составной типы балансов.

Задача нелинейного программирования может быть решена различными математическими методиками: гребневой регрессией или регуляризацией Тихонова, применением фильтра Калмана,

методами проекции матрицы и Ньютона, сингулярным разложением и разложением URV. В настоящее время самый быстродействующий метод из представленных: метод регуляризации, основанный на допущении, что неизмеримые переменные можно классифицировать по величине недостоверности, задаваемой параметром регуляризации, с последующим их исключением из условий баланса. Метод регуляризации находит применение в задачах, неустойчивых по отношению к погрешностям в исходных данных, подобные задачи называются некорректно поставленными. Частное приложение данной методики к сведению материального баланса энергоблока парогазовой тепловой электростанции (ТЭС) представлено в [8], математический метод подробно описан в отдельном пособии [9].

Более классическим и простым методом решения задачи квадратичного программирования является метод Ньютона, в случае его несходимости имеет смысл использовать численно более затратные методы разложения по сингулярным числам (SVD- или URV-разложения). Большинство коммерческих решений, представленных на рынке, поддерживают одновременно несколько методик расчета.

В ситуациях смещения нуля, замораживания показаний, дрейфа значений либо ухудшения точности измерений в наборе данных могут появляться грубые ошибки (gross error). Их необходимо устранять прежде всего, до выполнения процедуры согласования данных, иначе точность согласования окажется неудовлетворительной. При определении грубых ошибок ставится ряд последовательных задач:

1. Задача обнаружения (определить наличие грубых ошибок в массиве данных).
2. Задача идентификации (выявить тип и расположение грубых ошибок).
3. Задача оценки (оценить величину грубых ошибок).

Существуют различные тесты по выявлению грубых ошибок: глобальный тест, тест уравнений или узлов баланса, тест измерений. Простейший способ выявления недопустимых значений: сравнение разницы по модулю между согласованными и измеренными значениями с погрешностью измерений.

$$\left|y_i - x_j\right| > \frac{\delta_j}{2} \quad (4)$$

В случае если отклонение превышает допустимую погрешность, измеренное значение параметра содержит грубую ошибку.

Заключение

Таким образом, ввиду существования значительной недостоверности данных о состоянии технологического процесса на промышленном предприятии, в мировой практике разработаны и активно применяются алгоритмы согласования данных, входящие в состав единой автоматизированной системы управления. В работе поставлена математическая задача сведения материально-энергетического баланса, описаны стандартные методики согласования данных на примере нефтеперерабатывающего предприятия, обозначена актуальность идентификации грубых ошибок измерения.

Список использованных источников

1. Пещеренко С.Н. Влияние вязкости жидкости на рабочие характеристики насоса ЭЦН7А-1000 / С.Н. Пещеренко, Д.Н. Лебедев, Д.А. Павлов // Вестник Тюменского государственного университета. Физико-математическое моделирование. Нефть, газ, энергетика. – 2018. – Т. 4. – № 4. – С. 64-79.

2. Кувыкин В.И., Балашов Р.Д., Ибулаев Р.Г., Мелешкевич М.А. Эффективность согласования данных материального баланса в нефтепереработке // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и Технические Науки. – 2023. – № 01. – С. 130-135

3. Кувыкин В.И. Согласование баланса при смешении бензинов // Инновации в науке. – № 8 (57). – 2016.

4. Кувыкин В.И., Петухов М.Ю. Построение бизнес-процессов в системах автоматизации НПЗ // Автоматизация в промышленности. – 2012. – № 10. – С. 39-42.

5. Антипов Ю.А. Оценка гидравлических и тепловых потерь в магистральных нефтепроводах в условиях холодногоклимата / Ю.А. Антипов, Х.Халифе, И.А. Жариков // Нефтегазовое дело. – 2018. – Т.16, № 2. – С. 99-105. – DOI 10.17122/ngdelo-2018-2-99-105.

6. Артемьев С.Б., Бородин П.Е., Закиев А.Р., Петухов М.Ю. Автоматизация процесса согласования материального баланса на нефтеперерабатывающем предприятии — система Production Balance // Автоматизация в промышленности. – 2014. – № 8. – С. 22-28.

7. Разработка методики совместного сведения материальных и энергетических балансов по данным технического учета в системе расчета показателей тепловой экономичности оборудования ПГУ-ТЭС /

А.П. Зимин, Г. В. Ледуховский, В. П. Жуков [и др.] // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. – 2017. – № 2. – С. 5-12. – DOI 10.17588/2072-2672.2017.2.005-012.

8. Алгоритмы сведения материальных и энергетических балансов при расчетах технико-экономических показателей оборудования ТЭС на основе метода регуляризации некорректных задач / Г.В. Ледуховский, В.П. Жуков, Е.В. Барочкин и др. // Теплоэнергетика. – 2015. – № 8. – С. 72-80.

9. Сумин, М. И. Метод регуляризации А.Н. Тихонова для решения операторных уравнений первого рода: учебно-методическое пособие / Сумин М. И. – Нижний Новгород: ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2016. – 56 с.

10. Бажин В.Ю., Масько О.Н., Ануфриев А.С. Обоснование выбора платформы для создания системы управления материальными потоками в производстве металлургического кремния // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2024. – № 1-1. – С. 206-219.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИОЧАСТОТНЫХ МОДУЛЕЙ (RFID/NFC), СПОСОБОВ ИДЕНТИФИКАЦИИ И ВОЗМОЖНОСТИ ОБЪЕДИНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ДИАПАЗОНОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН

Кузнецов Я.В.[1], Цапко И.В.[2]
[1]Томский политехнический университет, ИШИТР, 8К03, e-mail: yvk41@tpu
[2]Томский политехнический университет, ИШИТР, к.т.н., доцент ОИТ, e-mail: tsiv@tpu. ru

Аннотация
Работа направлена на исследование возможности разработки носимого устройства радиочастотной идентификации с возможностями записи, хранения и передачи данных, хранящихся на пропусках, метках и браслетах.

Ключевые слова: радиочастотная идентификация, электромагнитные волны, чипы.

Введение

Возможности идентификации объектов и их распознавания методами электромагнитных волн активно развиваются как в сфере B2B для логистики, идентификации и безопасности, так и для модели B2C с целью получения личного ключа или рабочего идентификатора. Это стало осуществимым благодаря недорогой технологии, отсутствию необходимости обслуживать ключ доступа (пропуск) и возможности однозначно идентифицировать объект. На данный момент эта технология используется для прохода через турникеты на работе, открывания входных дверей подъездов, раскрытия ящика с документами, а на предприятиях для решения задач логистики и идентификации объектов. Всё это порождает большое множество пропусков и ключей, работающих на разных частотах, что является крайне неудобным и делает привлекательной идею внедрять унифицированные системы, позволяющие пользователям носить только один идентификатор.

На данный момент существуют следующие выделенные частоты для общего использования: 125-134 кГц, 13,56 МГц, 860-915 МГц. Частота 2,45 ГГц для устройств RFID (Radio Frequency Identification) на территории Российской Федерации не допустима. Остальные частоты зарезервированы под военные и государственные нужды. Самые развитые системы RFID и NFC – работают в диапазоне 13.56 МГц. Второй по значимости используемый диапазон – 125-134 кГц, скорость передачи данных в этом случае меньше, однако электромагнитные волны этого диапазона наиболее устойчивы к помехам. На частотах 860-915 МГц требуется антенна несколько больших размеров и специфика использования данных частот относится скорее к производственным условиям. Разрабатываемое устройство, должно объединить в себе наиболее используемые протоколы обмена данными и частоты, и дать возможность заменить большое число систем считывания и идентификации одним унифицированным носимым ключом [1].

Целью работы является исследование радиочастотных модулей, проработка алгоритма, объединяющего диапазоны частот, и разработка носимого на запястье устройства, хранящего личные пропуска.

Способы повышения эффективности обмена информацией через радиоволны

В сфере обмена информацией чаще используют упрощенные методы передачи информации через RFID (Radio Frequency Identification) – на этой технологии идентификации объектов с использованием радиочастотных волн, были основаны дальнейшие исследования. При работе RFID-системы с помощью электромагнитных волн передают данные между RFID-считывателем и меткой [3]. При исследовании взаимодействия электромагнитных волн для RFID, были выявлены наиболее важные аспекты, позволяющие повысить эффективность технологии.

Электромагнитная совместимость

В работе рассматриваются две основные частоты: 125 кГц и 13.56 МГц. Совместимости между собой они не имеют, что не позволяет объединять различные функции, поэтому была модель двусторонней антенны (рис. 1 и 2), способной механическим движением (в корпус должен быть установлен механизм с шестерней, позволяющий снаружи корпуса прокрутить безель) моментально менять частоту. Антенна представляет собой несколько пластин с намоткой, где с каждой стороны выведены два контакта, это позволило при совместном использовании таких антенн во время

совмещения контактов (параллельное соединение) увеличить сечение проводника. При последовательном совмещении контактов, увеличивается индуктивность. При наложении таких антенн, эффективность падает на 17 %, однако данный способ позволяет создать универсальную модель для взаимодействия с вышеописанными электромагнитными полями в компактном корпусе.

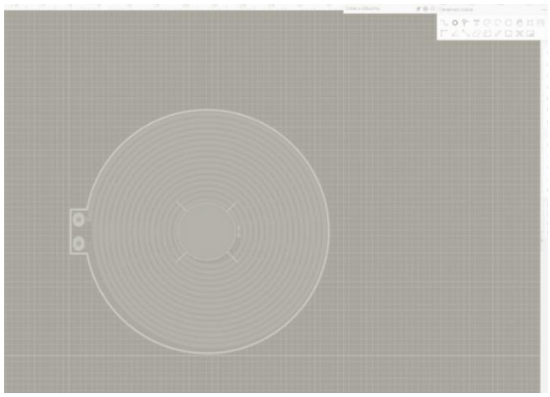


Рис. 1. Модель динамической антенны

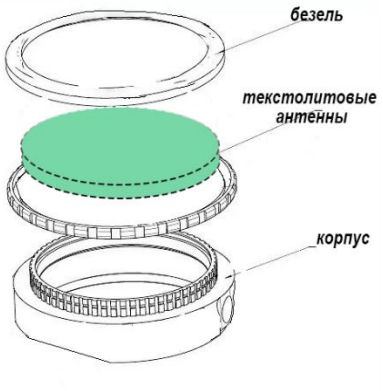


Рис. 2. Схема динамической антенны

Усиление передачи сигнала

Антенны являются ключевыми компонентами RFID-системы. Для повышения производительности и дальности считывания исследовались такие возможности, как оптимизация антенн и антенных конструкций. Антенна с ферритовой подкладкой не дает особых улучшений: дальность действия антенны возросла всего на 7-12 %. Учитывая толщину подкладки, такая схема расположения оказывается неэффективной для устройств считывания. При использовании магнитных ферритовых сердечников антенн, появилось значительное преимущество – возможность размещения нескольких элементарных антенн разных частот в компактном корпусе. Ферритовые антенны обладают высокой индуктивностью и способностью фокусировать и направлять магнитное поле. Они эффективно функционируют на низких и средних частотах, обеспечивая надежную защиту от электромагнитных помех. В процессе работы был проведен ряд тестов, по результатам которых выяснилось, что размещение катушки должно быть в центре ферромагнетика (в форме цилиндра), с максимальной плотностью витков [4].

Типы транспондеров

RFID-транспондеры, в зависимости от их характеристик, способа использования и конструкции, бывают разных типов: пассивные, активные, полуактивные, ультразвуковые.

Расчеты, проведенные в рамках исследования, показали, что для пассивных и полуактивных транспондеров достаточно энергии, передаваемой считывающим устройством, для работы на расстоянии до 6 и 15 сантиметров соответственно. Использование конденсатора емкостью 2 мкФ позволило оценить время работы в примерно 23 мс, достаточное для передачи данных одной метки со скоростью 2 кбит/с. При напряжении 3,3 В максимальный ток нагрузки составит около 2,3 мА, достаточный для питания от поля считывающих устройств и не требующий использования батареи. Однако, при частоте 13,56 МГц потребление увеличивается примерно вдвое, что требует использования дополнительного преобразователя напряжения.

Из-за технических сложностей, таких как алгоритмические сбои и изменение потребления энергии в зависимости от частоты, использование пассивных транспондеров оказалось наиболее эффективным. Они позволяют достигнуть оптимальной эффективности при минимальных затратах, что делает их предпочтительным выбором для широкого спектра приложений в области RFID-технологий.

Модуляция сигнала

Модуляция, в контексте передачи информации, представляет собой процесс изменения одного или нескольких параметров несущего сигнала в соответствии с передаваемыми данными. Этот метод играет ключевую роль в современных системах связи и передачи данных, обеспечивая эффективную передачу информации через различные типы каналов связи. Путем изменения амплитуды, частоты или фазы несущего сигнала в соответствии с информацией, модуляция позволяет кодировать и передавать данные с высокой эффективностью и устойчивостью к помехам. Различные виды

модуляции (таблица 1), такие как амплитудная, частотная и фазовая, а также их комбинации, обеспечивают разнообразные методы кодирования информации (рис. 3) для адаптации к различным условиям передачи и требованиям пропускной способности канала [2].

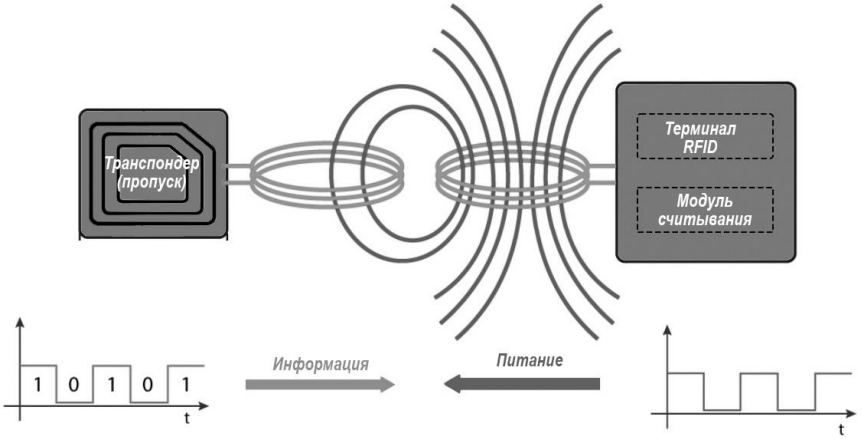


Рис. 3. Схема обмена информацией пассивного транспондера

В ходе исследования были рассмотрены три основных метода передачи данных между считывателем и RFID-меткой. Первый метод основан на отправке запросов считывателем метке с последующей модуляцией сигнала меткой при ответе. Этот подход позволяет передавать максимальное количество данных, особенно при использовании различных методов модуляции. Также выяснилось, что заземление на передатчике увеличивает сигнал на 60-80 %. Второй метод предполагает использование непрерывного сигнала, который метка прерывает своим отражением или поглощением. Однако, данная технология не подходит для носимых устройств из-за высокого энергопотребления. Третий метод основан на использовании временных протоколов и промежуточных команд для передачи данных поэтапно. Однако, для его тестирования требуется настройка специального чипа, что может замедлить передачу информации. Таким образом, самое подходящее решение – амплитудная модуляция.

Таблица 1

Способы модуляции

Способ модуляции	Описание	Преимущества	Недостатки	Показатель эффективности (бит/с/Гц)
AM	Модуляция амплитуды: изменение амплитуды сигнала в соответствии с передаваемой информацией.	Простота реализации, низкая чувствительность к шуму	Меньшая эффективность использования частоты	1 (1-0-1)
FM	Частотная модуляция: изменение частоты несущего сигнала в зависимости от передаваемых данных.	Более устойчив к шумам и помехам, широкий диапазон частот	Более сложная техническая реализация	2 (01-11)
PM	Фазовая модуляция: изменение фазы несущего сигнала в соответствии с информацией.	Эффективное использование спектра сигнала, высокая скорость передачи данных	Чувствительность к фазовым искажениям	3 (101-010)
KAM	Комбинированная амплитудно-фазовая модуляция: комбинирование AM и PM для передачи данных.	Максимальное использование спектра сигнала, высокая скорость передачи данных	Сложная настройка и обработка сигнала	4 (1011-0010)
ASK	Модуляция амплитуды с ключом: прерывание несущего сигнала в соответствии с данными.	Простота реализации, высокая эффективность использования частоты	Чувствительность к шумам и помехам	5-7 (010101-111101)

Система безопасности устройства

Для безопасного функционирования устройства и предотвращения возможных утечек данных требуется реализовать уникальный способ доступа к информации. На сегодняшний день самым эффективным способом определения личности является использование отпечатка пальца.

В ходе работы, с целью определения наиболее подходящей технологии для использования в браслете, было проведено исследование различных типов сканеров отпечатков пальцев (таблица 2).

Анализ показал, что емкостной сканер имеет лучшие результаты в работе при различных условиях, включая высокую влажность и низкие температуры. Элементы емкостного сканера оценены как недорогие, неприхотливые и энергоэффективные, тратят на 17 % меньше энергии, чем аналоги. При использовании емкостного сканера удалось получить четкое изображение отпечатка пальца при наличии 40 % его поверхности, а время распознавания составляет 283 миллисекунды.

Таблица 2

Модель комбинаций битов доступа для изменения настроек доступа чипа

Тип сканера	Точность	Скорость сканирования	Принцип работы	Преимущества	Недостатки	Энергопотребление на срабатывание (мА*ч)
Оптические	До 5 % совпадений	500 мс	Использование света для создания изображения отпечатка пальца на поверхности сканера.	Высокая точность	Чувствительность к внешним условиям (влажность, пыль)	2.5
Капацитивные	До 2 % совпадений	300 мс	Измерение емкости между сенсорами и папиллярными узорами пальца, создание изображения отпечатка.	Высокая скорость сканирования	- Более высокая стоимость по сравнению с оптическими	1.8
Ультразвуковые	До 1.7 % совпадений	200 мс	Использование ультразвуковых волн для создания трехмерной модели папиллярных узоров пальца.	Очень высокая точность	- Высокая стоимость	2.2
Термальные	До 9 % совпадений	600 мс	Измерение температурных различий между папиллярными узорами и окружающей тканью пальца.	Невосприимчивость к внешним условиям (пыль, влажность)	- Более низкая точность по сравнению с капацитивным	2.0

Разработка скрипта

Для управления устройством, способным работать в разных режимах с RFID, необходимо разработать эффективный скрипт. Алгоритм реализован на языке C++, с использованием внешних библиотек. Основными параметрами при разработке стали: возможность одновременно работать на нескольких частотах, возможность сканирования чипов, возможность передачи данных с помощью электромагнитных волн, хранение данных и их обработка. Порядок работы алгоритма, следующий: при поднесении метки к устройству происходит активация чипа и антенны приема сначала одной частоты, потом другой, если сигнал от транспондера (эмулируемая метка, пропуск) получен, то выполняется считывание его данных (рис. 4). На этом этапе распознается способ кодирования и тип транспондера. Далее выделяется необходимая память и данные копируются в новый слот. В случае режима эмуляции, некоторые терминалы считывания данных, проверяют метку на подлинность, путем отправки сообщения для записи, после распознавания и обработки таких ложных сигналов, отправляются данные выбранного пропуска/метки [6].



Рис. 4. Схема использования браслета

Подключение модулей

После проведенного анализа полученных результатов работы RFID, стало возможным создание прототипа устройства, сканирующего пропуска, метки, карты доступа в разных диапазонах и способного передавать эти данные на считывающие модули. Браслет включает в себя следующие основные элементы: антенна 13.56 МГц, ферритовая антенна 125 КГц, модули чтения и записи mfrc 522 и rdm6300, ёмкостный сканер отпечатков, li-ion аккумулятор. При сборке необходимо обозначить каналы ввода и вывода, места подключения антенн. Полученная модель способна считывать данные с пропуска и записывать в собственный реестр, имеется возможность передачи записанных данных на терминалы считывания, управление хранилищем и возможность безопасного использования, посредствам сканирования отпечатка. Часть таких функций выполняется без участия аккумулятора, благодаря использованию пассивной энергии волн, то есть индукции.

Заключение

После проведения исследований и тестов, были получены способы улучшения стандартных методов обмена информацией через RFID. Способность макета объединять разные протоколы безопасности с разными пропусками, ключами и чипами, дала возможность реализовать полноценное устройство для хранения личным ключей, карт и данных в одном месте с системой безопасности. На данный момент макет успешно прошел тесты с перезаписью и использованием личного пропуска. Также возможности становятся шире при применении в производственных отраслях, так разные внедренные системы в логистике, идентификации и безопасности, можно объединять благодаря данному устройству, что повысит эффективность в этих областях.

Список используемой литературы

1. Финкенцеллер К RFID-технологии. Справочное пособие / К Финкенцеллер. – Москва : Додека XXI век. – 2016. – 479 с. – ISBN 978-5-94120-232-4 (дата обращения: 16.04.2023).

2. Штейн Б.Б. Черняк Н.А. Однополосная модуляция с помощью фазовых схем. – М.: Государственное издательство литературы по вопросам связи и радио, 1959. – 164 с. (дата обращения: 04.08.2023).

3. Бобков, А.С. Исследование возможностей технологии RFID / А.С. Бобков, И.Н. Козменков. – Текст: непосредственный // Юный ученый. – 2021. – № 8.1 (49.1). – С. 1-2. – URL: https://moluch.ru/young/archive/49/2605/ (дата обращения: 23.11.2023).

4. Рахманов, Н.И. Применение технологий радиочастотной идентификации в автоматизации склада хранения готовой продукции на полиграфическом предприятии / Н.И. Рахманов. – Текст : непосредственный // Молодой ученый. – 2023. – № 29 (476). – С. 9-14. – URL: https://moluch.ru/archive/476/105024/ (дата обращения: 11.02.2024).

5. Слисков, В.А. Сравнение видов модуляции / В.А. Слисков, М.А. Игнатовский. – Текст : непосредственный // Молодой ученый. – 2019. – № 51 (289). – С. 215-217. – URL: https://moluch.ru/archive/289/65554/ (дата обращения: 16.08.2023).

6. Рахманов, Н.И. Применение технологий радиочастотной идентификации в автоматизации склада хранения готовой продукции на полиграфическом предприятии / Н.И. Рахманов. – Текст : непосредственный // Молодой ученый. – 2023. – № 29 (476). – С. 9-14. – URL: https://moluch.ru/archive/476/105024/ (дата обращения: 03.11.2023).

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АВТОМАТИЗАЦИИ ДОБЫЧИ ГАЗА

Погорелова А.Ю.[1], Громаков Е.И.[2]
[1]Томский политехнический университет,
Инженерная школа информационных технологий и робототехники 8Т11, e-mail: ayc10@tpu.ru
[2]Томский политехнический университет,
Инженерная школа информационных технологий и робототехники, доцент, e-mail: gromakov@tpu.ru

Аннотация

Совершенствование автоматизации добычи газа позволяет непрерывно улучшать технологию добычи газа, анализировать большие объемы данных и оперативно реагировать на возможные проблемы. Современная автоматизация позволяет оптимизировать использование ресурсов, рационализировать рабочие процессы и увеличить производительность месторождений. Благодаря системам прогнозирования, «умная автоматизация» предоставляет возможность значительно повысить эффективность добычи газа.

Ключевые слова: природный газ, умная автоматизация, информационные технологии, добыча газа, оптимизация.

Введение

В современном мире производство энергии является одной из ключевых составляющих развития экономики и обеспечения нужд населения [1]. Одним из основных источников энергии является природный газ [2]. В данной работе исследуется возможность улучшения эффективности процессов добычи газа за счет использования новых технологий компьютерного управления.

Усовершенствование автоматизации добычи газа представляет собой применение передовых информационных технологий, сенсорных систем, аналитики данных и искусственного интеллекта для оптимизации процессов добычи. Современные цифровые технологии позволяют снизить риски и затраты, повысить производительность и безопасность работников, минимизировать выбросы углеводорода в окружающую среду.

Основными этапами добычи газа являются (рис. 1):

1. Разведка и поиск месторождений газа. Этот этап включает геологические исследования, районирование и объемное восстановление запасов газа.
2. Буровые работы. После обнаружения месторождения газа, осуществляется бурение скважин для добычи газа.
3. Оценка возможных запасов газа. После бурения скважины, проводится оценка запасов газа на месторождении. Это включает оценку потенциального объема газа, его качества, дебита скважины и проницаемости пласта.
4. Обустройство добычи газах
5. Добыча газа.

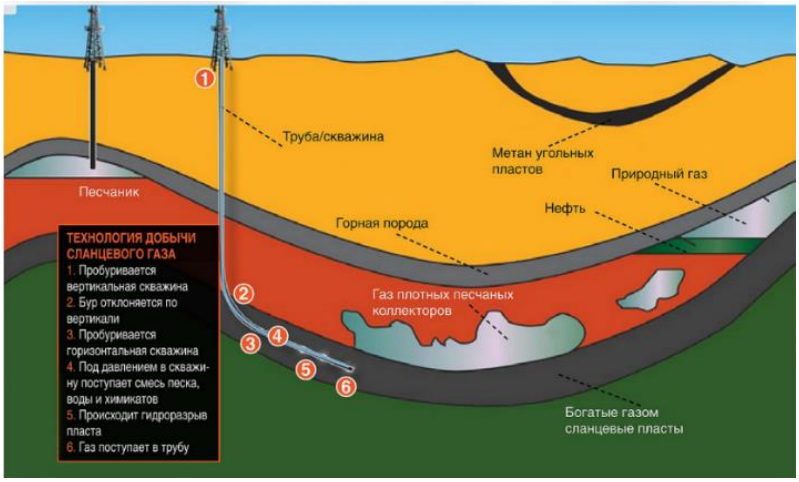


Рис. 1. Технология добычи газа

Повышенная сложность выполнения этих работ требует установку и использование современного цифрового оборудования для добычи, транспортировки и обработки газа.

В газодобыче существуют различные технологии и инструменты автоматизации, которые помогают улучшить эффективность и безопасность процесса добычи газа. Обычно они включают в себя:

- Системы удаленного мониторинга и управления добычей газа, которая позволяет оператору дистанционно контролировать ключевые параметры технологического оборудования, производить ее запуск/остановку в строгом соответствии с установленным регламентом и выполнять другие функции, поддерживаемые компьютерным оборудованием автоматизированных систем управления.
- Автоматические системы управления, которые без участия оператора обеспечивают контроль и оптимизацию параметров работы скважин, таких как давление и расход газа. Сегодня для этого применяются различные алгоритмы: позиционные, пропорционально-интегрально-дифференциальные (ПИД), усовершенствованные (APC), модельные с предсказанием (MPC, fuzzy, нейросетевые), киберфизические, использующие модели цифровых двойников. Все они облегчают работу оператора и за счет высокой скорости обработки событий обеспечивают приемлемую аварийную защиту и оперативное выполнение действий по поддержанию оптимальных условий добычи.
- Роботизированное обслуживание скважин. Такие системы выполняют сложные мехатронные операции по обслуживанию скважин без участия человека. Они могут проводить ремонтные работы, заменять оборудование и осуществлять технологические операции с высокой точностью и безопасностью.
- Системы компьютерного мониторинга в реальном времени по месту расположения скважин на месторождении газа. Эти системы позволяют операторам получать информацию о работе скважин в режиме реального времени. Они оснащены оптическими и акустическими датчиками, которые могут мониторить состояние оборудования и определять возможные проблемы на ранних стадиях их развития.

На рынке существует несколько автоматизированных систем, специализирующихся на сборе и анализе данных о процессах добычи газа. Вот некоторые из них:

1. OSIsoft PI System [3]. Одна из ее главных особенностей — это Smart способность считывать данные из различных источников (измерений технологических параметров, указаний регламентов, измерений погодных условий, оценки состояния оборудования и др.).
2. Honeywell Unified Operations Center [4]. С ее помощью операторы и руководители могут получать оперативную информацию о процессах и принимать быстрые и правильные решения по управлению промышленными процессами.
3. AVEVA System Platform [5]. Умная автоматизированная система предоставляет средства для сбора данных из различных источников, включая SCADA-системы, которые используются для контроля и управления промышленными процессами.
4. PELCO Gas Management System [6]. Ключевым преимуществом системы PELCO является возможность анализа данных для оптимизации производства газа. Система собирает информацию о процессах добычи, анализирует ее и предоставляет операторам рекомендации по оптимизации производственных процессов.

Все эти системы имеют общий тренд непрерывного усовершенствования, направленного на развитие интеллектуализации процесса добычи газа.

Целью доклада является развитие умной добычи газа с использованием российских средств автоматизации

Описание решения

Умная автоматизация добычи газа может быть реализована в РФ с применением следующих средств:

1. Система подачи ингибитора «СПИ-02». Эта система обеспечит подачу ингибитора в трубопровод для предотвращения образования либо для разрушения образовавшихся гидратов.
2. Двухфазный расходомер газа «ДФР-01», новое изделие, в котором реализовано решение по измерению двухфазного потока добычи газа методом переменного перепада давления на двух сертифицированных средствах измерения – расходомере газа «ГиперФлоу» и диафрагменном узле оригинальной конструкции обеспечит усовершенствованное измерение.

3. Регулирующее устройство дебита газовой скважины «РУД-02» обеспечит регулирование дебита в широком динамическом диапазоне.

4. Диспетчерский комплект обеспечит прием, архивирование, отображение полученной информации, а также передачу команд в блок электроники кустового комплекта [5].

Эти программно-аппаратные средства позволяют реализовать усовершенствованную (умную) автоматизации процесса добычи газа на основе программно-аппаратных средств, показанных на функциональной схеме IOT сбора информации и предоставления ее для принятия управленческих решений оператору (рис. 2).

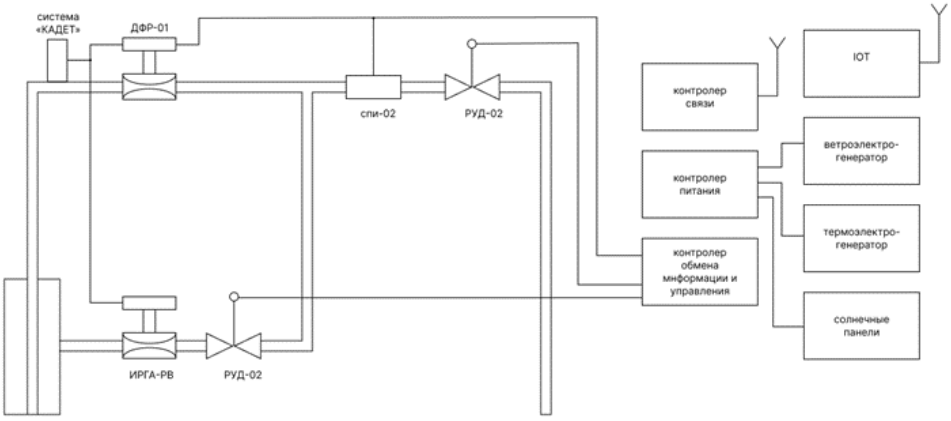


Рис. 2. Функциональная схема добычи газа

Отличительной особенностью такой схемы автоматизации является более простое по сравнению с традиционными схемами (например, SCADA) подключение в единое информационное пространство различных вспомогательных средств, например, таких как автономные энергоисточники, их микроконтроллеры управления, датчиков и дронов для мониторинга декарбонизации и др. средств непрерывного развития автоматизации на территории газодобычи.

Развитие (реализация) умной автоматизации добычи газа на концептуальном уровне разработки будет включать в себя:

1. Применение сенсорных сетей и систем интегрированного управления для автоматизации и оптимизации всего процесса добычи газа.

2. Использование облачных технологий для сбора, хранения и обработки больших объемов данных, связанных с добычей газа

3. Внедрение интеллектуальных систем автоматического контроля и регулирования давления, температуры и других параметров при добыче газа.

4. Внедрение автономных автоматических систем управления и мониторинга на месторождениях газа.

5. Применение искусственного интеллекта и машинного обучения для предсказания и оптимизации добычи газа.

6. Разработку и использование автономных роботизированных систем для выполнения специальных задач, связанных с добычей газа.

7. Замену ручных операций на робототехнику и автоматические машины для выполнения задач по добыче газа.

8. Внедрение автоматических систем контроля и предупреждения аварийных ситуаций на месторождениях газа.

9. Разработку программного обеспечения для анализа и оптимизации процессов добычи газа.

Заключение

Умная автоматизация добычи газа представляет собой перспективное направление развития в отрасли. Применение современных технологий и искусственного интеллекта, использование облачных средств автоматизированного управления, аналитика больших данных позволяет оптимизировать процессы, повысить эффективность добычи газа на месторождении, снижает эксплуатационные

расходы и эксплуатационные риски на содержание в рабочем состоянии большого объема программно-аппаратных средств автоматизации, переложив их на аутсорсинг облачной инфраструктуры. Конечно, для успешной реализации данной концепции необходимо провести дополнительные исследования, разработку новых дополнительных средств автоматизации и, главное, обеспечить необходимый уровень кибербезопасности автоматизированной систему управления добычей газа.

Список использованных источников

1. Экономика энергетики // Справочник от автор2024. – URL: https://spravochnick.ru/ekonomika/ekonomika_energetiki/ (дата обращения: 20.10.2023).
2. Природный газ как топливо // vizlit.com. – URL: https://vuzlit.com/738642/prirodnyy_gaz_kak_toplivo#:~:text=Как%20источник%20энергии%20природный%20газ,хоть%20и%20имеет%20меньший%20КПД (дата обращения: 10.10.2023).
3. PI SYSTEM // PI SYSTEM. – URL: https://indusoft.ru/products/osisoft/PI_SYSTEM/ (дата обращения: 15.11.2023).
4. Как Удаленные операционные центры могут помочь компаниям в переходном периоде // power. – URL: https://www.powermag.com/how-remote-operation-centers-can-help-companies-transition/ (дата обращения: 15.11.2023).
5. Платформа управления операциями в режиме реального времени // aveva. – URL: https://www.aveva.com/en/products/system-platform/ (дата обращения: 15.11.2023).
6. Pelco: оборудование для промышленных объектов. // vrsystems. – URL: https://www.vrsystems.ru/stati/pelco_oborudovanie_dlya_promishlennix_obektov.htm (дата обращения: 15.11.2023).
7. Удаленный мониторинг // передовая энергетика. – URL: https://p-energetica.ru/service/monitoring/ (дата обращения: 07.12.2023).

ИМИТАЦИОННАЯ СТРУКТУРНАЯ МОДЕЛЬ ДЫХАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ЧЕЛОВЕКА ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Павловский А.В.[1], Филипас А.А.[2]
[1]ТПУ, ИШИТР, группа А3-36, e-mail: avp135@tpu.ru.
[2]ТПУ, ИШИТР, Заведующий кафедрой - руководитель отделения на правах кафедры, к.т.н., доцент, e-mail: filipas@tpu.ru.

Аннотация

В данной работе рассматривается имитационная структурная модель дыхательной системы человека, которая описывает объем, поток и давление дыхания, в которой управляющим воздействием является давление. Представлены имитационная структурная модель, результаты моделирования и валидации.

Ключевые слова: диагностика, медицина, автоматизация, оценка.

Введение

На сегодняшний день с развитием технологий появилась возможность проводить диагностику человеческого организма с помощью специализированных медицинских приборов. Врачи получили инструменты, с помощью которых они могут за небольшой промежуток времени определить общее состояние пациента: температуру тела, артериальное давление, пульс и т. д., и определить диагноз, чем человек болен. Однако если рассматривать часть или всю систему организма в целом, то не всегда специалисты могут определить, что на самом деле происходит с человеком. Одним из методов идентификации состояния систем является их описание через математические модели, которые максимально, по возможности, описывают реальный объект [1], что дает возможность моделировать различные состояния систем. В связи с этим встает необходимость в создании таких моделей, которые смогут идеально скопировать оригинал и определять корректно общее состояние и заболевание у пациента. Однако так как все люди разные и не все системы можно точно описать должен оставаться скептицизм, что спроектированные модели в некоторых случаях неверны.

В данной работе была выбрана дыхательная система, так как она одна из важных систем организма без которой человек не может существовать. Данная система может подвергаться различным раздражительным факторам таким как: пыль, вредные вещества и т. д., а также различными заболеваниями таким как ХОБЛ, астма, туберкулез [2], и своевременное выявление отклонений позволит врачам назначить правильное лечение пациенту. В предыдущих научных-исследований по данному направлению была представлена «Имитационная структурная модель потребителя (пациента) для терапии легочных заболеваний» [3], в которой не было представлено модели легочной системы человека, которая необходима для имитации проведения терапии.

Имитационная структурная модель дыхания человека

Рассмотрев работы [4-6] по созданию математических моделей дыхательной системы человека, выбрано следующие описание модели [4]. Создана эквивалентная электрическая схема системы (рисунок 1), входным параметром является полное давление во внешней среде (P_{E}). Данная модель содержит следующие элементы: R_{uaw} – сопротивление верхних дыхательных путей; R_{C} – сопротивление складных дыхательных путей; R_{S} – сопротивление малых дыхательных путей; R_{Lti} – сопротивление легочной ткани; C_{tm} – податливость складных дыхательных путей; C_{el} – податливость легких. Кроме того, возможно отслеживать следующие параметры: P_{E} – давление во внешней среде; P_{D} – полное давление в области жесткого мертвого пространства; P_{C} – полное давление в складчатой области; P_{A} – полное давление в альвеолярной области; P_{ref} – исходное давление или начальное альвеолярное давление перед началом вдоха, положительное давление в конце выдоха (PEEP); Q_{ED} – воздушный поток в верхних дыхательных путях; Q_{DC} – воздушный поток между мертвым пространством и складными дыхательными путями; Q_{CA} – воздушный поток между складными дыхательными путями и альвеолярным пространством.

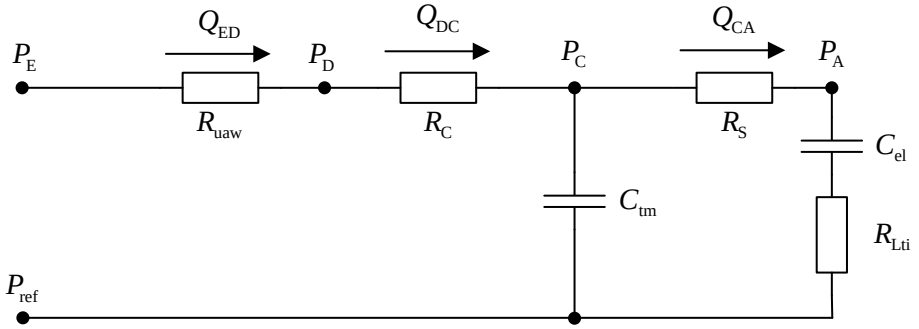


Рис. 1. Эквивалентная электрическая схема механики легких

Согласно рисунку 1 спроектирована имитационная структурная модель (рис. 2), которая использует математическую модель механики легких (рис. 3) [4].

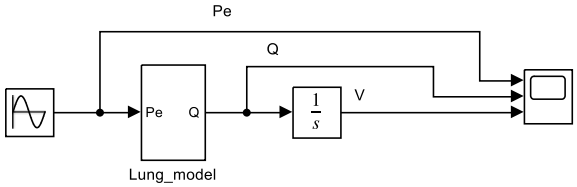


Рис. 2. Имитационная структурная модель легких

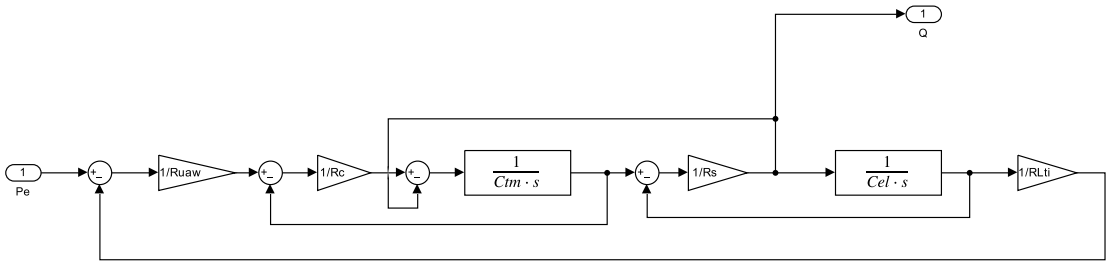


Рис. 3. Математическая модель легких

Проверка работоспособности имитационной структурной модели

Моделирование осуществим при синусоидальном и прямоугольном [7] задание сигнала давления, которые имеют различные допущения и является граничными при исследование входных сигналов. Определены параметры, легочной системы здорового человека, для данной модели: R_{uaw} = 0,5 см H_2O*с/л; R_C = 5 см H_2O*с/л; C_{tm} = 0,02 л/см H_2O; R_S = 15 см H_2O*с/л; C_{el} = 0,2 л/смH_2O; R_{Lti} = 10 см H_2O*с/л. Для синусоидальной формы была взята амплитуда 5 см H_2O с частотой 1.57 рад/с (15 вдохов/минуту), а так же введен коэффициент масштабирование b_V = 0,3, необходимый для смещение сигнала объема в положительную часть, так как объем, в данном случае, не может быть отрицательным.

Меандровая форма сигнала может принимать два значения: нижнее значение определяется положительным давлением в конце выдоха (PEEP) (P_{ref}), а верхнее значение определяется суммой давления в дыхательных путях (P_E) и PEEP. Кроме того скважность и период задается следующим образом: при выборе скважности используется следующие соотношение 1:2 (вдох/выдох), к примеру высокий уровень длится 1 с (вдох), а низкий уровень длится 2 с (выдох), и общее время периода составляет 3 с (период дыхания), что соответствует частоте дыхания 20 вдохов/минуту. Для меандровой формы сигнала были заданы PEEP = 5 см H_2O, P_{aw} = 10 см H_2O и частотой дыхания, представленной выше. Кроме того для меандрового сигнала были изменены параметры модели на следующие: R_{uaw} = 0,3 см H_2O*с/л; R_C = 2 см H_2O*с/л; C_{tm} = 0,01 л/см H_2O; R_S = 5 см H_2O*с/л; $C_{el} = 0,05 л / см\ H_2O$; R_{Lti} = 2 см H_2O*с/л. Результаты моделирования представлены на рисунках 4 – 5.

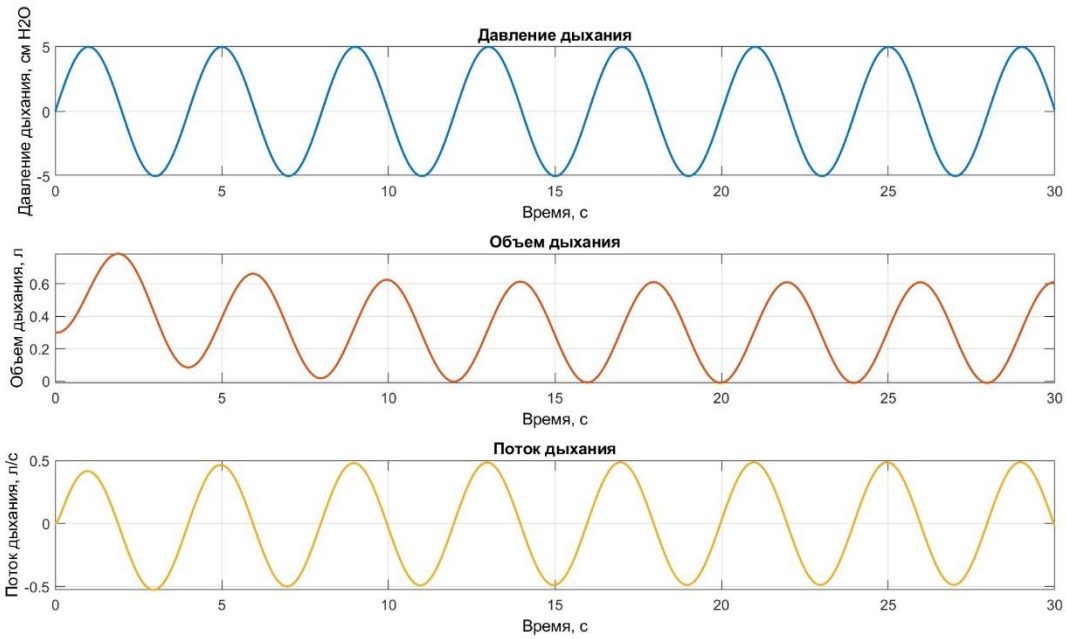


Рис. 4. Моделированные сигналы дыхания (синусоидальная форма давления)

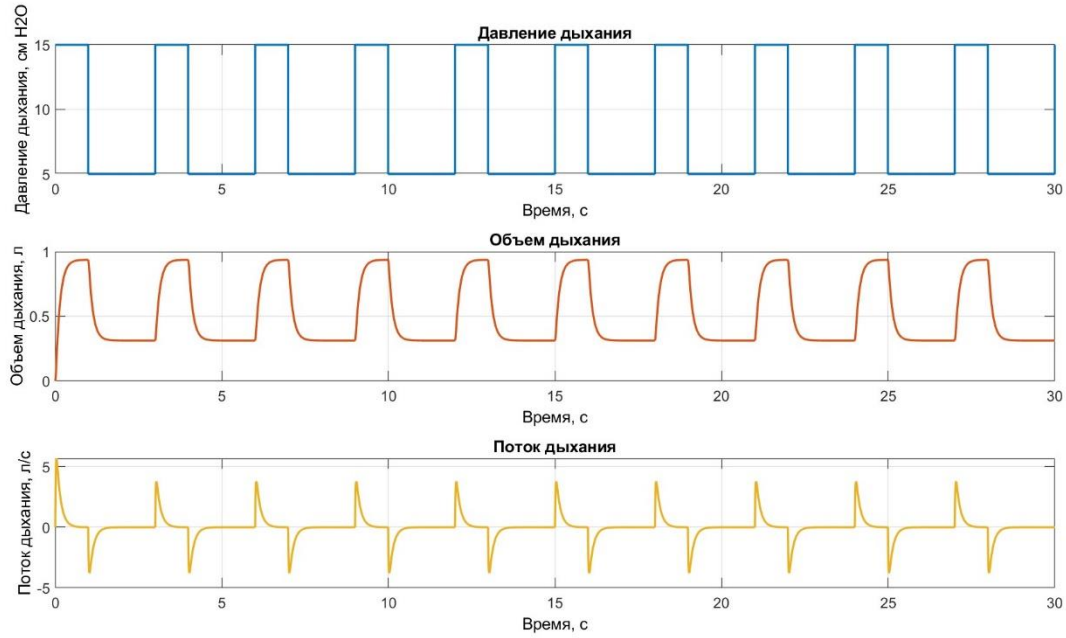


Рис. 5. Моделированные сигналы дыхания (меандровая форма давления)

По результатам моделирования получены следующие пиковые значения в установившемся режиме для синусоидального сигнала P_E = 5 см H_2O; Q = 0,48 л/с; V = 0,63 л. Отметим, что модель работает корректно при достижение экстремумов объема поток и давление принимают значения равные нулю. Однако, если рассматривать отдельно давление и поток, то необходимо учитывать в каком направление поток находиться в положительно или отрицательной область от давления. В связи с этим в данную модель на выходе можно установить блок, который инвертирует поток, что тоже считается корректным моделированием.

Для меадровой формы сигнала получены следующие пиковые значения составили: P_E = 15 см H_2O; Q = 3,68 л/с; V = 0,93 л. Формы сигналов на рисунке 5 сопоставимы с работой [7], что говорит о работоспособности модели.

Валидация имитационной структурной модели

Для подтверждения корректности работы имитационной структурной модели проведена валидация. Взят набор данных [8], который содержит синхронную запись давления, объема и потока дыхания. Сигнал давления дыхания подан на вход модели, и получены результирующие показатели (объем и поток дыхания). В данном случае был добавлен блок инверсии на выходе, так как у реальных данных также присутствует данная инверсия. Кроме того, были введены масштабирующие коэффициенты $k_Q = 3$, $k_V = 3$ и $b_V = 0{,}25$ Для определения качества модельных данных найдены: максимальная ошибка (Δ_{max}), сумма квадратов отклонений (SSE) и среднеквадратическое отклонение (RMSE). Результаты валидации представлены на рисунке 6 и в таблице 1.

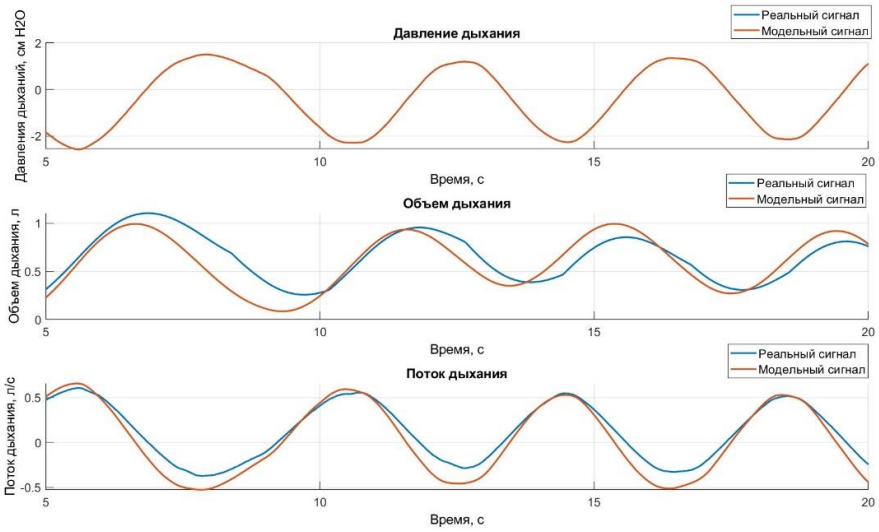


Рис. 6. Реальные и модельные данные дыхания человека

Таблица 1

Отклонения между реальными и модельными данными

Параметры	Δ_{max}	SSE	RMSE
V (объем дыхания)	0,45	335,46	0,334
Q (поток дыхания)	0,232	240,015	0,283

Исходя из рисунка 6 и таблицы 1 следует, что модельные данные приемлемы, но присутствует небольшое отклонение. Показатели максимальных ошибок (Δ_{max}) и суммы квадратов отклонений (SSE) небольшие, и это подтверждается низкими среднеквадратическими отклонениями (RMSE). Для достижения меньших значений отклонений, можно усложнить данную модель путем добавления новых элементов, которые буду обхватывать больше факторов, что в дальнейшем и будет делаться. Кроме того, можно более тщательней подобрать коэффициенты модели, что отразит индивидуальные показатели каждого человека.

Заключение

Представлена имитационная структурная модель дыхательной системы человека, которая позволяет задавать на вход давление и получать объем и поток дыхания, что поможет рассматривать различные состояния данной системы, и дополнит модель, представленную в предыдущих исследованиях. Однако, так как данная модель рассматривает легочную систему в общем виде, то для фундаментальных исследований необходимо будет ее улучшать. Так как при валидации модели обнаружилось, что у моделированных данных присутствует небольшое отклонение с реальными (рисунок 6 и таблица 1). Улучшение модели возможно путем добавления в систему дополнительных элементов, которые в свою очередь расширят возможности получения различных состояний данной системы или путем изменения параметров модели, что определит индивидуальные особенности организма для каждого человека.

Список использованных источников

1. Перегудов, Феликс Иванович. Основы системного анализа: учебник / Ф.И. Перегудов, Ф.П. Тарасенко // 2- изд., доп. – Томск: Изд-во НТЛ, 1997. – 396 с.: ил. — ISBN 5895030041.

2. The Global Impact of Respiratory Disease - 3rd Edition // Firsnet: статья. – 2024. – URL: https://www.firsnet.org/images/publications/FIRS_Master_09202021.pdf (дата обращения: 31.03.2024).

3. Павловский А., Филипас А.А. // Имитационная структурная модель потребителя (пациента) программно-аппаратного комплекса для терапии легочных заболеваний // Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов XX Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 20-24 марта 2023 г. – Томск: НИ ТПУ, 2023. – С. 392-394.

4. C.H. Liu, S.C. Niranjan, J.W. Clark, Jr., K.Y. San, J.B. Zwischenberger, A. Bidani, and (With the Technical Assistance of H.B. Winnike, C. Vanouye, and J.B. Olansen), Airway mechanics, gas exchange, and blood flow in a nonlinear model of the normal human lung, Journal of Applied Physiology. – 1998. – 84:4. – 1447-1469.

5. Chatburn, R.L., El-Khatib, M., Mireles-Cabodevila, E. A taxonomy for mechanical ventilation: 10 fundamental maxims. Respir. Care. – 2014. – 59. – 1747-1763.

6. Silvia Marconi, Claudio De Lazzari, In silico study of airway/lung mechanics in normal human breathing, Mathematics and Computers in Simulation. – 2020. – 177. – 603-624. – URL: https://doi.org/10.1016/j.matcom.2020.05.014.

7. Tamburrano, P.; Sciatti, F.; Distaso, E.; Di Lorenzo, L.; Amirante, R. Validation of a Simulink Model for Simulating the Two Typical Controlled Ventilation Modes of Intensive Care Units Mechanical Ventilators. Appl. Sci. – 2022. – 12. – 2057. – URL: https://doi.org/10.3390/app12042057.

8. Guy, E.F.S., Clifton, J.A., Caljé-van der Klei, T., Chen, R., Knopp, J., Moeller, K., & Chase, J.G. Respiratory dataset from PEEP study with expiratory occlusion (version 1.0.0). PhysioNet. – 2023. – URL: https://doi.org/10.13026/d767-e709.

РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СТЕНДОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Феоктистова Д.А.[1], Седельникова Е.А.[2], Беляев А.С.[3]
[1] Томский политехнический университет, Инженерная школа информационных технологий и робототехники 8Т12, e-mail: daf19@tpu.ru
[2] Томский политехнический университет, Инженерная школа информационных технологий и робототехники 8Т12, e-mail: eas144@tpu.ru
[3] Томский политехнический университет, Инженерная школа информационных технологий и робототехники, к.т.н., старший преподаватель, e-mail: asb22@tpu.ru

Аннотация

В статье рассмотрен метод получения моделей реального объекта на основе искусственного интеллекта и синтез системы управления на основе полученной модели. Работа направлена на изучение возможностей применения современных подходов к моделированию и управлению для повышения эффективности и точности управления сложными системами в различных областях.

Ключевые слова: системы управления, машинное обучение, нейронные сети, прогнозирование, состояние объекта.

Введение

Мир стремится к созданию "умных" заводов и предприятий, где машины и системы могут обмениваться данными и принимать решения автономно, а также, где процессы производства оптимизированы за счет анализа больших объемов данных.

Однако на текущий момент для автоматизации большинства производств используется стандартный ПИД-регулятор. Это можно объяснить простотой его реализации, стандартными методами настройки, применением для большого спектра задач. Но использование ПИД-регулятора для управления системами, содержащими такие характеристики, как: нелинейность, частичная неопределённость, нестационарные многосвязные объекты с временем запаздывания, может привести к нестабильным характеристикам управления, накоплению ошибок и, в конечном итоге, к ухудшению качества производства [1].В связи с современными тенденциями перехода к комплексной автоматизации производства ПИД-регуляторы остаются исключительно лишь инструментами локальной автоматизации.

На уровне комплексной автоматизации производства (уровни ERP и MES) одним из самых популярных за последнее десятилетие стал метод управления на базе прогнозирующих моделей или Model Predictive Control. MPC контроллер особенно эффективен в системах с переменными и сложными динамическими условиями, где требуется точное управление и учет ограничений на входные и выходные переменные. Например, для производственного управления доменной печью [2]. В транспортных системах MPC может применяться для управления движением автомобилей или управления трафиком [3], что демонстрирует его работоспособность в сложных динамических средах. Принцип работы подобных регуляторов базируется на использовании модели объекта или системы, для предварительной проверки управляющего воздействия и анализа реакции системы на данное воздействие. То есть для синтеза подобной системы управления необходима модель объекта управления. Наиболее часто применяют математические модели, базирующиеся на физических, химических и иных законах. Однако получение подобных моделей для сложным систем (например, комплексного многоэтапного производства) сопряжено со сложностью описания не только процессов, протекающих внутри, но и верного учета влияния внутренних неопределенностей и внешних воздействий.

Альтернативным методом являются модели, полученные с использованием методов машинного обучения, которое, опираясь на реальные данные с производственных или физических установок, способно обобщать протекающие эффекты и явления для прогнозирования необходимых параметров без явного определения математических моделей или правил. Одним из наиболее часто применяемых методов машинного обучения являются нейронные сети (Neural Network). В управлении производством предпринимаются попытки применения нейросетевого прогнозирующего управления. Его основная идея заключается в том, что для прогноза динамики процесса используется не линейная

математическая модель, а модель, полученная на базе нейронной сети. В работе [4] эффективность данного подхода проверяется с помощью имитационных экспериментов, а в качестве управляемого процесса выбран трубчатый теплообменник.

Недостаток использования моделей, построенных с использованием машинного обучения – отсутствие физической закономерности в полученной зависимости, то есть, модель является исключительно математической, вследствие чего возможен неучет определенных параметров и ситуаций, влияющих на принцип работы системы. Кроме того, трудно сделать вывод о будущем качестве системы управления на базе таких моделей.

Поэтому в данной работе рассмотрен процесс получения модели реального объекта, например нелинейного, на основе метода искусственного интеллекта и последующего синтеза системы управления на основе данной моделей. Также рассматривается вопрос об основных недостатках данных моделей и их влиянии на системы управления. Для этого необходимо реализовать следующие этапы исследования:

1. Создать математическую модель исследуемого объекта на основе дифференциальных уравнений в качестве источника эталонной информации.
2. Осуществить сбор информации с модели с учетом изменчивости внутренних параметров системы и вход-выходных состояний объекта.
3. Произвести обучение моделей с использованием машинного обучения для прогнозирования выходной величины.
4. Разработать и исследовать систему управления обратной связью из полученной модели.

Описание установки и составление структурной схемы

В качестве объекта управления был использован стенд, состоящий из двух сообщающихся сосудов, которые соединены трубопроводом с задвижкой с переменным коэффициентом k_{12}, сливного резервуара, регулирующих клапанов k_1, k_2 для слива из соответствующих резервуаров, а также насоса с частотным управлением. Внешний вид стенда приведен на рисунке 1.



Рис. 1. Установка сообщающихся сосудов

Система сообщающихся сосудов имеет следующее физическое описание в виде дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} \dfrac{dH_1(t)}{dt} = \dfrac{1}{S_1}\left[Q_{1прих}(t) - S_{отв}\sqrt{2g(H_2(t) - H_1(t))} - Q_{1расх}(t) \right] \\ \dfrac{dH_2(t)}{dt} = \dfrac{1}{S_2}\left[Q_{2прих}(t) - S_{отв}\sqrt{2g(H_2(t) - H_1(t))} - Q_{2расх}(t) \right] \end{cases}$$

где $Q_{1прих}$(t), $Q_{2прих}$(t) – расходы притока; $Q_{1расх}$(t), $Q_{2расх}$(t) – расходы оттоков; S_1, S_2 – сечения емкостей; H_1, H_2 – уровни жидкости в емкостях; $S_{отв}$ – сечение перетока.

Здесь величина, которая вытекает из сосуда $Q_{ВЫХ}=v_{ВЫХ}*S_{ОТВ}$, где $v_{ВЫХ}$ выражается из закона Торичели. Закон гласит, что скорость вытекания $v_{ВЫХ}$ жидкости через отверстие с острыми краями на

дне резервуара, заполненного на глубину h, равна скорости, которую приобрело бы тело при свободном падении с высоты h, т.е., $v = \sqrt{2gh}$ где g – ускорение под действием силы тяжести.

Построенная в MatLab Simulink структурная схема представлена на рисунке 2.

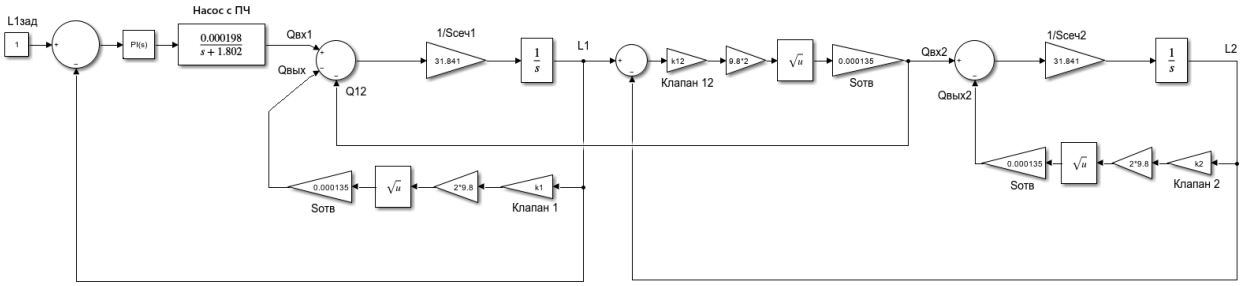


Рис. 2. Структурная схема системы сообщающихся сосудов

Синтез системы управления по уровню жидкости в первом сосуде позволяет стабилизировать как уровень в первом сосуде, так и во втором за счет свойства сообщающихся сосудов. Переходный процесс изображен на рисунке 3.

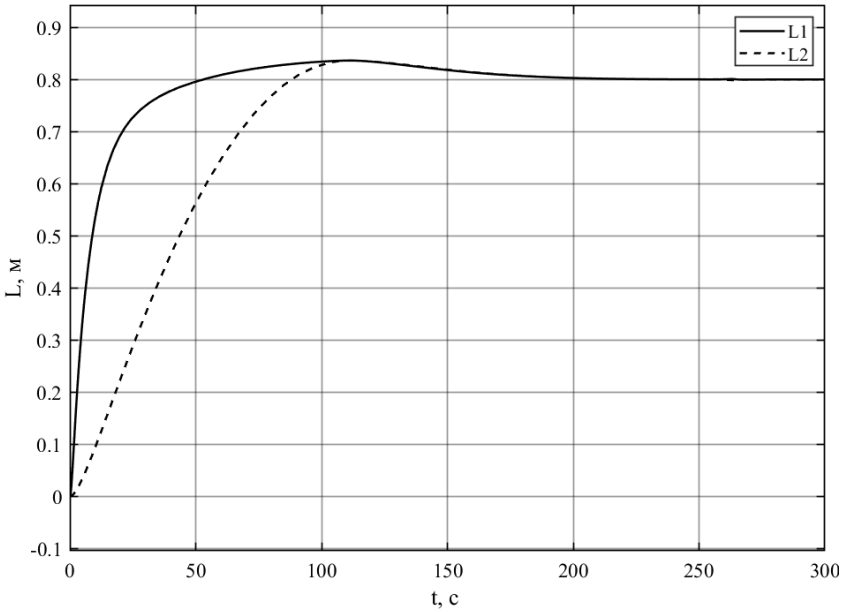


Рис. 3. Переходный процесс с коэффициентами $k_1=1$, $k_2=0$, $k_{12}=1$

Заданный уровень воды в первом сосуде достигается быстрее, чем уровень во втором сосуде, за счет подачи жидкости в первый сосуд. Данный переходный процесс демонстрирует работоспособность и адекватность полученной системы управления и математической модели.

Обучение моделей

Для реализации этапа обучения моделей с использованием методов машинного обучения были собраны параметры системы (количество жидкости, подаваемое в первый сосуд(Q), уровень воды в первом сосуде(L_1), уровень воды во втором сосуде(L_2)) при изменении коэффициентов k_1, k_{12}, k_2). На основе полученных данных были обучены модели, используя Regression Learner. При обучении модели $\Delta L_1(Q)$ входной переменной была Q – входной поток жидкости; при обучении модели $L_2(L_1)$ входными переменными являлись L_1, k_1, k_{12}, k_2.

Для обучения использовались алгоритмы обучения такие, как: linear regression, narrow neural network, wide neural network. Лучшие результаты показал алгоритм wide neural network, зависимости изображены на рисунке 4, а; результаты ошибок моделей показаны в таблице 1.

Таблица 1

Точностные меры

	ΔL1(Q)	L2(L1)
$RMSE = \sqrt{\frac{1}{h}\sum_{i=1}^{h}(y_i - f_i)^2}$	0,0039283	0,10321
$R^2 = 1 - \frac{\sum(y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum(y_i - \bar{y})^2}$	0,99	0,95

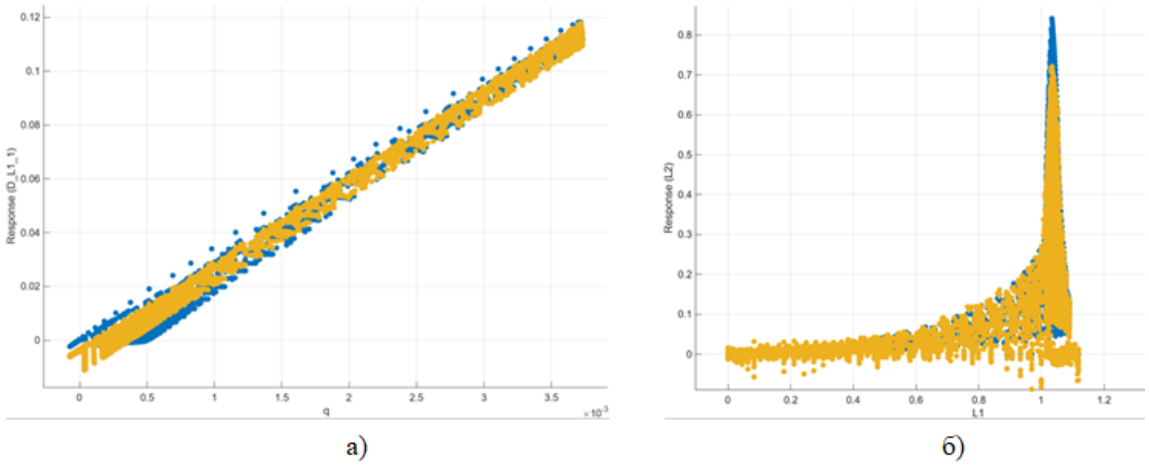


Рис. 4. Графики обучения для зависимостей (а – изменение L1 от входного потока; б - для зависимости L2 от L1)

На данном графике желтые точки – это предсказанные значения при обучении, синие точки – реальные значения с математической модели.

Следующим этапом стала проверка качества системы управления на базе ПИД- регулятора (с переходным процессом представленным на рисунке 3) с обратной связью из обученных моделей. Качество работы системы осуществлялось исключительно по уровню воды в первом сосуде (L_1) в сравнении с работой регулятора с обратной связью по математической модели. В результате уровень воды в первом сосуде, который выдает нейронная сеть, представлен на рисунке 6, а переходный процесс уровня воды с физической модели – на рисунке 7.

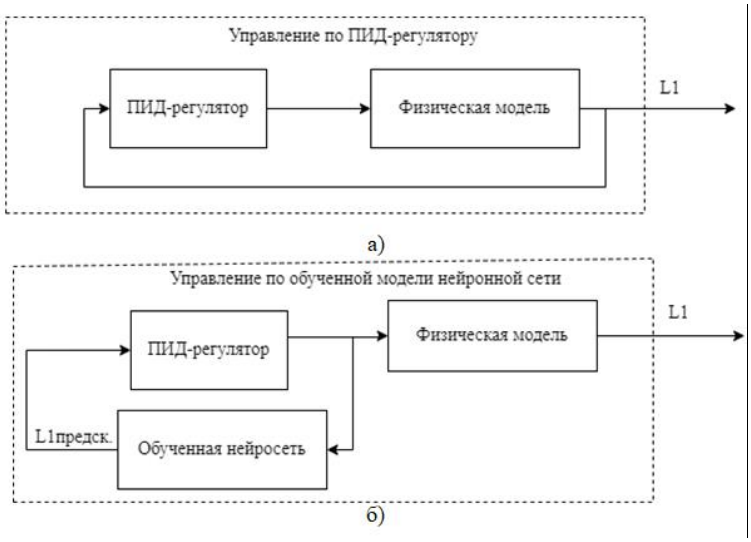


Рис. 5. Структурные схемы для проверки моделей (а – управление по математической модели, б – управление по обученной модели)

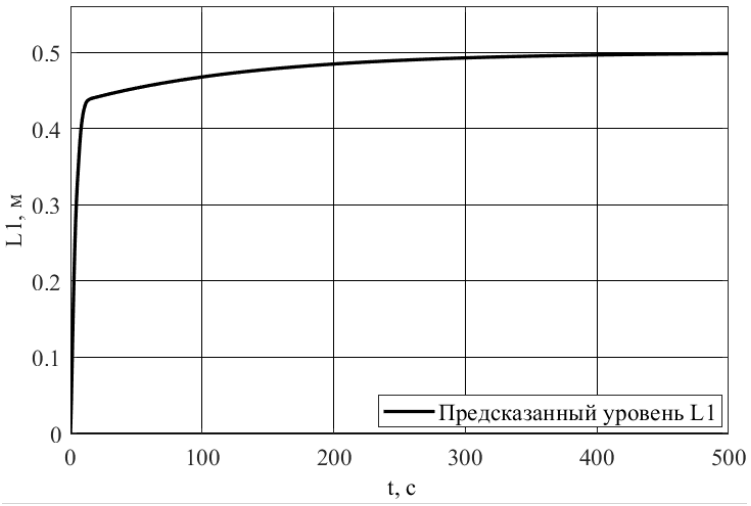


Рис. 6. Предсказанный уровень в первом сосуде

Из переходной характеристики предсказанного уровня, видно, что система управления позволяет стабилизировать уровень воды, предсказанный нейронной сетью, при указании дополнительных параметров Q, k1, k12, k2. Однако при подачи данного управляющего воздействия на математическую модель (структура представлена на рисунке 5) уровень воды значительно отличается от управления по обратной связи с математической модели.

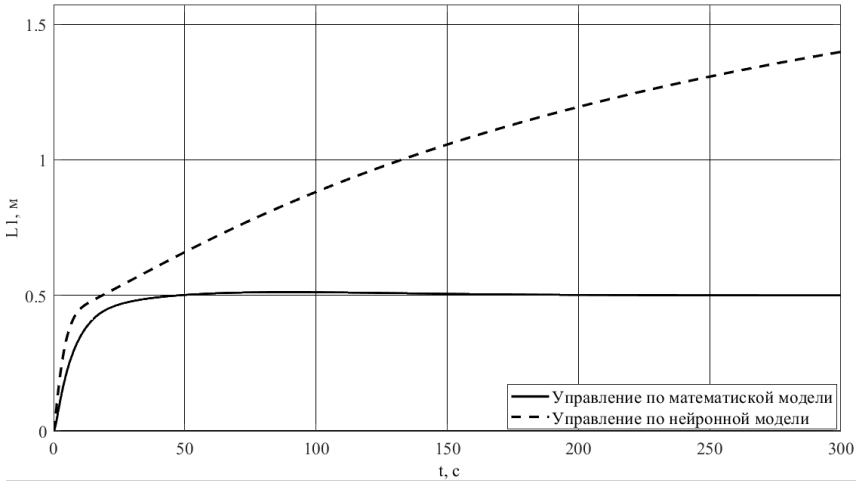


Рис. 7. Сравнения различных управлений

Анализируя график 7, был сделан вывод, что основное рассогласование происходит в статическом режиме, то есть, когда уровень воды доходит до установившегося режима (в данном случае 0.5) формируется управляющее воздействие, которое приводит к постоянному росту воды в резервуаре. При условии, что коэффициенты в сравниваемых системах одинаковые, был сделан вывод, что выход ПИД-регулятора создает такое управляющее воздействие, которое постоянно добавляет в сосуд избыточное количество жидкости, то есть в статическом режиме работы количество жидкости необходимое для поддержания уровня воды в резервуаре нейронная сеть воспринимает с ошибкой. При этом данное явление, существенно не проявляется на графиках обучения моделей (рис 4.а), что еще больше затрудняет решение данной проблемы. При этом работа моделей в динамики, различается не настолько значительно.

Заключение

В работе была построена математическая модель стенда с 2-мя сообщающимися сосудами в виде дифференциальных уравнений, и на ее базе составлена модель в среде Matlab Simulink. Синтезирована система управления уровнем воды в первом резервуаре, подтвердившей правильность работы принципа сообщающихся сосудов, а именно уровень воды во втором резервуаре также

стабилизировался без активного регулирования. На основе данных, полученных с модели с применением методов машинного обучения, были построены модели на основе нейронных сетей. Проведено исследование работы системы на базе ПИД- регулятора с обратной связью с разработанной нейросетевой модели. Выявлена значительная проблема в статическом режиме работы модели, а именно количество жидкости необходимое для поддержания уровня воды в резервуаре для нейросетевой и математической модели значительно отличаются, что приводит к накоплению большой ошибки. Вопрос решения данной проблемы будет рассмотрен авторами в следующих работах.

Список использованных источников

1. Колодин А.А., Мельник С.А. Управление на основе прогнозирующей модели (model predictive control) // Переработка природного и техногенного сырья: сборник научных трудов студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых Института высоких технологий. – Иркутск: Изд-во ИРНИТУ, 2018. – С. 9–14.
2. Леонов А.В. Возможность применения МРС для управления доменной печью // Международная научно-практическая конференция «Научные исследования: теория, методика и практика». – Челябинск: ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ), 2017. – С. 38-40.
3. Хасанов Д.С. Мультиагентное моделирование при прогнозировании управления транспортными сетями: статья. – Санкт-Петербург: Российская академия наук. Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр, 2022. – С 7.
4. Kittisupakorn P., Thitiyasook P., Hussain M.A., Daosud W. Neural network-based model predictive control for a steel pickling process // Journal Process Control. – 2009. – pp. 579-590.
5. А.В. Цавнин, А.Ю. Зарницын, С.В. Ефимов, И.А. Подковыров, С.В. Замятин Метод синтеза регулятора робастного по перерегулированию для АСУ ТП с параметрической неопределенностью // АСУ для промышленных предприятий: Томск, 2021. – С. 2-7.
6. Антонюк Э.А., Голованов А.А., Макаренко В.Г. Математическая модель системы сообщающихся емкостей как объекта управления: Новочеркасск, Южно-Российский Государственный Технический Университет (Новочеркасский Политехнический Институт), 2014. – С. 1-4.

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ СТЕНД ФИЗИЧЕСКОГО ПОДОБИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ВЫСОКИХ ПОРЯДКОВ

Уфимцев А.В.[1], Филипас А.А.[2] Макаров Д.С.[3]
[1]Томский политехнический университет, Инженерная школа информационных технологий и робототехники 8Т11, e-mail: avu34@tpu.ru
[2]Томский политехнический университет, Инженерная школа информационных технологий и робототехники, доцент, e-mail: filipas@tpu.ru
[3]Томский политехнический университет, Инженерная школа информационных технологий и робототехники 8Т11, e-mail: dms36@tpu.ru

Аннотация

В работе рассмотрен автоматизированный стенд гидродинамических процессов с возможностью имитации утечек на длинном участке трубопровода и определения размера утечки с помощью метода перепада давлений, регулированием проходного сечения, измерением расхода рабочей жидкости, регулирование противодавления, создаваемого в гидроаккумуляторах.

Ключевые слова: регулирование, противодавление, автоматический, пневматический, гидроаккумулятор.

Введение

В настоящее время изучение гидродинамических процессов высоких порядков позволяет наиболее детально и точно описывать сложные процессы такие как турбулентность, течение жидкости в трубах и каналах, движение волн на поверхности воды, взаимодействие океанических течений и др. Такие исследования имеют важное значение для прогнозирования погоды, изучения климата, разработки новых технологий в области гидроэнергетики и других инженерных отраслях. Произвести соответствующие вычисления и расчёты для систем порядка выше третьего зачастую представляется чрезвычайно трудоёмкой задачей, поскольку более сложные объекты управления часто не поддаются описанию по средством стандартных правил и уравнений теории автоматического управления. Для эффективного изучения не стандартных систем высокого уровня сложности вплоть до 6 порядка и призван быть использован данный стенд моделирования гидродинамических процессов.

Одной из основных составных частей данной установки является гидравлическая система. Анализ её работы в зависимости от заданных управляющими устройствами режимов эксплуатирования, начальных условий и внешнего воздействия является одной из ключевых задач для реализации данного проекта [1].

Описание функционирование стенда

Автоматизированный исследовательский стенд физического подобия моделирования гидродинамических процессов высоких порядков, позволяет реализовать метод определения утечки из трубопровода, основанный на разности давления во времени.

Данный стенд физического подобия гидродинамических процессов высоких порядков включает в себя три основных слоя, представленных на схеме контуров управления стендом (рис. 1). Черным цветом на данной схеме обозначен первый слой представляющий собой основной канал проводимых экспериментов включая трубопроводы. Красным цветом представлены элементы второго слоя, включающие в себя оборудование необходимое для запуска, технического обслуживания и ремонта. Синим цветом представлены элементы третьего слоя, предназначенные для автоматизированного управления основным каналом эксперимента в зависимости от заданных изначально условиями эксперимента параметров по гидросопротивлению, пневмосопротивлению, количество поданного объёма рабочей жидкости, объёма сливаемой из системы рабочей жидкости, степени открытости проходного сечения клапанов, регулирования давления воздуха, подаваемого компрессором.

Его конструкцию можно разделить на две основные составные части – гидравлическую и пневматическую соответственно [2]. Полная конструкция разработанного стенда состоит из следующих основных элементов, представленных на рисунке 1.

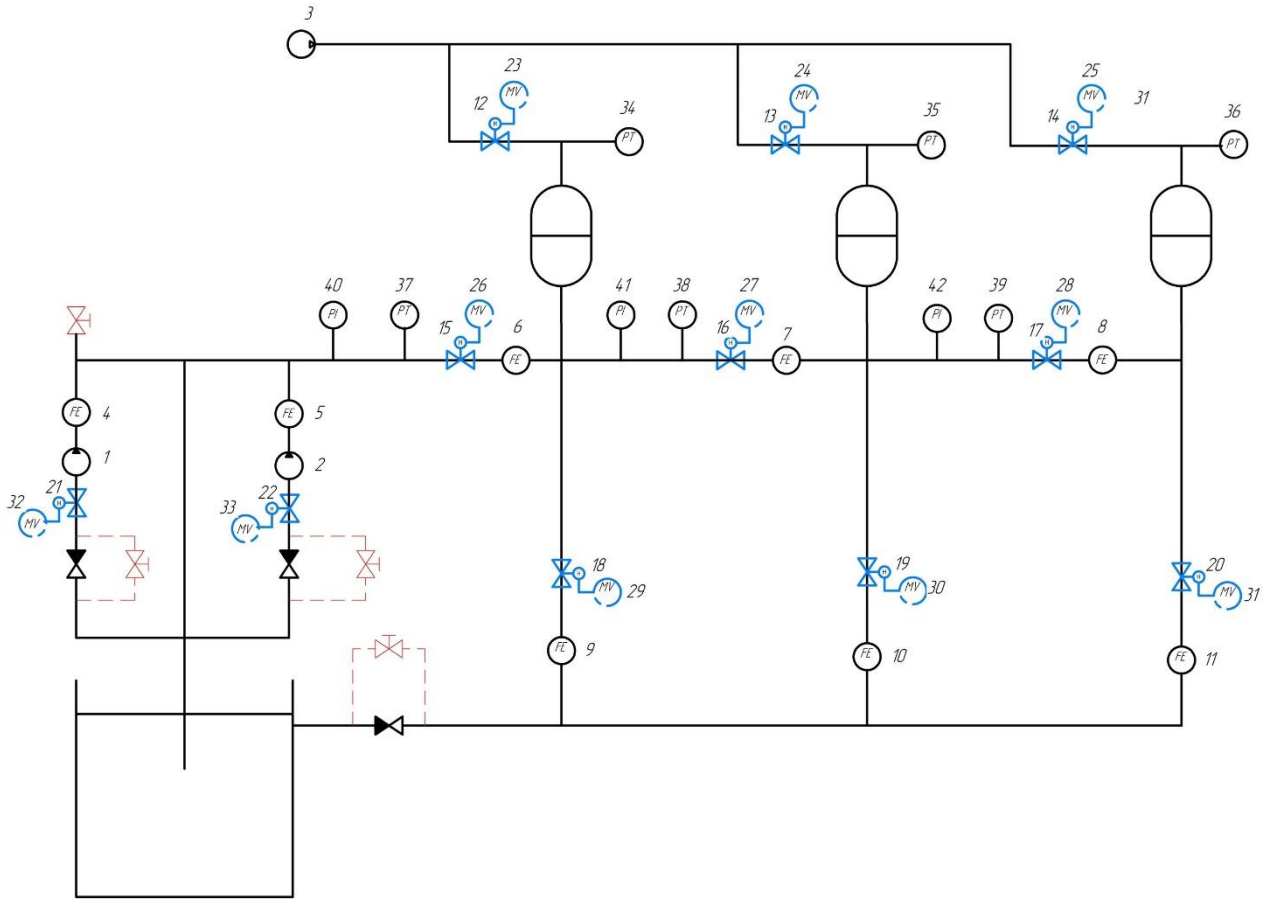


Рис. 1. Схема уровней управления стендом гидродинамических процессов

Рассмотрим подробнее устройство и функционирование гидравлической части стенда. Начнём с элементов представляющий основной канал эксперимента, в которых ходят такие устройства как гидроаккумуляторы, насосы, манометры, датчики давления, датчики расхода жидкости [3].

Принципиально понимать, что основная часть стенда состоит из трёх расположенных друг за другом одинаковых каскадов включающих себя гидроаккумуляторы, подключенных к пневматической части стенда, а также имеющих каждый в своем каскаде датчики для определения параметров проводимого эксперимента. Внутри гидроаккумуляторов располагается резиновая груша, в которую накачивается жидкость. Благодаря такому строению между стенками груши и сосуда поддерживается давление, которое можно использовать для перекачки жидкости в другое место по трубопроводу [4].

Предусмотрены выходы для рабочей жидкости со всех трёх гидроаккумуляторов с целью гибкого корректирования работы системы, задавая различные начальные условия для эксперимента определения утечки, контроля объёма рабочей жидкости в системе, слива её из системы, а также для возможности определить физически объём утечки и сранить его с показаниями программы.

Два насоса, обозначенные на схеме цифрами 1 и 2, предназначенные для заполнения и продвижения рабочей жидкости по всей системе [5].

Параллельное подключение насос как показано на схеме позволяет осуществить замену одного из насосов в случае неисправности, без остановки эксперимента. При продолжительной работе насосов имеется возможность исследовать значения параметров, передаваемых с датчиков, в динамике, что является обязательным условием для реализации упомянутого метода определения утечек.

В качестве таких датчиков было решено использовать несколько типов различных устройств. Начнём с датчиков расхода жидкости FE, обозначенных на схеме цифрами 4, 5 и расположенных сразу после насосов, а также по всему основному каналу эксперимента и отмеченными цифрами 6, 7, 8 на участках меду соседними каскадами гидроаккумуляторов, и 9, 10, 11 на линиях отвода из емкостей гидроаккумуляторов. Сами датчики расхода жидкости представляют из себя турбины с датчиками Холла. При прохождении потока жидкости через датчик, устройство передаёт дискретный сигнал на

вход программируемого логического контроллера, где данный сигнал находит применение в зависимости от написанной программы.

Как было сказано выше метод идентификации утечки основан на изменении давления на участке трубопровода, для этой цели использованы аналоговые приборы такие так манометры PI, обозначенные цифрами 40, 41, 42 и установлены в каждом каскаде системы. А также дублирующие их преобразователь избыточного давления PT, отмеченные на схеме цифрами 37, 38, 39 являющиеся цифровыми приборами и выполняющими функцию передачи показаний давления в программируемый логический контроллер.

Второй слой системы предназначен для проведения пусконаладочных работ и представлен элементами технического обслуживания отмеченных на схеме красным цветом. К ним относятся ручные клапаны необходимые для слива жидкости при отказе автоматических систем и клапан для заполнения системы рабочей жидкостью при первом пуске.

Третий слой системы представлен устройствами управления экспериментом к которым относятся, электромагнитные клапана с ручным приводом обозначены на схеме синим цветом и цифрами 15-22 для ручного привода и 26-33 для автоматизированного привода клапана в движения. Ручной привод в данной устройстве необходим для осуществления контроля степени открытости проходного сечения клапана, однако применяется при отсутствии возможности автоматической реализации данного действия.

Одним из шагов к обеспечению дистанционного управления стендом является разработка SCADA модели системы, позволяющей в режиме реального времени отслеживать рабочие параметры с многочисленных датчиков стенда. Данная модель представлена ниже на рисунке 2.

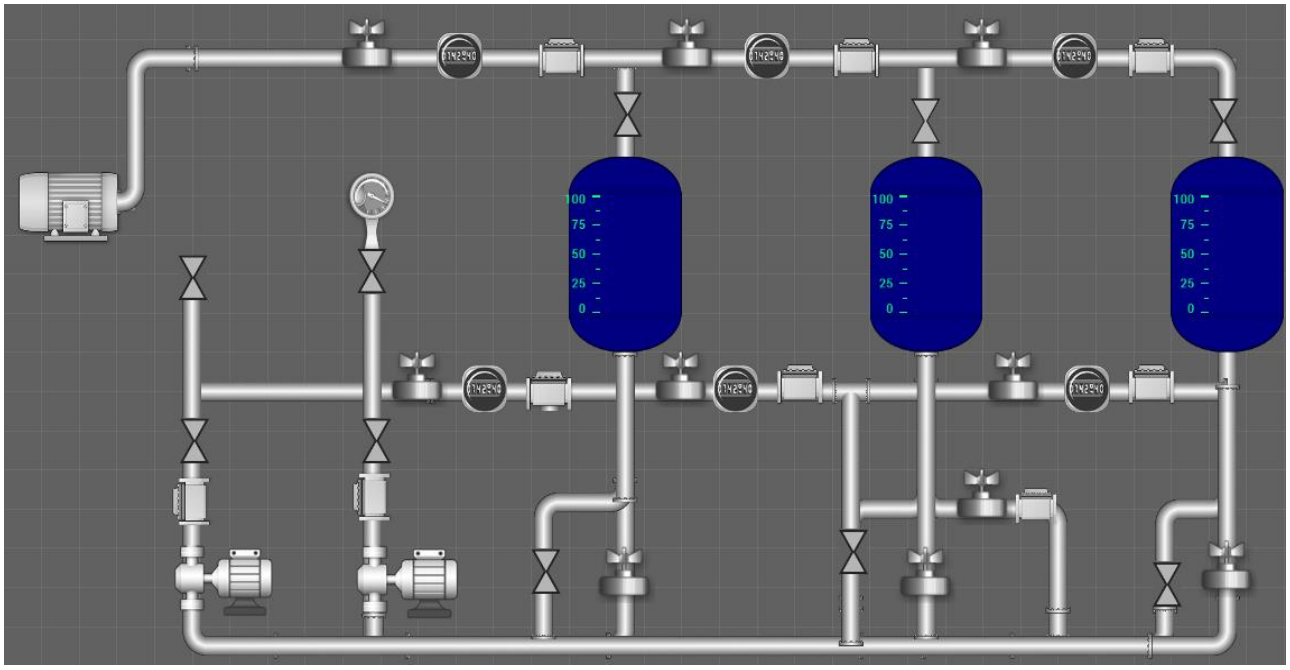


Рис. 2. SCADA система стенда физического подобия моделирования гидродинамических процессов высоких порядков

Заключение

В ходе выполнения данной работы была разработана концепция автоматизации стенда, изучены основные законы гидравлики, пневматики, а также спроектирована SCADA система, отображающая данные о протекании эксперимента.

Практическая ценность работы заключается в возможности проведения опытов высоких порядков регулирования с высокочастотными колебания и моделирование прорыва газа реализованными с помощью пневматической части стенда, а также реализация утечек на участке трубопровода и регулирование противодавления благодаря гидравлической части. Разрабатываемое решение может быть внедрено в учебных заведениях на территории Российской Федерации вместе с

внедрением новых информационных технологий в области автоматизации технологических процессов.

Список использованных источников

1. Филипас А.А. Разработка стенда физического подобия "Трёхфазный сепаратор скважинной жидкости" / А.А. Филипас, А.В. Мигель // Современные проблемы машиностроения: сборник трудов XIII Международной научно-технической конференции, г. Томск. 26-30 октября 2020 г. – Томск: Томский политехнический университет, 2020. – С. 216-217.
2. Ландау Л.Д., Лившиц Е.М. Гидродинамика. М.: Наука. – 2003. – 278 с.
3. Есипенко Е. И. Гидродинамический стенд для моделирования движения морской воды – Текст: электронный //Научные труды Дальрыбвтуза. – 2009. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/gidrodinamicheskiy-stend-dlya-modelirovaniya-dvizheniya-morskoy-vody (дата обращения 20.02.2024)
4. Краснокутский И.Д., Рабинович М.Е. Комбинированные стенд для лабораторных работ по гидравлике // Концепт: научно-методический электронный журнал официального сайта эвристических олимпиад «Совёнок» и «Прорыв». – Апрель 2012, ART 1244. – Киров. – 2012 г. – URL: http://www.covenok.ru/koncept/2012/1244.htm (дата обращения: 20.03.2024)
5. Красильников А.В., Методика проектной оценки характеристик системы поддержания давления гидродинамического стенда//Известия высших учебных заведений. Приборостроение. – 2014. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/metodika-proektnoy-otsenki-harakteristik-sistemy-podderzhaniya-davleniya-gidrodinamicheskogo-stenda (дата обращения 15.01.2024)

РАЗРАБОТКА ПРИКЛАДНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПО СТАНДАРТУ IEC 61499

Федотов А.Д.
Томский политехнический университет, Инженерная школа информационных технологий и робототехники, 8ТМ22, e-mail: adf6@tpu.ru

Аннотация

В статье рассматривается применение стандарта IEC 61499, приводятся его недостатки и преимущества в сравнении с более популярным стандартом МЭК 61131-3. Также описываются требования к разрабатываемой распределенной системе управления для исследования надежности, процесса перераспределения нагрузки в распределенных системах на основе IEC 61499.

Ключевые слова: IEC 61499, МЭК 61131-3, распределенные системы управления, надежность, методы проектирования.

Введение

В настоящее время ведущим стандартом для разработки программной части систем автоматического управления (САУ) является МЭК 61131-3. Несмотря на то, что стандарт был принят в 1993 году, он до сих пор не теряет актуальности. Тем не менее, централизованные системы, разработка которых регламентируется в стандарте, имеют ряд негативных особенностей, поэтому на современных производствах иногда используют распределенные системы управления (РСУ).

В 2005 году для РСУ был разработан стандарт IEC 61499, который предлагал поддержку множества новейших, на тот момент, технологий и определение концепций для разработки современных РСУ. К тому же, стандарт предоставляет гораздо более широкий спектр возможных вариантов реализации систем управления. Главным недостатком IEC 61499 является отсутствие конкретных эталонных моделей и методов проектирования систем, что затормаживает массовое применение стандарта на реальных производствах.

Тем не менее, стандарт IEC 61499 предлагает концепции для систем управления, которыми должны обладать современные системы управления. Одними из главных особенностей РСУ на IEC 61499 является увеличенная надежность системы, удешевленное резервирование ресурсов и устройств системы, улучшенная масштабируемость и перераспределение вычислительной нагрузки. Достигается это, прежде всего, через переход от централизованной системы по МЭК 61131-3 к распределенной.

Таким образом, целью работы является разработка РСУ по стандарту IEC 61499, сравнение ее с централизованной системой управления на МЭК 61131-3 по критериям надежности, возможности масштабируемости, перераспределения вычислительной нагрузки по ресурсам системы, а также сравнение эффективности отработки отказов элементов системы.

Проблема сравнения МЭК 61131-3 и IEC 61499

Продолжительное время ведущим стандартом для разработки программной части систем автоматического управления является МЭК 61131-3, основные положения которого были приняты в 1993 году. Централизованные системы, построенные на основе МЭК 61131-3, обладают рядом негативных сторон. К таким относят низкую надежность и производительность, сложность настройки и поддержки, сложность модификации (наращивания, удаления и изменения компонентов) и построения реконфигурируемых систем, проблемы с масштабируемостью, повторным использованием компонентов, а также дороговизной как самого процесса проектирования, так и всей реальной системы [1].

Так, про стандарт МЭК 61131-3 справедливо утверждать, что несмотря на определенную степень присутствия объектно-ориентированного подхода в виде функциональных блоков (ФБ) языка FBD, невозможно использование глобальных данных и прямое управление порядком выполнения ФБ. Также одной из главных проблем стандарта называют саму централизованность систем управления, разрабатываемых на его основе. Этот факт порождает проблему масштабируемости и реконфигурируемости систем и приводит к деградации показателей производительности [1].

Для преодоления ограничений стандарта МЭК 61131-3 был разработан стандарт IEC 61499, который вводит класс систем управления нового поколения – это интеллектуальные

реконфигурируемые распределенные компонентно-базированные системы. Стандарт IEC 61499 реализует парадигму проектирования приложений для упомянутых систем на основе функциональных блоков (ФБ), позволяет использовать объектно-ориентированный и автоматный подходы в программировании сложных управляющих сетей [1].

К сожалению, для многих разработчиков программной части систем автоматического управления преимущества IEC 61499 неочевидны. Связано это, прежде всего, с тем, что в самом стандарте не предлагаются конкретные подходы для проектирования систем автоматизации. По большей части, стандарт констатирует необходимость движения в сторону разработки более сложных, децентрализованных систем, но не предлагает подходов для программной реализации.

Ввиду вышеописанных причин, в сравнении МЭК 61131-3 и IEC 61499 оба не являются равносильными. Если старший стандарт нацелен на применение «здесь и сейчас», то более молодой предлагает только двигаться в направлении реализации заложенных в нем концепций: повторное использование, портабельность приложений, совместимость различных устройств.

Разработка систем под IEC 61499

Основными преимуществами использования стандарта IEC 61499 являются: повторное использование компонентов, сокращение сроков проектирования, повышение качества и надежности ПО, легкость реконфигурации, наличие предпосылок к проектированию на основе управления моделями и архитектурно-центрированного подхода [2].

Управляющая система в стандарте IEC 61499 представляет из себя совокупность устройств, находящихся в связи друг с другом через коммуникационную сеть, состоящую из сегментов и линий связи.

Функция системы управления описывается приложением, выполнение которого распределяется по устройствам системы, входящим в ее состав. В свою очередь, устройства – физические сущности, способные выполнять одну или несколько специфицированных функций в определенном контексте и имеющие минимально хотя бы один интерфейс. На практике устройствами являются ПЛК, ПКА, промышленные контроллеры, а с недавних пор микроконтроллеры, вроде ESP32. Устройства содержат в себе один или несколько ресурсов – функциональных единиц, которые имеют независимое управление своими операциями.

Само приложение является программной функциональной единицей, предназначенной для решения определенной задачи в системе управления. Приложение представляется в виде сети связанных ФБ и субприложений. Ниже представлена модель приложения IEC 61499.

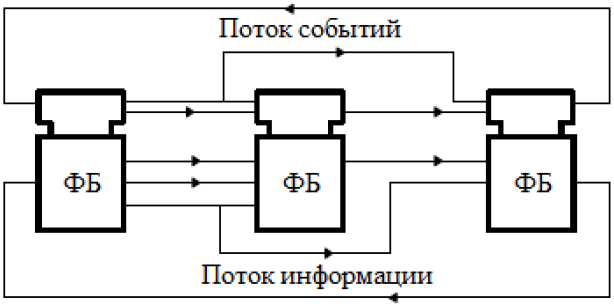


Рис. 1. Модель приложения IEC 61499

Поскольку в стандарте присутствует некоторая неопределенность в определении ФБ, для однозначного определения значения ФБ в приложении и избавления от возможного семантического разрыва, определяют модели выполнения – набор правил, регламентирующих порядок выполнения сети ФБ на ресурсе и устройстве.

Поскольку РСУ значительно отличаются от централизованных САУ, многие инженеры по управлению сталкиваются с незнакомыми понятиями и принципами, которые содержит IEC 61499. Во избежание сложностей в разработке РСУ применяются шаблоны проектирования, среди которых «Модель/Представление/Контроллер» (или MVC), «Распределенное приложение», «Прокси» [3].

Описание проекта разрабатываемой системы

Требования к разрабатываемой системе управления: распределенность (выполнение ФБ приложения на нескольких устройствах); наличие устройств в системе больше 3-х для имитации отказа устройства или ресурса системы, а также возможности демонстрации перераспределения вычислительной нагрузки внутри вычислительной системы.

Требования к приложению распределенной системы: выполнение приложения должно быть распределено по устройствам или ресурсам системы; возможность имитации отказа одного или нескольких модулей приложения и последующее программное распределение нагрузки на другие модули; полная совместимость с аппаратным комплексом; возможность резервирования; соответствие IEC 61499.

Для разработки РСУ в данном проекте будет использоваться *Eclipse 4diac* – комплексное решение, предоставляющее среды разработки и выполнения. Программа полностью поддерживает стандарт IEC 61499 и позволяет разрабатывать РСУ на его основе. На данный момент – это один из самых доступных вариантов программного обеспечения для разработки РСУ.

В программе Eclipse 4diac доступны три вида ФБ: базовые, составные и сервисные. Базовые блоки содержат Схему Контроля Выполнения (англ. – *Execution Control Chart*, сокр. – *ECC*) и алгоритмы, которые реализуются в соответствии с *ECC*. Составные блоки содержат сеть ФБ. Сервисные блоки необходимы для доступа к конкретным ресурсам аппаратного оборудования.

Для распределения приложения на несколько устройств используются сервисные блоки. Они позволяют получить доступ ко входам и выходам устройства и ко всем остальным частям устройства для того, чтобы связно выполнять программу на разделенных устройствах. Все блоки содержатся в библиотеке ФБ, которая присутствует в IDE 4diac.

Поскольку стандарт IEC 61499 абстрактный, многие необходимые для надлежащего функционирования системы сведения, такие как, например, связь между устройствами, в него не включены. Тем не менее, в стандарте описано, как следует выстраивать эту связь. Конкретные спецификации называются профилями соответствия. Примером профиля соответствия является профиль соответствия IEC 61499 для демонстрации осуществимости, предоставленный Holobloc Inc. Профили соответствия используются как «заполнение пробелов», возникающих из-за неточных описаний в тексте стандарта.

Устройствами разрабатываемой системы будут являться 4 микроконтроллера ESP32 с операционной системой freeRTOS. Из преимуществ, которые дает эта платформа – встроенные модули для удаленного подключения, богатый выбор дополнительных модулей и компактный размер. На практике некоторыми компаниями, проектирующими системы на IEC 61499, часто используются собственные конструктивные решения на основе ESP32 и других микроконтроллеров. Тем не менее, для исследовательских целей хватит и заводского исполнения.

Заключение

Стандарт IEC 61499 представляет современные концепции для реализации РСУ. Среди них увеличенная надежность системы, удешевленное резервирование ресурсов и устройств системы, улучшенная масштабируемость и перераспределение вычислительной нагрузки, в сравнении с МЭК 611313.

В результате работы по теме были рассмотрены особенности разработки систем по стандарту IEC 61499, обозначены требования к разрабатываемой РСУ, выбраны программные и аппаратные средства реализации.

Дальнейшая работа предусматривает реализацию программно-аппаратной части проекта и исследования надежности разработанной распределенной системы управления.

Список использованных источников

1. Дубинин В.Н., Вяткин В.В. Модели функциональных блоков IEC 61499, их проверка и трансформации в проектировании распределенных систем управления: монография – Пенза: ПГУ. – 2012. – С. 12-53.
2. Zoitl, A. IEC 61499 Architecture for Distributed Automation: The "Glass Half Full" View" / A. Zoitl, V. Vyatkin // IEEE Industrial Electronics Magazine. – 2009. – Vol. 3. – P. 7–22.
3. Christensen, J.H. Design patterns for systems engineering with IEC 61499 / J.H. Christensen // Fachtagung «Verteilte Automatisierung – Modelle und Methoden für Entwurf, Verifikation, Engineering und Instrumentierung». – Magdeburg : Otto-von-Guericke-Universität. – 2000. – P. 63–71.

ВИРТУАЛЬНЫЕ ЛАБОРАТОРИИ КАК ИНСТРУМЕНТ ПОДГОТОВКИ КАДРОВ

Фань Юйтэн[1], Цзян Ялун[2], Кузьминская Е.В.[3]
[1] Томский политехнический университет, ИШИТР, группа 158Т01, email: fy01@tpu.ru
[2] Томский политехнический университет, ИШИТР, группа 8ГМ21, email: yalun1@tpu.ru
[3] Томский политехнический университет, ИШИТР, доцент ОАР, email: bedareva@tpu.ru

Аннотация

Для улучшения качества образования и получения широкого спектра компетенций для студентов технических направлений разработана виртуальная лаборатория для измерений температурных параметров с использованием различных по природе средств измерений. Виртуальная лаборатория создана в среде программирования Unity с использованием открытого программного обеспечения Blender для создания трехмерных моделей и VisualStudio для написания скриптов.

Ключевые слова: виртуальные тренажеры, средства измерений, программа Unity, Blender.

Введение

Подготовка многопрофильных специалистов немыслима без использования в учебном процессе цифровых технологий [1]. Период пандемии показал необходимость внедрения в образовательный процесс новых технологий, таких как виртуальные лаборатории и электронные курсы [2]. Благодаря этим инструментам не приостановилась деятельность в сфере образования и студенты, оторванные от реальных лабораторий, получали своевременно качественные знания по различным наукам. С начала пандемии во многих российских университетах разрабатывались и внедрялись виртуальные тренажеры, охватывающие лабораторные работы различных дисциплин [3-5]. Парк разработанных виртуальных тренажеров расширяется и теперь студенты могут получить практические навыки работы с большим наименованием средств измерений, лабораторными стендами и промышленными объектами.

Для улучшения качества преподавания некоторых дисциплин технических направлений Томского политехнического университета и расширения профессиональных компетенций студентов разрабатываются онлайн лабораторные работы идентичные реальным. Благодаря онлайн лабораториям студенты смогут расширить свои практические навыки работы с разнообразными средствами измерениями в удобное для них время.

Основная идея, положенная в лабораторию, заключается в том, чтобы виртуальные средства измерений были похоже не только внешне на реальные приборы, но и их функциональные возможности и метрологические характеристики соответствовали заявленным производителем [6].

Целью работы являлась разработка виртуальной лаборатории температурных средств измерений, которая позволит студентам получить практические навыки работы и обслуживания различных измерительных приборов.

Алгоритм разработки виртуальной лаборатории

Виртуальная лаборатория представляет собой программный комплекс, который направлен на практико-ориентированное обучение студентов. Студенты, используя такую лабораторию, могут сформировать навыки работы с конкретным измерительным прибором, изучить технологический процесс поверки и калибровки средств измерений.

В общем виде алгоритм разработки виртуальной лаборатории состоит из нескольких этапов, приведенных на рис. 1 [6]. Достаточно трудоемкой работой является сбор информации об объекте и способах его обслуживания, а именно выбор средств поверки, определение режимов работы и эксплуатации.

Для создания 3D моделей было выбрано приложение «Blender» из-за больших возможностей по созданию трёхмерной компьютерной графики, технической поддержки и широкой библиотекой.

После импортирования созданных 3D моделей необходимо в программе Unity прописать сцены, сценарии взаимодействия объектов и их характеристики. Программный продукт Unity был выбран благодаря доступности и открытости обучающих ресурсов, простоты и удобства его интерфейса, наличия большого количества плагинов и ассетов [7-8]. Необходимо отметить, что для каждого объекта в иерархии Unity скрипт работы был прописан на Visual Studio 2023, а настройка объекта

происходила в программе Unity. Скрипты являются ключевым инструментом при создании и определении работы и функционирования объекта и тренажера в целом. Скрипты в Unity позволяют программировать логику и взаимодействие между объектами, а также управлять их анимацией, физикой, звуком и визуальными эффектами.

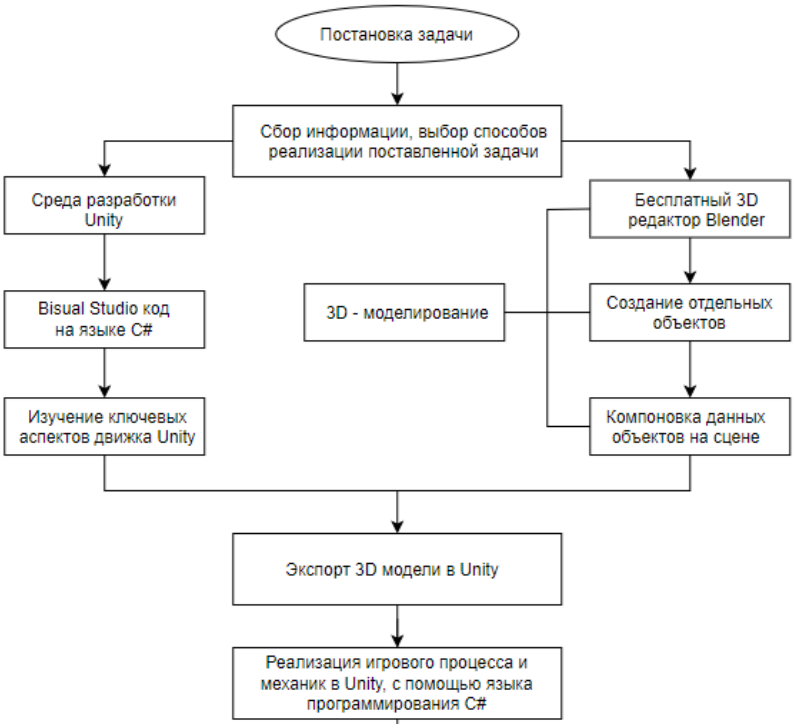


Рис. 1. Схема алгоритма виртуальной лаборатории

Реализованная виртуальная лаборатория

В результате работы в Unity с использованием скриптов на C#, настройки объектов через Inspector, была создана виртуальная лаборатория температурных измерений, которая обладает множеством функций, включая взаимодействие с объектами, физическую симуляцию, обработку пользовательского ввода и управление.

Реализованная лаборатория состоит из нескольких физических объектов. Один из объектов в реальном и виртуальном видах приведены на рисугках 2а, 2 б. На рисунке 2в приведены интерактивные элементы, задействованные для создания объекта.



Рис. 2а. Реальный вид термометра



Рис. 2б. 3D модель термометра

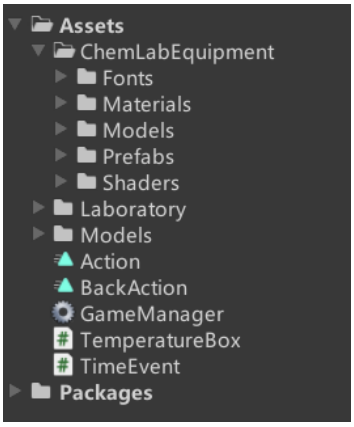


Рис. 2в. Интерактивная модель термометра

На рисунке 3 приведен внешний вид виртуальной лаборатории. Игра в тренажере происходит от лица лаборанта с помощью встроенной камеры среды разработки. По сценарию игры лаборант должен провести необходимую последовательность действий для проведения калибровки или поверки термометров. После осуществления всей процедуры поверки/калибровки лаборант должен составить протокол с расчетом метрологических характеристик используемого средства измерений. После того, как все действия выполнены лаборант в лице студента может завершить работу в виртуальной лаборатории.

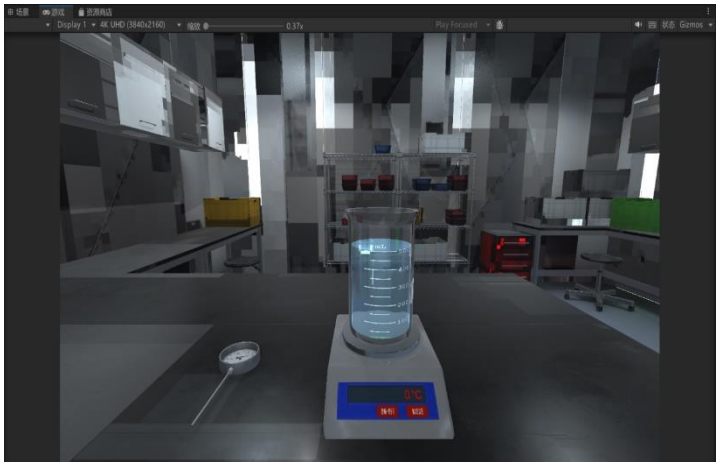


Рис. 3. Внешний вид виртуальной лаборатории

Заключение

Виртуальная лаборатория реализована в среде программирования Unity с использованием открытого программного обеспечения Blender для создания трехмерных моделей и VisualStudio для написания скриптов. Разработанная виртуальная лаборатория позволит проводить измерения температуры с использованием различных по природе средств измерений. Благодаря такой лаборатории студенты смогут познакомиться с широким парком средств измерений, а также получить практические навыки работы с таким оборудованием.

Список использованных источников

1. Иванов М.Н. Виртуальные тренажеры как неотъемлемая составляющая электронного обучения // Мягкие измерения и вычисления. – 2020. – Т. 36. – № 11. – С. 67-76.
2. Рогачёва П.С., Семергей С.В. Проблемы дистанционного образования в период пандемии // Вестник Майкопского государственного технологического университета. – 2020. – Том 12 – № 4. – С. 85-93. – URL: https://doi.org/10.47370/2078-1024-2020-12-4-85-93.
3. Ахматгалиева Р.Д. Виртуальные тренажеры в процессе обучения специалистов-метрологов // Студенческий. – 2022. – № 21-1 (191). – С. 20-22.
4. Вокин С.С., Атрошкин Д.А. Тренажеры виртуальной реальности в специальной парашютной подготовке // Научный резерв. – 2020. – № 2 (10). – С. 98-104.
5. Волкова М.М., Манурова Р.А., Шайдуллина Д.Н. Применение виртуальных тренажеров для обучения специалистов нефтегазовой отрасли // Вестник технологического университета. – 2019. – Т.22. – №4 – С. 115-121.
6. Медведева Е.В., Коршунов Д.С., Кузьминская Е.В. Виртуальный тренажер для определения метрологических характеристик средств измерений // Сборник трудов XX Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодежь и современные информационные технологии». – Томск: Изд-во ТПУ, – 2023. – С. 357-359.
7. Анализ популярных движков [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.gamedatacrunch.com
8. Описание движков [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://blackcaviar.games/obzor_igrovyh_dvizhkov

РАЗРАБОТКА ОСВЕТИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОПТИЧЕСКОГО МИКРОСКОПА С ЗАДАННЫМ ДИАПАЗОНОМ ИЗМЕНЕНИЯ ЦВЕТОВОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ И ЯРКОСТИ

Гейс О.Ю.[1], Филипас А.А.[2]

[1] Томский политехнический университет, Инженерная школа информационных технологий и робототехники, студент гр. 8ТМ22, e-mail: oyg2@tpu.ru

[2] Томский политехнический университет, Инженерная школа информационных технологий и робототехники, к.т.н., заведующий кафедрой – руководитель отделения автоматизации и робототехники на правах кафедры, e-mail: filipas@tpu.ru

Аннотация

Разработан программно-аппаратный модуль осветительного устройства с изменяющейся цветовой температурой подсветки предметного столика прямого оптического микроскопа к существующему комплекту автоматизации позиционирования предметного столика и измерительного канала оптического прямого тринокулярного микроскопа с цифровой камерой, программным обеспечением для управления процессом позиционирования (для решения задач автоматического определения дисперсного состава водонефтяных эмульсий (ВНЭ), количественного и качественного определения физических параметров глобул нефти ВНЭ) [1-5].

Ключевые слова: осветительный прибор (устройство), цветовая температура, оптический прямой микроскоп, автоматизация предметного столика, водонефтяная эмульсия, программное обеспечение, печатная плата.

Введение

Нефтеперерабатывающая и нефтедобывающая промышленности столкнулись с крупными проблемами в 2022 году. Доля отечественного оборудования и технологий в нефтеперерабатывающей промышленности невысока, поэтому данная отрасль болезненно восприняла введенные санкции. Только за 2021 год страны Европы поставили оборудования для переработки нефти на сумму более 1 млрд евро [6].

Также наблюдается отставание Российской Федерации в научно-исследовательской области [7]. По данным [7], можно судить об отставании российской науки от передовых стран с развитой научной средой. Особое внимание необходимо уделять развитию собственной нефтехимической промышленности, которая позволит переработать высвободившиеся объемы нефти. Это позволит увеличить доходы ВИНК за счет реализации более высокотехнологичной, а следовательно, и более маржинальной продукции.

Поскольку речь идет о повышении технологичности производства, проблема получения достоверной информации о физических и химических параметрах скважинной жидкости и ВНЭ стоит особенно остро в области нефтехимических исследований в научно-исследовательских проектных институтах нефти и газа, институтах, непосредственно организованных на базе ВИНК, а также в лабораториях нефтеперерабатывающих заводов (НПЗ) и мобильных станциях на промыслах. На сегодняшний день нет достаточно точной установки, способной с помощью метода микроскопии определить такие физические параметры, как форма, эффективный диаметр или собственная частота колебания средней капли в пробе дисперсной фазы ВНЭ. Тем более, что погрешность измерения этих параметров увеличивается с ростом вязкости дисперсной фазы.

Моторизационные системы оптических микроскопов – очевидное решение проблемы повышения эффективности работы с определением физических параметров дисперсной фазы. Однако, на рынке уже существуют схожие системы, тем более – во множестве вариаций (как конструктивных, так и программных особенностей), при этом как зарубежного, так и отечественного производства, обладают своими преимуществами и недостатками.

В тексте работы [4] рассматривается метод цифровой фотографии процесса разложения водонефтяной эмульсии «в профиль» резервуара с жидкостью. В данной же работе за основу берется другой метод – метод оптической микроскопии (взгляд камеры направлен «сверху вниз»), описывается разработка печатной платы для светодиодов с различной цветовой температурой для комплексной моторизационной системы, написан код функции управления платой в связке с уже существующей

платой на базе промышленного микроконтроллера STM32, собран демонстрационный стенд и проведены первые исследования корректности работы исполнительного кода программы и платы, установлена точность смешения потока света от «теплого» и «холодного» источников в диапазоне цветовой температуры от 3000К до 6500К.

Описание модуля осветителя

Светоизлучающий диод (LED) – полупроводниковый прибор с электронно-дырочным переходом, создающий оптическое излучение при пропускании через него электрического тока в прямом направлении. Используются в технических системах и приборах, включая освещение, передачу сигналов по оптоволоконным линиям связи, в пультах дистанционного управления и пр. В прямых оптических микроскопах светодиоды могут использоваться в качестве источников освещения, устанавливаемых в качестве осветительной системы, обеспечивая яркое и равномерное освещение полупрозрачных образцов исследования для получения четких и детализированных изображений при фотографировании и дальнейшей обработки микрофотографий.

При выборе светодиода для использования в прямом оптическом микроскопе следует учитывать такие технические характеристики как световая отдача (современные светодиоды могут достигать высокой световой отдачи, сравнимой с натриевыми газоразрядными лампами и металлогалогенными лампами, достигая 146 лм/Вт), цветовая температура (Современные белые светодиоды могут иметь различные цветовые температуры, от тёплого белого (~2700 К) до холодного белого (~6500 К), что важно для корректного восприятия цветов образца), спектральная чистота (светодиоды могут обеспечивать высокую спектральную чистоту, что важно для точного анализа спектральных характеристик образца), угол излучения (различный угол излучения светодиодов может варьироваться от 15 до 180 угловых градусов, что позволяет оптимизировать освещение для различных типов образцов), энергоэффективность (светодиоды обладают высокой энергоэффективностью, что делает их привлекательным выбором для использования в оптических микроскопах), безопасность и экологичность (светодиоды не требуют высоких напряжений и обычно не превышают 60 °C при должном охлаждении, что обеспечивает безопасность их использования. Кроме того, они не содержат ртути, фосфора и ультрафиолетового излучения, что делает их более экологичными по сравнению с некоторыми другими источниками света).

При выборе светодиода для оптического микроскопа важно также учитывать его механическую прочность, вибростойкость, срок службы и способ подключения к источнику питания, чтобы обеспечить надежную и безопасную работу осветительной системы микроскопа [8-9].

При проектировании печатной платы были подобраны не отдельные светодиоды различной цветовой температуры, а сразу блок из 2-х светодиодов, имеющие цветовую температуру 3000К и 6500К. Данный выбор, в первую очередь, обоснован малыми габаритными размерами проектируемой платой, поскольку посадочные места платы невелики (28х28 мм). Также использование блоков по 2 диода обеспечивает более компактное расположение светодиодов, что объясняется необходимостью их радиального расположения относительно оптической оси, проходящей через оптические центры наблюдателя (глаза исследователя или объектива цифровой камеры), микрообъектива микроскопа, ирисовой диафрагмы и рассеивателя осветительной системы.

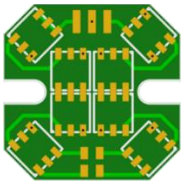


Рис. 1. Фронтальная сторона платы

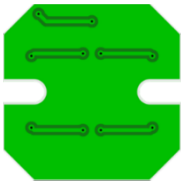


Рис. 2. Оборотная сторона платы

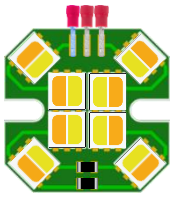


Рис. 3. Общий вид сборки платы

Управление включением и яркостью осуществляется при помощи двух N-канальных MOSFET путём подачи ШИМ сигнала от микроконтроллера на затвор MOSFET. Последний регулирует яркость того канала платы осветителя, к которому относится («тёплый» светодиод – 3000 К, либо «холодный» светодиод – 6500 К). При большем заполнении скважности ШИМ сигнала достигается большая яркость, соответственно, при меньшем заполнении – меньшая яркость. Сток каждого MOSFET, соответственно, подключен к отрицательному контакту каждого канала осветителя, а исток подключен к отрицательному контакту источника питания (0 В). Положительный контакт источника +24 В подключён непосредственно к общему положительному контакту обоих каналов осветителя.

Проектирование платы реализовано при помощи САПР Sprint Layout [10], фронтальная и оборотная сторона платы изображены на рис. 1-2, общий вид – на рисунке 3. Используются резисторы типоразмера 1206 сопротивлением 1 Ом для регулирования подачи тока в цепи. Подключение светодиодов реализовано последовательно с подключением общей линии питания напряжением 24 В (один светодиод потребляет 3В, всего 8 ед., соединенных последовательно в цепи). Ток в цепи – до 40 мА (каждый светодиод по 20 мА в блоке).

Написание исполнительного кода функции для отладочной платы на базе микроконтроллера STM32 для управления платой со светодиодами с использованием таймера и ШИМ реализовано в среде программирования STM32CubeIDE на языке программирования C [11-12]. Блок-схема алгоритма работы функции приведена на рисунке 5.

При запуске функции, инициализируются следующие переменные:

- $i = 1$ – отвечает за номер элемента в векторе «command» (вектор, отвечающий за вид G-код команды);
- f_1, f_2 – это коэффициенты для «тёплых» и «холодных» светодиодов соответственно, которые выражают скважность сигналов, подаваемых на соответствующие светодиоды;
- f – это коэффициент скважности, который задаётся общей яркостью и $f_1 + f_2 = f$ (изначально равен 100 %);
- t_1, t_2 – температуры «тёплых» и «холодных» светодиодов соответственно;
- t – уставка по цветовой температуре, которую необходимо получить (изначально равна $(t_1 + t_2) / 2$);
- $ccrf_1$, $ccrf_2$ – значение CCR для соответствующих каналов таймера, который генерирует ШИМ-сигнал.

После инициализации переменных следует проверка первого элемента вектора «command» на наличие буквы «*S*», после чего идёт проверка на «1» или «0» (1 – включить генерацию ШИМ, 2 – выключить генерацию ШИМ).

Далее, проверяется, какая буква стоит во втором элементе вектора: «*B*» или «*T*» («*B*» – яркость от 0 % до 100 %; *T* – температура в К (от t_1 до t_2)).

Следующая проверка идентична предыдущей. Сделано это для того, чтобы можно было передать в команде в любом порядке температуру и яркость, а также только один из данных параметров.

После всех проверок коэффициент f делится на 100 для того, чтобы его значение было равно от 0 до 1 (перевод процентов в доли).

Далее, проверяется, равна ли необходимая температура (переменная t) одному из крайних значений (t_1 и t_2). Если да, то один из коэффициентов f_1 и f_2 становится равным 0, а другой – f, в зависимости от значения t ($t = t_1$ или $t = t_2$).

Если же температура равна иному значению, то идёт проверка: значение меньше или больше среднего значения t.

Если меньше или равно, то

$$f_2 = \frac{f}{\frac{t_2 - t_1}{t - t_1} + 1}, f_1 = f - f_2.$$

Если же больше, то

$$f_1 = \frac{f}{\frac{t - t_1}{t_2 - t_1} + 1}, f_2 = f - f_1.$$

После расчёта f_1 и f_2, идёт расчёт $ccrf_1$ и $ccrf_2$, которые равны: $ccrf_1 = 65535 \cdot f_1$, $ccrf_2 = 65535 \cdot f_2$, так как максимальным значением CCR для обоих каналов таймера выставлен 65535. В итоге, значения $ccrf_1$ и $ccrf_2$ вносятся в регистры CCR соответствующих каналов таймера (1 и 3).

Общий вид команды, подаваемой через последовательный COM-порт, представляет собой следующее [13]: M355 (тип команды «Управление подсветкой»), *S1* (или *S0*) (состояние вкл./выкл. подсветки), B[%] (значение яркости подсветки в процентах), T[K] (значение цветовой температуры подсветки в Кельвинах).

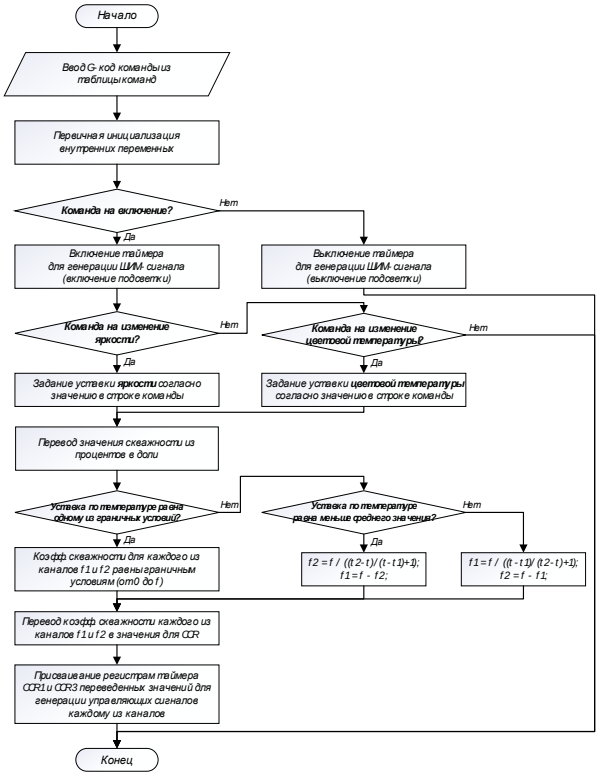


Рис. 4. Блок-схема алгоритма работы функции управления платой со светодиодами для осветительной системы микроскопа

Таким образом, написанный исполнительный код функции выполняет заявленные к нему требования – управление в 2-х канальном режиме сразу серией светодиодов на плате. Более того, рассматриваются также и серединные значения цветовой температуры в рабочем диапазоне.

Для того, чтобы точно убедиться в том, что исполнительный код написанной функции управления яркостью светодиодов на плате работает корректно и генерирует ШИМ-сигналы в различных каналах для различных светодиодов по их цветовой температуре, соберем простейший демонстрационных экспериментальный стенд, состоящий из блока питания 24 В, отладочной платы на базе микроконтроллера STM32, платы осветителя со светодиодами различной температуры, ПК с установленным приложением для подачи последовательных G-код команд и логического анализатора для снятия показаний с выводов ШИМ (в качестве достоверности полученных результатов). Общий вид экспериментальной установки изображен на рисунке 5.



Рис. 5. Общий вид экспериментальной установки

Исследование содержит 4 опыта. Каждый из опытов отличается подаваемыми на каналы ШИМ-сигналами, а точнее, скважностью таких сигналов. Поскольку предполагается, что одновременная работа 2-х каналов при разной скважности сигнала ШИМ будет давать смешение световых потоков разных светодиодов по их цветовой температуре, то необходимо убедиться, что соотношение скважностей этих каналов будет отличаться от опыта к опыту. Действительно, как показано на рисунке 6, скважности каналов различны, при этом при граничных условиях (то есть, при уставке t = 3000 K или t = 6500 K), работает исключительно 1 канал из 2-х. Это объясняется тем, что для достижение необходимой температуры в граничных уставках лишает необходимости работы 2 канала (при уставке t = 3000 K работает только 2 канал управления «теплыми» светодиодами, и наоборот, при уставке t = 6500K работает только 1 канал управления «холодными» светодиодами). В промежуточных значениях происходит то самое наложение световых потоков в результате работы сразу 2-х каналов. Однако заметим, что при уставке t = 4000 K, скважность 1 канала γ_1 = 6,66 %, а 2 канала γ_2 = 13,33 %. Это связано с условиями, заложенными в программе – при увеличении скважности на любом канале, будет снижаться «влияние» другого канала, и его «вклад» в общую цветовую температуру будет снижен (в частности, при увеличении уставки по цветовой температуре t). Это хорошо заметно на опыте № 2 и опыте № 3.

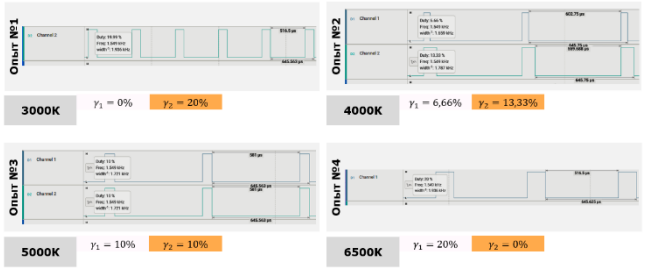


Рис. 6. Генерация ШИМ-сигналов управления яркостью и цветовой температуры осветительной системы микроскопа

Далее, необходимо убедиться в правильности работы платы со светодиодами и корректности выдаваемой цветовой температуры. На рисунке 7 показаны результаты аналогичных рис. 6 опытов включения платы при различной уставке t. Анализ содержит в себе теоретические данные из таблицы перевода значения цветовой температуры в пространство цветовой модели RGB [14], а также полученные экспериментально данные о среднем значении температуры в ходе опытов. Можем заметить, что погрешность измерений составила от 2,5 % до 4,62 %, что довольно много. Стоит сделать оговорку: для получения экспериментальных данных были использованы неточные инструменты обработки данных с фото; возможны ошибки при фотофиксации эксперимента; присутствие человеческого фактора. Однако, если использовать спектрометр и измерит цветовую температуру платы осветителя микроскопа, то значения должны получиться с погрешностью менее 1 %.

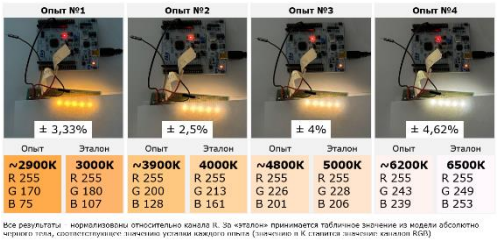


Рис. 7. Анализ экспериментальных данных, снятых в результате серии опытов при различной уставке цветовой температуры t

Из проведенных испытаний видно, что концепция использования платы с множеством светодиодов разной цветовой температуры, жизнеспособна и показывает (на первых этапах) неплохой результат.

Заключение

В результате работы был спроектирован и собран демонстрационный стенд физического подобия автоматизированного микроскопа с осветительным устройством, позволяющее динамически изменять цветовую температуру при изменении яркости различных каналов путем генерации ШИМ-сигналов различной скважности. Разработана функция управления платой осветителя со светодиодами для микроконтроллера STM32, была разработана стандартизированная G-код команда для управления M355, реализована генерация ШИМ-сигнала управления яркостью подсветки через 2-х канальное управление. При работе сразу 2-х каналов с различной скважностью ШИМ, происходит видимое наложение потока света со светодиодов различной цветовой температуры и различной яркостью свечения с рассеивателем, соответственно, что в результате дает новое значение цветовой температуры всего осветительного устройства микроскопа в диапазоне от 3000 К до 6500 К.

Список использованных источников

1. Гейс, О.Ю. Мехатронная система позиционирования предметного столика микроскопа с программным управлением для определения дисперсного состава водонефтяных эмульсий / О.Ю. Гейс, А.А. Филипас ; Национальный исследовательский Томский политехнический университет // Современные проблемы машиностроения : сборник статей XVI Международной научно-технической конференции, г. Томск, 27 ноября – 1 декабря 2023 г. – Томск : Изд-во ТПУ, 2024. – С. 149-151.
2. Филипас, А.А. Разработка модели мехатронного автоматизированного предметного столика на базе серийного микроскопа с камерой / А.А. Филипас, О.Ю. Гейс // Молодежь и современные информационные технологии : Сборник трудов XX Международной научно- практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 20–22 марта 2023 года. – Томск: Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2023. – С. 380-382.
3. Гейс, О.Ю. Автоматизированная информационно-измерительная система цифровой оптической оценки состава нефтяной эмульсии / О.Ю. Гейс, А.В. Мигель // Молодежь и современные информационные технологии : Сборник трудов XIX Международной научно- практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 21–25 марта 2022 года. – Томск: Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2022. – С. 296-298.
4. Адаптивная информационно-измерительная система для мониторинга протекания физико-химического процесса / А.В. Цавнин, А.А. Филипас, А.С. Беляев, Н.В. Рожнев // Известия Томского политехнического университета [Известия ТПУ]. Инжиниринг георесурсов / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). – 2020. – Т. 331. – № 9. – [С. 122-128]. – Заглавие с титульного листа. – [Библиогр.: – с. 128-129 (22 назв.)]. – ISSN 2413 – 1830.
5. Автоматизированная система для проведения экспресс-анализа дисперсного состава скважинной жидкости / А.А. Филипас, А.В. Мигель, Ю.Н. Исаев, В.В. Курганов // Молодежь и современные информационные технологии : сборник трудов XVIII Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, 22-26 марта 2021 г., г. Томск. – Томск: Изд-во ТПУ, 2021. – [С. 469-470].
6. Современные вызовы нефтегазовой отрасли // Neftegaz.ru. – URL: magazine.neftegaz.ru/articles/rynok/791570-sovremennye-vyzovy-neftegazovoy-otrasli/?ysclid=luc8kf3gi880917127 (дата обращения: 15.03.2024).
7. Нуреев Р.М. Экономические санкции против России: краткосрочные и среднесрочные последствия для нефтяной и газовой промышленности / Р.М. Нуриев, Е.Г. Бусыгин / Journal of Economics Regulation. – 2017. – № 3, Т. 8. – С. 6–22.
8. Технические характеристики и параметры светодиодов // Школа для электрика. – URL: https://electricalschool.info/spravochnik/poleznoe/1944-tekhnicheskie-kharakteristiki-i.html (дата обращения: 10.03.2024).
9. Development of “LEDs that have achieved the world’s highest-class luminous flux of more than 70,000 lm” // Expansion of the product lineup of LEDs for lighting ‘COB Series’. – URL: http://ce.citizen.co.jp/up_img/news/W2JUhsNaM3Ji/20151026_e.pdf (дата обращения: 10.03.2024).
10. Проектирование печатных плат в программе Sprint Layout 6 / М.Г. Царёв. – Ульяновск, 2016. – 97 с.: ил.
11. Микроконтроллеры STM32: основы использования таймеров, прерываний и ШИМ // Записки программиста. – URL: https://eax.me/stm32-interrupts-timers-pwm/ (дата обращения: 10.03.2024).
12. Методы регулировки яркости для импульсных драйверов светодиодов // Диапазон. – URL: https://russianelectronics.ru/files/55533/EK3_27-29%20%D0%A0%D0%BE%D1%83%D0%B7%D0%B5%D0%BD.pdf (дата обращения: 10.03.2024).
13. M355 – Case Light Control // Marlin. – URL: https://marlinfw.org/docs/gcode/M355.html (дата обращения: 10.03.2024).
14. Blackbody color datafile // Vendian Systems. – URL: http://www.vendian.org/mncharity/dir3/blackbody/UnstableURLs/bbr_color.html (дата обращения: 10.03.2024).

DEVELOPMENT OF A DYNAMIC USER INTERFACE FOR AN ELECTRONIC DEVICE DESCRIPTIONS INTERPRETER FOR INTELLIGENT SENSORS

R.V. Pushkarskiy[1,2], V.A. Belsky [1,2]
[1]Tomsk Polytechnic University,
30 Lenin Avenue, Tomsk, 634050, Russia, group: A2-43, A3-38,
e-mail: rvp6@tpu.ru, vab59@tpu.ru
[2]ASPECT LLC,
37 Saltykova-Shchedrin str., office 18, Tomsk, 634021, Russia, software-developer

Abstract

To solve the problem of supporting intelligent sensors manufactured in the Russian Federation by foreign software, Aspect LLC has developed a HART-compatible Colibri field bus. Within the framework of the Colibri project, the Colibri software is being developed to work with intelligent sensors and their electronic descriptions.

Keywords: HART, Qt Framework, EDDL, Colibri, CDD.

Introduction

Currently, there is a problem of lack of support for foreign software for intelligent sensors manufactured in Russia.

Aspect LLC has developed a Hart compatible field data bus "Colibri", which provides interaction of automated process control and monitoring systems with intelligent field devices. Aspect has developed prototypes of a system for end-to-end control and diagnostics of field equipment based on the Colibri protocol, as well as a field Hart compatible Colibri communicator [1].

Bench tests are being conducted for the compatibility of the Colibri protocol with instrumentation and control equipment using Hart technology. As part of the development of the Colibri software, the task is to create a dynamic user interface for all types and models of intelligent sensors in the industry, which will be described in this report. In addition, it is necessary that the software being developed runs on low-performance devices, such as industrial secure tablets, and for this reason it is important to monitor the use of PC resources [2].

Description of UI Creation in Colibri Software

Qt framework for C++ was chosen to develop the application, since the main goals are good performance, cross-platform compatibility and support for low-performance devices [3]. Target OS: Astra Linux, Astra Linux Mobile and other Linux based systems, as well as Windows. Qt 5.15.2 LTS and its standard libraries are used for development.

To work with intelligent sensor, a special file needs to be loaded in software. This file is called electronic device description (EDD) in HART and Colibri device description (CDD) in Colibri software. EDD or CDD contain different elements such as variables, methods, menus etc. [4]. These files are used to display menus where different parameters of intelligent sensor could be monitored or changed.

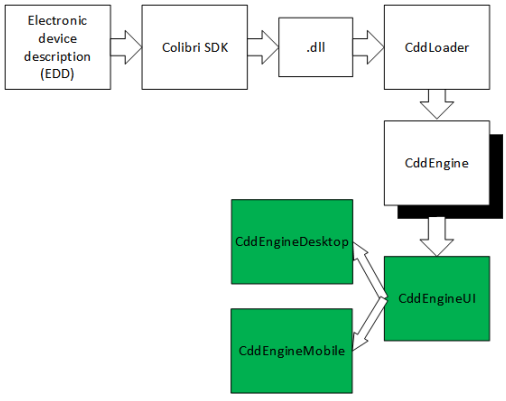


Fig. 1. The general scheme of UI creation in Colibri software

CDD is processed by a special package Colibri SDK, which generates a binary file. Then, through CddLoader, the binary file is loaded into the Colibri software, processed and transmitted to the CddEngine, which transmits it to CddEngineUI, which is responsible for creating the user interface. CddLoader, ColibriDD, CddEngine, CddEngineUI are the C++ classes of the Colibri project.

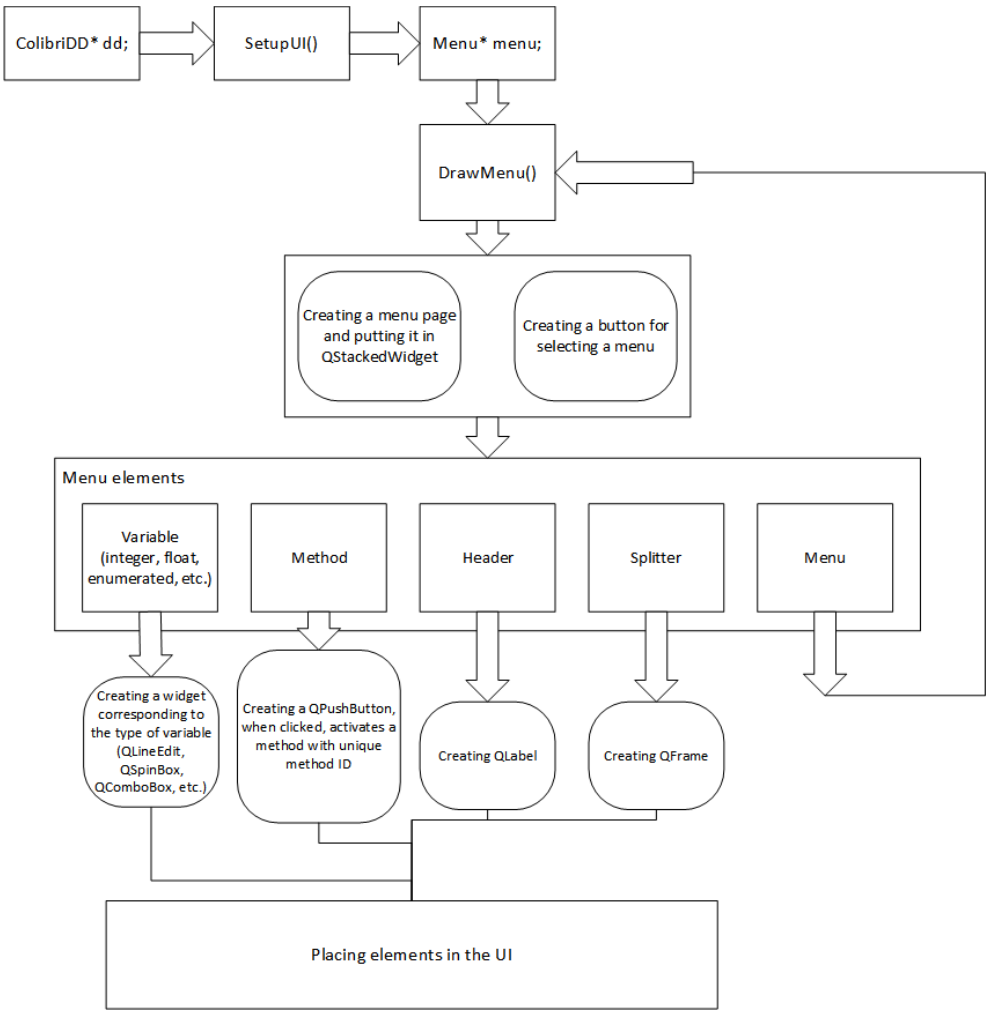


Fig. 2. A detailed scheme for creating a UI

Figure 2 shows a detailed diagram of creating a user interface from CDD files in CddEngineUI. An object of the ColibriDD class (which is created in CddEngine) is passed to the SetupUI method of the CddEngineUI class. This object contains a set of menus that can contain different types of variables, their captions, methods, headers, splitters and menus. For each menu, the DrawMenu method is called, which creates a page for this menu in the UI and a button to select this menu in the menu list. Next, the method goes through all the menu elements and performs certain actions for each type of element: for different types of variables, a corresponding widget is created that displays the value of the variable and allows to change it; a button widget is created for the method, which will call the corresponding method when clicked; for the header and a splitter QLabel with the text and a QFrame styled as a line is created, respectively; finally, if the menu item is also a menu, the DrawMenu method will be recursively called. After going through all the menus in the electronic description of the devices, all the created elements are placed in the UI and displayed to the user.

Experiment

The same CDD was tested on different operating systems with the same hardware configuration, which was achieved using Oracle VM VirtualBox. The table below shows the configuration of the Host OS and the configuration of the virtual machines.

Table 1

Test bench configuration for Host OS and VM

OS Type	**Configuration**
Host OS	Windows 11 Pro x64, Intel Core i5-1135G7 @ 4 x 2.4Ghz, 40 Gb RAM.
VM (Astra Linux SPE, Ubuntu, Debian, Win 11 Pro)	Intel Core i5-1135G7 @ 2 x 2.4 Ghz, 8 Gb RAM, Nested Paging, PAE/NX, Video memory 128 Mb

According to the test results, the following data on Colibri software memory usage was obtained when opening the device settings, which are formed from its electronic description.

Table 2

RAM usage by different operating systems when using the same CDD

OS Type	**Astra Linux SPE**	**Debian**	**Ubuntu**	**Win 11**
Experiment number	**RAM usage, MiB**			
1	2,2	1,0	2,4	5,6
2	2,3	1,5	2,1	4,8
3	2,2	0,7	2,4	4,6
4	2,3	1,9	2,4	4,6
5	2,2	1,4	2,4	4,6
6	2,0	1,5	2,5	4,7
7	2,2	1,5	2,5	4,7
8	2,2	1,3	2,6	4,5
9	2,3	2,3	2,6	4,7
10	2,0	1,6	2,5	4,6
Average value	2,2	1,5	2,4	4,7

Colibri Generic was also tested, which is identical to PACTware Generic HART DTM 1.2.0.0 and three CDD (Colibri Device Description) containing 2, 4 and 8 Colibri Generics respectively.

Colibri Generic contains 128 unique elements. These elements are identical to those of Generic HART DTM mentioned above. The detailed composition of Colibri Generic and the Qt interface elements (widgets) of the Colibri application used for display in the UI are shown in Table 3.

Table 3

Composition of Colibri Generic

Quantity	**Type of CDD element**	**Type of variable**	**Qt widget used for displaying element in the UI**
16	Variable	Integer	QSpinBox
24		Float	
50		Enumerated	QComboBox
19		BitEnumerated	QListView
3		Date/Time	QDateEdit/QTimeEdit
4		Packed, Latin_1	QLineEdit
12	Menu		QWidget

The testing was carried out on a virtual machine with Astra Linux Special Edition., the characteristics of the VM are shown in Table 1. Results are presented in the table below and in the graph (Figure 3).

Table 4

Number of elements in CDD and Colibri RAM usage

CDD type	Number of elements	RAM usage, MiB
Colibri Generic (CG)	128	4,46
2x CG	256	7,67
4x CG	512	13,86
8x GC	1024	26,47

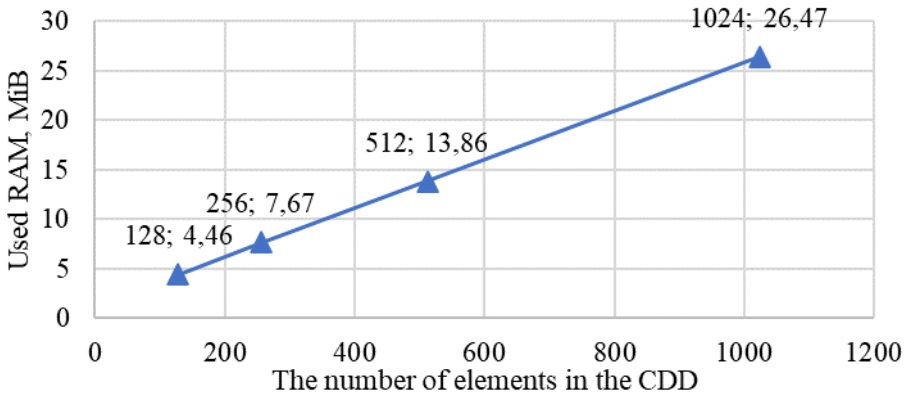


Fig. 3. RAM usage on the number of CDD elements

The linear dependence between number of CDD elements and RAM usage can be observed. In addition, 8 times Colibri Generic is almost equivalent by size to Rosemount 5300 electronic device description, so this data could help in calculation system requirement for the computers installed in the facility based on the fleet of intelligent sensors used.

Conclusion

The usage of RAM by different operating systems installed on the same hardware when working with the same electronic description was investigated.

The usage of RAM by Colibri software installed on the Astra Linux Special Edition when working with Colibri generic and CDDs twice, four times and eight times larger than Colibri generic was investigated.

A linear dependence of the amount of RAM used on the number of elements in the electronic description of the device was revealed.

Data was obtained that allows to estimate the amount of RAM required to work with a certain fleet of intelligent sensors before deploying software at a certain facility.

References

1. Продукты и решения // ООО "Аспект": Разработка цифровых измерительных систем. – URL: https://digitalmetrolog.com/ru/products (accessed: 20.02.2024).

2. Каталог оборудования – Промышленные планшеты // Mobile Inform Group. – URL: https://m-infogroup.ru/oborudovanie/planshetnye-kompjutery/ (accessed: 04.03.2024).

3. Будников А.И. Сравнительный анализ производительности реализаций инструментария Qt для языков C++ и Python // Стратегия устойчивого развития регионов России. – 2014. – №21. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitelnyy-analiz-proizvoditelnosti-realizatsiy-instrumentariya-qt-dlya-yazykov-c-i-python (accessed: 10.03.2024).

4. FCG_TS61804-4 Edition 2.1 EDD Interpretation // FieldComm Group Library. (n.d.). – URL: https://library.fieldcommgroup.org/61804/TS61804-4/2.1/#page=1 (accessed: 20.02.2024)

5. Qt Documentation | Home // Qt Documentation. – URL: https://doc.qt.io/ (accessed: 10.03.2024).

РАЗРАБОТКА СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ ПОДГОТОВКИ НЕФТИ И ГАЗА

Калинкин Я.В.[1], Зебзеев А.Г.[2]
[1]Томский политехнический университет, ИШИТР, студент гр. 8ТМ22, e-mail: yvk36@tpu.ru
АО «ТомскНИПИнефть», Отдел АСУТП, Инженер 2 категории
[2]Томский политехнический университет, ИШИТР, доцент ОАР, e-mail: ZebzeevAG@tomsknipi.ru
АО «ТомскНИПИнефть», Экспертная группа, Главный эксперт по цифровизации

Аннотация

В работе рассмотрена разработка операторских интерфейсов для управления различными процессами подготовки нефти и газа в концепции системы поддержки принятия решений (СППР) – интерфейса, включающего в себя цифровые элементы интеллектуализации в целях повышения эффективности и безопасности управления технологическим процессом.

Ключевые слова: операторский интерфейс, система поддержки принятия решений, человека-машинный интерфейс, диспетчерское управление, система усовершенствованного управления технологическим процессом.

Введение

В настоящее время абсолютное большинство крупных производств использует средства автоматизации и цифровизации в системах управления технологическими процессами [1]. Автоматизация производства позволяет повысить эффективность, безопасность и скорость производственного процесса, а также потенциально снизить количество персонала, непосредственно задействованного в технологическом процессе.

В то время, как средства автоматизации и распределенные системы управления установлены по месту и исключают присутствие человека в опасных производственных зонах и ускоряют ускорение технологическим процессом путем физического влияния на него, управление такими средствами автоматизации осуществляется удаленно оператором и рядом алгоритмов, заложенных в систему диспетчеризации производства. Зачастую технологические установки, управление которыми осуществляется удаленно, являются довольно сложными алгоритмически и требуют детального знания технологии оператором. Это приводит к следующим проблемам:

- мнемосхемы операторских интерфейсов содержат большое количество технологических параметров, из-за чего видеокадр становится излишне нагруженным, что повышает нагрузку на оператора [2];
- управление комплексными объектами требует как детального знания технологии оператором, так и сложного взаимодействия оперативного персонала, координируемого оператором, по месту, что может быть осложнено меняющимся количеством задействованных сотрудников во время ночных смен, пусконаладочных работ или мероприятий по ликвидации последствий происшествий [3];
- в целом факт обилия цветовых и графических изображений повышает нагрузку на восприятие оператора [4].

Настоящая работа содержит описание разработки операторских интерфейсов в концепции системы поддержки принятия решений (далее СППР), повышающих эргономичность, эффективность и безопасность управлениями технологическими процессами подготовки нефти и газа.

Описание разработки

СППР в рассматриваем ключе представляет собой операторский интерфейс, объединенный с каким-либо средством интеллектуального управления, например: цифровой двойник оборудования, повышающий эффективность прогнозирования технологических показателей (как вариант – нейросетевая модель); аналитическая зависимость отдельных технологических параметров от других, заданная формулой, представляющая более прозрачный, простой и быстрый механизм прогнозирования; функции оптимизации (минимизации или максимизации) некоторых технологических параметров или их совокупности. Описанные средства могут быть внедрены в ПО операторского интерфейса (SCADA), либо интегрированы в систему из отдельного ПО (средой моделирования, нейросетевой моделью и т.п.) посредством OPC-сервера, либо представлять собой

часть СУУТП [5]. Применение тех или иных средств зависит от полноты исходных данных, требований заказчика, сложности рассматриваемой АСУТП, вычислительных возможностей АРМ оператора и других менее значимых факторов. Далее рассмотрены некоторые примеры реализации СППР для комплексных объектов подготовки нефти и газа.

СППР оптимизации энергопотребления насосных агрегатов

Данная СППР была разработана как пример реализации СППР с использованием аналитической зависимости – в расчетах системы используются напорные характеристики насосных агрегатов.

Мнемосхема СППР содержит как упрощенную технологическую схему оборудования рассматриваемого участка, так и тренды отдельных технологических параметров и информационную область, предоставляющую оператору о конфигурации действующих насосных агрегатов и оценку эффективности их актуального технологического режима методом перебора вариантов, рассчитанных с использованием напорных характеристик [6].

Реализация данной СППР приведена на рисунке 1

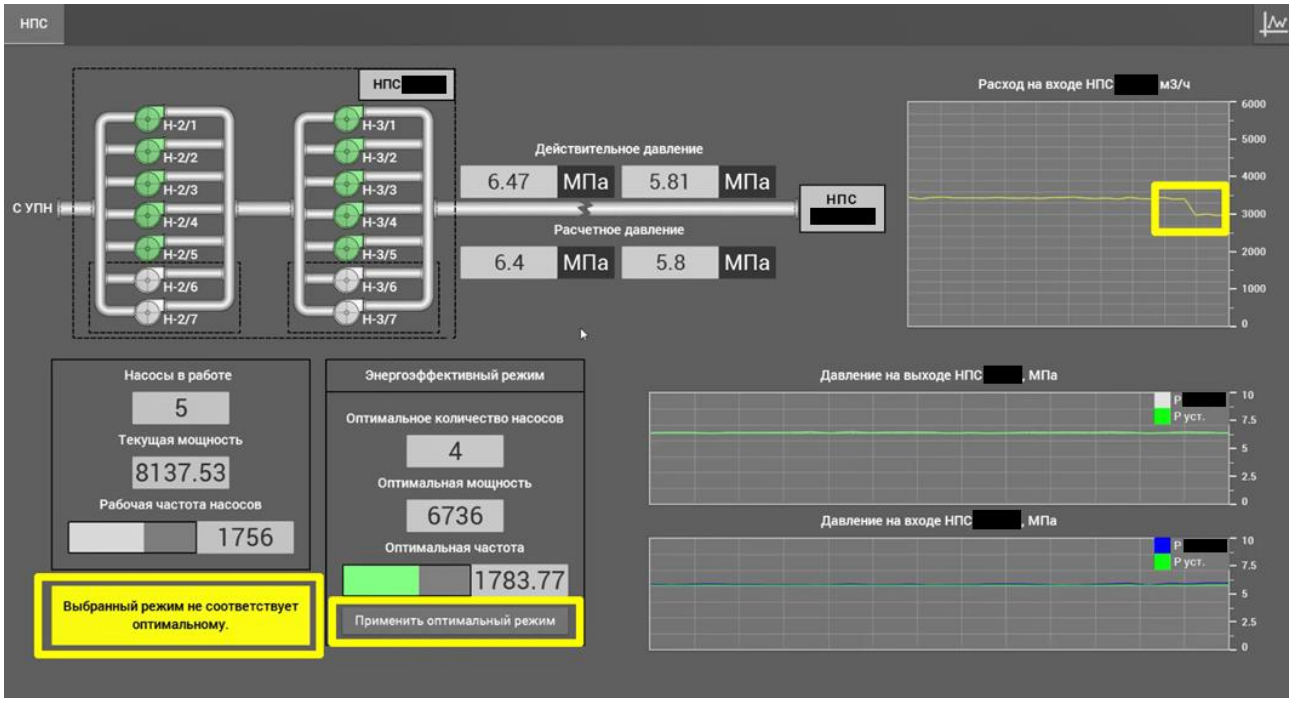


Рис. 1. Мнемосхема СППР оптимизации энергопотребления

Данная СППР предполагает работу в режиме «Советник», т.е. работает в режиме индикации и предоставляет пользователю право вводить корректировки технологических параметров на свое усмотрение. В ходе работы также рассматривался автоматический режим, осуществляющий автоматическое включение/выключение насосных агрегатов и смена частоты их работы.

СППР управления газодинамическим оборудованием

Данная СППР была представляет собой систему из операторских интерфейсов нескольких «уровней».

Первый «уровень» предназначен для оперативного взаимодействия с технологическим оборудованием и содержит технологическую схему участка промысла. Видеокадр на рисунке 2 позволяет пользователю оперировать каждым отдельным управляющим устройством для контроля технологического процесса.

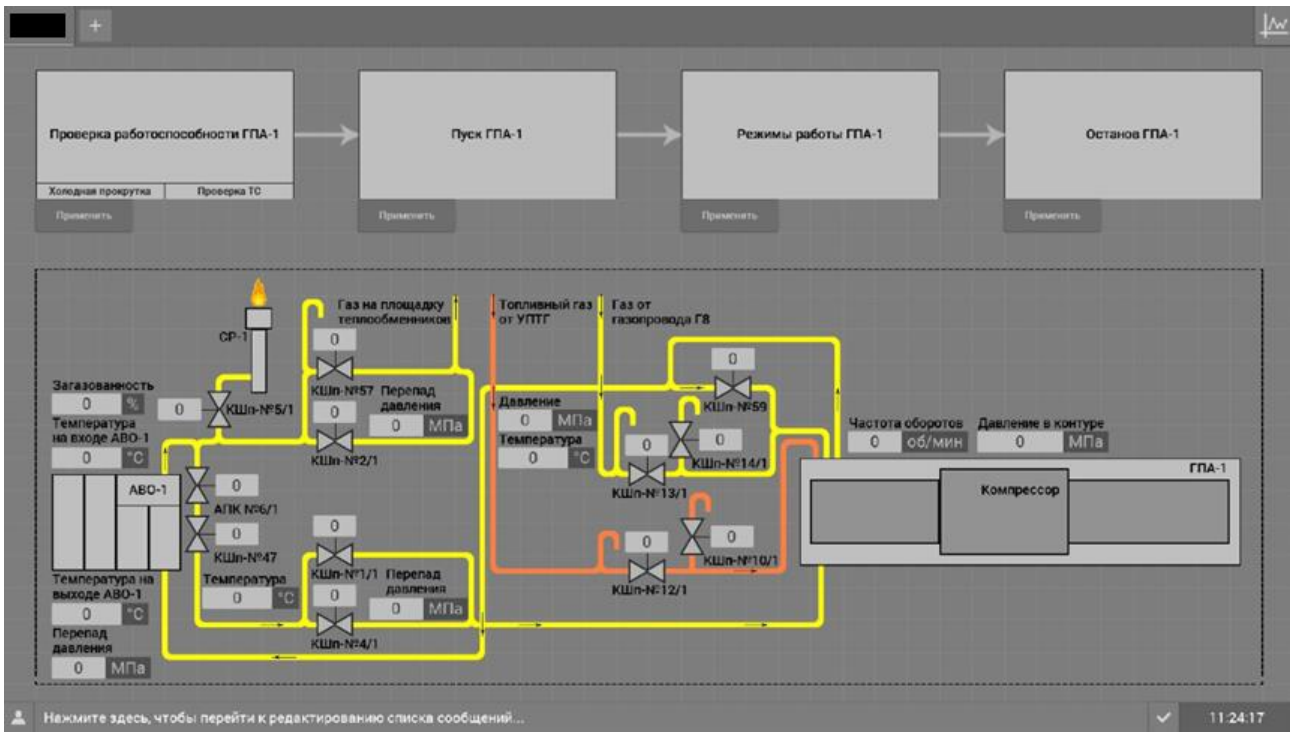


Рис. 2. Мнемосхема СППР управления газодинамическим оборудованием первого «уровня»

Также мнемосхема содержит индикацию пошагового выполнения процесса (проверка работоспособности, пуск и т.д.), на котором на данный момент находится система.

Второй «уровень» (рис. 3) представлен мнемосхемой, разработанной в концепции блок-схем. Разработанный вариант предназначен для инженеров, менеджеров и операторов, не рассматривающих управление отдельными агрегатами и исполнительными устройствами, в частности, и следящих за выполнением общего технологического процесса без погружения в специфику управления.

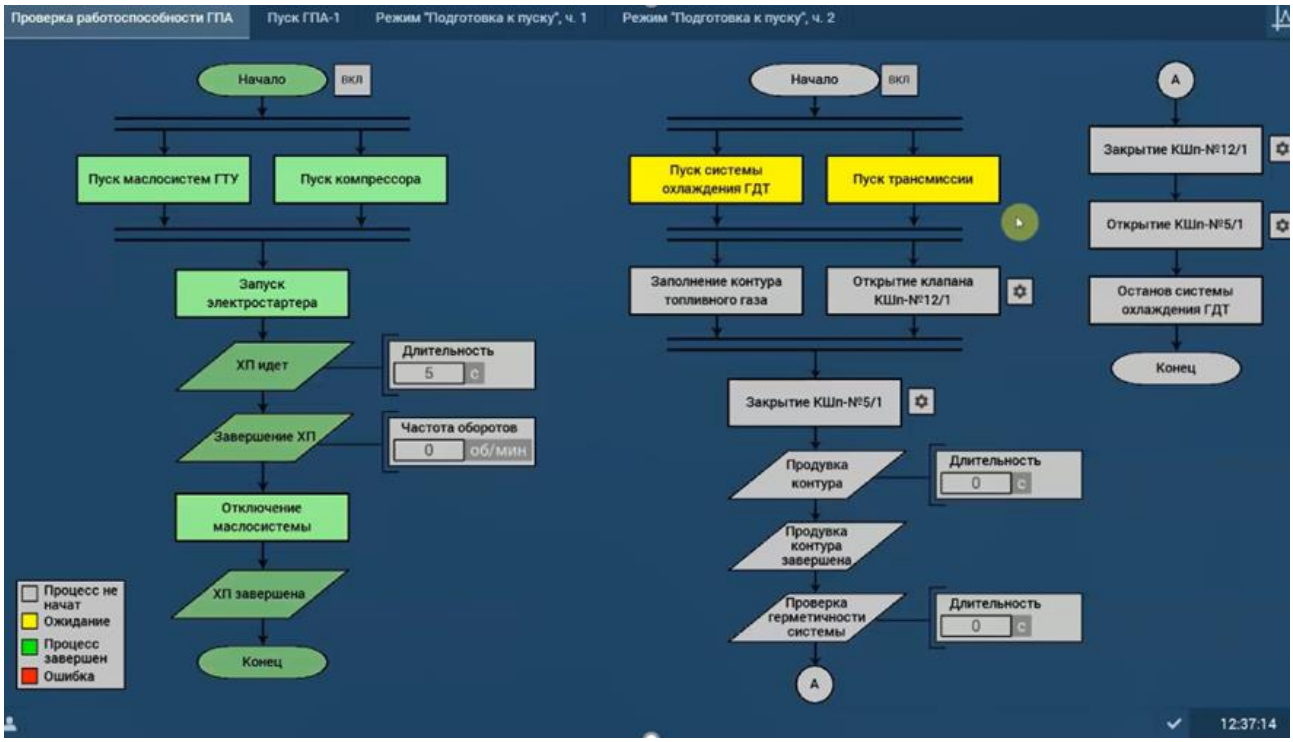


Рис. 3. Мнемосхема СППР управления газодинамическим оборудованием второго «уровня»

Данная мнемосхема также содержит информационные поля с отдельными технологическими параметрами для проверки соответствия хода выполнения процесса технологическому регламенту.

Третий «уровень» СППР представляет собой панель концепции dashboard для менеджеров и управленческого персонала [7]. Доступ к панели может быть осуществлен посредством Web-интерфейса и предоставляет пользователю только доступ к чтению ключевых параметров производства без погружения в специфику управления оборудованием.

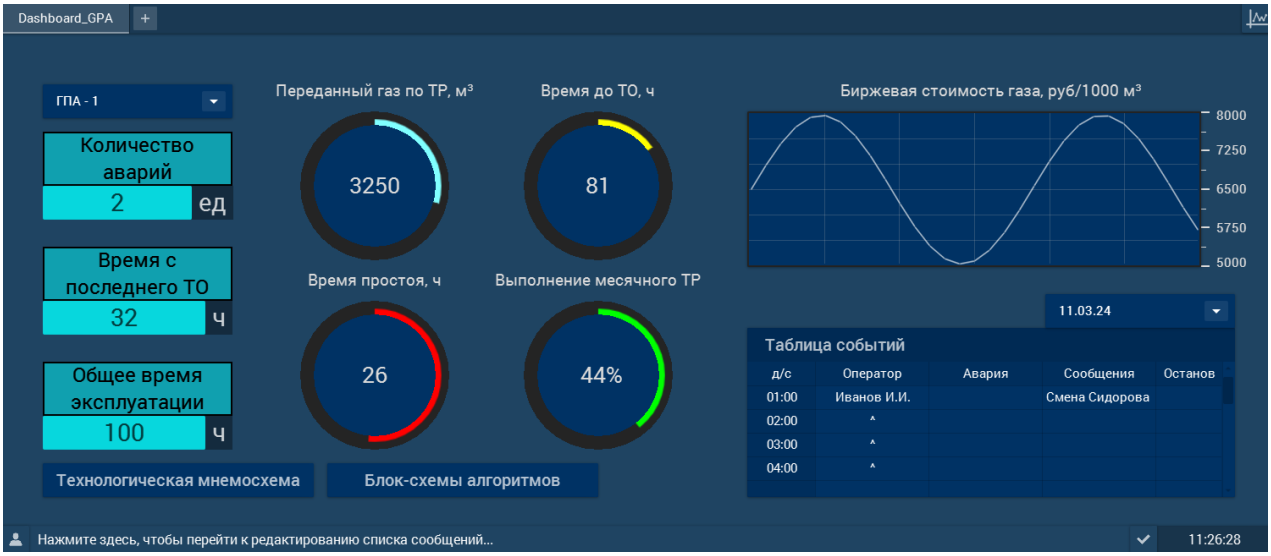


Рис. 4. Панель dashboard третьего «уровня» СППР управления газодинамическим оборудованием

Рассмотренная СППР представляет собой пример системы взаимодействия операторского интерфейса, среды моделирования и внутренних скриптов SCADA.

СППР управления обводненностью нефти

Рассматриваемая далее СППР представляет собой пример соединения цифровой нейросетевой модели прогнозирования свойств нефти с алгоритмами оптимизации и операторского интерфейса.

Концепция операторского интерфейса СППР (рис. 5) аналогична СППР, приведенной в первом пункте работы, однако содержит также окно конфигурирования работы СППР (рис. 6).

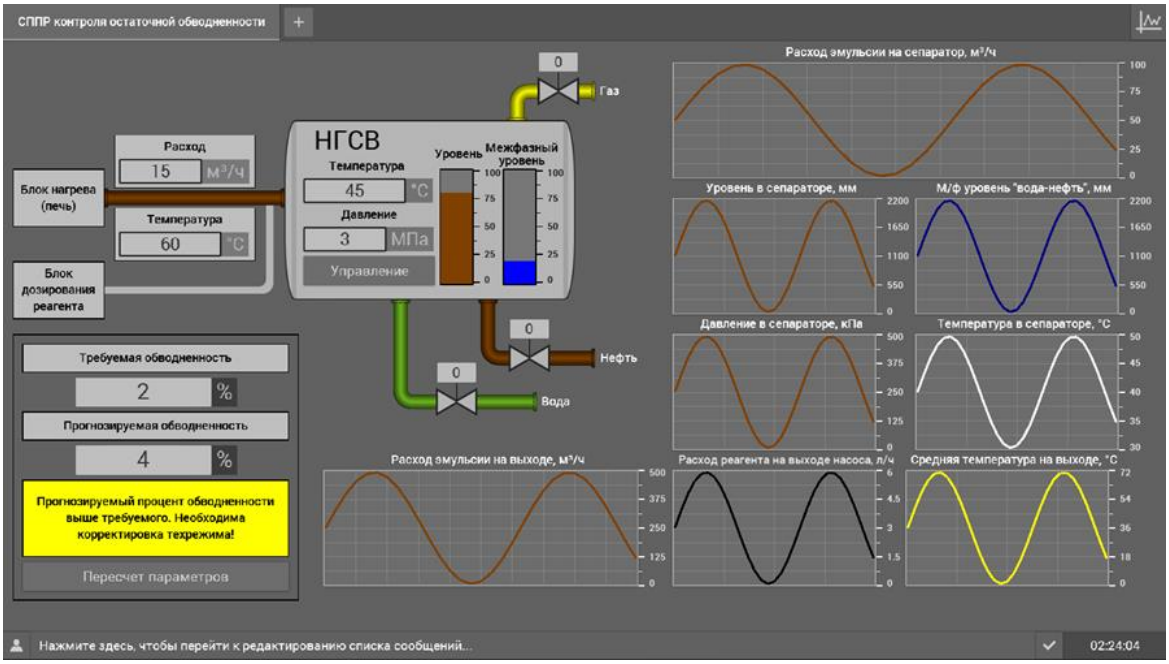


Рис. 5. Основная мнемосхема СППР управления обводненностью нефти

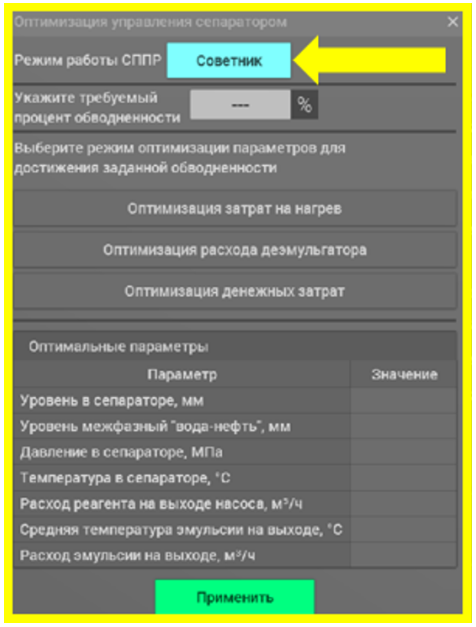


Рис. 6. Окно управления режимом работы СППР

Данная СППР также поддерживает режим работы «Советник», однако в дальнейшем может быть предусмотрен автоматический режим расчета и применения отдельных технологических параметров.

Заключение

Таким образом, были разработаны прототипы СППР различных комплексных объектов нефтегазовой отрасли. Данные прототипы являются примером реализации операторского интерфейса, однако имитируют готовый продукт и могут быть использованы для управления другими технологическими объектами после редактирования в связи с потребностями заинтересованной организации.

Разработанные операторские интерфейсы демонстрируют свободу реализации средств управления и цифровизации с использованием сред моделирования, цифровых моделей и прочего ПО. Подобные продукты могут быть использованы на различных уровнях управления и персоналом различного состава и уровня подготовки, что повышает эффективность, безопасность и информативность управления комплексными технологическими объектами.

Список использованных источников

1. Цифровизация промышленности: задачи, преимущества внедрения // Adeptik: сайт – 2023. – URL: https://adeptik.com/blog/cifrovizaciya-promyshlennosti/

2. Усовершенствованный HMI: современная концепция управления технологическим процессом // Control Engineering: сайт – 2023. – URL: https://controleng.ru/cheloveko-mashinny-j-interfejs-hmi/usovershenstvovannyj/

3. Исправляем мнемосхему диспетчеризации за 2 часа // Хабр: сайт – 2023. – URL: https://habr.com/ru/articles/756294/

4. Исправляем интерфейс диспетчеризации минимальными усилиями // Хабр: сайт – 2023. – URL: https://habr.com/ru/articles/749430/

5. СУУТП // Сибур диджитал: сайт – 2023. – URL: https://www.sibur.digital/products/apc

6. Бармина А. Внедрение цифрового сценария по повышению энергоэффективности работы динамического оборудования на примере магистральных насосных агрегатов нефтеперекачивающей станции: выпускная квалификационная работа магистранта / А. Бармина; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Инженерная школа информационных технологий и робототехники (ИШИТР), Отделение автоматизации и робототехники (ОАР); науч. рук. А.Г. Зебзеев. – Томск, – 2023. – URL: http://earchive.tpu.ru/handle/11683/75375

7. Дашборд – что это и почему он будет вам полезен или современный способ сделать тайное явным // Хабр: сайт – 2017. – URL: https://habr.com/ru/companies/developersoft/articles/341972/.

ДИСТАНЦИОННОЕ УПРАВЛЕНИЕ НА ОСНОВЕ СЕТИ MESH

Чжан Тэнфэй[1], Суходоев М.С.[2]
[1]Томский политехнический университет, ИШИТР, 8ТМ21 e-mail: tenfey1@tpu.ru
[2]Томский политехнический университет, ИШИТР, доцент e-mail: smike@tpu.ru

Аннотация

В этом исследовании представлена интеллектуальная система управления освещением, разработанная с использованием микроконтроллера ESP32 и интегрированная с платформой Baffa IoT. Система объединяет светодиодные индикаторы на главной плате управления и создает сеть MESH для облегчения передачи данных и взаимодействия через MQTT и облачную платформу Baffa IoT, позволяя пользователям удаленно управлять домашними устройствами и получать доступ к информации из любого места.

Ключевые слова: сеть MESH, ESP32, IoT, ESP-MESH, MQTT.

Введение

На развитие умных домов в Китае глубокое влияние оказывают зарубежные умные дома, которые проложили путь для отечественных умных домов. За последние два десятилетия индустрия умного дома в Китае постепенно развилась с азов. Все началось с внедрения концепции умного дома, а затем постепенно развивалось за счет продвижения и рекламы крупных производителей, постепенно формируя производственную цепочку на рынке умного дома. Позже, с внедрением технологий 5G, искусственного интеллекта и Интернета вещей (искусственный интеллект и Интернет вещей, AIoT) [1], в развитие индустрии «умного дома» был придан новый импульс. Благодаря новым технологиям, таким как 5G, большие данные, искусственный интеллект и Интернет вещей, продукты для умного дома открыли новые тенденции развития. Умные продукты и системы постоянно обновляются и трансформируются для удовлетворения разнообразных потребностей пользователей, расширяют свои возможности и предоставляют пользователям реальный жизненный опыт использования Интернета вещей [2-3].

В настоящее время, с развитием науки и техники, новые технологии постепенно интегрируются в индустрию умного дома, и индустрия умного дома постепенно развивается в направлении интеллекта, интеграции и экологизации [4]. В будущем умные дома станут отраслевыми стандартами для всей цепочки исследований и разработок, проектирования, производства и продаж, выводя индустрию умных домов на путь стандартизированного развития и улучшая качество развития всей отрасли.

Описание интеллектуальной системы управления освещением

Эта система разработала и спроектировала интеллектуальный функциональный модуль управления освещением, который объединяет светодиодные фонари на главной плате управления. С помощью основной платы управления была создана сеть MESH. Основываясь на преимуществах облачной платформы Baffa IoT, система загрузила собранные информационные данные на облачную платформу, и была достигнута взаимосвязь данных между системой управления и облачной платформой Baffa IoT. с помощью технологии связи Wi-Fi. Благодаря эффективному сочетанию облачной платформы Baffa IoT и интеллектуального оборудования интеллектуальные продукты способствуют развитию интеллектуальных связей, позволяющих домашним пользователям понимать информацию дома в любое время и в любом месте, а также достигать эффекта удаленного управления домашними устройствами.

Инновация этого исследования заключается в использовании микроконтроллера ESP32 и выборе Wi-Fi в качестве метода передачи для построения сети MESH. Собранная информация данных отображается на облачной платформе Baffa Internet of Things. Легкий протокол передачи телеметрии очереди сообщений (message queuing telemetry transport, MQTT) используется для подключения устройств к облачной платформе Baffa IoT для единого управления. Он реализует многофункциональные требования пользователя к умному дому и сокращает цикл разработки и общую стоимость.

Выбор облачной платформы Baffa IoT

Платформа Baffa Cloud IoT использует концепцию разделения клиентской и серверной частей и стремится создавать высокопроизводительные асинхронные и параллельные серверы IoT для обеспечения целостности данных при низком энергопотреблении. Платформа Baffa Cloud IoT поддерживает многорежимное взаимодействие данных для удовлетворения потребностей различных разработчиков и имеет спецификации протоколов, которые полностью совместимы с различными сервисами платформы. Документация является всеобъемлющей и содержит примеры разработки, позволяющие разработчикам быстро создавать приложения и быстро внедрять Интернет вещей в конечные продукты пользователей.

Выбор протокола на основе облачной платформы

Существует множество протоколов для терминальных устройств для доступа к облачной платформе Baffa IoT, включая MQTT, протокол передачи гипертекста (hypertext transfer protocol, HTTP), протокол расширенного устройства (enhanced device protocol, EDP), протокол последовательной связи (Modbus), облегченный протокол (LwM2M), протокол управления передачей (transmission control protocol, TCP) и т.д. [5].

В этом исследовании используется протокол MQTT, который представляет собой протокол обмена мгновенными сообщениями, используемый для приложений Интернета вещей. Целью протокола является решение задач подключения большого количества устройств к единому серверу с небольшим объемом служебной информации. Протокол обеспечивает возможность подключения удаленных датчиков и устройств управления в ненадежных сетях с низкой пропускной способностью. Протокол MQTT основан на принципах клиент-сервер, прост, открыт и легко реализуется. Он поддерживает три уровня качества обслуживания (quality of service, QoS) для удовлетворения различных потребностей в передаче сообщений, а также решает вопросы авторизации и безопасности с использованием шифрования TLS/SSL.

Выбор протокола для локальной сети - ESP-MESH

ESP-MESH – это набор сетевых протоколов, построенных на протоколе Wi-Fi. ESP-MESH позволяет большому количеству устройств (узлов), распределенных на большой территории, подключаться друг к другу в одной WLAN (беспроводной локальной сети). ESP-MESH обладает характеристиками самоорганизующейся сети и самовосстановления, что обеспечивает возможность расширения зоны охвата сети.

Технология Wi-Fi имеет высокую скорость передачи. Поскольку умный дом, изучаемый в этой системе, должен быть подключен к платформе Интернета вещей и имеет высокие требования к скорости передачи данных, в конечном итоге в качестве метода беспроводной связи был выбран Wi-Fi [6] с расширением топологии до ячеистой сети с использованием протокола ESP-MESH [7].

Реализация сети ESP-MESH

Протокол ESP-MESH требует от каждого устройства (являющегося узлом ячеистой сети) реализации возможности ретрансляции полезных данных до последующих узлов.

Реализованная программа отображает статус подключения к сети (с указанием номера узла, а также переданной и полученной информации).

В результате работы программа была загружена на три микроконтроллера ESP32 соответственно.

Затем, открыв различные мониторы последовательного порта, можно наблюдать за информацией, отправленной другими устройствами в сети ESP-MESH (с указанием идентификаторов узлов), а также некоторую информацию об изменении состояния сети (рис. 1).

Включив одну из плат ESP32, можно увидеть сообщение об изменении состояния соединения. Когда новое устройство включается и присоединяется к сети ESP-MESH, информация о присоединении нового устройства отображается в последовательном порту.

```
08:37:44.822 -> startHere: Received from 4146263753 msg=Hello from node 4146263753
08:37:49.103 -> startHere: Received from 4146263753 msg=Hello from node 4146263753
08:37:51.577 -> dhcps: send_nak>>udp_sendto result 0
08:37:52.085 -> Changed connections
08:37:52.085 -> --> startHere: New Connection, nodeId = 85201153
08:37:52.395 -> startHere: Received from 85201153 msg=Hello from node 85201153
08:37:53.796 -> startHere: Received from 4146263753 msg=Hello from node 4146263753
08:37:54.383 -> startHere: Received from 85201153 msg=Hello from node 85201153
08:37:58.270 -> startHere: Received from 4146263753 msg=Hello from node 4146263753
08:37:59.330 -> startHere: Received from 85201153 msg=Hello from node 85201153
08:38:00.190 -> startHere: Received from 4146263753 msg=Hello from node 4146263753
08:38:01.846 -> startHere: Received from 4146263753 msg=Hello from node 4146263753
08:38:04.073 -> startHere: Received from 85201153 msg=Hello from node 85201153
08:38:04.878 -> startHere: Received from 4146263753 msg=Hello from node 4146263753
08:38:06.245 -> startHere: Received from 4146263753 msg=Hello from node 4146263753
```

Рис. 1. Результаты печати монитора последовательного порта:
85201153 – адрес узла второго устройства;
4146263753 – адрес узла третьего устройства ;
Result 0 – ни одно устройство не подключено;
Changed connections – изменение структуры сети: подключение нового узла

Эта информация полностью указывает на то, что сеть ESP-MESH успешно создана.

Сетевые подключения добавляются на основе сети ESP-MESH. Статус сетевого подключения можно увидеть с помощью средства просмотра последовательного порта (рис.2).

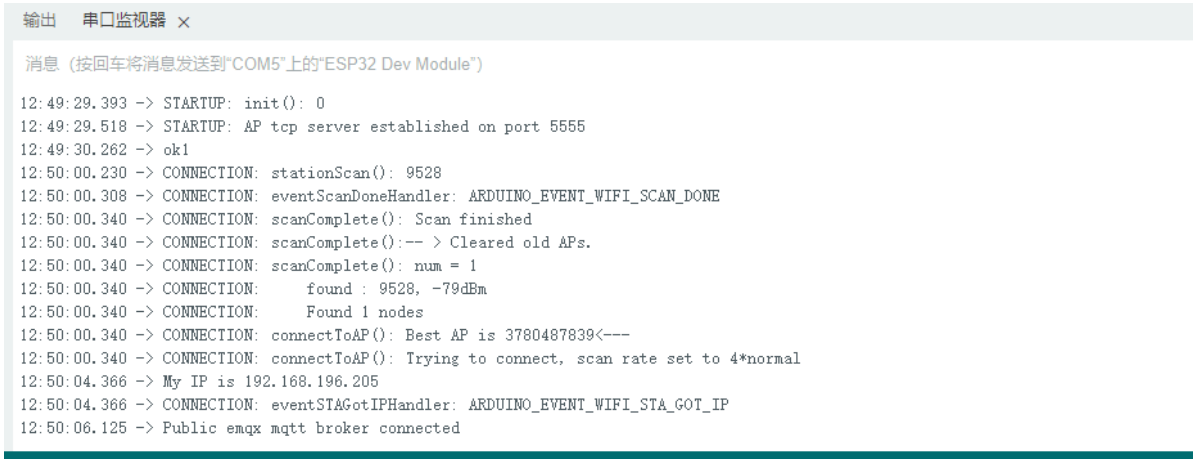


Рис. 2. Статус сетевого подключения

После успешного подключения сообщение «Hi EMQ X I'm ESP32», отправленное точкой моста, поступает на облачную платформу Baffa [8] (рис. 3).

При подаче команды «led1on» на облачной платформе Baffa включается индикатор устройства 1; при подаче команды «led1off» индикатор устройства 1 гаснет (рис. 4). Информацию о полученных сообщениях протокола MQTT можно просмотреть в средстве просмотра последовательного порта (рис. 5).

Управление статусом светодиодов осуществляется с помощью передачи команд на облачную платформу Baffa с любого узла сети ESP-MESH – система реализует интеллектуальное управление освещением.

led1off	2024-04-03 21:39:39
led1on	2024-04-03 21:38:40
led1on	2024-04-03 21:38:37
Hi EMQ X I'm ESP32 ^^	2024-04-03 21:33:27

Рис. 3. Сообщения, полученные и отправленные облачной платформой

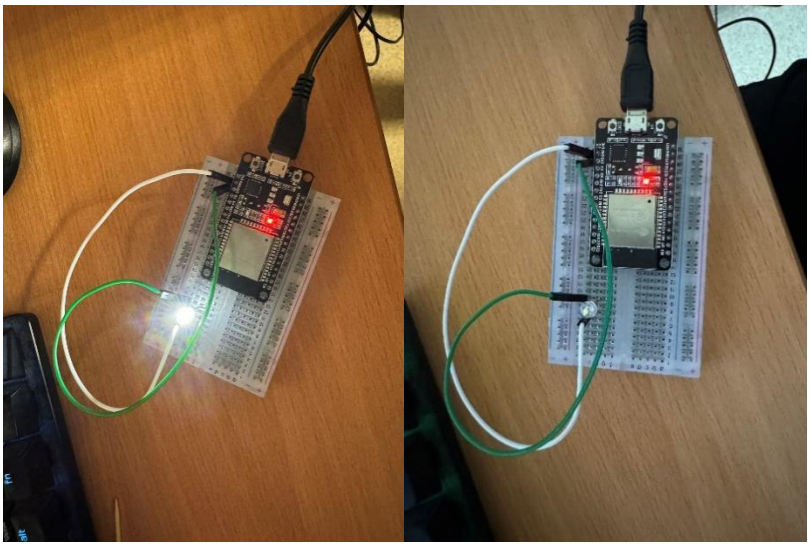


Рис. 4. Результаты тестирования в экспериментальной среде

```
21:37:47.705 -> CONNECTION: Time out reached
21:37:47.705 -> CONNECTION: eraseClosedConnections():
21:38:37.598 ->  Received  msg=led1on
21:38:37.598 ->  Received  rargetStr=topic111
21:38:37.598 -> LED1on!
```

Рис. 5. Информация о команде, полученная средством просмотра последовательного порта

Заключение

В этой статье изучается и разрабатывается интеллектуальная система управления освещением на базе ESP32. В целях экономии затрат и снижения энергопотребления в качестве основного ядра системы был выбран контроллер ESP32. Облачная платформа Baffa была выбрана для записи и хранения информации и данных об устройствах, при этом можно подавать команды и просматривать динамическую информацию в режиме реального времени.

Но есть еще недостатки в программе, такие как некоторая задержка в системе. В будущем планируется модернизация программы и добавления новых функциональных возможностей.

Список использованных источников

1. 金纯用. 基于 iOS 的智能家居系统设计与实现[D]. 桂林: 广西师范大学. – 2022.

2. Li S., Li D.X., Zhao S. The internet of things: a survey // Information Systems Frontiers. – 2015. – Vol. 17(2).

3. Ai-Mutawa R F, Albouraey F E. A smart home system based on internet of things // International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA). – 2020. – Vol. 11(2).

4. Wang Y.J, Liao Z.P, Shen Y.L. Research on the development of smart home based on multi-perspectives // Journal of Physics: Conference Series. – 2020. – Vol. 1486(3).

5. 成澜. 基于 Baffa 物联网云平台与 MQTT 协议的智能家居模型通用控制小程序设计[J]. 电脑与电信. – 2022. – No.306(07). – C. 10–13.

6. Bathaee S., Fereidunian A., Hagha, et al. Design and implementation of a novel home plug-based solution for low cost and high-performance smart home networking // Journal of Electronic Science and Technology. – 2014. – Vol. 12(1) – P. 33-38.

7. ESP-MESH // URL: https://docs.espressif.com/projects/esp-idf/en/v3.3.3/api-guides/mesh.html (дата обращения: 04.04.2024).

8. Облачная платформа Baffa IoT // URL: https://cloud.bemfa.com/tcp/topic.html?did=topic111&v=1 (дата обращения: 04.04.2024).

ПОСТРОЕНИЕ ПРЕДСКАЗАТЕЛЬНОЙ МОДЕЛИ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО СТЕНДА НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Тоневицкая А.К.[1], Беляев А.С.[2]
[1] Томский политехнический университет, Инженерная школа информационных технологий и робототехники 8Т12, e-mail: akt13@tpu.ru
[2] Томский политехнический университет, Инженерная школа информационных технологий и робототехники, к.т.н., e-mail: asb22@tpu.ru

Аннотация

В статье рассмотрен процесс создания модели для объекта с параметрическими неопределенностями с использованием методов машинного обучения, а также разработка системы управления на основе полученной модели. Работа фокусируется на анализе применения современных методик моделирования и управления с целью улучшения эффективности и точности в управлении системами с параметрическими неопределенностями.

Ключевые слова: системы управления, нейронные сети, машинное обучение, прогнозирование состояний объекта

Введение

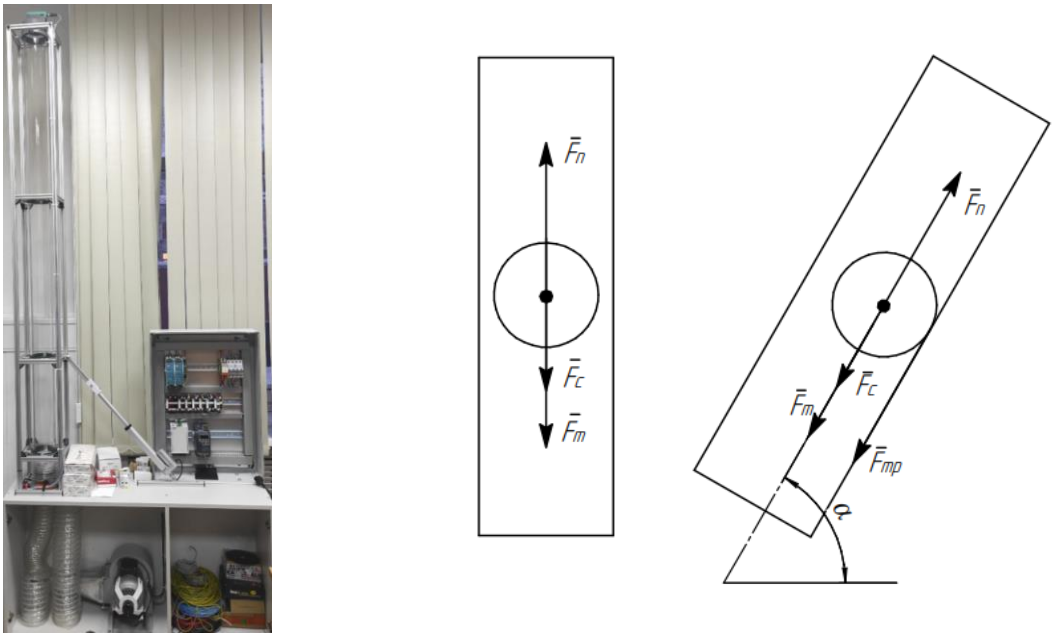
Современное производство постепенно начинает переходить от автоматизации отдельных установок к комплексной автоматизации предприятий [1]. В этом контексте задачи управления усложняются. В большинстве случаев управление уже не может базироваться только на единичной обратной связи, как при автоматизации отдельных устройств, в следствии чего используются многоконтурные системы управления, в том числе подчиненного, согласованного или других типов регулирования [2, 3]. Однако, в виду того, что каждый контур управления зависит от вложенных в него контуров, настройка таких систем сложна. Поэтому для настройки такой системы управления на производстве чаще всего используют предварительно построенные математические модели объектов. Альтернативой многоконтурным регуляторам, базирующихся, например на ПИД-регуляторе, являются современные методы управления, основанные на оптимальных и адаптивных методах управления [4]. Среди них можно отметить линейно-квадратичный регулятор (LQR) и MPC регулятор [5, 6]. Достоинства данных методов заключаются в том, что настройка таких регуляторов осуществляется на основе функций систем, зависящих от всех изменяемых параметров внутри системы, в то время как в классическом подчиненном регулировании корректировка этих параметров производится в виде отдельных контуров. В результате в современных методах управления имеется возможность не только согласованной настройки между отдельными параметрами, но и учет корреляционных признаков при переходах из одного состояния системы в другое.

Все указанные методы, в том числе и методы классического многоконтурного управления основываются на применении математических моделей, описывающих сложные динамические процессы. Для описания этих процессов традиционно используются дифференциальные уравнения, базирующиеся на физических законах в той или иной научной области. При этом для составления математических моделей необходимо полное понимание всех задействованных в системе процессов. Альтернативой математическим моделям, построенных на дифференциальных уравнениях, являются модели, строящиеся на основе анализа данных: регрессионный анализ, базисное разложение, экспертные системы, и на основе элементов искусственного интеллекта: нечеткая логика, нейронные сети, генетические алгоритмы и другие. Данные методы по своей сути являются противоположными классическим методам, так как они базируются не на реальных физических законах, а выявляют исключительно математическую зависимость между входными и выходными величинами. При этом достоинство данных моделей заключается в том, что в процессе построения таких моделей происходит учет множества дополнительных факторов, поскольку используемые данные снимаются с реальных объектов и установок. В результате получаемая модель является подходящей для систем с различными неопределенностями, возмущающими воздействиями, которые сложно описать физическими законами и нелинейных систем [7]. Целью данной работы является исследование процесса построения модели объекта с параметрическими неопределенностями с применением алгоритмов машинного обучения и синтеза системы управления на основе полученных моделей.

В данной работе будет рассмотрен метод построения модели регрессии нейронных сетей на основе данных, взятых с модели аэродинамического стенда, имеющей параметрические неопределенности.

Описание стенда и построение структурной схемы

Для построения модели рассмотрим устройство стенда и физические законы, по которым происходит движение шарика в аэротрубе. Стенд состоит из аэродинамической трубы с изменяемым углом наклона, асинхронного двигателя, создающего воздушный поток, направление которого совпадает с направлением трубы. В качестве объекта управления выступает шарик (рис. 1).



А Б

Рис. 1. А) внешний вид стенда; Б) схема стенда с учетом действующих на тело сил

Для моделирования системы необходимо рассмотреть изменение положения объекта в трубе под действием воздушного потока.

Согласно второму закону Ньютона:

$m\vec{a} = \vec{F_n} + \vec{F_c} + \vec{F_m} + \vec{F_{mp}}$, где $\vec{F_n}$ – подъемная сила, $\vec{F_c}$ – сила сопротивления воздуха, $\vec{F_m}$ – сила тяжести, действующая на объект, $\vec{F_{mp}}$ – сила трения скольжения, которая появляется при наклоне аэротрубы.

$\vec{F_c} = -\zeta(v - \chi \cdot \omega_в)^2$, где ζ – аэродинамический коэффициент, v – скорость объекта в трубе относительно трубы, $\omega_в$ – скорость потока воздуха, χ – коэффициент пропорциональности между скоростью вращения турбины и движением воздушного потока.

$\vec{F_n} = \omega \cdot k_в$, где ω – скорость вращения турбины, $k_в$ – коэффициент подъемной силы.

$\vec{F_m} = -mg \cdot \sin\alpha$, где α – угол наклона трубы.

$\vec{F_{mp}} = -\mu \cdot mg \cdot \cos\alpha$, где μ – коэффициент трения скольжения резина-стекло.

Так же отметим, что ускорение является второй производной координаты по времени: $\vec{a} = \ddot{h}$, а скорость объекта в трубе относительно трубы – производная координаты по времени: $v = \dot{h}$

Подставив все переменные получим следующее дифференциальное уравнение, описывающее систему:

$$m\ddot{h} = \omega \cdot k_в - \zeta(\dot{h} - \chi \cdot \omega_в)^2 - mg \cdot \sin\alpha - \mu \cdot mg \cdot \cos\alpha$$

В качестве двигателя используем функцию $W = \dfrac{0,03}{s + 20,02}$. Коэффициенты $\chi = 4$, $\zeta = 0,02$,

$k_в$ = 100. Коэффициенты для функции были взяты из научно-исследовательской работы [8], угол $\alpha = \frac{\pi}{4}$, μ = 0,5.

Система в качестве входного воздействия получает желаемое значение положения шарика в трубе, что достигается использованием контура управления на базе ПИД-регулятора, который регулирует положение шарика. Для подбора коэффициентов ПИД-регулятора. Настройка коэффициентов регулятора осуществлялась с использованием встроенных средств PID Tuner.

На рис. 2 изображена схема, построенная на основе дифференциальных уравнений в MATLAB Simulink.

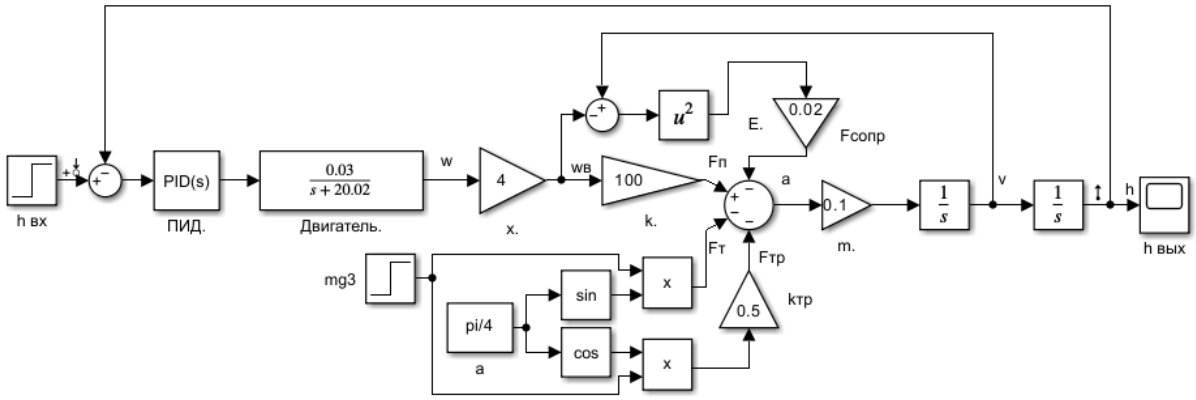


Рис. 2. Схема системы в MATLAB Simulink

Процесс работы системы стабилизации положения объекта в трубе с помощью ПИД-регулятора приведен на рисунке 3.

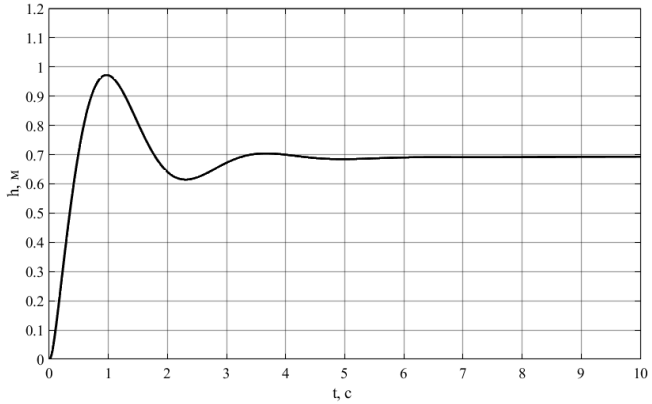


Рис. 3. Переходный процесс установления желаемого положения шарика

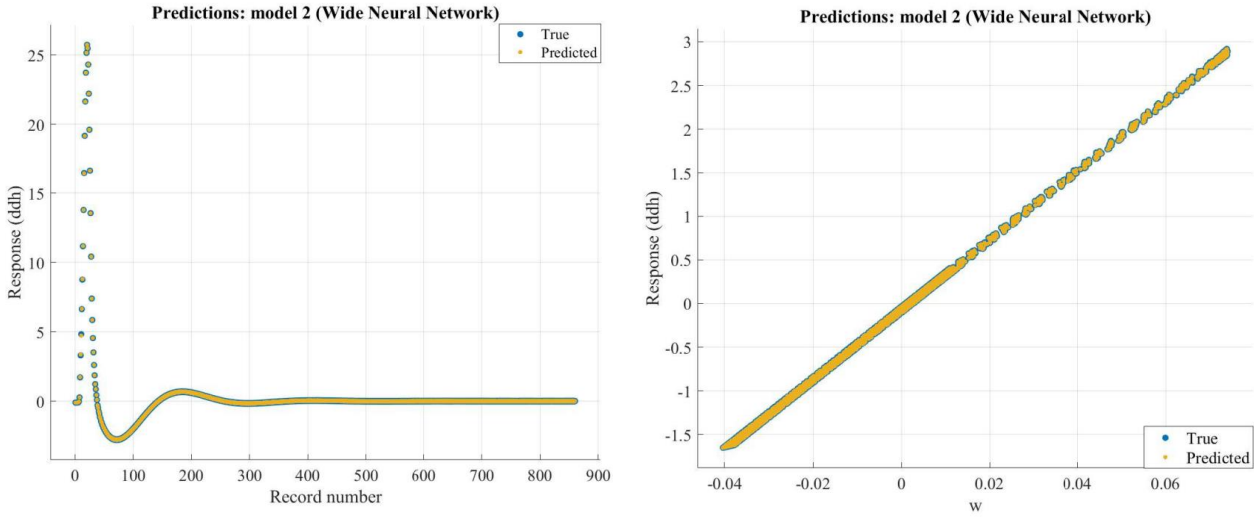
Для построения модели прогнозирования изменения положения шарика были собраны данные с системы с ПИД-регулятором с помощью блока to workspace. Исследовалось изменение положения шарика при различных значениях угла наклона аэродинамической трубы α. Были построены модели прогнозирования для двух случаев:

1. Угол α неизменен и равен $\frac{\pi}{4}$.
2. Угол α варьируется от $\frac{\pi}{4}$ до $\frac{3\pi}{4}$ с шагом $\frac{\pi}{36}$.

На вход системы подавали значения угла наклона α, скорость вращения турбины двигателя $\omega_в$, в текущий и предыдущий момент времени, на выходе системы отслеживались значения ускорения шарика $\ddot{h}$.

Обучение моделей

Для построения модели, которая позволит предсказывать ускорения шарика при переменных параметрах, воспользуемся приложением машинного обучения Regression Learner. Выбрав описанные выше величины в качестве входных величин (Predictors), от которых зависит значение выходной величины (Response), построим модель по методу кросс-валидации [9]. Исходя из значений среднеквадратических отклонений была выбрана наиболее точная модель – модель регрессии широкой нейронной сети (Wide Neural Network). Wide Neural Network представляет собой полностью связанную нейронную сеть прямого распространения с большим количеством нейронов в скрытых слоях. Это позволяет сети захватывать более сложные отношения в данных. Значения среднеквадратических ошибок для полученных моделей были равны 0,004808 и 0,00107 для постоянного и изменяемого угла наклона трубы соответственно. На рисунке 4 изображены графики полученных моделей, желтыми точками обозначены предсказанные моделью данные, а синими – данные, снятые с системы.



А Б

Рис. 4. Значения ускорения шарика от времени при постоянном α (А) и скорости вращения турбины w, при изменяющемся α (Б)

При запуске модели, шарик обретает значительное ускорение, которое в дальнейшем уменьшается и с приближением шарика к заданному уровню, становится практически нулевым. Так же можно наблюдать линейную зависимость ускорения шарика от скорости вращения двигателя.

Следующим шагом станет проверка адекватности полученной модели в контуре системы управления. Для этого воспользуемся блоком Regression Neural Network Predict, на выходе этого блока получим ускорение шарика, проинтегрировав которое, можем получить значение положения шарика в трубе. Эти значения, подадим в обратную связь, обеспечив тем самым управление по отклонению. Схема управления системой по обученной модели регрессии показана на рисунке 5.

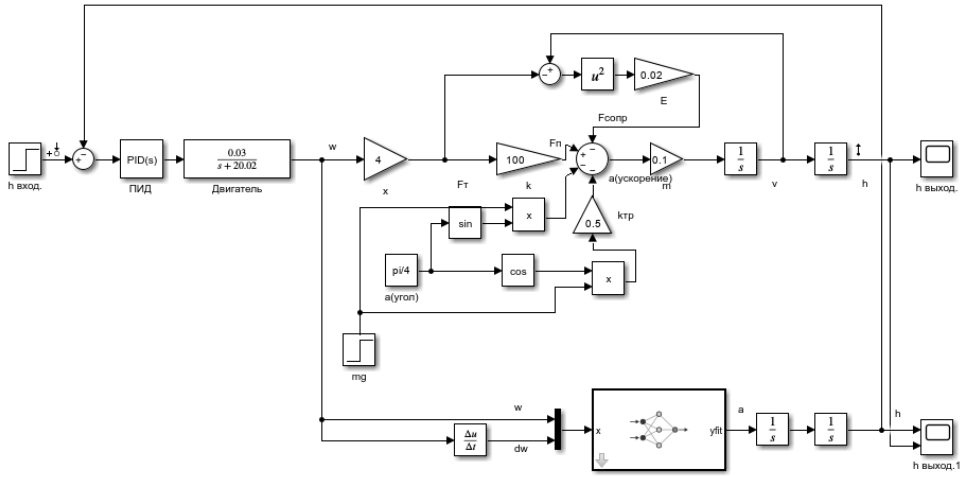


Рис. 5. Система управления с помощью регрессионной модели

На рисунке 6 изображена зависимость положения шарика от времени при регулировании с помощью модели регрессии нейронных сетей для случая с изменяемым углом наклона.

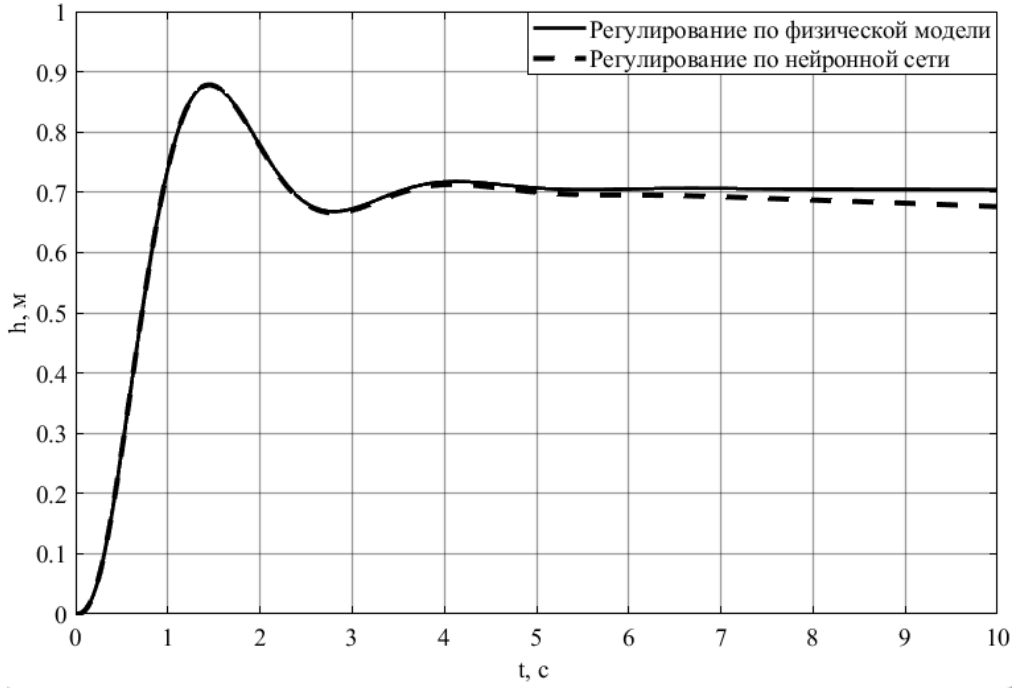


Рис. 6. Система управления с помощью регрессионной модели

С увеличением времени, наблюдается увеличение статической ошибки, это происходит из-за включения в регулирование системы интеграторов, которые накапливают в себе небольшие отклонения в статическом режиме работы. Так же можно отметить достаточно точное регулирование системы в динамическом режиме, при использовании модели регрессии нейронных сетей, что подтверждает столь малые значения среднеквадратических отклонений ошибок и адекватность полученных моделей.

Заключение

В работе была построена математическая модель аэродинамического стенда на основе дифференциальных уравнений и на ее базе составлена модель в среде Matlab Simulink. Синтезирована система управления желаемым значением положения шарика в аэротрубе при помощи ПИД-регулятора с обратной связью. На основе данных, полученных с модели, с помощью методов

машинного обучения были построены регрессионые модели на базе нейронных сетей. Осуществлено управление системой при включении в обратную связь выходных данных с нейросетевой модели. Внедрение полученной модели показало хорошее качество регулирования системой на динамическом участке процесса, однако при в статическом режиме работы, при необходимом небольшом изменении положения шарика появляется статическая ошибка, которая обусловлена необходимостью интегрирования выходной величины с модели для введения в обратную связь нужного параметра – положения шарика. Решением данной проблемы может послужить добавление фильтра на выходе нейросетевой модели, что позволит сгладить малые колебания выходного параметра.

Список использованных источников

1. Mohsen S., Behrooz A., Roza D. Internet of things for smart factories in industry 4.0, a review // Internet of Things and Cyber-Physical Systems. – 2023.
2. Плешивцева Ю.Э., Афиногентов А.А. Альтернансный метод структурно-параметрического синтеза каскадных систем автоматического управления // Статья в журнале Автометрия. – 2015. – С. 17–26.
3. Солонников Ю.Я., Иванов В.Э. Реализация адаптивного нечеткого пид-регулятора для системы управления подчиненного регулирования двухконтурного электропривода постоянного тока // Информационные технологии XXI века сборник научных трудов. Хабаровск, 2017. – С. 100–110.
4. Zheltukhina J.A., Kuskashov P.N. Application of fuzzy logic and artificial nerual networks in pid controllers // статья в журнале: Молодежь. общество. современная наука, техника и инновации - материалы конференции. – 2022. – № 21. – С. 81–82.
5. Schwenzer, M., Ay, M., Bergs, T. Review on model predictive control: an engineering perspective // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. – 2021. – Pg. 1327-1349.
6. Бушко Д.А., Пашин С.С. Синтез МРС регулятора с использованием линейной модели судна // Вестник морского государственного университета. – 2015. – № 68. – С. 6-10.
7. Косырев Е.А., Лутаев Д.О., Солодов А.Г. Введение в машинное обучение и искусственный интеллект // Актуальные вопросы развития естественных и технических наук. Материалы XXX Всероссийской научно-практической конференции. Ставрополь. – 2023. – С 37-40.
8. Усенко К.Ю., Тырышкин А.В. Отчет по научно-исследовательской работе студента ОАР ИШИТР ТПУ
9. Kucheryavskiy S., Rodionova O., Pomerantsev A. Procrustes cross-validation of multivariate regression models // Analytica Chimica Acta. – 22 March 2023.

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ПРОЕКЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ РЕШЕНИЯ МНК-ЗАДАЧИ ДЛЯ ОРТОГОНАЛЬНО-БАЗИСНОЙ РЕГРЕССИОННОЙ МОДЕЛИ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ

Глазырин А.С.[2,4], Боловин Е. В.[2,3], Ковалев В. З.[2,4], Филипас А.А. [2], Шокодько Ф.А.[1], Архипова О. В.[4], Беляускене Е.А. [2], Кулеш Ю.О.[2]

[1] Томский политехнический университет, ИШИТР, студент гр. 8Т02, e-mail: fas6@tpu.ru

[2] Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30

[3] ООО ИНТ АО «ЭлеСи», Россия, 634021, г. Томск, ул. Алтайская, 161А

[4] Югорский государственный университет, Россия, 628012, г. Ханты-Мансийск, ул. Чехова, 16.

Аннотация

В статье решена задача идентификации параметров регрессионной ортогонально-базисной модели системы электропотребления. Особое внимание уделяется визуализации и подбору индикаторов для мониторинга всех этапов процесса решения МНК задачи.

Ключевые слова: метод наименьших квадратов, метод Качмажа, визуализация проекционных процессов, ортогонально-базисная регрессионная модель, индикаторы для мониторинга.

Цель. Разработка и применение индикаторов, позволяющих произвести мониторинг итерационного процесса решения МНК-задачи.

Введение

Моделирование системы энергопотребления является одним из основных инженерных расчетов, при этом особое внимание уделяется задачам идентификации и прогнозирования с учетом характерных особенностей объекта. Однако, существует недостаточная разработанность общей методологии, учитывающей: а) тип энергосистемы; б) отраслевые особенности системы; в) вычислительные и статистические особенности прогнозируемых временных рядов; г) цели разработки модели [1]. В связи с этим возникает необходимость выявления некоторых индикаторов, позволяющих произвести мониторинг процесса построения регрессионной модели.

Построение ортогонально-базисной регрессионной модели

Для исследования использованы экспериментальные данные эксплуатации гибридной электростанции д. Никулкина Ханты-мансийского автономного округа [1, 2]. Из массива B_i данных измерений потребления активной мощности за 6 суток с шагом дискретизации Δt = 1 мин. (рис. 1) взят произвольный участок длины N = 10. В качестве объясняющей модели выбран тригонометрический многочлен первой степени $F(t,a,b) = a\sin(\omega t) + b\cos(\omega t)$. Для исключения постоянной составляющей проведено предварительное центрирование данных. Для эффективного учета априорной информации [3] частота ω подбирается таким образом, чтобы период был в 4 раза больше, чем окно просмотра (рис. 2).

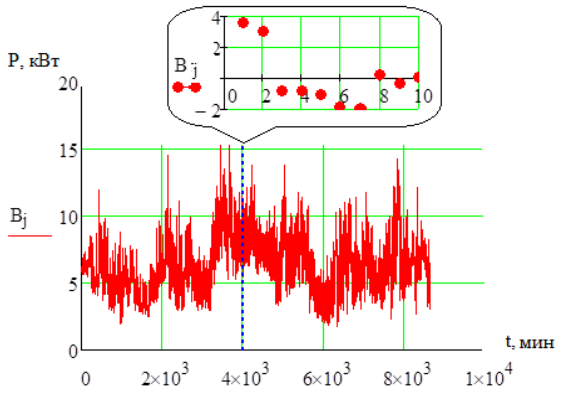


Рис. 1. Исходный массив данных

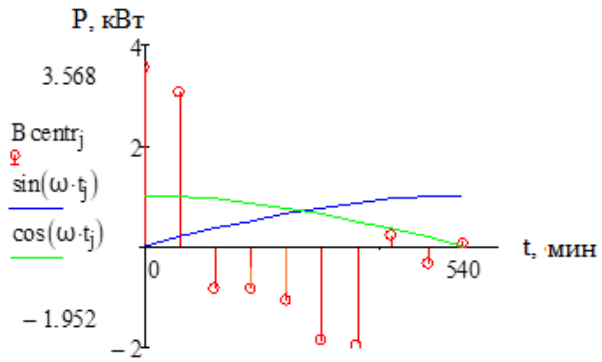


Рис. 2. Окно просмотра

На следующем этапе визуализации процесса создания регрессионной модели построены график целевой функции $S(a,b)=\sqrt{\left(F(t_i,a,b)-B_i\right)^2}$ и линии уровня поверхности (рис. 3-4).

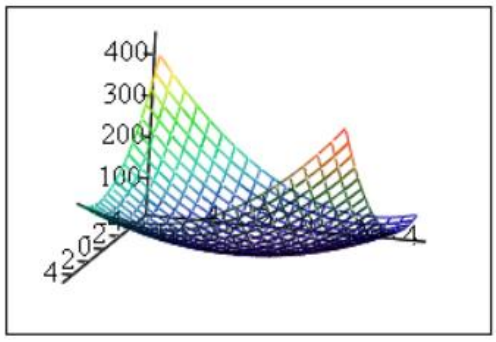


Рис. 3. График целевой функции S(a,b)

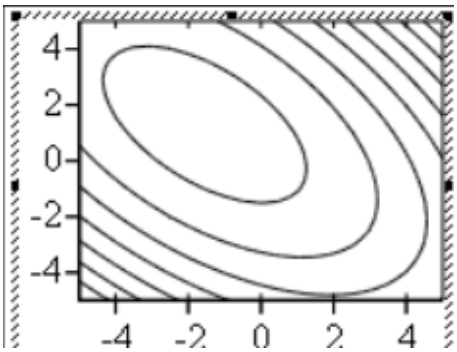


Рис. 4. Линии уровня поверхности-графика целевой функции S(a,b)

Подбор параметров объясняющей модели реализован двумя способами: методом обратной матрицы и итерационным методом Качмажа. Система уравнений в форме баланса $F(t_i,a,b)=B_i$ является системой из 10 линейных уравнений с 2 неизвестными. После приведения системы к каноническому виду получим систему из двух уравнений с двумя неизвестными $\mathbf{AX}=\mathbf{B}$, где $\mathbf{A}=\begin{pmatrix}5 & 2{,}836\\ 2{,}836 & 5\end{pmatrix}$, $\mathbf{B}=\begin{pmatrix}-4{,}065\\ 2{,}097\end{pmatrix}$, $\mathbf{X}=\begin{pmatrix}a\\ b\end{pmatrix}$. Решение системы методом обратной матрицы $\mathbf{X}_{A^{-1}}=\begin{pmatrix}-1{,}549\\ 1{,}298\end{pmatrix}$, решение по методу Качмажа $\mathbf{X}^{\langle 58\rangle}=\begin{pmatrix}-1{,}549\\ 1{,}298\end{pmatrix}$ получено на шаге $i=58$ (рис. 5).

При решении МНК-задачи (рис. 6) свойства устойчивости статистических характеристик шумов при малом числе наблюдений не проявляется в полной мере, поэтому методы идентификации, основанные на использовании априорных вероятностных распределений помех, оказываются теоретически необоснованными и, как следствие, неработоспособными [6].

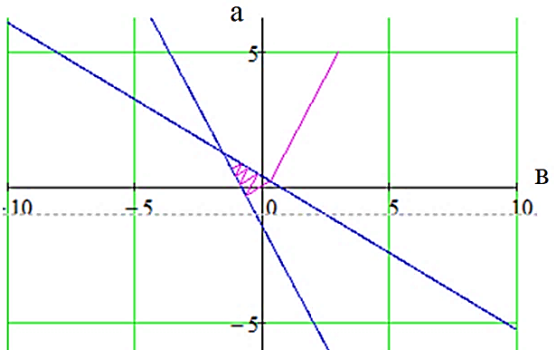


Рис.5. Итерационный процесс

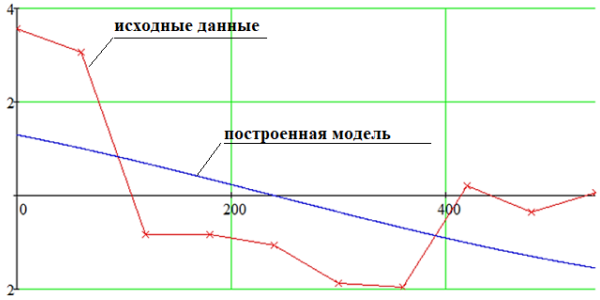


Рис.6. Исходные данные и построенная объясняющая регрессионная модель

Следовательно, появляется объективная необходимость, в разработке и апробировании индикаторов для мониторинга итерационного МНК процесса. В данной работе рассмотрены следующие индикаторы:

1) Перспективным индикатором является угол между гиперплоскостями, в данном случае угол между прямыми $l_1: A_1x+B_1y+C_1=0$ и $l_2: A_2x+B_2y+C_2=0$, соответствующими уравнениям системы $\mathbf{AX}=\mathbf{B}$. По значению косинуса $\cos\alpha=\dfrac{A_1\cdot A_2+B_1\cdot B_2}{\sqrt{\left(A_1\right)^2+\left(B_1\right)^2}\sqrt{\left(A_2\right)^2+\left(B_2\right)^2}}$ получаем значение угла $\alpha=30{,}88^{\circ}$.

Для «замороженного» случая (когда рассмотрен один эквивалентный участок стационарности в нестационарной динамической системе) угол является константой. В любом нестационарном случае этот угол будет меняться.

2) Вторым индикатором служат собственные числа матрицы системы $\lambda_1 = 2{,}164$, $\lambda_2 = 7{,}836$.

3) Третья группа связана с вычислением норм матрицы системы: $\|\mathbf{A}\|_1 = \max_j \sum_i |a_{ij}| = 7{,}836$;

$\|\mathbf{A}\|_2 = \max_i \{\lambda_i\} = 7{,}836$, $\|\mathbf{A}\|_\infty = \max_i \sum_j |a_{ij}| = 7{,}836$, $\|\mathbf{A}\|_{\mathrm{E}} = \sqrt{\sum_{i,j} |a_{ij}|^2} = 8{,}129$.

4) Также можно использовать определитель матрицы $|\mathbf{A}| = 16{,}959$ или сумму диагональных элементов (след матрицы) $tr(\mathbf{A}) = 10$.

Заключение

Решение задачи построения регрессионной ортогонально-базисной модели с двумя параметрами позволяет осуществлять визуализацию всех этапов, что может быть использовано в разработке прогнозных моделей на основе зашумлённых измерений в дискретном времени. В статье, методами МНК и Качмажа, проведено исследование получения параметров регрессионной ортогонально-базисной модели на примере замкнутой системы энергопотребления. Визуализация решения реализована с использованием ортогонально-базисной регрессионной модели. Полученные результаты можно использовать для решения задач в нестандартных технических системах.

Список использованных источников

1. О рациональной размерности базиса регрессионной модели для задачи адаптивного краткосрочного прогнозирования состояния дискретной нестационарной динамической системы/ А.С. Глазырин, Е.В. Боловин, О.В. Архипова, В.З. Ковалев, Р.Н. Хамитов, С.Н. Кладиев, А.А. Филипас, В.В. Тимошкин, В.А. Копырин, Е.А. Беляускене// Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2023. – Т. 334. – No. 11. – С.257-272. – DOI: 10.18799/24131830/2023/11/4482.

2. Адаптивное краткосрочное прогнозирование потребления электроэнергии автономными энергосистемами малых северных поселений на основе методов ретроспективного регрессионного анализа / А.С. Глазырин, Е. В. Боловин, О. В. Архипова [и др.] // Известия Томского политехнического университета [Известия ТПУ]. Инжиниринг георесурсов / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). – 2023. – Т. 334, № 4. – [С. 231-248]. – Заглавие с титульного листа. – [Библиогр.: с. 242-244 (72 назв.)]. – ISSN 2413 – 1830.

3. Сергеев, Виктор Леонидович. Непараметрический метод учета априорной информации при идентификации стохастических систем [Электронный ресурс]: дис. докт. техн. наук: 05.13.01 – Томск: РГБ. – 2000. – (Из фондов Российской Государственной Библиотеки).

4. Конев В.В. Линейная алгебра: Учеб. пособие – Томский политехнический университет (ТПУ), 2008. – С. 65.

5. Крылов А.Н. О численном решении уравнения, которым в технических вопросах определяются частоты малых колебаний материальных систем. Известия Академии наук СССР. VII серия. Отделение математических и естественных наук. – 1931. – № 4. – С. 491-539.

6. Фурсов, Владимир Алексеевич. Идентификация моделей систем формирования изображений по малому числу наблюдений [Электронный ресурс]: дис. докт. техн. наук: 15.13.16. – Самара, 1999. – (Из фондов Российской Государственной Библиотеки).

АНАЛИЗ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЛЯ МЕТОДОВ ПОСТРОЕНИЯ ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ АПЕРИОДИЧЕСКИХ ЗВЕНЬЕВ КОМПОНЕНТОВ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

Глазырин А.С.[1], Попов Е.И.[2], Копырин В.А. [3], Кладиев С.Н. [4]
[1] ТПУ, профессор, e-mail: asglazyrin@tpu.ru;
[2] Тюменский индустриальный университет, ассистент, e-mail: popovei72@mail.ru;
[3] Тюменский индустриальный университет, доцент, e-mail: kopyrinva@gmail.com;
[4] ТПУ, доцент, e-mail: kladiev@tpu.ru

Аннотация

Выполнен сравнительный анализ амплитудно- и фазо-частотных характеристик цифровых моделей апериодического звена, полученных различными методами *Z*-преобразования. Произведена оценка интегральной погрешности построенных характеристик каждого из методов. Установлены границы применимости методов в частотной области и даны рекомендации по применению методов в инженерной практике.

Ключевые слова: цифровая модель апериодического звена, *Z*-преобразование, частотные характеристики, метод Тастина.

Введение

Вопросы разработки цифровых двойников объектов электротехнических комплексов неразрывно связаны с проблемами построения их цифровых моделей [1, 2]. Под цифровой моделью, как правило, понимается дискретная математическая модель динамической системы, полученная применением к системе дифференциальных уравнений прямого преобразования Лапласа с последующим *Z*-преобразованием, то есть заменой оператора Лапласа p на некоторое выражение от переменной z [3]. Такой подход, известный как метод аналоговых прототипов, всегда влечет за собой некоторую потерю точностных свойств модели динамического объекта [4].

Кроме снижения точности во временной области, переход к дискретным моделям ведет к искажениям информации о поведении объекта в частотной области. Актуальность данной проблемы обусловлена возникновением эффекта элайсинга в цифровых фильтрах, заключающаяся в наложении периодических спектров дискретного сигнала [5]. Элайсинг возникает при несоблюдении требований, сформулированных в известной теореме Котельникова-Шеннона-Найквиста, то есть если частота дискретизации меньше удвоенной наибольшей частоты непрерывного сигнала, что означает невозможность однозначно восстановить исходный сигнал аналогового прототипа по его дискретным измерениям. Амплитудно-частотные характеристики цифровых фильтров также являются периодическими функциями, причем период повторения АЧХ зависит от периода дискретизации сигнала Δt [3], следовательно, возникает вопрос о границах применимости различных методов перехода в *Z*-область при построении цифровых моделей.

Объект исследования

Рассмотрим дифференциальное уравнение простейшей *RL*-цепи и представим его с помощью прямого преобразования Лапласа при нулевых начальных условиях в виде апериодического звена $W(p)$ с входным сигналом напряжения $u(t)$ и выходным сигналом тока $i(t)$:

$$\begin{aligned} u(t) &= L\frac{d}{dt}i(t) + R\cdot i(t), \\ U(p) &= I(p)(pL+R), \\ W(p) &= \frac{I(p)}{U(p)} = \frac{1}{pL+R}, \end{aligned} \qquad (1)$$

где p – оператор Лапласа; L – индуктивность цепи, Гн; R – активное сопротивление цепи, Ом, $W(p)$ – передаточная функция апериодического звена.

В качестве объекта исследования рассмотрим якорную цепь двигателя постоянного тока независимого возбуждения (ДПТ НВ), математическая модель электромагнитных процессов в режиме неподвижного ротора которого описывается уравнением (1). Параметры якорной цепи ДПТ НВ 2ПФ180МГ R = 0,046 Ом, L = 0,68 мГн [6].

Проанализируем наиболее распространенные подходы к построению цифровых моделей методом аналоговых прототипов. Аппроксимация оператора Лапласа p методом левых прямоугольников, правых прямоугольников и методом Тастина соответственно [3]:

$$p=\frac{z-1}{\Delta t},\ p=\frac{z-1}{\Delta t\cdot z},\ p=\frac{2}{\Delta t}\frac{z-1}{z+1}.$$

Рассмотрим также вариацию метода Тастина при аппроксимации натурального логарифма двумя членами ряда Тейлора – так называемое «трилинейное» преобразование:

$$p=\frac{2}{\Delta t}\left[\frac{z-1}{z+1}+\frac{1}{3}\left(\frac{z-1}{z+1}\right)^3\right].$$

Исследование частотных характеристик цифровых моделей апериодического звена

Произведем сравнительный анализ амплитудно- и фазо-частотных характеристик цифровых моделей апериодических звеньев, полученных каждым из методов для двух вариантов периодов дискретизации: $\Delta t=\frac{1}{16}T_{\text{а}}$ и $\Delta t=\frac{1}{4}T_{\text{а}}$, где $T_{\text{а}}$ – постоянная времени апериодического звена, $T_{\text{а}}=\frac{L}{R}$. Окно просмотра принято равным $\left[\frac{1}{64}\frac{2\pi}{T_{\text{а}}};\ 64\frac{2\pi}{T_{\text{а}}}\right]$ (рис. 1-6).

Эталонные АЧХ, логарифмическая АЧХ (ЛАЧХ) и фазо-частотная характеристика (ФЧХ) апериодического звена построены по согласно следующим выражениям:

$$A(\omega)=\left|W(j\omega)\right|=\left|\frac{1}{j\omega L+R}\right|,\ \varphi(\omega)=\arg W(j\omega)=\arg\left(\frac{1}{j\omega L+R}\right).$$

Частотные характеристики цифровых моделей были получены заменой $z=e^{j\omega\Delta t}$. Выражения АЧХ цифровых моделей апериодического звена для методов левой и правой разностей, Тастина и «трилинейного» преобразования соответственно:

$$A(\omega)=\left|\left[\frac{L}{\Delta t}e^{j\omega\Delta t}+R-\frac{L}{\Delta t}\right]^{-1}\right|,\ A(\omega)=\left|e^{j\omega\Delta t}\left[\left(\frac{L}{\Delta t}+R\right)e^{j\omega\Delta t}-\frac{L}{\Delta t}\right]^{-1}\right|,$$

$$A(\omega)=\left|\left(e^{j\omega\Delta t}+1\right)\cdot\left[\left(2\frac{L}{\Delta t}+R\right)e^{j\omega\Delta t}+\left(R-2\frac{L}{\Delta t}\right)\right]^{-1}\right|,$$

$$A(\omega)=\left|3\left(e^{j\omega\Delta t}+1\right)^2\cdot\left[\left(8\frac{L}{\Delta t}+3R\left(e^{j\omega\Delta t}\right)^3+9R\left(e^{j\omega\Delta t}\right)^2+9R\cdot e^{j\omega\Delta t}+\left(3R-8\frac{L}{\Delta t}\right)\right)\right]^{-1}\right|$$

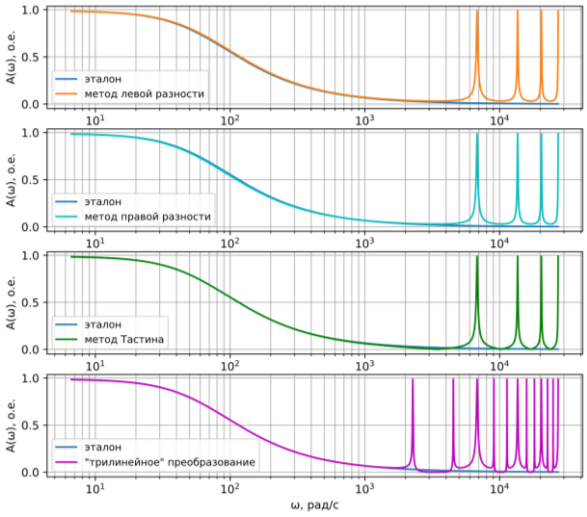


Рис. 1. АЧХ апериодического звена при $\Delta t=\frac{1}{16}T_{\text{а}}$

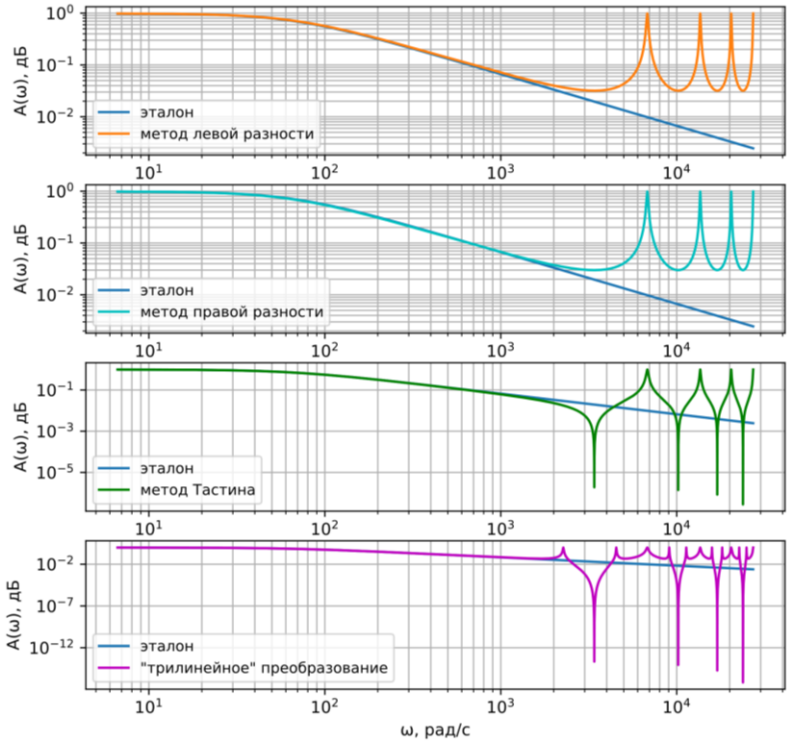


Рис. 2. ЛАЧХ апериодического звена при $\Delta t = \frac{1}{16} T_a$

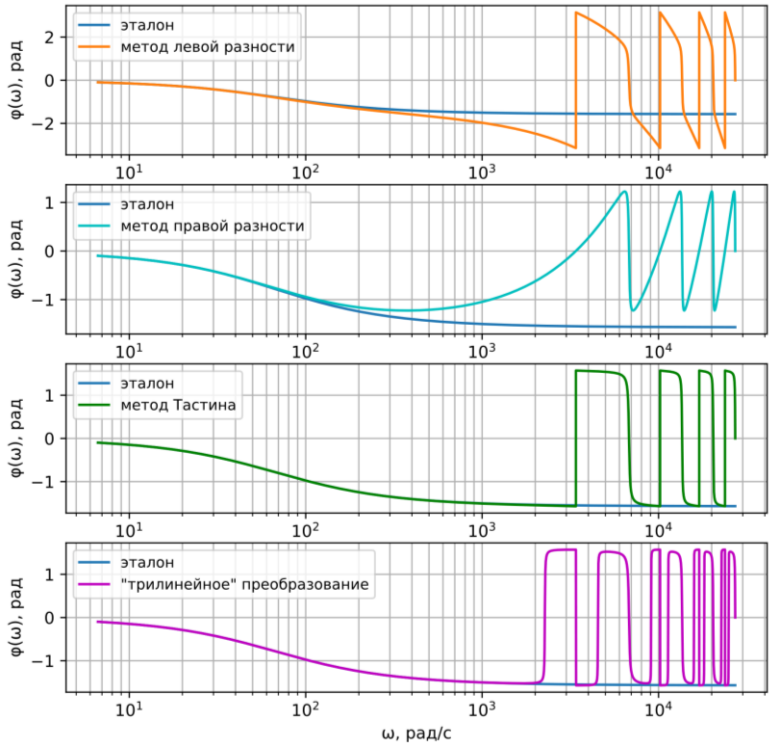


Рис. 3. ФЧХ апериодического звена при $\Delta t = \frac{1}{16} T_a$

Анализ АЧХ и ЛАЧХ на рис. 1-2 показывает, что для методов левой и правой разности характерны гладкие переходы между периодами полос пропускания апериодического звена, в то время как для метода Тастина и «трилинейного» преобразования границы между данными периодами строго определены. В первом случае гладкость переходов представляет собой явление элайсинга – наложения периодических спектров, во втором случае данного искажения сигнала в частотной области не наблюдается.

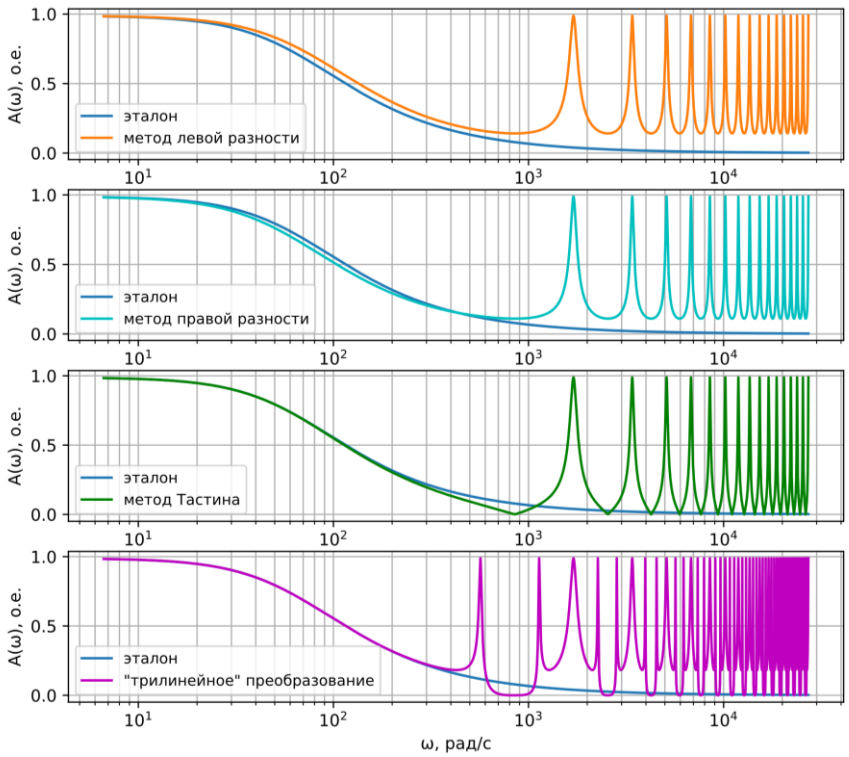


Рис. 4. АЧХ апериодического звена при $\Delta t = \frac{1}{4} T_a$

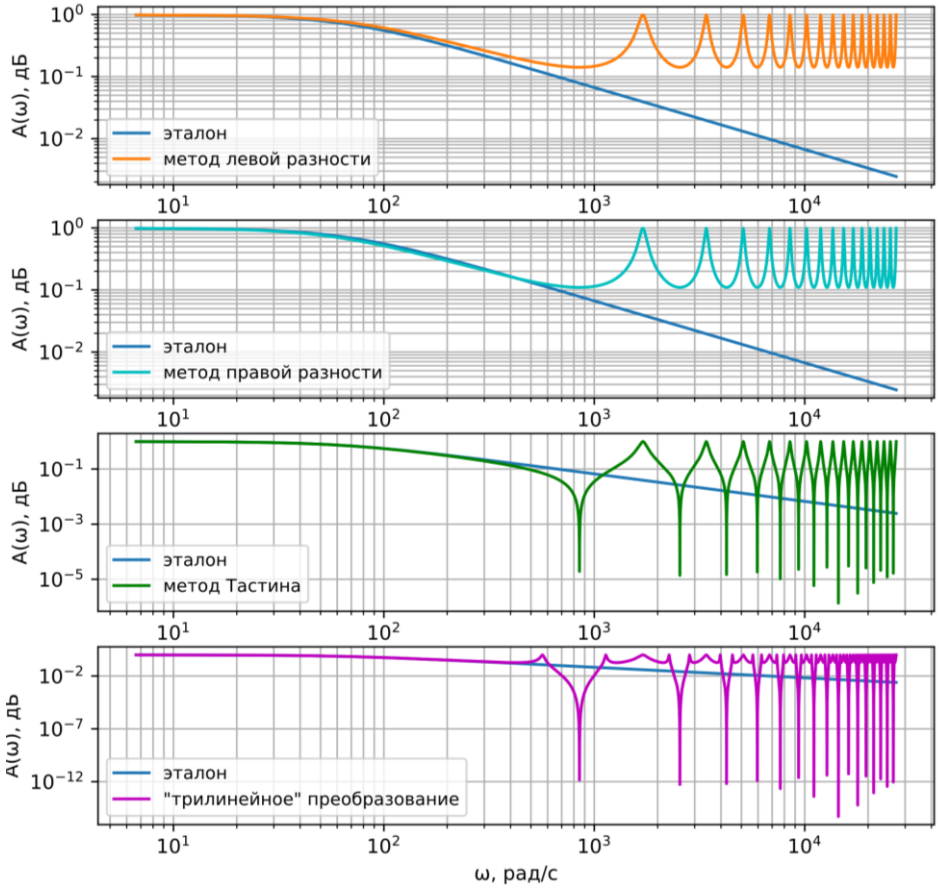


Рис. 5. ЛАЧХ апериодического звена при $\Delta t = \frac{1}{4} T_a$

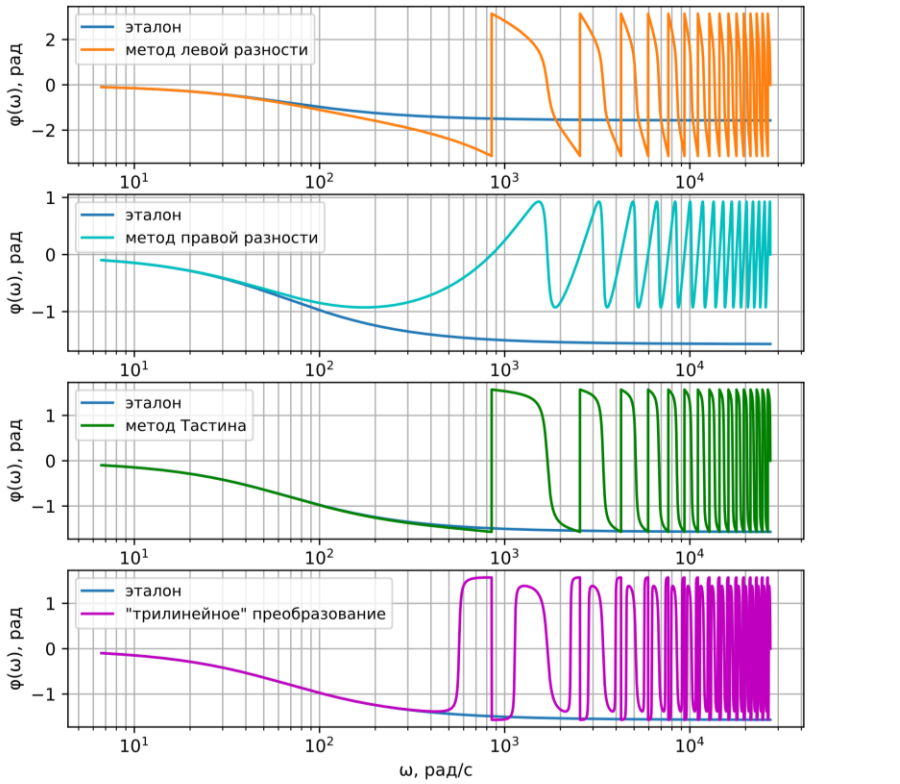


Рис. 6. ФЧХ апериодического звена при $\Delta t = \frac{1}{4} T_{\text{а}}$

Как следует из рис. 3-6, при уменьшении частоты дискретизации количество периодов АЧХ цифровых моделей растет, следовательно, снижается частотная область применения модели. Для ФЧХ моделей, полученных методами левой и правой разности в отличие от метода Тастина и «трилининейного» преобразования характерны отклонения от эталонной ФЧХ даже в области первого периода частот, тем самым модель искажает информацию о фазе реального непрерывного сигнала. Наибольший диапазон аппроксимации ФЧХ имеет метод Тастина.

Для оценки границ применимости рассмотренных методов построения цифровых моделей выполним расчет интегральной погрешности σ каждого из методов методом трапеций:

$$\sigma = \frac{\int\limits_{\omega_{\min}}^{\omega_{\max}} \left| A_{\text{эт}}(\omega) - A_{\text{дискр}}(\omega) \right| dt}{\int\limits_{\omega_{\min}}^{\omega_{\max}} \left(A_{\text{эт}}(\omega) \right) dt} \cdot 100\% \approx \sum_{i=1}^{n} \frac{\left(\omega_i - \omega_{i-1} \right) \left| \frac{\Delta A(\omega_i) - \Delta A(\omega_{i-1})}{2} \right|}{\left(\omega_i - \omega_{i-1} \right) \frac{A_{\text{эт}}(\omega_i) - A_{\text{эт}}(\omega_{i-1})}{2}} \cdot 100\%,$$

$$\Delta A(\omega_i) = \left(A_{\text{эт}}(\omega_i) - A_{\text{дискр}}(\omega_i) \right),$$

где n – порядковый номер наибольшей частоты окна просмотра; $i = 1, 2, \ldots, \text{n}$; $A_{\text{эт}}(\omega)$ – эталонная АЧХ апериодического звена; $A_{\text{дискр}}(\omega)$ – АЧХ цифровой модели апериодического звена, $\omega_{\max} = 64 \frac{2\pi}{T_{\text{а}}}$ – верхний предел расчета оценки интегральной погрешности, рад/с; $\omega_{\min} = \frac{1}{64} \frac{2\pi}{T_{\text{а}}}$ – нижний предел расчета оценки интегральной погрешности, рад/с.

Диапазон частот повторения АЧХ цифровых моделей зависит от периода дискретизации и равен $\omega_c = \frac{\pi}{\Delta t}$. Следовательно, оценку интегральной погрешности выполним для двух выбранных периодов дискретизации: $\Delta t_1 = \frac{1}{16} T_{\text{а}}$, $\Delta t_2 = \frac{1}{4} T_{\text{а}}$. Результаты расчета сведены в табл. 1.

Таблица 1

Интегральная погрешность АЧХ вариантов построения цифровой модели апериодического звена, %

Δt, с	Окно просмотра, рад/с	Метод левой разности	Метод правой разности	Метод Тастина	«Трилинейное» преобразование
$\frac{1}{16}T_a$	$[\omega_{min}; \omega_{max}]$	502,4	474,8	423,6	556,9
	$[\omega_{min}; 0{,}5\omega_{max}]$	235,8	221,3	202,2	274,3
	$[\omega_{min}; 0{,}25\omega_{max}]$	89,3	82,1	80,8	117,7
$\frac{1}{4}T_a$	$[\omega_{min}; \omega_{max}]$	1753,8	1452,1	1273,4	1632,3
	$[\omega_{min}; 0{,}5\omega_{max}]$	935,0	768,6	677,7	878,7
	$[\omega_{min}; 0{,}25\omega_{max}]$	485,5	393,6	351,9	464,9

Интегральная погрешность АЧХ цифровых моделей при уменьшении окна просмотра снижается. Наименьшую погрешность во всех диапазонах расчета демонстрирует метод Тастина, полученный путем разложения экспоненты в ряд Тейлора с учетом первого члена ряда. Увеличение количества членов ряда для получения метода «трилинейного» преобразования не только не позволяет увеличить точность аппроксимации АЧХ, но и приводит к дополнительным существенным искажениям сигнала в частотной области.

Заключение

Анализ частотных характеристик вариантов построения цифровых моделей показывает, что реальный диапазон применимости методов в пространстве частот ограничен точностью аппроксимации амплитудно-фазовой характеристики аналогового прототипа. Основным методом построения цифровых моделей для большинства инженерных задач может быть рекомендован метод Тастина, демонстрирующий большую точность аппроксимации частотных характеристик.

Тем не менее, вывод о высокой точности аппроксимации методов в низкочастотной области справедлив только при допущении о стационарности динамической системы. Появление признаков нестационарности, зашумленности в измерительных каналах будет приводить к расхождению в интегральном смысле между дискретными моделями и их аналоговыми прототипами.

При построении регуляторов с особыми требованиями (например, прогнозные системы управления, наличие адаптивных алгоритмов) авторы рекомендуют обратить внимание на аналитические модели [7]. Получение информации с реальной динамической системы в дискретном виде не означает, что модель динамической системы также обязательно должна быть дискретной. Аналитические модели являются более гибким средством исследования динамических систем, позволяющим применять математический аппарат, недоступный при использовании дискретных моделей.

Список использованных источников

1. ГОСТ Р 57700.37-2021. Компьютерные модели и моделирование. Цифровые двойники изделий. Общие положения: национальный стандарт Российской Федерации: издание официальное: дата введения 2022-01-01. – Москва: Стандартинформ, 2021. – 15 с.

2. Бутырин, П.А. Цифровизация и аналитика в электротехнике. Цифровые двойники трансформаторов / П.А. Бутырин, М.Е. Алпатов. – Текст: непосредственный // Электричество. – 2021. – № 10. – С. 4-10.

3. Белодедов, М.В. Методы проектирования цифровых фильтров: Учебное пособие / М.В. Белодедов. – Волгоград: Издательство Волгоградского государственного университета, 2005. – 64 с.

4. Глазырин, А.С. Исследование погрешности различных вариантов построения цифровых моделей апериодических звеньев компонентов электротехнических комплексов / А.С. Глазырин, Е.И. Попов, В.А. Копырин, С.Н. Кладиев. – Текст: непосредственный // Современные проблемы машиностроения: XVI Междун. науч.-техн. конф. 27 ноябр. – 01 дек. 2023 г. – Томск. – 2024. – С. 131-135.

5. Глинченко, А.С. Цифровая обработка сигналов: курс лекций / А.С. Глинченко. – Красноярск: ИПК СФУ. – 2008. – 242 с. – Текст: электронный.

6. Справочник по электрическим машинам: В 2 т. / Под общ. ред. И.П. Копылова и Б.К. Клокова. Москва: Энергоатомиздат. – 1988. – Т. 1. – 456 с. – Текст: непосредственный.

7. Глазырин, А.С. Аналитическая модель динамической системы «длинный кабель – погружной асинхронный двигатель с заторможенным ротором» в полярной системе координат / А.С. Глазырин, И.А. Набунский, С.С. Попов [и др.]. – Текст : непосредственный // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2023. – Т. 334. – № 12. – С. 220-233.

8. Драница, Ю.П. О связи непрерывной и дискретной моделей для линейных динамических систем / Ю.П. Драница, А.Ю. Драница, О.В. Алексеевская // Дифференциальные уравнения и процессы управления, – 2010. – № 3. – С. 20-57.

ПРИМЕНЕНИЕ НАБЛЮДАТЕЛЕЙ СОСТОЯНИЯ ДЛЯ РАСЧЕТА ДИСКРЕТНЫХ САУ

Тузина А.А.[1], Саблина Г.В.[2]
[1]Новосибирский государственный технический университет, кафедра Автоматики, гр.ААМ-22, e-mail: tz_ardn@mail.ru
[2]Новосибирский государственный технический университет, кафедра Автоматики, к.т.н., доцент, e-mail: sablina@corp.nstu.ru

Анотация

Данная работа посвящена изучению систем с наблюдателями состояния, синтезированными матричным и операторным способами. В данной работе моделирование систем проводится в программной среде *Matlab/Simulink*. Смоделированы системы с наблюдателями состоянии при ненулевых начальных условиях в объекте управления (ОУ). В конечном итоге, выполняются синтез и моделирование дискретной системы с регулятором и наблюдателем, рассчитанным матричной процедурой.

Ключевые слова: объект управления, наблюдатель состояния, матричная процедура, операторная процедура, корректор наблюдателя.

Введение

В процессе синтеза регуляторов и решении прочих задач управления требуется оценивать полный вектор состояния объекта в реальном времени, особенно при использовании матричных процедур синтеза регуляторов. Наблюдатели состояния играют ключевую роль в обеспечении этой оценки, предоставляя необходимые данные для улучшения производительности систем управления в широком спектре промышленных и технических приложений.

Наше исследование сосредоточено на роли наблюдателя состояния в процессе полной оценки вектора состояния при применении матричных и операторных процедур синтеза для регулятора. Мы исследовали возможности использования наблюдателей состояния в этом контексте и выявили их значимость для обеспечения эффективного функционирования систем управления. В результате исследования, мы можем понять, как наблюдатели состояния могут быть интегрированы в матричные процедуры синтеза регуляторов и обеспечить необходимую оценку состояния объекта управления для оптимальной работы системы управления.

Целью данной работы является расчет и исследование дискретных систем автоматического управления с использованием наблюдателей состояния.

Задачи, которые необходимо решить:

1. Рассчет и исследование системы с объектом третьего порядка и наблюдателем, синтезированным матричной процедурой. Моделирование поведения системы с наблюдателем при ненулевых начальных условиях в ОУ.
2. Рассчет и исследование системы с объектом третьего порядка и наблюдателем, синтезированным операторной процедурой. Моделирование поведения системы с наблюдателем при ненулевых начальных условиях в ОУ.
3. Анализ результатов работы систем с наблюдателями, рассчитанными разными способами.
4. Рассчет и исследование системы с неустойчивым объектом третьего порядка, регулятором и наблюдателем, рассчитанным матричной процедурой. Анализ поведения системы при ненулевых начальных условиях в объекте управления.

Матричная процедура синтеза наблюдателя

Метод модального синтеза использует корни характеристического уравнения, которое относятся к модальным характеристикам системы, таким образом, метод синтеза называется «модальный».

К этой процедуре предъявляются повышенные требования к точности [1] построения моделей ОУ, из-за того, что процедура предполагает обратные связи по переменным состояния.

Представим модель объекта в векторно-матричной форме:

$$\begin{cases} x(k+1) = Ax(k) + Bu(k) \\ u(k) = -Kx(k) \end{cases} \quad (1)$$

где $u(k)$ – управление в виде обратных связей по состоянию объекта; $K \in R^{mxn}$.

Необходимое условие, которым должен обладать объект управления – наблюдаемость.

Одноканальный объект наблюдаем, если матрица N невырожденная: $\det\{N\} \neq 0$

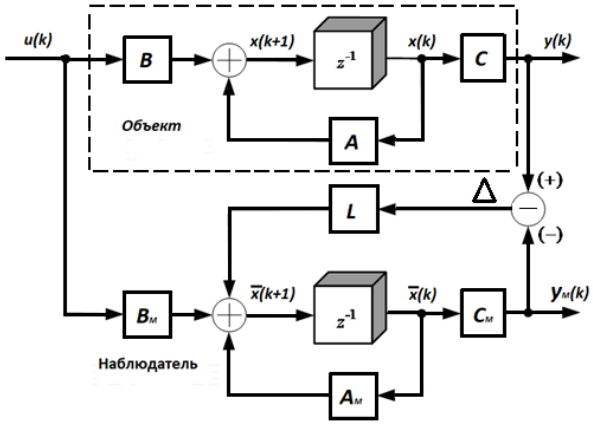


Рис. 1. Структурная схема наблюдателя, синтезированного матричным методом

Подставим $u(k)$ в уравнения объекта:

$$x(k+1) = Ax(k) + B(-Kx(k)) \rightarrow x(k+1) = (A - BK) * x(k) \qquad (2)$$

Сформируем характеристический полином синтезируемой системы из уравнения (1.2). Затем приравняем его к желаемому $C_{ж}(z)$:

$$\det(zI - A + BK) = C_{ж}(z) \qquad (3)$$

Получили основное расчетное соотношение (3). Порядок характеристического уравнения системы равен n.

Объект третьего порядка представлен в виде следующей НПФ:

$$W(p) = \frac{3}{p^3 + 6p^2 + 11p + 6}$$

Осуществим переход от непрерывной передаточной функции (НПФ) к дискретной передаточной функции (ДПФ) методом Z-преобразования:

$$W(p) = \frac{0,00043z^2 + 0,001785z + 0,0003192}{z^3 - 2,45439z^2 + 2,01767z - 0,548812}.$$

Запишем систему разностных уравнений, используя представление объекта в “транспонированной” форме Коши:

$$\begin{cases} x_1(k+1) = 0,5488112x_3(k) + 0,0003192u(k) \\ x_2(k+1) = -2,01767(k) + x_1(k) + 0,001485u(k) \\ x_3(k+1) = 2,46439x_3(k) + x_2(k) + 0,00043u(k) \\ y(k) = x_3(k) \end{cases}$$

Из полученной системы уравнений, запишем матрицы A, B, C:

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0,548812 \\ 1 & 0 & -2,01767 \\ 0 & 1 & 2,46439 \end{bmatrix}; \quad B = \begin{bmatrix} 0,0003192 \\ 0,001485 \\ 0,00043 \end{bmatrix}; \quad C = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}.$$

Желаемый набор корней наблюдателя:

$$z_{1,2,3} = e^{pT} \approx 0,496;$$

Из заданных корней формируем желаемое уравнение:

$$C_{ж}(z) = z^3 - 1,488z^2 + 0,738z - 0,122$$

Корректор наблюдателя имеет следующий вид:

$$L(z)=\begin{bmatrix} l_0 \\ l_1 \\ l_2 \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} 0,42681 \\ -1,27967 \\ 0,97639 \end{bmatrix}$$

Операторная процедура

Математическая модель объекта управления представляется в виде передаточной функции (ПФ), т.е. в операторной форме.

Основная идея заключается в том, что параллельно объекту управления подключается динамическая подсистема, в состав которой входит модель объекта и стабилизирующий корректор, который позволяет сделать процессы в наблюдателе устойчивыми, а также свести к нулю ошибку между выходом объекта и выходом модели.

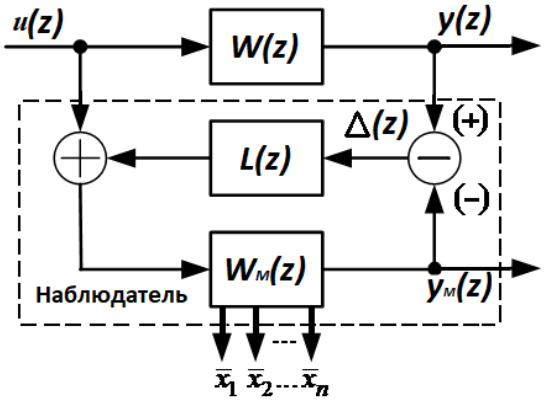


Рис. 2. Структурная схема наблюдателя Люенбергера

Для статической процедуры синтеза $K_s(z)=K$, корректор динамики не изменяется. Основное расчётное соотношение имеет следующий вид:

$$A(z)+D(z)+KB(z)=C_{ж}(z) \qquad (4)$$

Объект третьего порядка представлен такой же ПФ, что и в матричной процедуре для того, чтобы произвести сравнение процедур и выбрать из них лучшую.

Выполнив проверку условий разрешимости задачи синтеза и желаемый набор корней наблюдателя, найдем желаемые корни:

$$z_{1,2,3,4,5}=e^{pT}\approx 0,496;$$

Из заданных корней формируем желаемое уравнение:

$$C_{ж}(z)=(z-z_1)*(z-z_2)*(z-z_3)*(z-z_4)*(z-z_5)$$

$$C_{ж}(z)=z^5-2,48z^4+2,46016z^3-1,22024z^2+0,30262z-0,03002$$

Корректор наблюдателя имеет следующий вид:

$$L(z)=\frac{156,3312z^2-226,0254z+82,17703}{z^2-0,08283z+0,10262}$$

Построив схему, синтезировали наблюдатель матричной и операторной процедурой. Для того, чтобы выявить лучшую процедуру для конкретного ОУ, сравним их между собой, изобразив на графике.

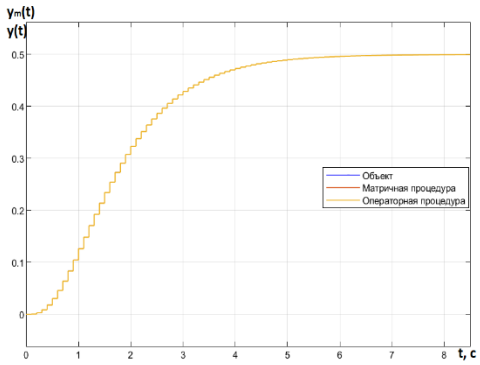


Рис. 3. График выхода объекта и модели матричной и операторной процедуры

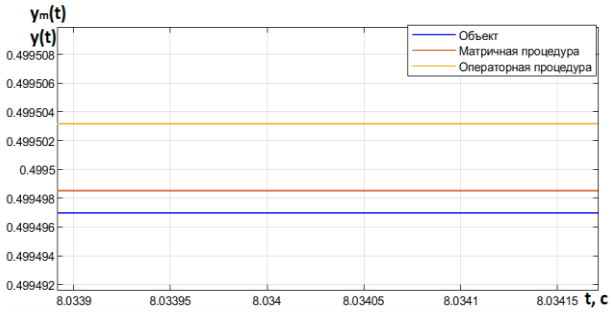


Рис. 4. Приближенный график выхода объекта и модели матричной и операторной процедуры

На рисунке 3 выход объекта полностью совпадает с моделью матричной и операторной процедуры. Чтобы узнать, график, какой процедуры ближе к объекту, приблизим график в 5 раз и посмотрим результат на 8 секунде:

На графике видно, что матричная процедура оказалась точнее, чем операторная процедура.

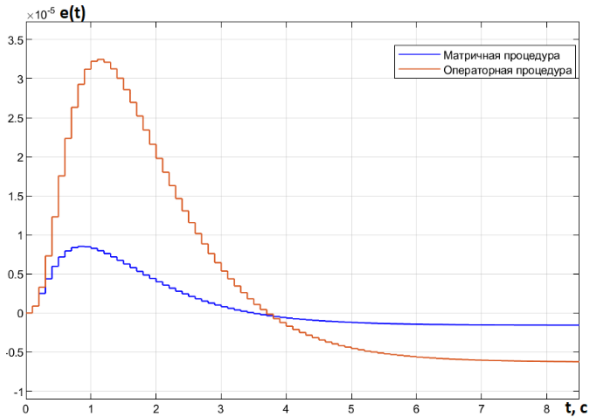


Рис. 5. График ошибки наблюдателя состояния матричной и операторной процедуры

На рисунке 5 ошибка наблюдателя состояния матричной процедуры меньше и сводится к нулю быстрее, чем в операторной процедуре. Также при моделировании системы с наблюдателем при ненулевых начальных условиях в объекте управления можно заметить, что графики ошибки наблюдателя состояния матричной процедуры меньше и сводятся к нулю быстрее, чем в операторной процедуре.

Для данного ОУ третьего порядка, матричная процедура оказалось точнее, чем операторная процедура, однако это может быть не всегда так.

Принципиальной разницей между этими процедурами является то, что матричная процедура используется, когда модель объекта задана в векторно-матричной форме, а операторная – когда модель объекта задана в операторной форме, т.е. в виде передаточной функции.

Синтез и моделирование дискретной системы с регулятором и наблюдателем, рассчитанным матричной процедурой

НПФ объекта:

$$W(p) = \frac{1}{p^3 + 0,2p^2 + 0,2p + 1}$$

ДПФ объекта, рассчитанный методом Z-преобразования:

$$W(p) = \frac{0,0001658z^2 + 0,0006599z + 0,0001642}{z^3 - 2,9776z^2 + 2,9587z - 0,98013}$$

Желаемый набор корней регулятора:

$$z_{1,2,3} = e^{pT} \approx 0{,}8187;$$

Исходя из желаемого набора корней регулятора, формируем желаемое уравнение $C_{ж}(z)$:

$$C_{ж}(z) = z^4 - 3{,}2748z^3 - 4{,}021618z^2 - 2{,}194999z + 0{,}449261$$

Найдём матрицу K:

$$K = \begin{bmatrix} k_0 \\ k_1 \\ k_2 \\ k_u \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0{,}53105 \\ -1{,}2121 \\ 0{,}7028 \\ 1{,}09144 \end{bmatrix}$$

При моделировании был получен следующий график:

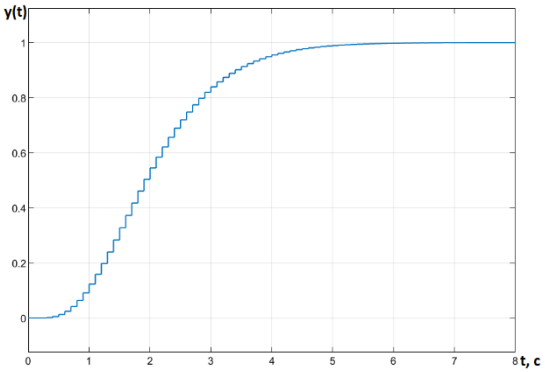


Рис. 6. График выхода ОУ с регулятором

Для наблюдателя желаемые корни должны быть на порядок быстрее, чем для регулятора:

$$z_{1,2,3} = e^{pT} \approx 0{,}33287;$$

Желаемое уравнение $C_{ж}(z)$:

$$C_{ж}(z) = z^3 - 0{,}99861z^2 + 0{,}33240731z - 0{,}03688281$$

Найдём матрицу $L(z)$:

$$L(z) = \begin{bmatrix} l_0 \\ l_1 \\ l_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 926{,}174 \\ 1956{,}965 \\ 326{,}27 \end{bmatrix}$$

При моделировании были получены следующие графики:

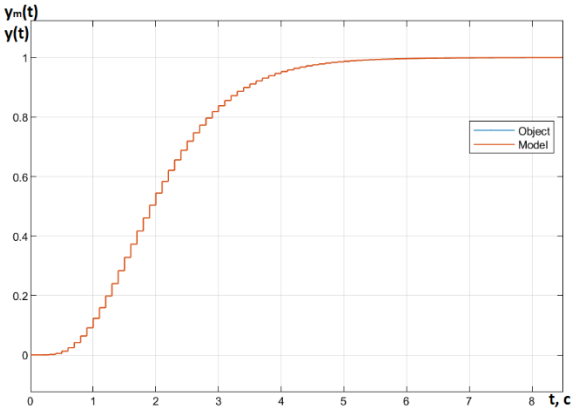


Рис. 7. График выхода модели и ОУ с регулятором и наблюдателем

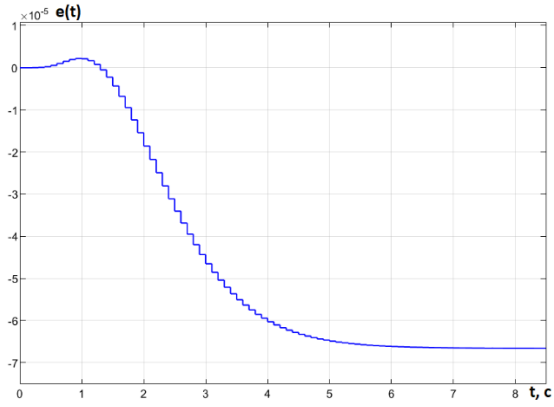


Рис. 8. График ошибки системы с регулятором и наблюдателем

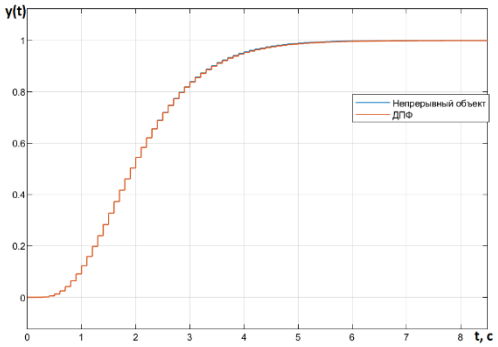


Рис. 9. График выхода дискретного объекта и непрерывного объекта реализованного на интеграторах

На рисунке. 7 выход модели повторяет выход объекта, что говорит о корректности расчётов. Оценим переходный процесс выхода модели: $\sigma = 0\%$, $t_{nn} = 4c$, $\Delta_{cm} = 0$.

Переходный процесс по ошибке наблюдателя заканчивается за 5 секунды, таким образом, наблюдатель выполняет свою роль, но его динамика не оказывает практически никакого влияния на поведение всей системы в целом.

Заключение

В ходе исследования были выполнены расчеты и исследования систем управления с использованием наблюдателей состояния для объектов третьего порядка, синтезированных как матричным, так и операторным процедурами. Было проведено моделирование поведения системы при ненулевых начальных условиях объекта управления. Результаты показали, что матричная процедура синтеза наблюдателя для исследуемого объекта управления оказалась точнее, с намного меньшей ошибкой, чем операторная процедура. Также было проведено исследование системы с неустойчивым объектом третьего порядка, регулятором и наблюдателем, рассчитанным матричной процедурой, с последующим анализом ее поведения при ненулевых начальных условиях.

Список использованных источников

1. Востриков А.С. Основы теории непрерывных и дискретных систем регулирования / А.С. Востриков, Г.А. Французова, Е.Б. Гаврилов. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2008. – 476 с.

2. Саблина Г.В. Цифровые системы управления. Сборник задач для индивидуальных заданий: учеб. пособие, Изд-во НГТУ. – 2019. – 66 с.

3. Изерман Р. Цифровые системы управления / Р. Изерман. – Москва: Изд-во Мир, 1984. – 541 с.

4. Французова Г.А. Основы теории управления: учебно-методическое пособие / Г.А. Французова, Г.В. Саблина. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2016. – 63 с.

5. Юревич Е.И. Теория автоматического управления / Е.И. Юревич. – Санкт-Петербург: Изд-во БХВ-Петербург, 2016. – 560 с.

6. Гаврилов Е.Б., Саблина Г.В. Цифровые системы управления. Методические указания к лабораторным работам для студентов IV курса АВТФ: учеб. пособие. – Изд-во НГТУ. – 2012.

7. Востриков А.С., Французова Г.А. Теория автоматического регулирования: учеб. пособие. – Изд-во НГТУ. – 2006. – 368 с.

8. Информационные технологии в журналистике // История СМИ: сайт. – 2013. – URL: http://www.dpnews.ru/informatsionnye-tekhnologii-v-zhurnalistike.html.

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ДЕШИФРИРОВАНИЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕЙРОСЕТЕВЫХ МОДЕЛЕЙ

Элешкевич А.Д.[1], Еременко М.С.[2]
[1] АО «ТомскНИПИнефть», отдел геоинформационных технологий,
e-mail: EleshkevichAD@tomsknipi.ru
[2] АО «ТомскНИПИнефть», отдел геоинформационных технологий,
e-mail: *EremenkoMS@tomsknipi.ru*

Аннотация

В статье поднимается проблема автоматизации расшифровки данных дистанционного зондирования Земли. Предлагается решение, основанное на обучении нейронной сети. В качестве результатов работы приведен пример решения задачи распознавания контуров водных объектов. Для решения производственных задач предлагается рассмотреть возможность интеграции разработанного алгоритма с настольной геоинформационной системой QGIS путем создания модуля.

Ключевые слова: Нейронные сети, данные дистанционного зондирования геоинформационные системы.

Введение

В последнее десятилетие в России активно проводятся исследования и разрабатываются проекты в области геоинформатки. Геоинформационные системы (ГИС) являются главным инструментом для выполнения задач, стоящих перед данной наукой. ГИС используются для обработки значительных объемов пространственных данных, выполняя задачи по сбору, хранению, представлению и анализу таких данных. На сегодняшний день ГИС нашли широкое применение в различных сферах человеческой деятельности, одной из которых являются предприятия нефтегазовой отрасли [1].

При разработке и эксплуатации месторождений нефтяной и газовой индустрии возникает потребность в обработке данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) для различных задач экологического мониторинга, строительного контроля, геодезических и картографических работ, а также многих других. Классический способ обработки данных ДЗЗ представляет собой ручную обработку, недостатком такого способа является низкая скорость обработки данных, а также влияние человеческого фактора, при обработке большого объема данных. Основным способом увеличения скорости обработки большого массива данных ДЗЗ при ручном распознавании является привлечение большего числа сотрудников к этому процессу, что негативно сказывается на целесообразности самого процесса обработки данных. Не исключена также возможность отказа от обработки актуальных данных ДЗЗ в пользу более старых, возможно уже не актуальных данных ДЗЗ, но при этом ранее обработанных.

Альтернативными способами по обработке данных были алгоритмы, построенные на «классическом» математическом аппарате, использующие вероятностные распределения, матрицы и вектора Фишера, различные спектральные плотности и уравнения [2, 3, 4]. Однако, результаты обработки данных ДЗЗ такими способами не давали высокой точности. В связи с появлением и развитием в начале 2010-хх годов сверточных нейросетвых алгоритмов, которые из года в год превосходили модели на основе «классического» математического аппарата [5], вопрос автоматизации процесса дешифрирование данных ДЗЗ приобрел большую актуальность.

Описание эксперимента

В качестве опытного эксперимента по применению нейросетевых моделей на практике для обработки данных ДЗЗ нами была рассмотрена задача по распознаванию и созданию вектор-слоя водных объектов по данным съемки с БПЛА. На рисунке 1 представлена иллюстрация того, какое изображения получала нейросеть для обработки, результат распознавания нейросетью и дальнейший топографический план местности.



Рис. 13. Пример исходного изображения, результата распознавания, топографического плана

В качестве нейросети для эксперимента была выбрана модель Unet [6], с функцией активации сигмоид [7], число эпох обучения было равно 15-ти, соотношение обучающей и тестовой выборки было 80 % и 20 % соответственно, в качестве метрики ошибки была ошибка Дайса. Общая площадь данных для исследования составила 300 км^2.

Результаты

В результате обучения нейросети была достигнута ошибка по вышеуказанной метрике в 5 %, наглядные результаты нейросети (справа), а также сравнения с желаемым результатом (по центру) и исходное изображение (слева) можно видеть на рисунке 2.

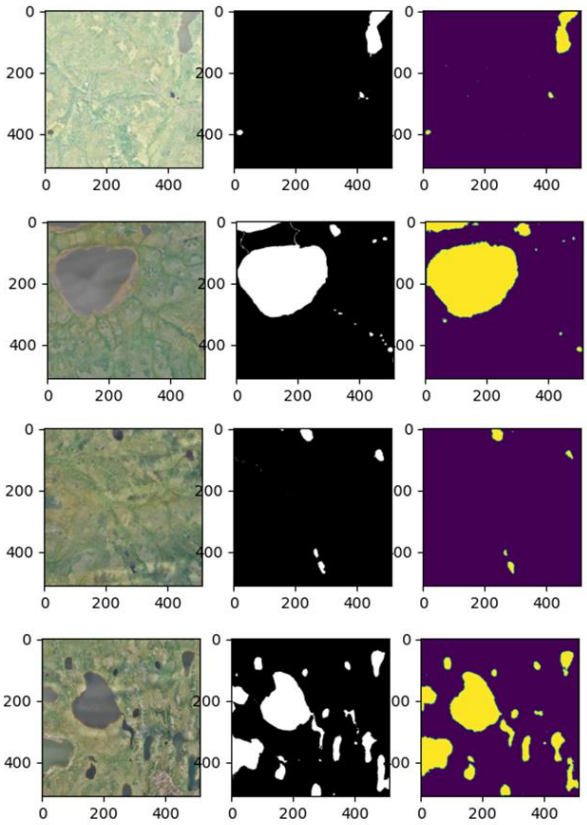


Рис. 14. Результаты обученной нейросети

Заключение

В результате проведенного эксперимента можно сказать, что достигнутый порог ошибки в 5 % и визуальный осмотр результатов нейросети свидетельствуют о высокой степени автоматизации процесса дешифрирования водных объектов. Таким образом, технология распознавания данных ДЗЗ

при помощи нейросетевых моделей при дальнейшем развитии и применении в других задачах дешифрирования может показать хороший результат. Что позволит существенно сократить трудозатраты и ускорить обработку большого массива данных ДЗЗ.

Для дальнейшего применения в производственных задачах обученную нейросеть можно интегрировать в геоинформационную систему, например, QGIS [8]. Такое решение позволит людям не знакомым с устройством работы нейросетей применять готовые модели. В данный момент мы занимаемся технической реализацией такого представленного решения, путём создания модуля для QGIS. На рисунке 3 представлена последовательность выполняемых действий для решения производственных задач.

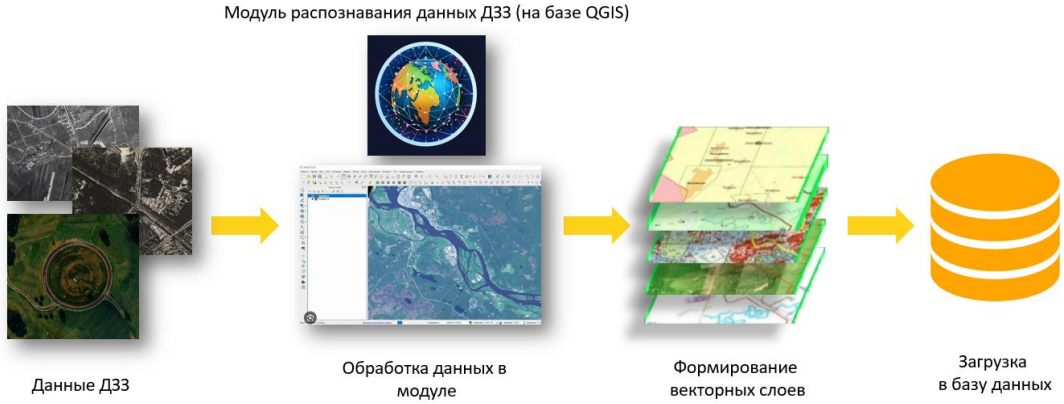


Рис. 15. Архитектура взаимодействия модуля распознавания данных ДЗЗ

Список использованных источников

1. Ковин Р.В. Геоинформационные системы: учебное пособие // Р.В. Ковин, Н.Г. Марков. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 175 с.

2. Рылов, С.А. Алгоритм спектрально-текстурной классификации спутниковых изображений с использованием частичного обучения / С.А. Рылов // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2019. – Т. 4, – № 1. – С. 37-43. – DOI 10.33764/2618-981X-2019-4-1-37-43. – EDN ZAXPEB.

3. Шеломенцева, И.Г. Обзор базовых алгоритмов классификации в задаче распознавания изображений анализов мокроты, окрашенной по методу Циля-Нильсена / И.Г. Шеломенцева // Актуальные проблемы современной науки в 21 веке: Сборник материалов XIV Международной научно-практической конференции, Махачкала, 31 августа 2017 года. – Махачкала: Общество с ограниченной ответственностью "Апробация". – 2017. – С. 18-21. – EDN ZMFPFH.

4. Алгоритмы поиска и классификации изображений линейных объектов на космоснимках / И.Н. Кандоба, В.Б. Костоусов, К.В. Костоусов, Д.С. Перевалов // Математические методы распознавания образов. – 2009. – Т. 14. № 1. – С. 536-539. – EDN YNUMPF.

5. Бычков, А.Г. Использование сверточных нейросетей для классификации изображений / А.Г. Бычков, Т.В. Киселева, Е.В. Маслова // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. – 2023. – № 1(43). – С. 39-49. – DOI 10.57070/2304-4497-2023-1(43)-39-49. – EDN SOHCMR.

6. Bousias Alexakis, E. Evaluation of unet and unet++ architectures in high resolution image change detection applications / E. Bousias Alexakis, C. Armenakis // International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives: 24, Nice, Virtual, 31 августа – 02 2020 года. – Vol. 43. – Nice, Virtual. – 2020. – P. 1507-1514. – DOI 10.5194/isprs-archives-XLIII-B3-2020-1507-2020. – EDN DCMWON

7. Соснин, А.С. Функции активации нейросети: сигмоида, линейная, ступенчатая, relu, tahn / А.С. Соснин, И.А. Суслова // Наука. Информатизация. Технологии. Образование: Материалы XII международной научно-практической конференции, Екатеринбург, 25 февраля – 01 2019 года. – Екатеринбург: Российский государственный профессионально-педагогический университет, 2019. – С. 237-246. – EDN VUZYBA.

8. Пашковская, О.В. Анализ данных в геоинформационной системе QGIS / О.В. Пашковская, О.В. Новоселов, И.А. Потапенко // Решетневские чтения : Материалы XXIV Международной научно-практической конференции, посвященной памяти генерального конструктора ракетно-космических систем академика М.Ф. Решетнева: в 2 частях, Красноярск, 10-13 ноября 2020 года. Том Часть 2. – Красноярск: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева". – 2020. – С. 345-346.

СТЕНД ФИЗИЧЕСКОГО ПОДОБИЯ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ СЛОЖНЫХ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Макаров Д.С.[1], Уфимцев А.В.[2], Филипас А.А.[3]
[1]Томский политехнический университет, Инженерная школа информационных технологий и робототехники 8Т11, e-mail: dsm36@tpu.ru
[2]Томский политехнический университет, Инженерная школа информационных технологий и робототехники, 8Т11, e-mail: avu34@tpu.ru
[3]Томский политехнический университет, Инженерная школа информационных технологий и робототехники, доцент, e-mail: filipas@tpu.ru

Аннотация

В данной работе исследуются сложные гидродинамические процессы с использованием интегрированной гидравлической и пневматической систем на стенде. Жидкость перекачивается по трубам с помощью насосов, а гидроаккумуляторы генерируют внешнее давление. Работа направлена на изучение воздействия пневматики в поведении жидкостей.

Ключевые слова: Стенд физического подобия, пневматика, компрессор, рабочее давление, гидроаккумулятор.

Введение

Исследование и моделирование сложных гидродинамических процессов являются актуальными задачами в современной науке и технике. Для эффективного изучения таких процессов широко применяются методы физического подобия и создание соответствующих стендов. В реализации данного стенда одним из важных аспектов таких исследований является анализ работы пневматической системы. Рассмотрим исследование пневматической системы, её структуру, функции и возможности применения для анализа процессов.

Описание алгоритма

В данном стенде заложен принцип перекачки нефтяного потока по трубопроводу через нефтеперекачивающие станции, которые находятся под давлением. Одним из примеров реализации работы с помощью данного стенда является реализация утечки в трубопроводе. Метод определения утечки по изменению давления вдоль трубопровода основывается на обнаружении понижения давления если возникла утечка на участке, котором производится контроль. Предполагается, что алгоритм определения может быть реализован с помощью четырёх датчиков давления, расположенных по длине трубопровода. Жидкость, которая накачивается насосами, проходит через систему из трёх гидроаккумуляторов, которые расположены последовательно друг за другом. Между гидроаккумуляторами расположены регулирующие клапаны, расходомеры и датчики давления. Последние располагаются между первым и вторым, вторым и третьим.

Теперь отдельно рассмотрим пневматическую часть данного стенда. На рисунке 1 представлена 3Д модель пневматической части стенда. Она состоит из компрессора, который будет подавать в систему давление, регулирующий клапан, датчик давления, чтобы отслеживать какое давление у нас подаётся в ту или иную ячейку и гидроаккумулятор.

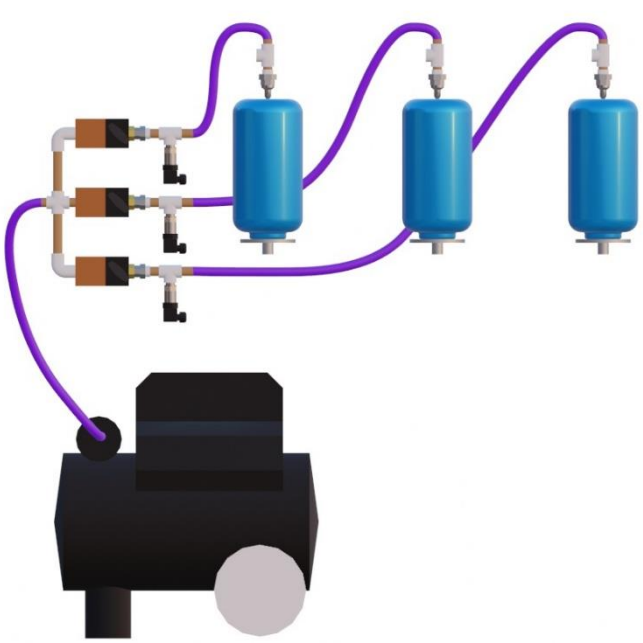


Рис. 1. 3Д модель пневматической части

Сам по себе гидроаккумулятор это сосуд, работающий под давлением, который позволяет накапливать энергию и передавать её в гидросистему потоком жидкости, находящейся под давлением. Для накопления жидкости внутри гидроаккумулятора установлена резиновая груша. Снаружи же этой груши внутри сосуда поддерживается давление, которое можно использовать для перекачки жидкости в другое место по трубопроводу. В совокупности именно с помощью гидроаккумуляторов имитируется давление в начале, середине, конце трубопровода всего стенда, эта часть стенда и является основной.

Для того, чтобы поддерживать в системе определённое давление и заряжать гидроаккумуляторы, нужен компрессор – энергетическая машина для повышения давления перемещения газа или смесей газов.

Для регулирования подачи компрессором давления используются регулирующие клапаны с ручным дублером для дистанционного управления потоком среды.

Путем совместного использования компрессора, электромагнитных клапанов, гидроаккумуляторов можно создать высокочастотные колебания в пневматической системе с перекачиваемой жидкостью. Создание таких колебаний в системе позволяет анализировать пробои и утечки.

Для создания высокочастотных колебаний в пневматической в данной конфигурации системы могут быть созданы путем модуляции давления, поступающего из компрессора, с помощью соответствующих управляемых клапанов, то есть при имеющихся в наличии электромагнитных клапанов в системе можно управлять ими таким образом, чтобы периодически открывать и закрывать подачу давления, что в свою очередь может создавать периодические колебания в системе.

Гидроаккумуляторы также могут быть задействованы для сглаживания колебаний и обеспечения стабильного давления в системе, что важно для создания высокочастотных колебаний.

При генерации высокочастотных колебаний система подвергается воздействию высокочастотных волн, которые могут выявить утечки или пробои в системе. Путем анализа реакции системы на эти колебания можно выявить возможное местоположение утечки и принять меры по их устранению.

Таким образом можно рассмотреть применение акустического метода, который позволяет выявить утечки по звукам, которые возникают из-за протечек в системе. Высокочастотные колебания создают в системе характерные звуковые волны, которые можно прослушивать с помощью специальных датчиков или микрофонов.

Применение аккустического метода для локализации утечек может позволить точно определить местонахождение проблемного участка в системе. Например, путем измерения акустических сигналов и анализа их спектра можно определить, где именно происходит утечка или неплотность в системе.

Таким образом, сочетание высокочастотных колебаний и акустического метода позволяет эффективно проводить диагностику и локализацию утечек в гидравлических системах, что помогает быстро обнаружить и устранить проблемы, повышая надежность и эффективность работы системы.

Также с помощью пневматической части можно создавать противодавление в гидравлической части. С помощью созданного противодавления можно регулировать уровень расхода утечки (увеличивать или уменьшать). Но стоит учесть, что при сильной подаче давления в гидравлической части системы компрессором могут возникнуть воздушные пробки, которые могут привести к неполной или нестабильной передаче давления, что в итоге отразится на работе оборудования, этот фактор также стоит учитывать.

Для визуализации работы пневматической части было использовано программное обеспечение «CoDeSyS». Пример собранной схемы пневматической части в ПО «CodeSyS» представлен на рисунке 2.

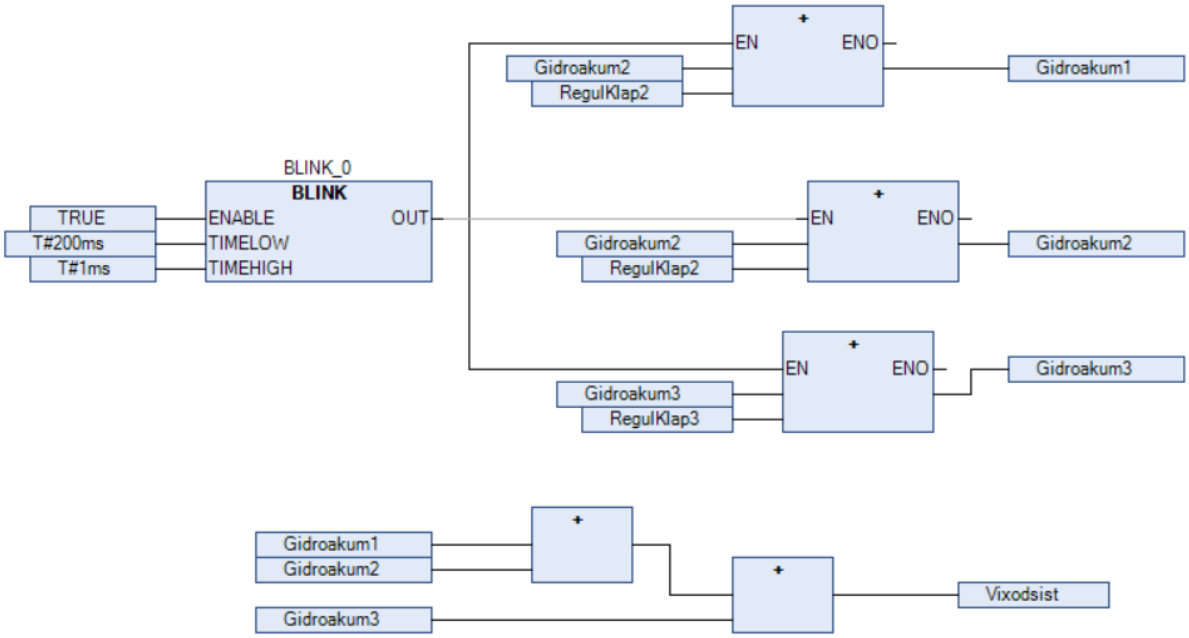


Рис. 2. Собранная пневматическая часть в ПО «CodeSyS»

Здесь мы можем видеть, что копмпрессором создается постоянное давление, входными переменными «RegulKlap1», «RegulKlap2» и «RegulKlap3» задается степень открытия и степень пропускания сигнала от компрессора и эти значения записываются в переменные «Gidroakum1», «Gidroakum2» и «Gidroakum3» далее все эти значения будут складываться между собой для того, чтобы определить значения на выходе системы.

Пример запуска программы в ПО «CodeSyS» представлен на рисунке 3.

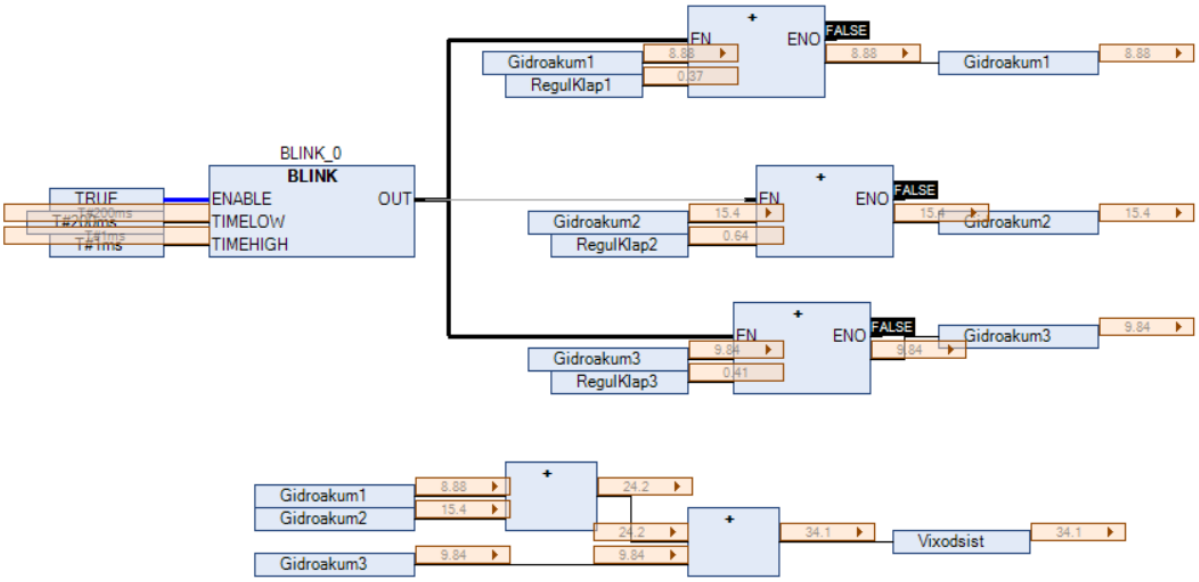


Рис. 3. Работа программы в ПО «CodeSyS»

Для более лучшей визуализации было использовано следующее программное обеспечение «SimpleScada». Пример собранной модели представлен на рисунке 4.

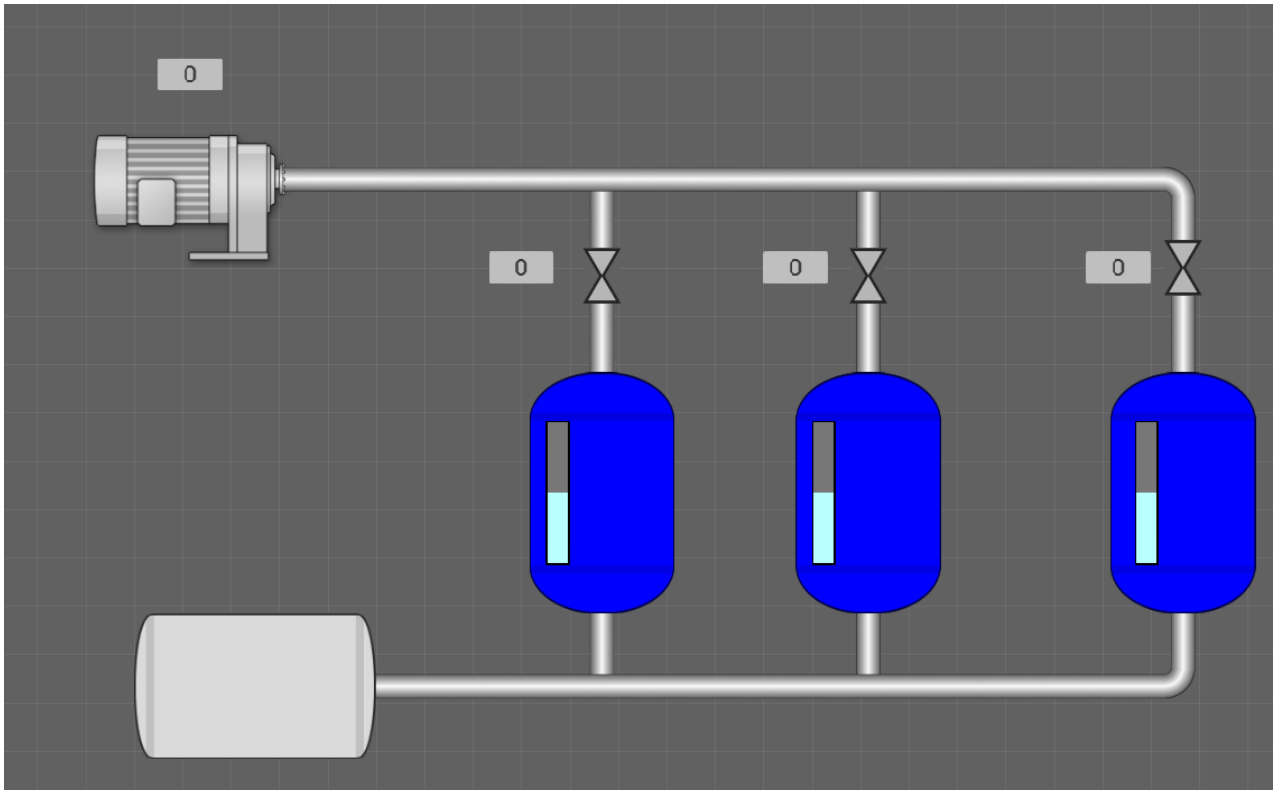


Рис. 4. Визуализация собранной схемы в ПО «SimpleScada»

Заключение

В ходе выполнения данной работы были изучены основные законы пневматики, методы обнаружения утечек с помощью пневматики, а также была разработана модель в ПО «CodeSyS» и была проведена визуализация проекта с помощью ПО «SimpleScada».

Ценность данной работы заключается в возможности различного применения стенда физического подобия, например, обучение нового персонала технологическим процессам. На них

можно демонстрировать работу оборудования, процессы производства без непосредственного воздействия на рабочее оборудование, также можно моделировать различные процессы реальных условий и проводить оптимизацию технологических процессов.

Список использованных источников

1. Филипас А.А. Разработка стенда физического подобия "Трёхфазный сепаратор скважинной жидкости" / А.А. Филипас, А.В. Мигель // Современные проблемы машиностроения: сборник трудов XIII Международной научно-технической конференции, г. Томск. 26-30 октября 2020 г. – Томск: Томский политехнический университет, 2020. – [С. 216-217].

2. Донской, А.С. Основы пневмоавтоматики: Учебное пособие/ А.С. Донской. – Санкт–Петербургский политехнический университет Петра Великого: Политехнического университета, 2016. – 77 с.

3. Костенко, Л.Н. Обоснование параметров и разработка устройства противодавления впрыску регулировочных стендов топливных систем дизелей: специальность 05.20.03 Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Костенко Леонид Николаевич. – Уфа, 2013. – 16 с.

4. Красильников, А. В. Методика проектной оценки характеристик системы поддержания давления гидродинамического стенда / А. В. Красильников // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. – 2014. – Т. 57, № 8. – С. 71-75.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ АППРОКСИМАЦИИ ПЕРЕДАТОЧНОЙ ФУНКЦИИ ЗВЕНА ЗАПАЗДЫВАНИЯ ОТРЕЗКАМИ РЯДА ТЕЙЛОРА

Ли Цзюмин [1], Сидорова А.А. [2]
[1] ТПУ, ИШИТР, гр. 8ТМ21, e-mail: czyumin1@tpu.ru
[2] ТПУ, ИШИТР, ст. преподаватель, e-mail: sidorova@tpu.ru

Аннотация

Временная задержка в контексте систем управления технологическими процессами может быть определена как интервал времени от подачи управляющего сигнала до любого наблюдаемого изменения переменной процесса [1]. В системах управления сложной областью является работа в условиях задержек. Представленная работа направлена на исследование метод аппроксимации передаточных функций с временными задержками рациональными функциями.

Применяются методы исследования точности, такие как математическое моделирование и анализ полученных данных. В рамках исследования точности аппроксимации показано, что аппроксимация отрезками ряда Тейлора является эффективным способом аппроксимации передаточной функции звена транспортного запаздывания, особенно при наличии малого времени запаздывания в системе.

Ключевые слова: аппроксимация, звено запаздывания, передаточная функция, ряд Тейлора, устойчивость, ошибка.

Введение

В системах автоматического управления передаточная функция звена запаздывания может быть использована для описания процесса передачи сигнала в системе управления. Например, в системах управления промышленной автоматикой звено задержки часто существует между датчиками и исполнительными механизмами системы управления. Основная проблема при их реализации заключается в том, что их передаточная функция представляется в трансцендентной форме, что не совсем подходит для моделирования. Для того чтобы избежать этой проблемы, уже давно практикуется аппроксимация функции передачи с временной задержкой рациональной функцией [2]. Для аппроксимации обычно используется аппроксимация Паде или ряд Тейлора для экспоненциальной функции [3]. Задача настоящей работы состоит в исследовании точности аппроксимации передаточной функции звена запаздывания отрезками ряда Тейлора.

Выбор метода и решение

Рассмотрим функцию времени *u(t)* в качестве входа блока временной задержки. Выходом этой системы *x(t)* является то же самое значение, но с временной задержкой τ, которое может быть описано уравнением (1).

$$x(t) = u(t-\tau)\,. \tag{1}$$

Для данной системы уравнение может быть описано в форме Лапласа:

$$G(s) = \frac{X(s)}{U(s)} = \frac{e^{-\tau s}U(s)}{U(s)} = e^{-\tau s}\,. \tag{2}$$

Из уравнения 2 видно, что передаточная функция звена с задержкой является экспоненциальной функцией затухания, и с увеличением времени задержки передаточная функция будет только уменьшаться. Для того чтобы избежать этой проблемы, практикуется аппроксимация передаточной функции временной задержки рациональной функцией.

Выражение временных задержек в рациональной полиномиальной форме упрощает анализ общей передаточной функции, что облегчает работу со сложными системами. Далее исследуем один из распространенных методов – разложение в ряд Тейлора передаточной функции звена задержки.

В математике ряд Тейлора или разложение функции в ряд Тейлора это бесконечная сумма членов, которые выражаются в терминах производных функции в одной точке. Общий вид ряда Тейлора функции *f(x)* относительно точки *(a)* имеет вид:

$$f(x) = f(a) + f'(a)\frac{(x-a)}{1!} + f''(a)\frac{(x-a)^2}{2!} + f'''(a)\frac{(x-a)^3}{3!} + \ldots \tag{3}$$

.

Разложения Тейлора очень похожи на разложения Маклорена, поскольку ряды Маклорена это ряды Тейлора с центром в точке $a = 0$. Таким образом, ряд Тейлора более общая форма ряда Маклорина, и он может быть центрирован на любом значении x.

Ниже приведено уравнение разложений в ряд Тейлора (при $a = 0$) для передаточной функции задержки времени τ.

$$e^{-\tau \cdot s} = 1 - \frac{\tau s}{1!} + \frac{(\tau s)^2}{2!} + \cdots + (-1)^n \frac{(\tau s)^n}{n!} = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-\tau x)^n}{n!}. \quad (4)$$

Степенной ряд можно выразить в виде бесконечной суммы, что удобно при программировании. Аппроксимация с помощью рядов Тейлора функции передачи с временной задержкой может быть выражена как уравнение (5):

$$e^{-\tau \cdot s} = \frac{e^{\frac{-\tau}{2} \cdot s}}{e^{\frac{\tau}{2} \cdot s}} = \frac{\sum_{m=0}^{\infty} \frac{(-\tau x)^m}{m!}}{\sum_{n=0}^{\infty} \frac{(\tau x)^n}{n!}}, . \quad (5)$$

где m, n – целые положительные числа.

Разложение полиномов в знаменателе слагаемых в ряд Тейлора удовлетворяет строгим условиям физической реализуемости. Таким образом, экспоненциальная функция формально делится на две части: часть числители и часть знаменатели.

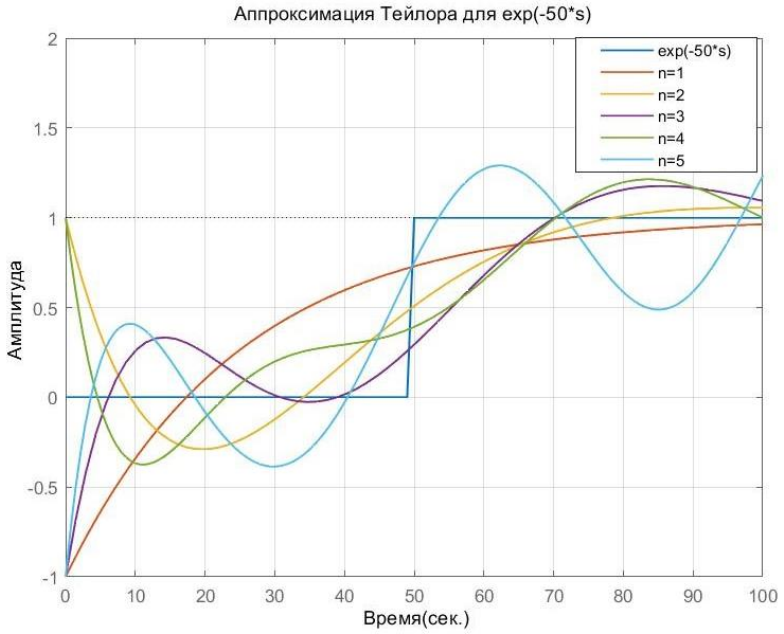
Согласно уравнению (5), вычислим аппроксимацию отрезками ряда Тейлора первого-пятого порядка для передаточной функции задержки. В таблице 1 приведены результаты аппроксимации для рядов от 1 до 5, числитель и знаменатель имеют одинаковый порядок $m=n$.

Таблица 1

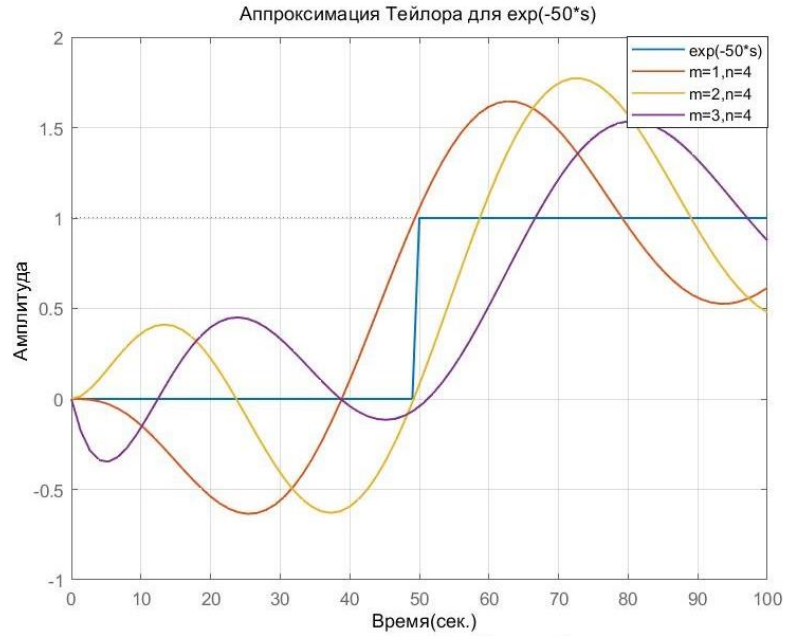
Аппроксимация Тейлора для передаточной функции задержки

Степень n	Аппроксимация Тейлора
1	$\frac{2-Ts}{2+Ts}$
2	$\frac{8-4Ts+(Ts)^2}{8+4Ts+(Ts)^2}$
3	$\frac{48-24Ts+6(Ts)^2-(Ts)^3}{48+24Ts+6(Ts)^2+(Ts)^3}$
4	$\frac{384-192Ts+48(Ts)^2-8(Ts)^3+(Ts)^4}{384+192Ts+48(Ts)^2+8(Ts)^3+(Ts)^4}$
5	$\frac{3840-192Ts+480(Ts)^2-80(Ts)^3+10(Ts)^4-(Ts)^5}{3840+192Ts+480(Ts)^2+80(Ts)^3+10(Ts)^4+(Ts)^5}$

Рассмотрим передаточную функцию чистой задержки времени 50 сек: $W(s) = e^{-50 \cdot s}$. Для исследования точности аппроксимации отрезками Тейлора выполнена серия расчетов.



а)



б)

Рис. 1. Результаты аппроксимации отрезками Тейлора:
а) с одинаковыми и б) разными степенями полиномов для чистого времени задержки

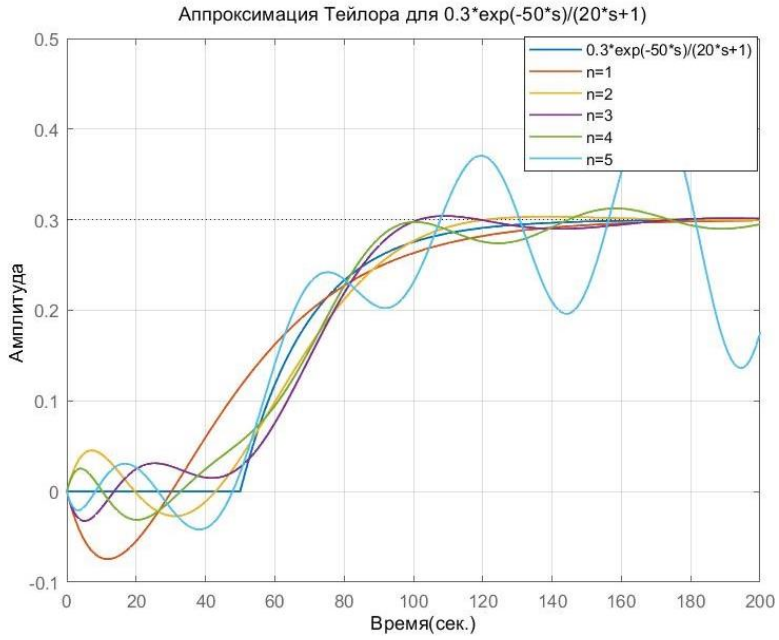
Проанализировав серию экспериментов получены следующие выводы:

Зависимость точности аппроксимации при *m=n*. Из анализа полученных данных после математического моделирования видно, что при $t = 0$, предел его аппроксимации никогда не равен нулю. Точность аппроксимации существенно снижается, когда ряд Тейлора превышает пятый порядок. В зависимости от четности степени полинома начальная рабочая точка, находится в отрицательной или положительной плоскостях амплитудных значений.

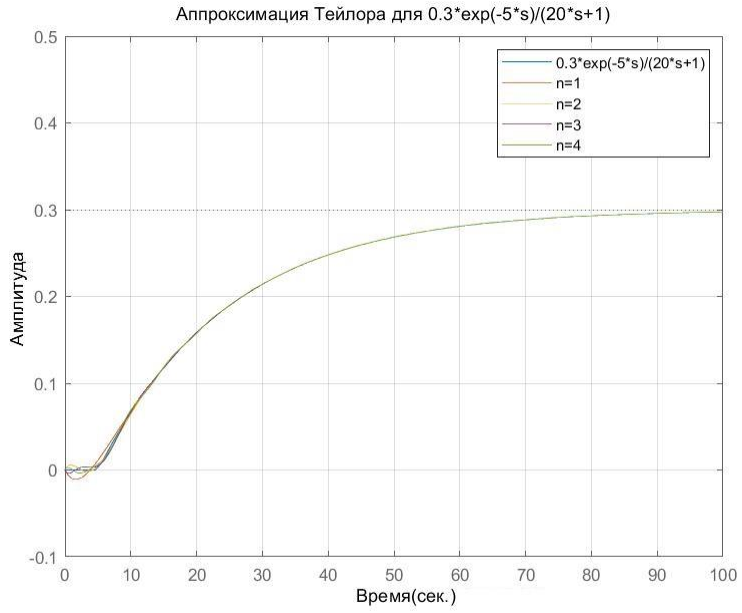
Зависимость точности аппроксимации при *m<n*. Если степень многочлена в числителе меньше степени многочлена в знаменателе, то предел всегда равен нулю. Временной отклик приближенной передаточной функции с задержкой Тейлора улучшается в правой окрестности начала координат, но ее характеристики значительно ухудшаются при больших значениях времени. Это связано с тем, что точность рациональной функции, аппроксимирующей экспоненциальную

функцию, значительно снижается. Точность аппроксимации существенно снижается, когда ряд Тейлора превышает пятой порядок.

На основании вышеизложенных результатов целесообразно проведение математического эксперимента и анализа результатов для более сложной передаточной функции [4]: $W(s) = \frac{0.3}{20s+1} e^{-50 \cdot s}$.



а)



б)

Рис. 2. Аппроксимация отрезками Тейлора при m=n
а) с запаздыванием 50 сек и б) с запаздыванием 5 сек

Проанализировав серию экспериментов получены следующие выводы:

На рисунке 2 представлены результаты аппроксимации отрезками Тейлора с одинаковыми и разными степенями полиномов для системы первого порядка с запаздыванием. Сравнивая результаты аппроксимации для разного времени задержки, можно заметить, что чем меньше время τ, тем лучше точность аппроксимации.

На основании вышеизложенных результатов целесообразно рекомендовать проведение дополнительных исследований с целью определения ошибки аппроксимации. Для того чтобы вычислить ошибку аппроксимации отрезками Тейлора передаточной функции с временной задержкой, необходимо взять преобразование Лапласа передаточной функции, а затем проинтегрировать квадрат разности между этими двумя функциями. На рисунке 3 представлен график изменения ошибок для аппроксимации Тейлора передаточной функции с временной задержкой при одинаковых степенях полиномов.

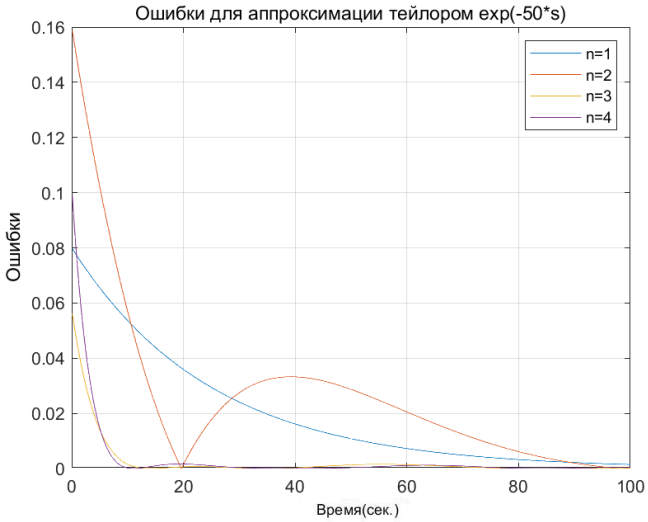


Рис. 3. Сравнение ошибок аппроксимации Тейлора передаточной функции с временной задержкой при m=n

Такие исследования точности аппроксимации позволят эффективнее проводит процесс анализа и оценки способности системы управления достигать требуемых целей с необходимой точностью.

Заключение

В данной работе была изучена аппроксимация передаточной функции звена запаздыванием с использованием метода аппроксимации рядом Тейлором. В ходе исследования была рассмотрена аппроксимация отрезками ряда Тейлора передаточных функций звена запаздывания e^{-Ts}. При использовании аппроксимаций Тейлора с одинаковым порядком числителя и знаменателя $m=n$, выявлен скачок при t=0 в графике переходной характеристики.

С увеличением порядка n, результаты аппроксимации хорошо согласуются с кривой ступенчатого отклика исходной передаточной функции звена запаздывания. Но при более чем 5 порядках результаты аппроксимации оказываются неточными. Для того чтобы избежать этого явления, использовали аппроксимацию ряда Тейлора с разными порядками числителя и знаменателя, в которой степень числителя на единицу меньше степени знаменателя. Но при больших значениях времени ошибка аппроксимации увеличивается. В целом, аппроксимация отрезками ряда Тейлора является эффективным способом аппроксимации передаточной функции звена транспортного запаздывания, особенно при наличии малого времени запаздывания в системе.

Список использованных источников

1. Wang, QG., Lee, T.H., Tan, K.K. Time-Delay Systems. In: Finite-Spectrum Assignment for Time-Delay Systems. Lecture Notes in Control and Information Sciences// Springer. – 2020. – vol 239. – N 8. – P 97-105.

2. V. Hanta, A. Procházka: RATIONAL APPROXIMATION OF TIME DELAY. Institute of Chemical Technology in Prague, 2009. – 461 p.

3. Hebibovic M. Identification of the block of transport delay by using Pade's approximation: Doctoral dissertation: University of Sarajevo, Faculty of Electrical Engineering/ Hebibovic M. – Sarajevo, 1998. –156 p.

4. Сидорова А.А., Пантюхин А.Р. Получение эталонной модели САУ повышенного порядка по прямым показателям качества // Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов XIX Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Томск: ТПУ, 2022. – С. 326-328.

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ РЕАКТОРА КАК ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ НА ЯЗЫКЕ ПРОГРАММИРОВАНИЯ PYTHON

Качанов Д.Д.[1], Курганов В.В.[2], Горюнов А.Г.[3]
[1]Томский политехнический университет, Инженерная школа информационных технологий и робототехники 8Т02, e-mail: danil3@tpu.ru
[2]Томский политехнический университет, Инженерная школа информационных технологий и робототехники, доцент, e-mail: kurganov@tpu.ru
[3]Томский политехнический университет, Инженерная школа ядерных технологий, профессор, e-mail: alex1479@tpu.ru

Аннотация

Данная работа посвящена моделированию нестационарных процессов в ядерном реакторе с использованием "точечной" модели. Реактор находится в критическом состоянии в начальный момент времени, после чего происходит скачкообразное изменение реактивности. Для анализа кинетики реактора используется система дифференциальных уравнений, учитывающая запаздывающие нейтроны. Работа использует шесть групп запаздывающих нейтронов и приводит таблицу постоянных распада и относительных долей для этих групп.

Ключевые слова: моделирование, ядерный реактор, кинетика реактора, запаздывающие нейтроны, постоянные распада, библиотеки Python.

Введение

Актуальность проблемы эффективного управления ядерными реакторами остаётся важной в контексте обеспечения безопасности, надёжности и энергоэффективности ядерной энергетики [1]. Использование методов моделирования для анализа и оптимизации работы реакторов становится всё более актуальным, особенно в условиях стремительного развития современных алгоритмов управления, таких как Model Predictive Control [2].

Существующие модели точечной кинетики реакторов часто не учитывают нелинейности или обладают недостаточной скоростью работы, что ограничивает их применимость в реальных задачах управления реакторами. Например, модели, основанные на методе Монте-Карло, могут быть слишком медленными для использования в реальном времени, в то время как более простые модели точечной кинетики часто игнорируют нелинейности.

Цель данной работы состоит в создании библиотеки точечной кинетики реактора на языке программирования Python, которая будет учитывать нелинейности и обладать достаточно высокой скоростью работы. Это позволит исследователям и инженерам в области ядерной энергетики применять современные алгоритмы управления, такие как Model Predictive Control, для повышения безопасности и эффективности работы ядерных реакторов. Кроме того, разработка Open-source модели делает её доступной для всех заинтересованных лиц и способствует распространению знаний в области управления ядерными реакторами.

Описание работы

Для рассмотрения и анализа кинетики реактора была использована система дифференциальных уравнений кинетики реактора, учитывая запаздывающие нейтроны.

Уравнения точечной кинетики представляют собой набор упрощенных уравнений, используемых для моделирования переходного процесса ядерного реактора. Эти уравнения описывают зависящие от времени изменения мощности реактора и популяции нейтронов в ответ на изменения реактивности. Уравнения точечной кинетики обычно выводятся на основе определенных допущений, таких как хорошо перемешанная активная зона реактора и постоянное время генерации нейтронов.

Обычно используют линеаризованную систему уравнений, но в данной работе система будет использоваться именно в исходном виде [3]. Основные уравнения показаны в формуле (1):

$$\begin{cases} \dfrac{dn(t)}{dt} = \dfrac{\rho(t) - \beta_{Э}}{l} n(t) + \sum_{i-1}^{6} \lambda_i C_i(t), \\ \dfrac{dC_i(t)}{dt} = \dfrac{\beta_{Эi}}{l} n(t) - \lambda_i C_i(t), \end{cases} . \quad (1)$$

Анализируя нестационарные процессы обычно используют шесть групп запаздывающих нейтронов [4]. Ядерно-физические параметры возьмем такие же, что и в модели из SimInTech для равных условий.

Результаты работы модели реактора, полученные в результате моделирования на языке программирования Python представлены ниже. На рисунке 1 отображен скачек реактивности с течением времени. Также на рисунке представлены графики концентраций нейтронов 6 групп и выдаваемая мощность.

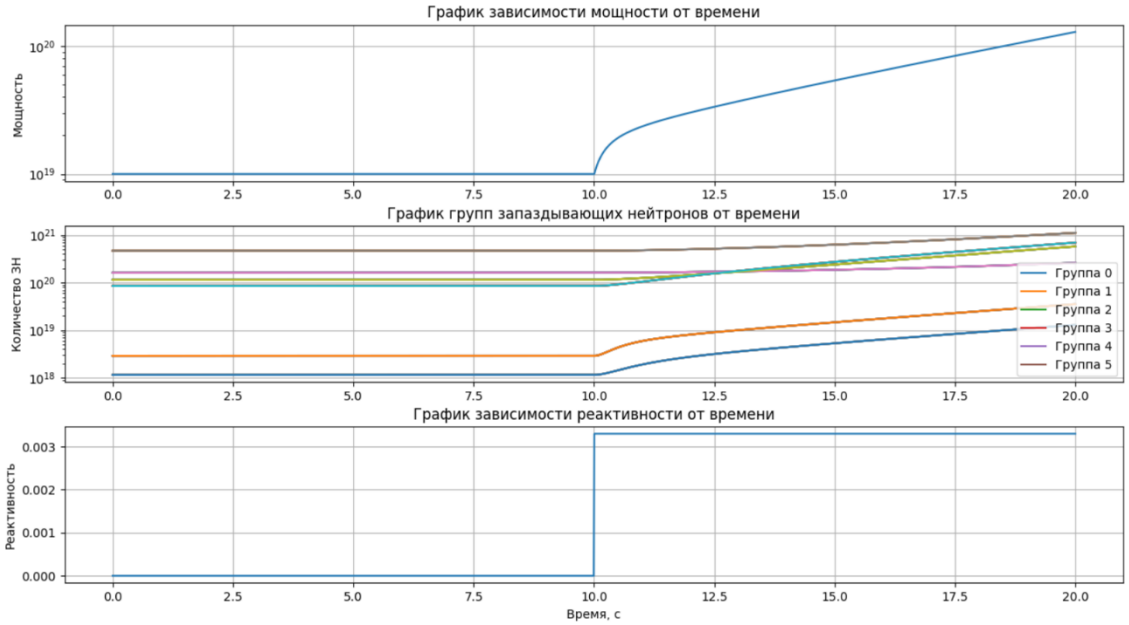


Рис. 1. Модель мгновенного скачка в Python

Сравнив полученную модель с уже готовыми аналогами. За эталон взята модель в программе SimInTech, результаты сравнения представлены на рисунке 2.

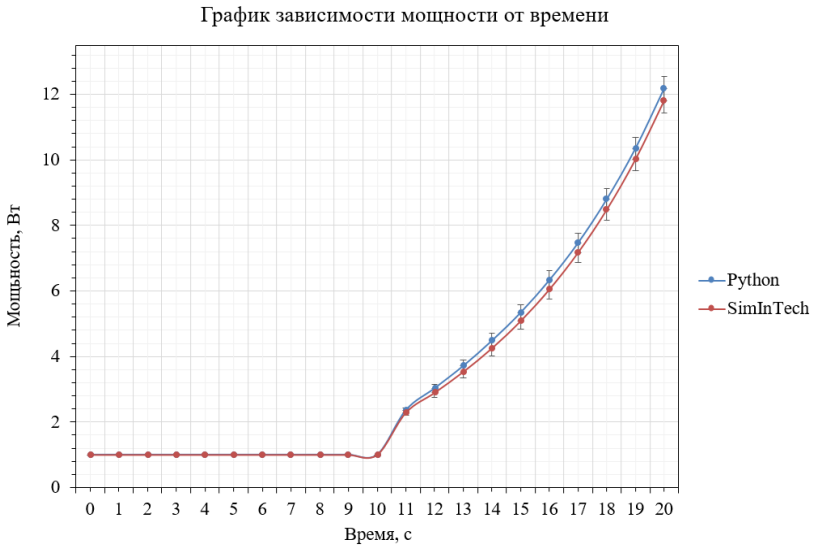


Рис. 2. Сравнение с эталонной моделью

Исходя из полученных графиков видно, что модели схожи. Относительная погрешность полученной мощности за одинаковый промежуток времени (20 секунд) составила 3.13 % и представлена в формуле (3). Также модель, разработанная на языке программирования Python, показывает график реактивности и концентрации групп запаздывающих нейтронов, чего нет в эталонной модели. Еще значительной особенностью Python модели является то, что это «Open-source» проект, то есть, доступ к его исходному коду открыт каждому. Использовав формулу относительной погрешности, с особенностью, что за эталон были взяты значения из модели SimInTech.

$$\delta = \frac{|11.81 - 12.18|}{11.81} \cdot 100\% = 3.13\%. \quad (2)$$

На рисунке 3 представлен интерфейс программы, написанный при помощи библиотеки Tkinter в Python. На главном окне задаются начальная мощность, реактивность и время симуляции.

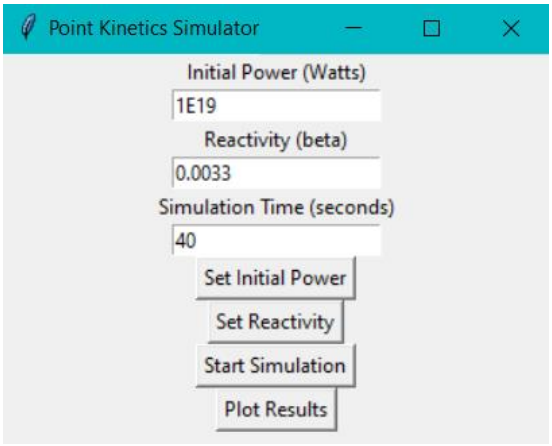


Рис. 3. Интерфейс программы

Затем добавим реактивность с тепловой обратной связью в полученную ранее модель. Основные уравнения показаны в формуле (2):

$$\begin{cases} \dfrac{dn(t)}{dt} = \dfrac{\rho(t) - \beta_{\Э}}{l} n(t) + \sum_{i-1}^{6} \lambda_i C_i(t), \\ \dfrac{dC_i(t)}{dt} = \dfrac{\beta_{\Эi}}{l} n(t) - \lambda_i C_i(t), \\ m_T c_T \dfrac{dT_T(t)}{dt} = n(t) - n_0, \\ \rho = \rho_0 + \alpha_T (T_T - T_{T_0}); \end{cases} \quad (3)$$

Предположим, что регулирующие стержни подняли и ввели некоторую реактивность, не изменяя потребность в паре [5]. Можно увидеть самокорректирующийся переходный процесс мощности, самоограничивающийся изменением температуры. Это означает, что в рабочем режиме стержни можно использовать для контроля температуры активной зоны, а не мощности.

Результаты работы модели реактора, полученные в результате моделирования представлены ниже. На рисунке 4 отображается результат работы полученной модели.

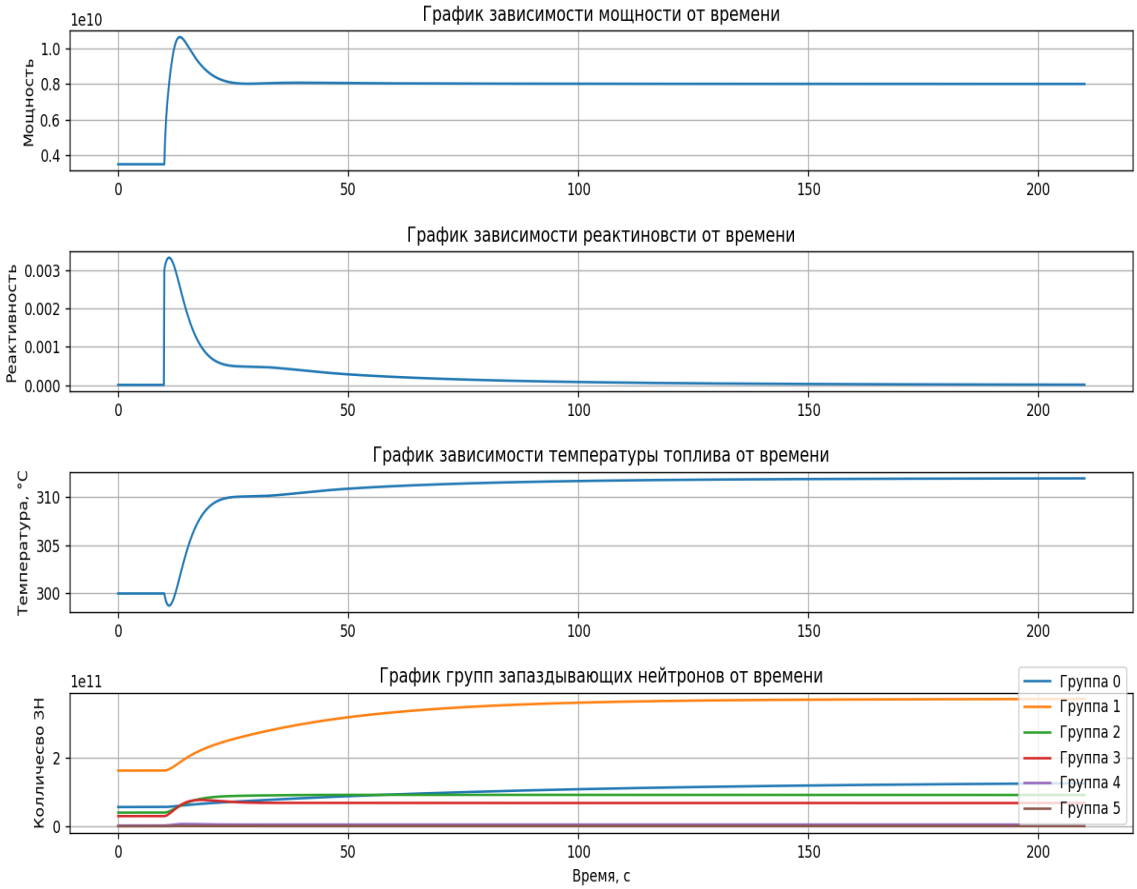


Рис. 4. График работы модели с обратной тепловой связью

Заключение

В результате данной работы была получена модель кинетики реактора, реализованная на языке Python, что дает быстродействие системы за счет встроенных библиотек. Сравнив полученные значения выдаваемой мощности с эталонной моделью, относительная погрешность составила 3.13 %. Модель основана на 7 дифференциальных уравнениях, включающих в себя константы для урана-235. Расчеты проводились при помощи метода интегрирования Эйлера. Интерфейс модели реализован при помощи библиотеки Tkinter.

Список используемых источников

1. Климов, А.Н. Ядерная физика и ядерные реакторы: учебник / А.Н. Климов. – 3-е изд., стер. – Екатеринбург: АТП. – 2015. – 350 с. – Текст: непосредственный.

2. Bequette W., Process Control Modeling Design an Simulation, Prentice Hall, 2003. – 564 с.

3. Владимиров Владимир Иванович. Физика ядерных реакторов: практические задачи по их эксплуатации / В. И. Владимиров. – 5-е изд., перераб. и доп. – Москва: URSS, 2009. – 478 с.: ил. – Текст: непосредственный.

4. Демченко В.А. Автоматизация и моделирование технологических процессов АЭС и ТЭС / В.А. Демченко. – Одесса: Астропринт. – 2001. – 395с.

5. Кипин Дж.Р. Физические основы кинетики ядерных реакторов. М.: Атомиздат. – 1967.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕГРАДАЦИИ БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ ПРОТИВОАВАРИЙНОЙ ЗАЩИТЫ С ПОМОЩЬЮ МАРКОВСКОЙ МОДЕЛИ НАДЕЖНОСТИ

Куцюк Т.В[1], Громаков Е.И.[2]
[1]Томский политехнический университет, Инженерная школа информационных технологий и робототехники 8ТМ22, e-mail: tvk25@tpu.ru
[2]Томский политехнический университет, Инженерная школа информационных технологий и робототехники, доцент, e-mail: gromakov@tpu.ru

Аннотация

В работе описывается использование Марковской модели для анализа надежности и безопасности беспроводной сенсорной сети в системе противоаварийной защиты. Проводятся расчеты вероятности безотказной работы (ВБР), средней вероятности отказа по запросу *PFDavg* при высокой частоте опроса датчиков и уровня полноты безопасности (УПБ/SIL) в условиях снижения диагностического охвата и деградации беспроводной сенсорной сети от архитектуры 2oo3D до 1oo1D.

Ключевые слова: беспроводная сенсорная сеть, безопасность, надежность, противоаварийная защита, модель Маркова.

Введение

На сегодняшний день новые нормативные документы в промышленности не обязуют прямого запрета на использование беспроводных сетей для построения систем противоаварийной защиты (СПАЗ), которые предупреждают возникновение аварий при выходе параметров технологического процесса за пределы допустимых значений.

Традиционно нефтегазовая отрасль в значительной степени полагается на проводные датчики и ручные методы сбора данных, которые часто оказываются громоздкими, отнимают много времени на пуско-монтажные работы (СМР). Распределенная инфраструктура предприятий требует постоянного мониторинга различных параметров, таких как температура, давление, скорость потока и обнаружение утечек. Традиционные системы контроля состояния технологического оборудования сталкиваются с многочисленными проблемами, включая их высокую стоимость, ограниченную масштабируемость и трудности доступа к удаленным опасным объектам. В последние годы технология беспроводных датчиков стала перспективной альтернативой для решения этих проблем. Используя помехоустойчивые протоколы беспроводной связи и передовые возможности датчиков, беспроводная сенсорная сеть (БСС) обеспечивают бóльшую гибкость, мобильность и возможность мониторинга труднодоступных для контроля параметров в режиме реального времени. Предполагается, что с распространением Smart беспроводных датчиков, работающих от встроенного питания и не требующих кабельных проводок в нефтегазовой промышленности, появляется возможность сократить стоимость капитальных затрат на строительство объектов, снизить сроки строительно-монтажных (СМР), снизить операционные затраты, повысить надежность и безопасность СПАЗ.

Внедрение беспроводных датчиков в нефтегазовой промышленности может обеспечить удаленный сбор данных, эффективное управление активами, предиктивное обслуживание и повышенные меры безопасности. Но любое оборудование в том числе и элементы сенсорной сети СПАЗ подвержены деградации с течением временем. Это может привести к снижению уровня безопасности и увеличению рисков для безопасности производственных блоков.

Целью данной статьи является исследование деградации системы ПАЗ, а именно БСС ПАЗ, и влияние данного процесса на уровень полноты безопасности и на защищенность от аварий на промышленных объектах.

Основная часть

К числу наиболее распространенных динамических моделей надежности и безопасности систем относятся марковские случайные процессы [1].

Марковские случайные процессы являются математическими моделями, используемыми для анализа систем, которые в динамике характеризуются системным свойством без памяти, известным как свойство Маркова. Они основаны на теории вероятностей и теории случайных процессов.

Марковский процесс определяется набором состояний, в которые СПАЗ может переходить в соответствии с определенными вероятностными правилами. Переход из одного состояния в другое происходит на основе текущего и не зависит от истории предыдущих состояний. Построение Марковской модели безопасности СПАЗ включает определение состояний системы, их переходов и соответствующих вероятностей перехода. Начальным этапам является анализ структуры СПАЗ, сведений о безопасности ее компонентов, информация о восстановлении после отказа и другие факторы. На основе этих данных строятся математические модели, которые позволяют оценить вероятности нахождения СПАЗ в различных состояниях и проводить анализ надежности и безопасности [2]. Пусть архитектура (схема) СПАЗ в исходном рабочем состоянии 2oo3D. Ее модель в процессе деградации СПАЗ имеет вид, показанный на рисунке 1.

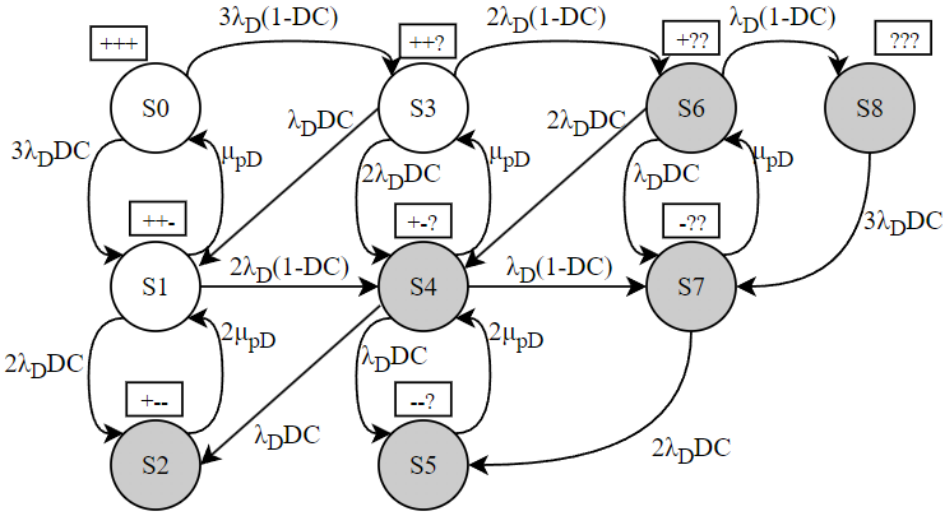


Рис. 1. Модель Маркова архитектуры 2oo3D БСС ПАЗ

За счет особенности архитектуры резервирования после деградации схемы СПАЗ 2oo3D, система может продолжать работать, так как два датчика СПАЗ еще работоспособны. Соответственно формируется архитектура СПАЗ 2oo2D, в которой хотя и увеличивается риск опасного отказа уровень безопасности сохраняет достаточный показатель SIL. Модель Маркова для архитектуры 2oo2D представлена на рисунке 2.

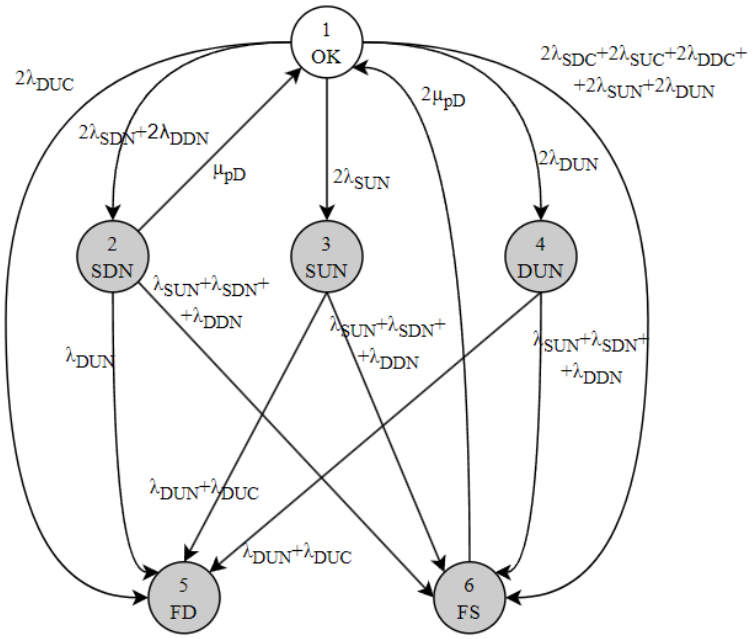


Рис. 2. Модель Маркова БСС ПАЗ, деградировавшей до уровня 2oo2D

Так как интеллектуальные датчики имеют собственную память, способную хранить данные, полученные за последние три месяца и цепи диагностики, при отказе одного датчика БСС в схеме 2oo2D система ПАЗ может выявить аварийный датчик (и отключить его) и произвести переход на архитектуру 1oo1D. Будем считать, что СПАЗ 1oo1D является последним ее состоянием, предельным рубежом выполнения СПАЗ функций защиты. Одноканальные системы 1oo1D ненадежны и небезопасны. Модель Маркова для архитектуры 1oo1D представлена на рисунке 3.

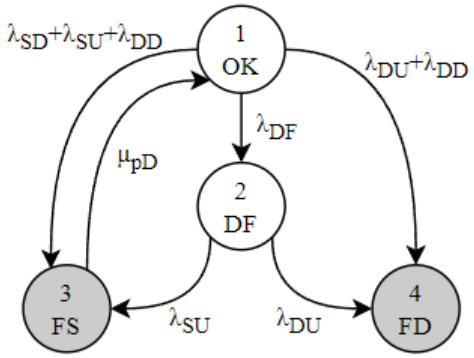


Рис. 3. Модель Маркова БСС ПАЗ, деградировавшей до уровня 1oo1D

В таблице 1 представлены базовые значения входных параметров модели функциональной безопасности.

Таблица 1

Базовые значения входных параметров

Параметр	Значение	Единица измерения
MTTF	50 000 [3]	час
MRT	8	час
T_D	4	час
DC	50 – 95	%
$\lambda = \frac{1}{\text{MTTF}}$	$2 \cdot 10^{-5}$	1/час
$\lambda_D = 0,4 \cdot \lambda$	$8 \cdot 10^{-6}$	1/час
$\mu_p = \frac{1}{\text{MRT}}$	0,125	1/час
$\mu_{pD} = \frac{1}{\text{MRT} + T_D}$	0,083	1/час

Вероятность нахождения системы в работоспособном состоянии является мерой SIL СПАЗ и определяет вероятность того, что система будет функционировать без отказов или сбоев в определенный момент времени. Ниже приведены графики вероятности безотказной работы (ВБР) и средней вероятности безотказной работы по запросу (*PFDavg*) при высокой частоте опроса датчиков для схемы 2oo3D с разным уровнем деградации (рис. 4).

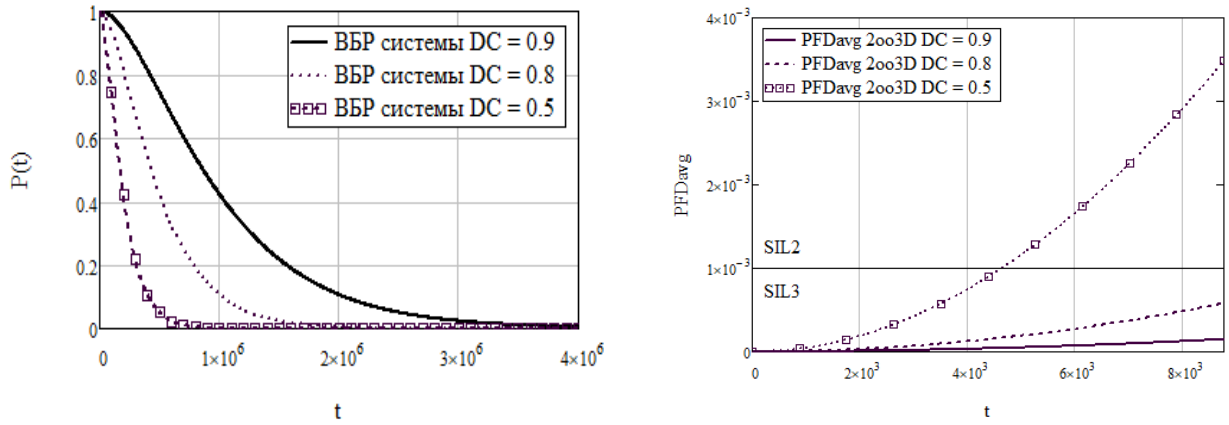


Рис. 4. Графики ВБР и PFDavg соответственно для архитектуры 2oo3D при различных DC (деградации систем самодиагностики)

Также ниже приведен график ВБР при непосредственной деградации схемы СПАЗ от 2oo3D архитектуры к 1oo1D (рис. 5).

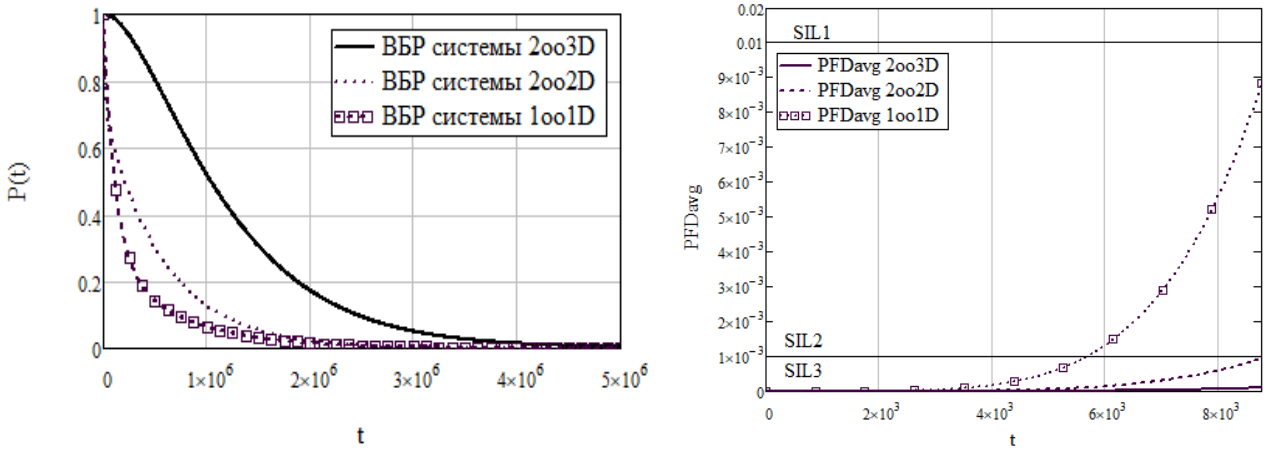


Рис. 5. Графики ВБР и PFDavg соответственно для моделей 2oo3D, 2oo2D, 1oo1D

Для подведения результатов составим таблицу зависимости ВБР системы при деградации БСС, а именно с уменьшением диагностического охвата (таблица 2) и *PFDavg* для архитектур резервирования 2oo3D, 2oo2D, 1oo1D (таблица 3).

Таблица 2

Зависимость ВБР и PFDavg от диагностического охвата

Значение DC	ВБР через 1 год обслуживания	*PFDavg* через 1 год обслуживания	SIL
0,9	0,987	$1,48 \cdot 10^{-4}$	SIL3
0,8	0,953	$5,799 \cdot 10^{-4}$	SIL3
0,5	0,79	$3,481 \cdot 10^{-3}$	SIL2

Таблица 3

Значения ВБР и PFDavg для архитектур резервирования 2oo3D, 2oo2D, 1oo1D

Архитектура резервирования	ВБР через 1 год обслуживания	*PFDavg* через 1 год обслуживания	SIL
2oo3D	0,998	$1,03 \cdot 10^{-4}$	SIL3
2oo2D	0,9	$9,402 \cdot 10^{-4}$	SIL3
1oo1D	0,943	$8,809 \cdot 10^{-3}$	SIL2

Из таблиц 2, 3 видно, что система может без опасных последствий функционировать на протяжении 1 года по схеме 2oo3D, деградировавшей до 2oo2D, обеспечивая высокий уровень полноты

безопасности (УПБ/SIL). В случае полной деградации до схемы 1oo1D рекомендуется в течение месяца остановить весь технологический процесс для обслуживания и ремонта оборудования СПАЗ, так как безопасность эксплуатации такой схемы приближается к SIL1, что не допустимо для ключевых объектов НГО.

Заключение

Разработана модель деградации БСС СПАЗ архитектуры 2oo3D до уровней 2oo2D, 1oo1D. Выполненный анализ процесса деградации БСС СПАЗ с использованием динамической Марковской модели и расчетом вероятности безопасной работы СПАЗ показал, что при достаточно большом диагностическом охвате от 80% и выше не требуется останавливать производство и выполнять комплекс восстановительных работ в СПАЗ. Безопасность БСС ПАЗ будет достаточно высокой при последующей эксплуатации на протяжении 1 года работы с момента первого отказа БСС. Для объектов повышенной опасности не рекомендуется доводить систему до 1oo1D так как такая схема СПАЗ становится не допустимой для обеспечения безопасности ОПО НГО

Список использованных источников

1. Вентцель Е.С. Теория вероятностей: Учеб. для вузов. – 6-е изд. стер. – М.: Высш. шк., 1999. – 576 с.: ил. – ISBN 5-06-003650-2. – С. 292-306.

2. TECHNICAL REPORT "Safety Instrumented Functions (SIF)-Safety Integrity Level (SIL) Evaluation Techniques Part 4: Determining the SIL of a SIF via Markov Analysis". – № ISA-TR84.00.02-2002. – С. 21-38.

3. Техническое описание "Возможности дистанционного контрольного испытания. Новейшее поколение устройств мониторинга уровня позволяет повысить безопасность и эффективность" от мая 2017. – № 00870-0207-4140, Ред. АА. – С. 1-8.

SMART-МОНИТОРИНГ ЛИНЕЙНЫХ УЧАСТКОВ ГАЗОПРОВОДА

Пастухов А.И.[1], Громаков Е.И.[2]
[1]Томский политехнический университет,
Инженерная школа информационных технологий и робототехники 8Т11, e-mail: aip28@tpu.ru
[2]Томский политехнический университет,
Инженерная школа информационных технологий и робототехники, доцент, e-mail: gromakov@tpu.ru

Аннотация

В работе рассмотрен автоматизированный мониторинг линейных участков газопровода. Предложено концептуальное решение SMART-мониторинга линейных участков газопровода с применением беспилотных летательных аппаратов и технологии промышленного Интернета вещей.

Ключевые слова: беспилотники, газопровод, мониторинг, промышленный Интернет вещей.

Введение

В настоящее время транспортировка газа имеет большое значение для сохранения энергетической безопасности и устойчивого развития многих стран. Однако, с ростом объемов и сложности системы поставок, возникают все большие требования к эффективности и безопасности процессов транспортировки, которые обеспечиваются оперативным наблюдением за стабильной работой всех систем и предотвращением возможных аварий.

Для выполнения штатных работ по эксплуатации объектов газопровода и сокращения числа аварий необходимы новые решения по автоматизации мониторинга участков газопровода. В данной работе предлагается концептуальный вариант контроля состояния газопровода с использованием беспилотных летательных аппаратов.

Описание концептуального решения SMART-мониторинга линейных участков газопровода.

На территории Российской Федерации существует множество газотранспортных сетей, расположенных в различных рельефах местности и климатических условиях. Для контроля штатной работы по транспортировке газа необходим мониторинг, который проводят затратным образом, преимущественно наземным транспортом и вертолетами [1]. Недостатки такого контроля вызывают потребность в поиске более дешевых и оперативных вариантов контроля состояния технологического оборудования, ведь от того, насколько раньше будет обнаружено аварийное событие, может зависеть не только целостность сооружений, но и жизни работников.

Для возможного решения технических проблем оперативного контроля линейных участков газопровода предлагается использовать летательные аппараты: беспилотники (БПЛА) [2]. Система мониторинга с использованием БПЛА обладает следующими возможностями:

1. Дистанционное ведение мониторинга частей магистрального газопровода с использованием БПЛА позволяет получать более точные результаты в виде изображений высокого качества и спектральной аналитики, а также снизить временные затраты на проведение мониторинга.

2. Сбор данных в режиме реального времени и передача их операторам увеличивает оперативность принятия решений. Эти данные могут быть обработаны с использованием, например, алгоритмов искусственного интеллекта для прогнозирования возможных проблем или нарушений, что позволяет операторам принимать предупредительные меры и предотвращать потенциальные аварии.

3. С помощью БПЛА можно осуществлять проверку и непосредственный контроль за проведением восстановительных и ремонтных работ, что позволяет обеспечивать более качественное проведение и строгий контроль сроков и объемов производства этих работ.

4. Снимки и данные, полученные с БПЛА, позволяют выстраивать и детализировать ретроспективный анализ трубопровода для контроля возникающих деформационных угроз ему (землетрясение, протаивание грунта, наводнение и др.).

5. Предварительный осмотр мест в случае возникновения чрезвычайных ситуаций и инцидентов может обезопасить персонал при проведении работ повышенной опасности и испытаний на прочность и герметичность конструкций.

Поскольку оперативность работы с данными и быстрое принятие решений является ключевым фактором стабильной работы любого сложного производства, возникает необходимость в

использовании современных информационных технологий, которые дадут возможность управлять данными непосредственно в процессе мониторинга газопровода, то есть, в режиме реального времени.

В концептуальном проекте в качестве такой технологии выбран промышленный Интернет вещей (Industrial Internet of Things – IIOT) [3] с использованием спутниковой связи для передачи данных на большие расстояния, что обеспечит низкую задержку доставки информации в центр обработки данных (ЦОД). Это решение позволяет центральному управлению и диспетчерским пунктам получать информацию о состоянии линейных участков в онлайн режиме процесса мониторинга.

На рисунке 1 представлена концептуальная модель SMART-автоматизации мониторинга участков газопровода с использованием беспилотных летательных аппаратов.

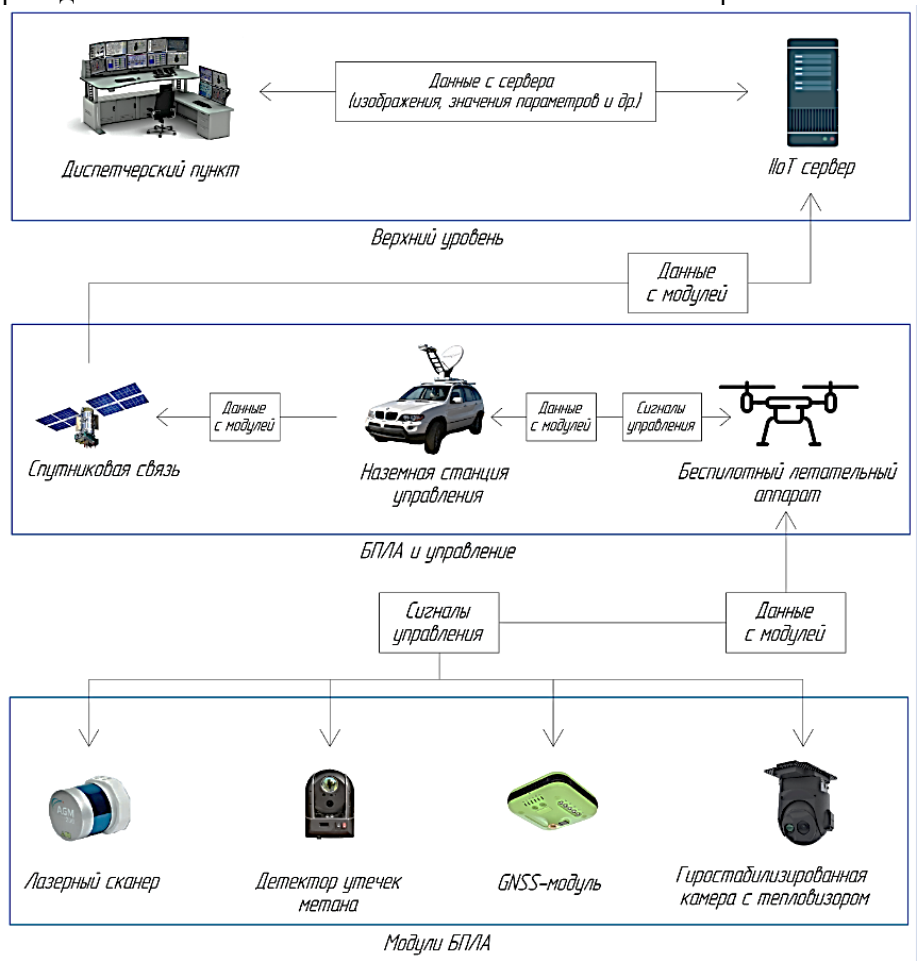


Рис. 1. Концептуальная модель SMART-автоматизации мониторинга участков газопровода с использованием беспилотных летательных аппаратов

Для решения задачи детального анализа состояния технологического оборудования на беспилотный летательный аппарат устанавливаются несколько модулей:

1. Лазерный сканер, который обеспечит формирование трехмерной модели рельефа с находящимися на местности объектами, их состояние и динамику, например, их реконструкции [4].

2. Детектор утечек метана для измерения суммарной концентрации метана в луче лазера, что позволит определить места утечки и принять необходимые меры к их устранению.

3. GNSS-модуль для навигации БПЛА и определения его местоположения с высокой точностью.

4. Гиростабилизированная камера с тепловизором для ведения аэрофотосъемки высокого качества и выявления тепловых потерь, дефектов и проблемных зон сооружений.

Информация, полученная с модулей БПЛА, передается в ЦОД на IIoT сервер с использованием спутниковой связи (например, спутников «Гонец» или «Ямал», или спутниковой системы Starlink). Обработанные данные поступают с IIoT сервера в диспетчерский пункт и выводятся удобным образом в виде изображений, видеофрагментов, моделей и графиков.

На рисунке 2 представлен порядок (алгоритм) работы системы мониторинга линейных участков газопровода.

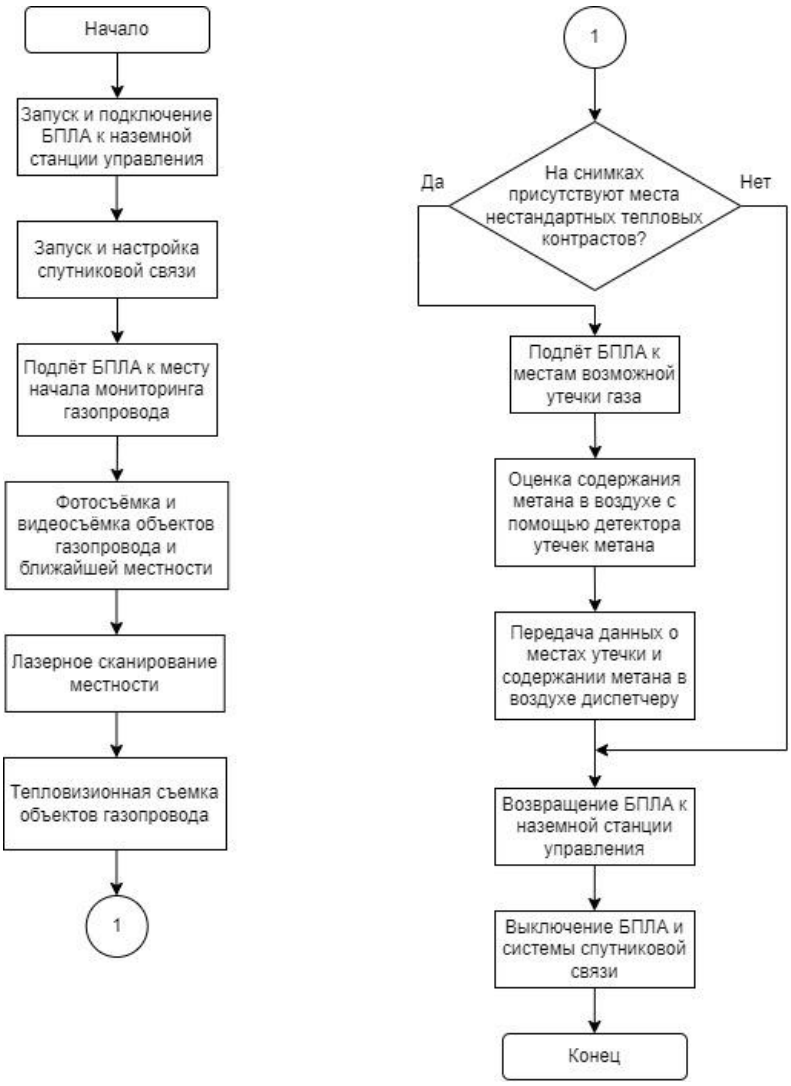


Рис. 2. Алгоритм работы системы мониторинга линейных участков газопровода

Проведение мониторинга начинается с размещения и запуска БПЛА и спутниковой связи для передачи данных в режиме реального времени. Затем беспилотник поднимается на задаваемую высоту и направляется к начальному участку линейной части газопровода. Во время полета производится последовательное обследование:

1. Фотосъёмка и видеосъёмка.
2. Лазерное сканирование.
3. Тепловизионная съёмка.

При обнаружении необычных участков тепловых контрастов, детектор утечек метана фиксирует содержание метана в воздухе и передает эту информацию диспетчеру, который наблюдает её в виде графиков и числовых значений. По завершении мониторинга БПЛА возвращается к наземной станции управления и выключается. По трассе газопровода устанавливаются несколько таких станций в виде вышек 10-15 м высоты с площадками базирования БПЛА. Если в результате расчетов стоимость таких вышек с ветряными генераторами для зарядки батарей БПЛА будут невысокими, то предлагается использовать в качестве БПЛА FPV-дроны.

Заключение

В ходе выполнения работы были проанализированы основные методы мониторинга газотранспортных объектов, выбраны средства для мониторинга газопровода в дистанционном режиме и технология передачи и обработки данных в режиме реального времени, сформирован функционал мониторинга газопровода и предложен алгоритм его выполнения. На основе выполненных исследований составлен концептуальный вариант автоматизированной системы мониторинга участков

газопровода с использованием беспилотных летательных аппаратов.

Практическая ценность работы заключается в возможном сокращении временных затрат на проведение мониторинга участков газопровода и обеспечение более высокого уровня безопасности участников эксплуатации газопровода.

Предлагаемое решение онлайн мониторинга газопровода с использованием промышленного Интернета вещей может быть внедрено в энергетических компаниях на территории Российской Федерации. По результатам обсуждения работы на конференции будут продолжены исследования и дальнейшее совместное развитие предлагаемого варианта решения проблемы мониторинга газопровода со специалистами ООО «Газпром трансгаз Томск».

Список использованных источников

1. Методы мониторинга объектов транспортировки // Neftegas.RU: сайт. – 2023. – URL: https://magazine.neftegaz.ru/articles/transportirovka/776853-metody-monitoringa-obektov-transportirovki/ (дата обращения: 15.10.2023)

2. Айроян З.А. Мониторинг магистральных нефтепроводов с помощью беспилотных летательных аппаратов / З.А. Айроян, О.А. Коркишко, Г.В. Сухарев – Текст : электронный // Инженерный вестник Дона. – 2016. – № 4. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/monitoring-magistralnyh-nefteprovodov-s-pomoschyu-bespilotnyh-letatelnyh-apparatov (дата обращения: 15.10.2023)

3. Громаков Е.И. Современные технологии. Киберфизические системы : учебное пособие / Е.И. Громаков, А.А. Сидорова – Томск, – 2021. – 79 с. – Текст: электронный // Портал ТПУ [сайт]. – URL: https://portal.tpu.ru/SHARED/s/SIDOROVA/Yheba/Tab8/Современные%20технологии.pdf

4. БПЛА на объектах трубопроводного транспорта // Neftegas.RU: сайт. – 2023. – URL: https://magazine.neftegaz.ru/articles/tsifrovizatsiya/767826-bpla-na-obektakh-truboprovodnogo-transporta/ (дата обращения: 30.09.2023)

ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ХОЛОДИЛЬНЫХ КАМЕР НА ПРЕПРИЯТИИ

Зырянов Д.А.
Томский политехнический университет, Инженерная школа информационных технологий и робототехники, 8К33, e-mail: daz45@tpu.ru

Аннотация

Статья рассматривает методы автоматизации контроля температурного режима холодильных камер в складских помещениях, включая разработку способа измерения температуры, создание автоматизированной системы и проведение испытаний. Предложенный подход с удаленным мониторингом холодильных камер способствует надежной работе оборудования и своевременному выявлению нештатных ситуаций, минимизируя потери продукции и обеспечивая непрерывность процесса хранения

Ключевые слова: Контроль температурного режима, эффективность работы, удаленный мониторинг, минимизация потерь.

Введение

В современных условиях немалую роль играет обеспечение требуемого микроклимата в холодильных камерах складских помещений, а также оптимизация затрат на хранение продукции путем экономии тепловой энергии. Проблема контроля и поддержания оптимальной температуры в холодильных камерах становится все более актуальной для предприятий пищевой промышленности и складского хозяйства. Организация автоматизированной системы контроля температуры оказывает существенное влияние на эффективность работы оборудования и снижение рисков потерь продукции из-за возможных сбоев.

Целью настоящей статьи является рассмотрение методов автоматизации контроля температурного режима холодильных камер в складских помещениях. Решение данной задачи предполагает разработку способа измерения температуры, создание и внедрение автоматизированной системы, а также проведение испытаний для подтверждения эффективности разработанного подхода. Подход, основанный на организации удаленного мониторинга холодильных камер, предлагает эффективное решение для обеспечения надежности работы оборудования и своевременного выявления нештатных ситуаций. Такой подход позволяет минимизировать потери товаров и обеспечить непрерывность процесса хранения продукции.

Точность измерения температуры и выбор технологий, представленных в нашем исследовании, являются решающими для обеспечения эффективной работы системы мониторинга. Исследование в области автоматического дистанционного мониторинга работы холодильных камер позволит выявить наиболее оптимальные пути повышения эффективности контроля температуры в складских помещениях и снижения затрат на хранение продукции.

Описание алгоритма

Система обеспечивает мониторинг температуры в холодильных камерах складских помещений. Измерение температуры воздуха производится датчиками температуры, установленными в холодильных камерах. оповещение оперативного персонала о превышении параметров заданных границ посредством отправки сообщений через телеграм с информацией о возникших аварийных ситуациях температурного режима; на рисунке 1 представлена схема подключения датчиков к плате представлена схема подключения плата UNO с датчиками температуры(ds18b20). Благодаря встроенному WiFi модулю (ESP8266) плата подключается к интернету. Благодаря библиотеке UniversalTelegramBot для работы с телеграмм ботом, производится своевременная отправка уведомлений ответственному лицу в компании в случаи, когда хотя бы 1 датчик будет показывать значения не соответствующий тому температурному режиму, где он был установлен. На рисунке 2 представлена архитектура проекта. Можно увидеть наглядно, как работает данный проект.

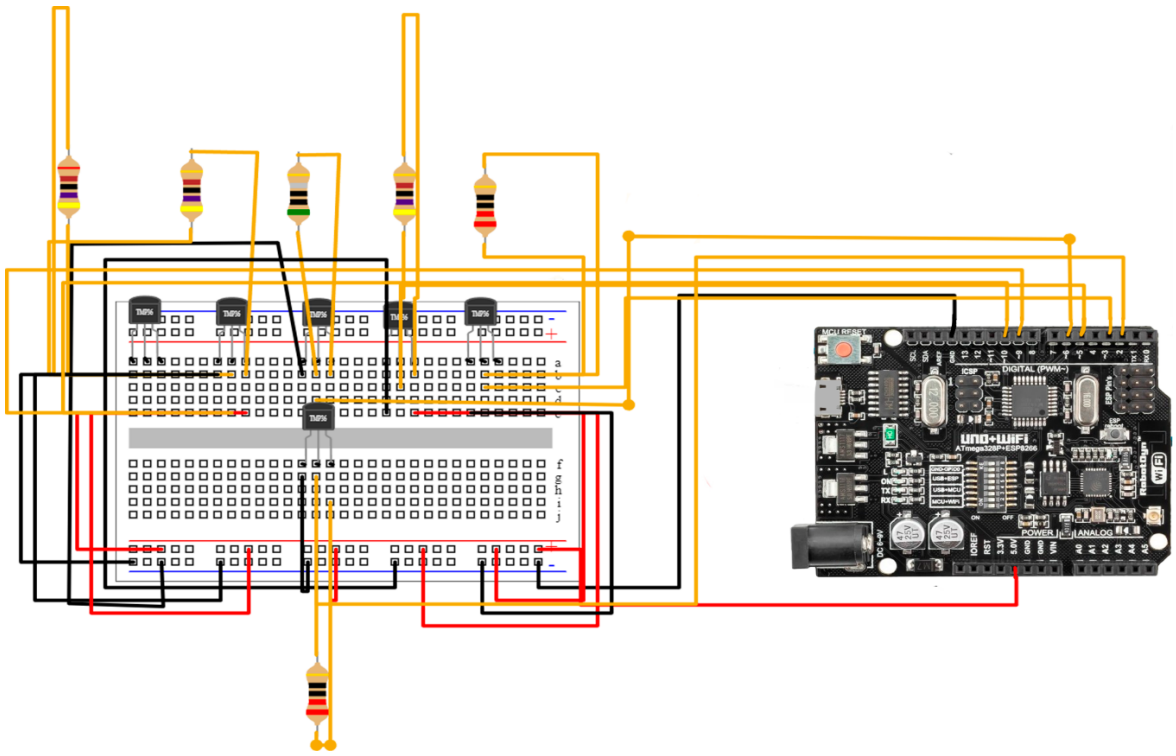


Рис. 1. Схема подключения датчиков к плате.

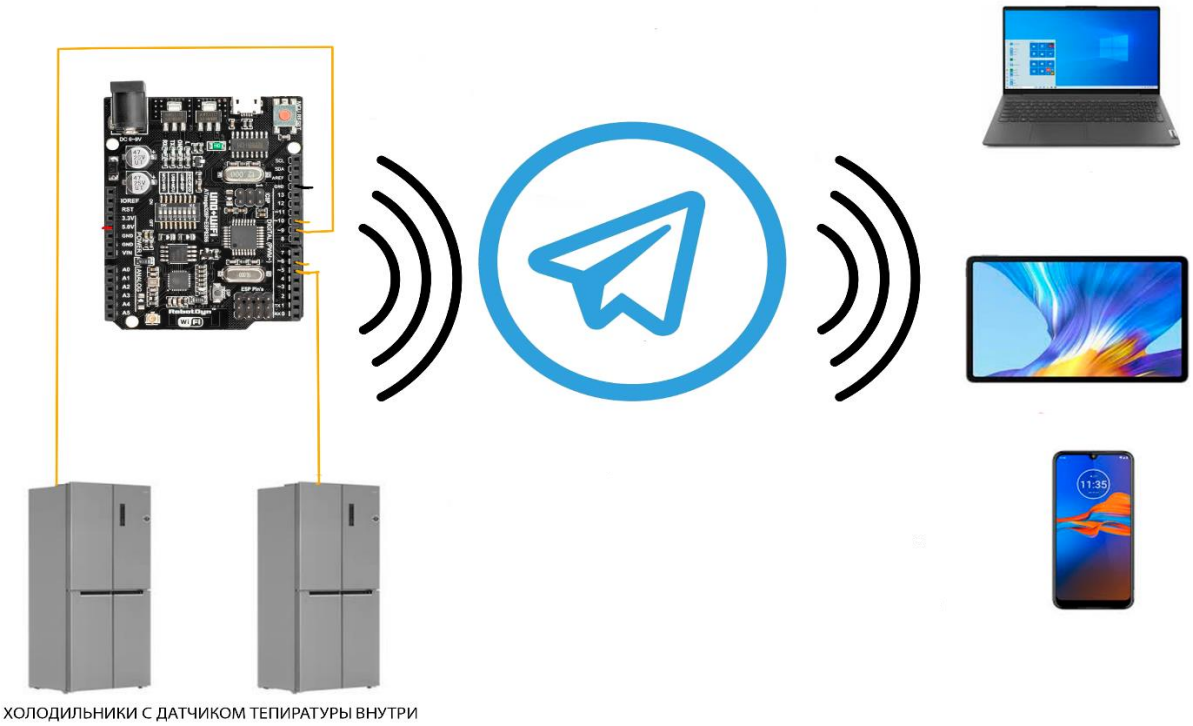


Рис. 2. Архитектура проекта.

Для достижения поставленной цели и связанных с ней задач в работе использовались языки программирования: C++. Взаимодействие с человеком происходит посредством Telegram-бота. В силу большого объёма разработанного кода, ниже приведём лишь некоторые его фрагменты, с пояснением их функционала.

Фрагмент кода, разработанного на C++:

```
void loop()
{
 message m = bot.getUpdates();
 String nes="";
 ds1.requestTemperatures();
 float t1 = ds1.getTempC(sensor1);
 float t2 = ds1.getTempC(sensor2);
 float t3 = ds1.getTempC(sensor3);
 float t4 = ds1.getTempC(sensor5);
 if ((t1 > max_d1) or (t1<min_d1)){
 nes=nes+"t1-"+t1;
 }
 if ((t2 > max_d2) or (t2<min_d2)){
 nes=nes+",t2-"+t2;
 }
 if ((t3 > max_d3) or (t3<min_d3)){
 nes=nes+",t3-"+t3;
 }
 if ((t4 > max_d4) or (t4<min_d4)){
 nes=nes+",t4-"+t4;
 }
 if ((t5 > max_d5) or (t5<min_d5)){
 nes=nes+",t5-"+t5;
 }
 if ((t6 > max_d6) or (t6<min_d6)){
 nes=nes+",t6-"+t6;
 }

if (nes !=””){
 bot.sendMessage(m.chat_id, "Температурный режим не соблюдается в "+nes);
}
```

Заключение

В заключение, разработанный проект системы модуля мониторинга температурного режима представляет собой важный инструмент для компаний, работающих с промышленным холодильным оборудованием.

Он обеспечивает контроль, мониторинг и учет данных о температурном режиме в холодильных камерах, что способствует обеспечению оптимальных условий хранения продукции. Путем непрерывного отслеживания текущих и предыдущих данных о температуре и отправки уведомлений в случае превышения заданных значений, система поможет предотвратить порчу продуктов питания и минимизировать риски неконтролируемых изменений температуры в холодильных помещениях.

Таким образом, данное устройство не только обеспечивает безопасность и надежность хранения продукции, но и способствует оптимизации процессов контроля температурного режима на предприятиях, повышая их эффективность, экономичность и качество обслуживания.

Список использованных источников

1. Иванов П.Н. Системы мониторинга температурного режима в пищевой промышленности // Журнал качества и безопасности пищевых продуктов. – 2021.

2. Петрова О.И. Современные технологии в промышленной холодильной технике // Журнал промышленной холодильной техники. – 2020.

3. Смирнов А.С. Оптимизация контроля и мониторинга температуры в условиях холодильных складов // Журнал управления цепочкой холодильных перевозок. – 2019.

4. Козлова Е.М. Значение мониторинга температуры для сохранения качества продукции питания // Журнал пищевых технологий. – 2018.

5. Григорьева Н.И. Актуальные подходы к мониторингу температурного режима в холодильных камерах предприятий пищевой промышленности // Журнал технологий пищевой промышленности. – 2017.

6. Соколов Д.М. Технологии контроля и учета данных о температуре в промышленных холодильных установках // Журнал холодильной техники и климатического оборудования. – 2016.

7. Попов В.С. Основные принципы работы и практическое применение датчиков температуры в промышленных холодильных системах // Технический журнал "Холод и вентиляция". – 2015.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ СТЕНДА СЕПАРАЦИИ НЕФТИ

Цавнин А.В.[1], Паркин И.Д.[2]
[1]Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Инженерная школа информационных технологий и робототехники, доцент, e-mail avc14@tpu.ru
[2]Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Инженерная школа информационных технологий и робототехники, 8Т02, e-mail idp6@tpu.ru

Аннотация

В работе рассматривается разработка операторского программного обеспечения для установки физического подобия «Сепаратор», включающий сбор и передачу информации посредством Modbus TCP и HTTP, отображение активных элементов управления и логирования результатов эксперимента.

Ключевые слова: сепаратор, графический интерфейс, база данных, фильтрация данных.

Введение

На сегодняшний момент в области добычи нефти одним из важнейших компонентов начальной обработки сырой нефтепродукции является специальное устройство, используемое для разделения нефти от сопутствующего газа, воды и других примесей – сепаратор [1].

Для проведения автоматизированного эксперимента на стенде сепарации нефти необходима соответствующая управляющая программа, с помощью которой оператор сможет осуществлять съем данных для последующей обработки и их визуализацию, осуществлять управление системой и изменять режимы работы установки.

Целью данной работы является формирование диспетчерского уровня системы автоматизации стенда физического подобия "Трехфазный сепаратор" за счет создания операторского программного обеспечения. Данное решение предназначено в основном для использования в рамках лабораторных стендов, потенциальные пользователи которых – студенты и научные сотрудники.

Данное программное обеспечение разработано на языке программирования Python, с использованием фреймворка Qt6. В качестве передачи данных используется протокол Modbus TCP и HTTP.

Разработка базы данных

Была разработана реляционная база данных с использованием системы управления базами данных MySQL, для хранения результатов эксперимента.

Разработанная база данных предназначена для ввода, накопления и долговременного хранения информации о времени эксперимента, количестве вещества, а именно: нефти, эмульсии, воды, а также времени работы насосов и клапанов и фотографий с камеры: оригинальных и сегментированных. База данных содержит следующие сущности: «Тип эксперимента», «Начальное количество жидкостей в баках», «Изображения», «Насосы», «Клапаны», «Результаты».

Основываясь на данных сущностях, была спроектирована логическая модель базы данных, которая показана на рисунке 1.

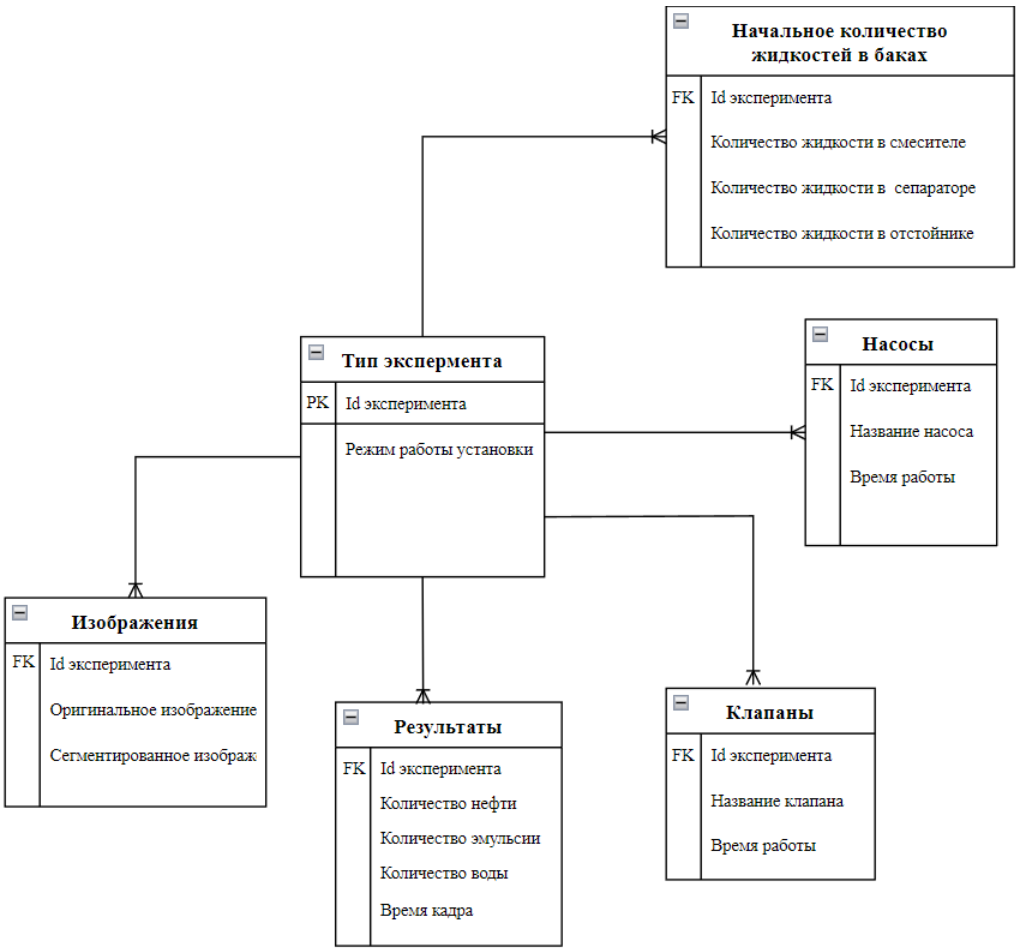


Рис. 1. ER-диаграмма

Разработка графического интерфейса

В качестве основного языка программирования используется Python [2] и фреймворк Qt6 [3]. Для разработки использовалась среда PyCharm.

Qt6 – программная платформа, которая упрощает разработку программного продукта. Среди его достоинств стоит отметить кроссплатформенность спроектированных приложений, детальную документацию с примерами и наличие удобных инструментов для проектирования графических интерфейсов.

Разработанное приложение служит для визуализации экспериментальных данных и управлением работы стенда, и содержит в себе 4 основных окна: «Статический режим», «Динамический режим», «Технических прогон», «Мнемосхема». Первые два окна предназначены для вывода данных эксперимента на график в режиме реального времени. Окно «Динамический режим» также содержит опции для определения времени эксперимента. Данные эксперимента передаются по протоколу HTTP в формате JSON. Окно «Технический прогон» служит для определения неисправностей элементов системы, а также для вывода информации о количестве жидкостей в емкостях. Окно «Мнемосхема» содержит экранную форму, предназначенную для визуализации и понимания работы стенда трехфазного подобия сепаратора. Для управления выходами, к которым подключены насосы и задвижки стенда, используется протокол Modbus TCP. Помимо этого, в интерфейсе присутствует индикация, обозначающая подключение к ПЛК, серверу и базе данных.

Для изменения настроек эксперимента присутствует панель управления, которая находится в верхней части интерфейса. Она позволяет перейти к следующим окнам: для подключения к серверу, к изменению параметров сегментации, к выводу на график уже проведенных экспериментов по id. Помимо этого, панель управления содержит элементы, позволяющие пользователю сохранить график в формате PNG, JPEG, SVG, также, при сохранении можно редактировать цветовую палитру графика. Вывод данных, для последующей обработки, доступен в формате xlsx, txt и csv.

Внешний вид основных окон приложения представлен на рисунках 2 – 5.

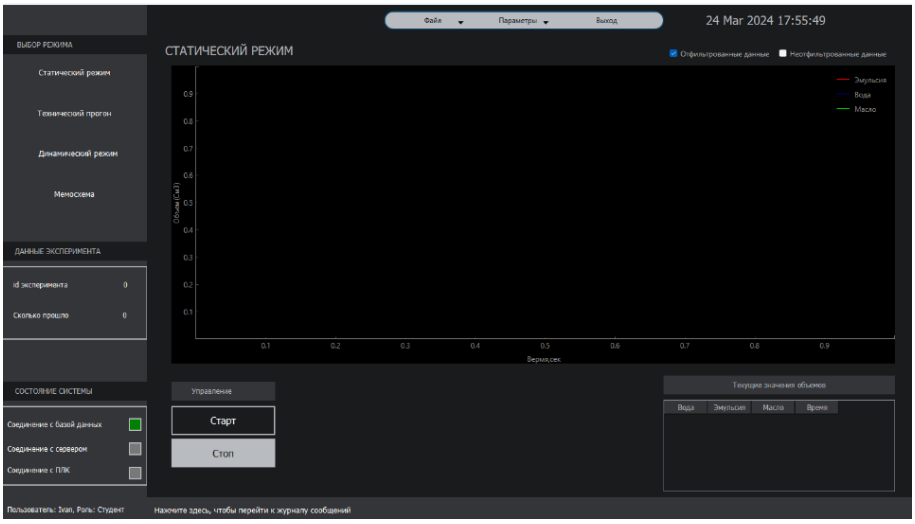


Рис. 2. Окно «Статический режим»

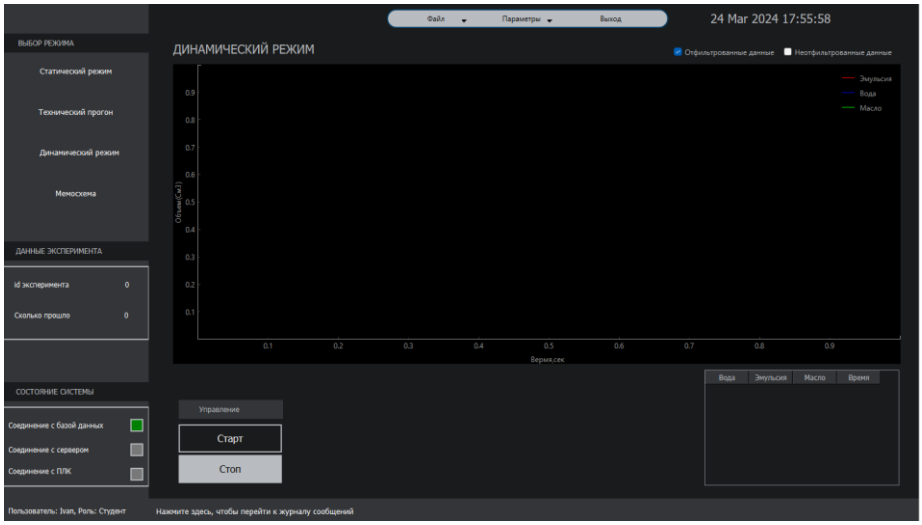


Рис. 3. Окно «Динамический режим»

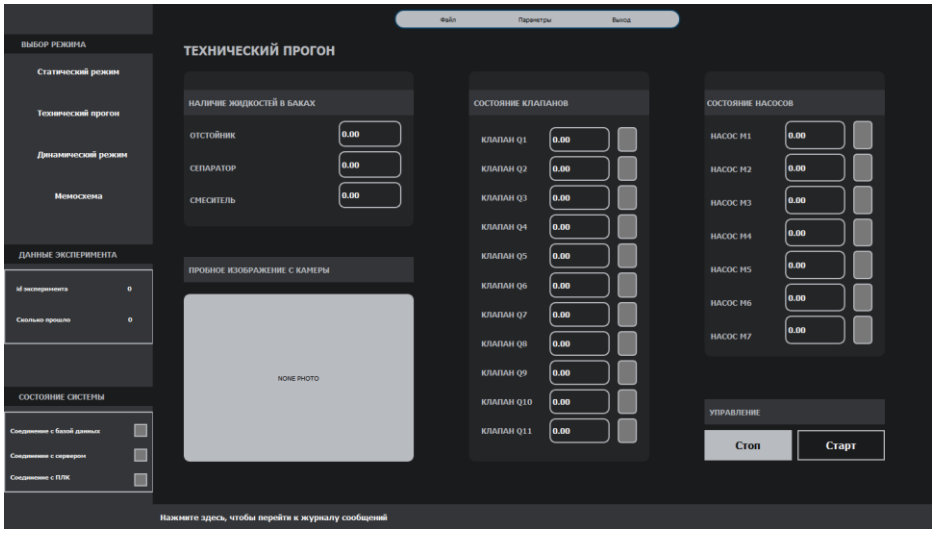


Рис. 4. Окно «Технический прогон»

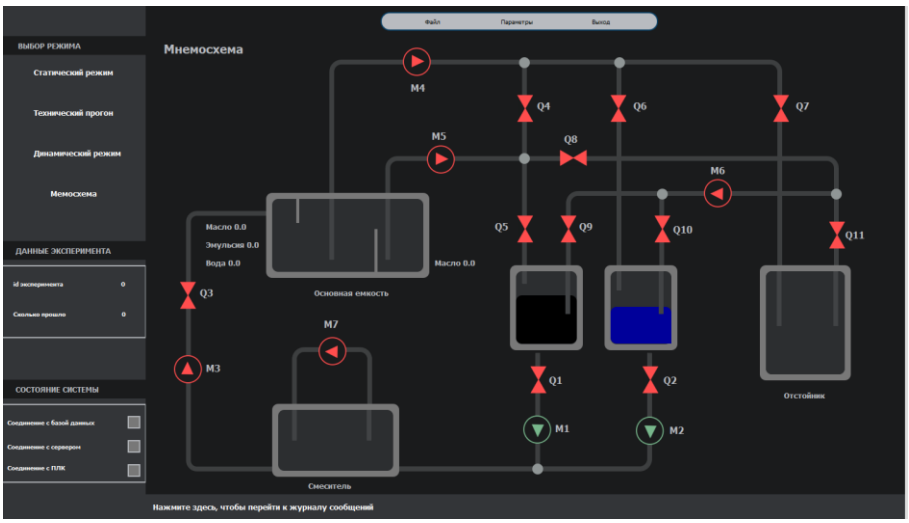


Рис. 5. Окно «Мнемосхема»

На рисунке 6 показан результат работы приложения на примере визуализации экспериментальных данных.



Рис. 6. Результат работы приложения на примере вывода экспериментальных данных

Во время проведения эксперимента, все действия оператора фиксируются в журнале сообщений с указанием временной метки. Также, в журнале фиксируются аварийные ситуации, например, потеря соединения с сервером. Сообщения можно вывести в формате txt и csv, либо сразу распечатать.

Фильтрация данных

Для фильтрации данных используется фильтр Савицкого – Голея, так как данный фильтр стремится сохранить основные характеристики исходного распределения в виде относительных максимальных и минимальных значений. Ширина пиков тоже сохраняется [4].

Фильтр Савицкого-Голея – это метод сглаживания данных, который используется для уменьшения шума во временных рядах или сигналах. Он основан на аппроксимации данных полиномом заданной степени и выполняет сглаживание путем вычисления взвешенной суммы окрестных точек вокруг каждой точки данных.

Значения можно выводить как оригинальные, так и отфильтрованные. На рисунках 7 и 8 показаны данные без использования фильтра и с ним.

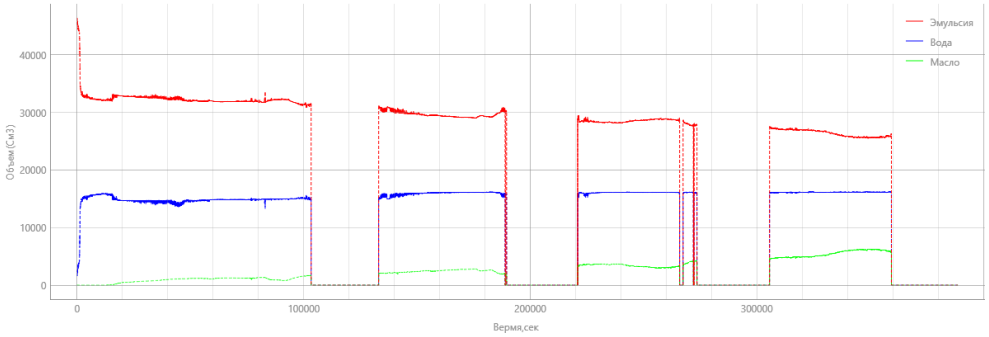


Рис. 7. Оригинальные данные

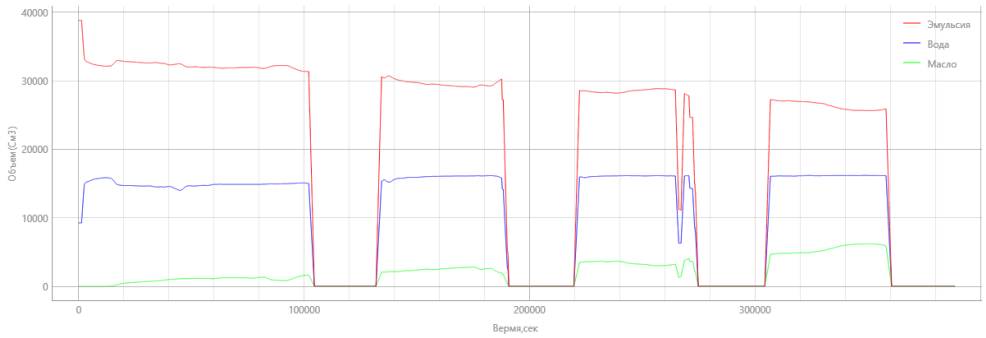


Рис. 8. Отфильтрованные данные

Заключение

Результатом проделанной работы является созданная база данных с помощью системы управления базами данных MySQL, которая хранит в себе экспериментальные данные. Далее, было разработано приложение, которое служит для управления стендом физического подобия "Трехфазный сепаратор" и визуализации данных с эксперимента, созданное с помощью языка программирования Python и фреймворка Qt6. Полученное приложение является кроссплатформенным настольным приложением.

Список использованных источников

1. А.В. Цавнин, А.А. Филипас, А.С. Беляев, Н.В. Рожнев Адаптивная информационно-измерительная система для мониторинга протекания физико-химического процесса // Известия Томского Политехнического Университета. Инжиниринг Георесурсов. – Томск: Изд-во ТПУ. – 2020. – С. 122-129.

2. Документация Python // Python. [Электронный ресурс]. – URL: https://www.python.org/?hl=RU (дата обращения: 10.03.2023).

3. Документация Qt6 // Qt. [Электронный ресурс]. – URL: https://doc.qt.io/qt-5.15/ (дата обращения: 10.03.2023).

4. Ю.А. Каламбет, Ю.П. Козьмин, А.С. Самохин Фильтрация шумов. Сравнительный анализ методов // Аналитика. – Москва: Изд-во Техносфера. – 2017. – С. 89-99.

СИНТЕЗ МОДАЛЬНОГО РОБАСТНОГО РЕГУЛЯТОРА, ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕГО МОНОТОННЫЙ ПЕРЕХОДНЫЙ ПРОЦЕССА В СИСТЕМЕ С ИНТЕРВАЛЬНЫМИ ПАРАМЕТРАМИ

Соболь А.В.[1], Гайворонский С.А.[2]
[1] ТПУ, ИШИТР, А0-36, e-mail: avs127@tpu.ru
[2] ТПУ, ИШИТР, канд. техн. наук, доцент, e-mail: saga@tpu.ru

Аннотация

Рассматривается нестационарная система автоматического управления, характеристический полином которой задан интервальными коэффициентами. Решается задача параметрического синтеза модального робастного регулятора полного порядка по выходу, обеспечивающего расположение всех полюсов системы в вещественных отрезках. Указанное расположение полюсов гарантирует в системе монотонные переходные процессы допустимой длительности при любых значениях интервальных коэффициентов характеристического полинома.

Ключевые слова: модальный регулятор, система с интервальными параметрами, монотонный переходный процесс.

Введение

Модальный подход к синтезу системы автоматического управления (САУ) предполагает использование характеристического полинома системы, который связывает параметры регулятора с полюсами САУ. Задача модального синтеза САУ заключается в определении параметров линейного регулятора, обеспечивающего желаемое расположение полюсов системы, исходя из требуемых показателей ее качества [1,2]. При реализации такого подхода следует использовать принцип доминирующих полюсов [3], согласно которому динамические свойства САУ определяются наиболее близкими к мнимой оси доминирующими полюсами. Известно, что если в САУ необходимо получить монотонный переходный процесс, то все ее полюса должны быть вещественными. При этом для получения заданного времени переходного процесса следует задать соответствующий доминирующий вещественный полюс и отодвинуть от него остальные вещественные полюса САУ, называемые свободными.

Если САУ имеет нестабильные параметры, изменяющиеся в известных пределах, то на основе правил интервальной арифметики можно вычислить интервалы возможных значений каждого коэффициента характеристического полинома. Полученный таким образом полином называется интервальным характеристическим полиномом (ИХП). Задача получения в САУ с ИХП апериодических переходных процессов (разновидностью которых являются монотонные процессы) рассматривается в [4, 5, 6], где синтезируются модальные регуляторы пониженного порядка. Анализ работ [4, 5, 6] показывает, что, обеспечивая желаемое расположение доминирующего вещественного полюса, предлагаемые методики синтеза регулятора не гарантируют вещественность остальных полюсов, а, следовательно, и монотонность переходных процессов.

Так как коэффициенты ИХП образуют гиперпараллелепипед P_a, вершинами которого являются предельные значения коэффициентов. При изменении коэффициентов ИХП внутри P_a полюса САУ мигрируют внутри областей их локализации. Очевидно, что для сохранения в САУ монотонного переходного процесса регулятор должен локализовать доминирующий полюс в некотором вещественном отрезке, правая граница которого гарантирует допустимое время переходного процесса. При этом в своих вещественных отрезках должны оставаться и свободные полюса системы, удаленные от доминирующего отрезка на заданное расстояние.

Представляет интерес обеспечение такого расположения полюсов модальным робастным регулятором полного порядка по выходу САУ. Заметим, что для его параметрического синтеза необходимо определить у многогранника коэффициентов ИХП прообразы границ отрезков вещественных полюсов.

Свойства отрезков вещественных полюсов системы

Запишем ИХП системы в следующем виде

$$D(s) = \sum_{i=0}^{n} [a_i] \cdot s^i \quad , \tag{1}$$

где $\underline{a_i} \le a_i \le \overline{a_i}$. Пусть

$$a_i = a_i^q + \Delta a_i \,,\ i = \overline{0,n} \,, \tag{2}$$

где Δa_i - приращение *i*-го интервального коэффициента, a_i^q - его значение в вершине V_q многогранника P_a. Подставив (2) в (1), получим:

$$D^q(s) + \Delta a_0 + \Delta a_1 \cdot s + \ldots + \Delta a_n \cdot s^n = 0 \quad , \tag{3}$$

где $D^q(s) = \sum_{i=0}^{n} a_i^q \cdot s^i$ – вершинный полином. Основываясь на (3), запишем уравнение отображения ребра P_a из вершины V_q при изменении a_i

$$D^q(s) + \Delta a_i \cdot s^i = 0 \,. \tag{4}$$

На основании (4), сформируем реберную передаточную функцию (РПФ) по коэффициенту a_i

$$W_i^q(\Delta a_i, s) = \frac{\Delta a_i \cdot s^i}{D^q(s)} \,. \tag{5}$$

Очевидно, что корни уравнения $s^i = 0$ в числителе РПФ являются ее нулями, а корни уравнения $D^q(s) = 0$ в знаменателе – ее полюсами.

Из теории корневого годографа [7] известно свойство его ветвей находиться в определенных частях действительной оси, зависящих от числа действительных нулей и полюсов системы. Интервальное расширение этого свойства для решения поставленной задачи предусматривает определение у многогранника P_a тех вершин, которые отображаются на границы отрезков вещественных полюсов. Для нахождения таких вершин доказано следующее утверждение.

Утверждение. Если при интервальной неопределенности коэффициента a_i ИХП полюс s_j РПФ для вершины V_q является правой границей вещественного отрезка $\left[s_j^L; s_j^R\right]$ и сумма числа i нулей РПФ и числа расположенных правее s_j^R отрезков других полюсов является четным числом, то V_q имеет координату $a_i^q = \underline{a_i}$. Если общее число нулей РПФ и правых отрезков полюсов нечетное, то $a_i^q = \overline{a_i}$. При этом координаты вершины-прообраза s_j^L имеют противоположные пределы интервальных коэффициентов.

Доказательство. Доказательство основано на уравнениях углов выхода ветвей корневых годографов из действительных полюсов, полученных из основного уравнения фаз, а также свойстве ветвей корневых годографов находиться в тех частях действительной оси, справа от которых расположено нечетное общее число действительных нулей и полюсов разомкнутой системы [7]. Заметим, что в указанных уравнениях угол выхода из правой границы отрезка вещественного полюса должен быть 180 градусов, а из левой – 0 градусов. На эти углы не влияют слагаемые уравнения фаз от комплексно-сопряженных полюсов, так как их сумма равна 0 или 360 градусов.

Параметрический синтез модального регулятора

Пусть получено характеристическое уравнение интервальной САУ

$$[d_n(k)] \cdot s^n + [d_{n-1}(k)] \cdot s^{n-1} + \ldots + [d_0(k)] = 0 \,, \tag{6}$$

где $\left[d_m(k)\right]=\left[\underline{d_m}(k);\overline{d_m}(k)\right]$, $m=0,1,2....n$, $k=\begin{bmatrix}k_1\\ \cdots\\ k_n\end{bmatrix}$ -вектор параметров k_i, $i=1,2,\ldots,n$ модального регулятора полного порядка. В уравнении (6) сгруппируем слагаемые по параметрам k_i и подставим координаты вершины V_j , $j\in 1,\ldots,l$ многогранника P_a . В результате получим уравнение

$$\sum_{i=1}^{n} k_i\ A_i^{V_j}(s)+B^{V_j}(s)=0 \quad , \tag{7}$$

где $A_i^{V_j}(s)$, $i=1,2,\ldots,n,$ $B^{V_j}(s)$ – полиномы по степеням s . Если вершина V_j , $j\in 1,\ldots,l$ отображается в полюс $s=\lambda_i$, $i\in 1,\ldots,n$ то на основании (7) может быть получена система уравнений

$$\sum_{i=1}^{n} k_i\ A_i^{V_j}(\lambda_i)+B^{V_j}(\lambda_i)=0 \quad , \quad i=1,\ldots,n \tag{8}$$

На основании приведенного выше утверждения можно заключить, что если САУ имеет ИХП вида (6), то у нечетных от начала координат отрезков вещественных полюсов прообразом правой границы является вершина с координатами $V_1=(\underline{d_o},\overline{d_1},\underline{d_2},\overline{d_3},...)$, а прообразом левой границы – вершина $V_2=(\overline{d_0},\underline{d_1},\overline{d_2},\underline{d_3},...)$. У четных отрезков правая граница соответствует вершине $V_2=(\overline{d_0},\underline{d_1},\overline{d_2},\underline{d_3},...)$, а левая - $V_1=(\underline{d_o},\overline{d_1},\underline{d_2},\overline{d_3},...)$. Подставляя полученные координаты вершин в (8), свяжем n параметров модального регулятора с n правыми границами λ_i, $i=1,2...n$ отрезков полюсов системой уравнений в матричной форме

$$Q(\lambda,V)\cdot k+R(\lambda,V)=0, \tag{9}$$

где при нечетном n

$$Q(\lambda,V)=\begin{bmatrix} A_1^{V_1}(\lambda_1) & A_2^{V_1}(\lambda_1) & \cdots & A_n^{V_1}(\lambda_1)\\ A_1^{V_2}(\lambda_2) & A_2^{V_2}(\lambda_2) & \cdots & A_n^{V_2}(\lambda_2)\\ A_1^{V_1}(\lambda_3) & A_2^{V_1}(\lambda_3) & \cdots & A_n^{V_1}(\lambda_3)\\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots\\ A_1^{V_1}(\lambda_n) & A_2^{V_1}(\lambda_n) & \cdots & A_n^{V_1}(\lambda_n) \end{bmatrix},\ R(\lambda,V)=\begin{bmatrix} B^{V_1}(\lambda_1)\\ B^{V_2}(\lambda_2)\\ B^{V_1}(\lambda_3)\\ ....\\ B^{V_1}(\lambda_n) \end{bmatrix}, \tag{10}$$

при четном n

$$Q(\lambda,V)=\begin{bmatrix} A_1^{V_1}(\lambda_1) & A_2^{V_1}(\lambda_1) & \cdots & A_n^{V_1}(\lambda_1)\\ A_1^{V_2}(\lambda_2) & A_2^{V_2}(\lambda_2) & \cdots & A_n^{V_2}(\lambda_2)\\ A_1^{V_1}(\lambda_3) & A_2^{V_1}(\lambda_3) & \cdots & A_n^{V_1}(\lambda_3)\\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots\\ A_1^{V_2}(\lambda_n) & A_2^{V_2}(\lambda_n) & \cdots & A_n^{V_2}(\lambda_n) \end{bmatrix},\ R(\lambda,V)=\begin{bmatrix} B^{V_1}(\lambda_1)\\ B^{V_2}(\lambda_2)\\ B^{V_1}(\lambda_3)\\ ....\\ B^{V_2}(\lambda_n) \end{bmatrix}, \tag{11}$$

$\lambda_1,\lambda_2,\lambda_3,...\lambda_n$ - правые границы соответственно первого, второго, третьего и так далее отрезков вещественных полюсов САУ (нумерация отрезков от начала координат комплексной плоскости). Тогда из (9) можно получить матричное уравнение для определения искомых параметров модального регулятора

$$k=-R(\lambda,V)\cdot Q^{-1}(\lambda,V) \tag{12}$$

Пример синтеза модального регулятора

Пусть задана передаточная функция объекта управления с интервальными коэффициентами

$$W_o(s)=\frac{\left[b_1\right]\cdot s+\left[b_0\right]}{\left[a_2\right]\cdot s^2+\left[a_1\right]\cdot s+\left[a_0\right]}, \tag{13}$$

где $[b_1]=[1;1,5]$, $[b_0]=[100;150]$, $[a_2]=\left[1\cdot10^{-4};4\cdot10^{-4}\right]$, $[a_1]=[0,101;0,202]$, $a_0=1$, и передаточная функция ПИД-регулятора $W_o(s)=\dfrac{k_3\cdot s^2+k_2\cdot s+k_1}{s}$. Необходимо локализовать три корня ИХП вида (6) в вещественных отрезках, правые границы которых заданы корнями $s_1=-0,5$, $s_2=-10$, $s_3=-50$. Определим ИХП для рассматриваемой САУ

$$D(s)=[d_3]\cdot s^3+[d_2]\cdot s^2+[d_1]\cdot s+[d_0], \tag{14}$$

где $[d_3]=[a_2]+[b_1]\cdot k_3$; $[d_2]=[a_1]+[b_0]\cdot k_3+[b_1]\cdot k_2$; $[d_1]=[a_0]+[b_0]\cdot k_2+[b_1]\cdot k_1$; $[d_0]=[b_0]\cdot k_1$. Тогда можно записать координаты вершин, отображающихся на правые границы отрезков полюсов: $V_1=(\underline{d_o},\overline{d_1},\underline{d_2},\overline{d_3})$, $V_2=(\overline{d_0},\underline{d_1},\overline{d_2},\underline{d_3})$. Для формирования матричного уравнения (9) приведем уравнение (14) к виду (8) и после подстановки координат вершин и значений заданных полюсов получим:

1. Для полюса $\lambda_1=s_1$ в вершине V_1

$A_1^{V_1}(\lambda_1)=\overline{b_1}\cdot\lambda_1+\underline{b_0}=99,25$;

$A_2^{V_1}(\lambda_1)=\underline{b_1}\cdot\lambda_1^{\,2}+\overline{b_0}\cdot\lambda_1=-74,75$;

$A_3^{V_1}(\lambda_1)=\overline{b_1}\cdot\lambda_1^{\,3}+\underline{b_0}\cdot\lambda_1^{\,2}=24,813$;

$B^{V_1}(\lambda_1)=\overline{a_2}\cdot\lambda_1^{\,3}+\underline{a_1}\cdot\lambda_1^{\,2}+\overline{a_0}\cdot\lambda_1=-0,475$,

2. Для полюса $\lambda_2=s_2$ в вершине V_2

$A_1^{V_2}(\lambda_2)=\underline{b_1}\cdot\lambda_2+\overline{b_0}=140$;

$A_2^{V_2}(\lambda_2)=\overline{b_1}\cdot\lambda_2^{\,2}+\underline{b_0}\cdot\lambda_2=-850$;

$A_3^{V_2}(\lambda_2)=\underline{b_1}\cdot\lambda_2^{\,3}+\overline{b_0}\cdot\lambda_2^{\,2}=14000$;

$B^{V_2}(\lambda_2)=\underline{a_2}\cdot\lambda_2^{\,3}+\overline{a_1}\cdot\lambda_2^{\,2}+\underline{a_0}\cdot\lambda_2=10,1$,

3. Для полюса $\lambda_3=s_3$ в вершине V_1

$A_1^{V_1}(\lambda_3)=\overline{b_1}\cdot\lambda_3+\underline{b_0}=25$;

$A_2^{V_1}(\lambda_3)=\underline{b_1}\cdot\lambda_3^{\,2}+\overline{b_0}\cdot\lambda_3=-5000$;

$A_3^{V_1}(\lambda_3)=\overline{b_1}\cdot\lambda_3^{\,3}+\underline{b_0}\cdot\lambda_3^{\,2}=62500$;

$B^{V_1}(\lambda_3)=\overline{a_2}\cdot\lambda_3^{\,3}+\underline{a_1}\cdot\lambda_3^{\,2}+\overline{a_0}\cdot\lambda_3=152,5$.

Из полученных чисел составим матрицы Q и R

$$Q=\begin{bmatrix}99,25 & -74,75 & 24,813\\ 140 & -850 & 14000\\ 25 & -5000 & 62500\end{bmatrix},\ R=\begin{bmatrix}-0,475\\ 10,1\\ 152,5\end{bmatrix}. \tag{15}$$

Далее на основании (12) определим вектор искомых параметров модального регулятора

$$k=\begin{bmatrix}52\cdot10^{-3}\\ 63\cdot10^{-3}\\ 2,58\cdot10^{-3}\end{bmatrix}.$$

На рисунке 1 построен многопараметрический интервальный корневой годограф САУ с синтезированным модальным регулятором.

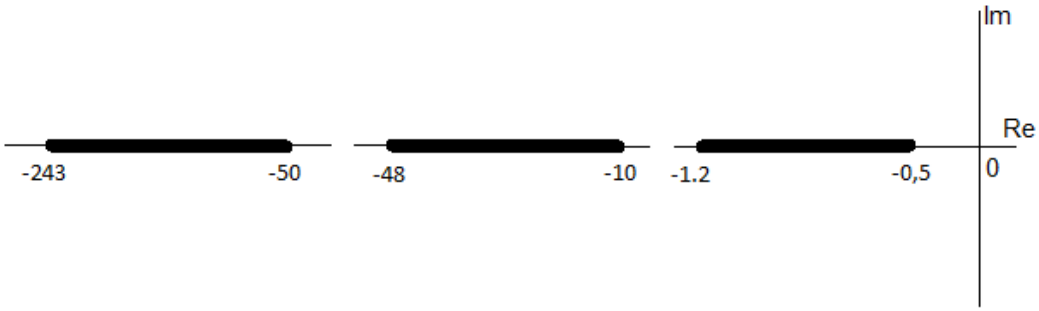


Рис. 1. Многопараметрический интервальный корневой годограф

Из рисунка видно, что годограф содержит три области локализации полюсов, являющиеся отрезками на вещественной оси. Правый отрезок имеет границы $[-1,2;\ -0,5]$, средний отрезок $[-48;\ -10]$ и левый $[-243;\ -50]$, что говорит о выполнении заданного требования на размещение полюсов. Очевидно, что при любых значениях интервальных коэффициентов передаточной функции объекта управления полюса САУ остаются в своих отрезках и, следовательно, переходные процессы в САУ сохраняют монотонный характер.

Заключение

В результате проведенных исследований разработан подход к синтезу модального робастного регулятора полного порядка по выходу, гарантирующего локализацию всех полюсов САУ в заданных отрезках. Необходимо отметить, что предлагаемый подход разработан на основе ИХП и поэтому характеризуется определенной степенью консерватизма. Это объясняется тем, что отрезки полюсов, являющиеся отображением реальной области интервальных коэффициентов объекта управления, лежат внутри отрезков, полученных при отображении области коэффициентов ИХП. Отсюда следует, что реальное время монотонного переходного процесса САУ будет меньше времени, определяемого правой границей ближайшего к мнимой оси отрезка корня ИХП.

Следует также заметить, что при задании желаемых правых границ отрезков вещественных полюсов САУ необходимо стараться соблюдать принцип доминирования и отодвигать отрезки свободных полюсов на достаточное расстояние от доминирующего отрезка. От выполнения этого принципа зависит время монотонного переходного процесса САУ (чем ближе вещественные полюса, тем больше длительность переходного процесса).

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда №23-29-0737, https://rscf.ru/project/23-29-0737

Список использованных источников

1. Корневые методы исследования интервальных систем / Под ред. Г.В. Римского. – Минск: Институт технической кибернетики НАН Беларуси. – 1999. – 186 с.

2. Гусев Ю.М., Ефанов В.Н., Крымский В.Г., Рутковский В.Ю. Анализ и синтез линейных интервальных динамических систем (состояние проблемы). Анализ с использованием интервальных характеристических полиномов // Известия АН СССР Техническая кибернетика. – 1991. – № 1. – С. 3–23.

3. Скворцов Л.М. Интерполяционный метод решения задачи назначения доминирующих полюсов при синтезе одномерных регуляторов // Известия РАН. Теория и системы управления. – 1996. – № 4. – С. 10–13.

4. Parametrical synthesis of linear controllers in aperiodical systems on basis of decomposition approach / S.A. Gayvoronskiy, I. Khozhaev, M. Pushkarev, T. Ezangina // International Review of Automatic Control. – 2019. – Vol. 12, – No. 4. – P. 192-199.

5. Providing an aperiodicity of transient process in a interval control system on a base of pole domination principle / T. Ezangina, S.A. Gayvoronskiy, I. Khozhaev // ACM International Conference Proceeding Series, Beijing. 26–28 декабря 2018 года. – Beijing. – 2018. – P. 122-126.

6. Определение настроек линейных робастных регуляторов, обеспечивающих апериодические переходные процессы в интервальных системах / С.А. Гайворонский, М.С. Суходоев // Известия Томского политехнического университета. – 2010. – Т. 316. – № 5: Управление, вычислительная техника и информатика. –С. 12-15.

7. Удерман Э.Г. Метод корневого годографа в теории автоматического управления. – М.: Наука, 1972. – 448 с.

СТЕНД ФИЗИЧЕСКОГО ПОДОБИЯ «АНАЛИЗАТОР ДИСПЕРСНОГО СОСТАВА ЭМУЛЬСИЙ»

Ясинский Д.Д.[1], Кучман А.В.[2]
[1]Томский политехнический университет, Инженерная школа информационных технологий и робототехники 8Т11, e-mail: ddy2@tpu.ru
[2]Томский политехнический университет, Инженерная школа информационных технологий и робототехники, старший преподаватель, e-mail: avm82@tpu.ru

Аннотация

Основной целью исследования является разработка стенда физического подобия, предназначенного для анализа дисперсного состава, который является частью полноценной системы разрушения или синтеза водомасляных эмульсий с заданным дисперсным составом. Работа системы основана на методе оптической микроскопии. В работе описаны конструкция стенда и режимов работы.

Ключевые слова: нефтяная эмульсия, оптическая микроскопия, дисперсный состав.

Введение

Нефтяная эмульсия является сложной дисперсной системой, состоящей из нефти, воды и эмульгаторов. Одним из важных параметров нефтяных эмульсий является их стабильность. На устойчивость нефтяных эмульсий влияют следующие факторы: дисперсность системы, наличие на глобулах дисперсной фазы двойного электрического заряда, температура смешивающихся жидкостей, величина pH эмульсированной пластовой воды, физико-химические свойства эмульгаторов. Анализ дисперсного состава нефтяных эмульсий имеет решающее значение для определения стабильности эмульсии, так как точное определение дисперсного состава позволяет оптимизировать процессы переработки нефти.

Таким образом, целью исследования является разработка автоматизированной системы для проведения анализа дисперсного состава эмульсии.

Основная часть

Анализаторы размера частиц является инструментом, который используется для изучения и контроля состава эмульсии в процессах нефтедобычи. Он позволяет определить процентное содержание нефти, воды и стабилизаторов в эмульсии.

На сегодняшний день широко применяются следующие анализаторы размера частиц: Mastersizer 3000, Bettersizer ST, Nanotrac Wave II, Zetasizer Nano ZS90. Особенностью данных анализатор является то, что в них используется метод лазерной дифракции. Данный метод требует математической обработки и позволяет только примерно оценить размеры частиц и результаты, получаемые после вычисления, могут сильно отличаться от реальных характеристик [1].

Классическим методом определения дисперсного состава эмульсий является оптическая микроскопия. Она позволяет измерить диапазон размеров, характерных для полидисперсной нефтяной эмульсии, не требует сложной математической обработки и обеспечивает распределение размеров капель эмульсии непосредственно по результатам измерений отдельных капель дает представление о форме капель. Недостатком метода оптической микроскопии является низкая скорость анализа, обусловленная отсутствием автоматизации процесса [2].

Для преодоления данной проблемы было принято следующее решение: использование системы компьютерного зрения, состоящей из камеры, закрепленной на микроскопе и программного обеспечения, предназначенного для определения размеров дисперсной фазы на микрофотографиях и автоматического формирования отчетов о распределении глобул анализируемой эмульсии по размерам. Помимо этого, предлагается использовать автоматизированную систему пробоотбора эмульсии. Данное решение позволит ускорить процесс анализа и подготовки эмульсии для дальнейших опытов.

Описание конструкции стенда

Разрабатываемый стенд физического подобия (рис. 1) состоит из двух основных блоков: устройства для подготовки эмульсии и информационно-измерительной системы.



Рис. 1. Структурная схема стенда

Устройство для подготовки эмульсии представляет из себя емкость для подготовки эмульсии, насос для замешивания эмульсии (Насос 1) и насос для подачи эмульсии (Насос 2) на предметный столик. Основным элементом устройства для подготовки эмульсии является насос для замешивания R385 с производительностью 1.5–2 л/мин. Для эффективного перемешивания эмульсии нужно чтобы заборный патрубок насоса находился на границе жидкостей, а выходной в нижней части емкости. В качестве насоса для подготовки эмульсии используется водяная помпа 310A с производительность 0.3-0.8 л/мин. Управление насосами осуществляется с помощью микроконтроллера STM32 NUCLEO-L432KC через драйвер двигателя L9110. В качестве емкости для подготовки эмульсии может быть использован мерный стакан объемом 1 литр. Эта конфигурация устройства позволяет изменять размеры дисперсной фазы эмульсии путем регулирования времени работы насоса для подготовки эмульсии и производительности насоса [3].

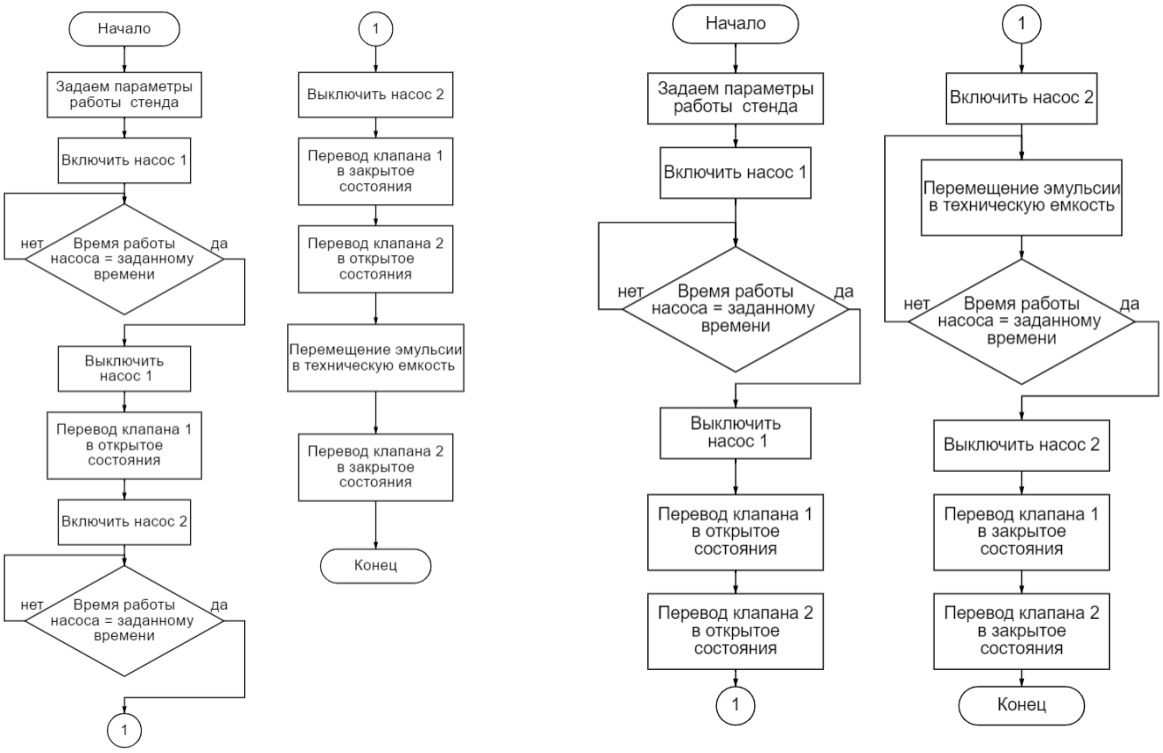
Основным элементом информационно-измерительной системы является микроскоп с вмонтированной в него камерой. Камера делает снимки, и подает изображение на персональный компьютер. В зависимости от величины поступающих на предметный столик капель дисперсной фазы эмульсии происходит настройка четкости микроскопа [4].

Описание алгоритмов работы

Работа системы должна осуществляться двумя способами: динамический режим и статический режим (рисунок 2). В статическом режиме изначально задаем время приготовление эмульсии через насос 1 и время подачи эмульсии через насос 2. Далее включается насос 1 и проверяется время работы насоса. Если насос отработал установленное время, то он выключается. Далее открывается клапан 1 и включается насос 2. Проверяем время работы насоса, если насос отработал установленное время, то он выключается. После клапана 1 переводится в закрытое состояние. Далее отрывается клапан 2, и эмульсия перемещается в техническую емкость, клапан 2 закрывается.

В динамическом режиме задаем время приготовления эмульсии через насос 1 и время потока эмульсии через насос 2. Далее включается насос 1 и проверяется время работы насоса. Если насос отработал установленное время, то он выключается. Далее открывается клапаны 1 и 2.

После включается насос 2, и эмульсия потоком перемещается через клапан 2 в техническую емкость. Проверяем время работы насоса, если насос отработал установленное время, то он выключается и клапаны 1,2 закрываются.



а) б)

Рис. 2. Алгоритмы работы стенда:
а – статический режим;
б –динамический режим.

Заключение

В ходе проведенной работы были проанализированы концепции существующих анализаторов дисперсного состава эмульсии и выявлены их недостатки. Была разработана структурная и функциональная схема стенда на основе микроконтроллера, алгоритмы работы технологического оборудования стенда и 3D модели деталей для стенда. Практическая ценность работы заключается в сокращении временных и денежных на анализ дисперсного состава эмульсии, а также увеличении качество анализа в сравнении с аналогами.

Список использованных источников

1. Peter J. Dowding, James W. Goodwin, Brian Vincent. Factors governing emulsion droplet and solid particle size measurements performed using the focused beam reflectance technique // Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. – 2001. – P. 5-13.

2. Гаврилова Н.Н., Назаров В.В., Яровая О.В. Микроскопические методы определения размеров частиц дисперсных материалов: учеб. пособие/– М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2012. – 52 с.

3. Адаптивная информационно-измерительная система для мониторинга протекания физико-химического процесса / А.В. Цавнин А.В., А.А. Филипас, А.С. Беляев, Н.В. Рожнев // Известия ТПУ– Томск: Изд-во ТПУ, 2020. – С. 122-128.

4. Автоматизированная система для проведения экспресс-анализа дисперсного состава скважинной жидкости / А.А.Филипас, А.В. Мигель, Ю.Н. Исаев, В.В. Курганов // Сборник трудов XVIII Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодежь и современные информационные технологии». – Томск: Изд-во ТПУ, 2021. – С. 469-470

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОГО И ПРОГРАММНО-АЛГОРИТМИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ НАСТРОЙКИ ПРЕДСКАЗЫВАЮЩИХ МОДЕЛЕЙ

Шокодько Ф.А.[1], Глазырин А.С.[2,4], Ковалев В.З.[2,4], Филипас А.А.[2], Боловин Е.В.[2,3], Архипова О. В.[4], Беляускене Е.А.[2], Кулеш Ю.О.[2]
[1]Томский политехнический университет, ИШИТР, студент гр. 8Т02, e-mail: fas6@tpu.ru
[2]Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
[3]ООО ИНТ АО «ЭлеСи», Россия, 634021, г. Томск, ул. Алтайская, 161А
[4]Югорский государственный университет, Россия, 628012, г. Ханты-Мансийск, ул. Чехова, 16.

Аннотация

Показана проблематика восстановления на основе дискретных замеров тренда полезного сигнала на выходе измерительных каналов нестационарных динамических систем на фоне аддитивных помех. Разработано математическое и программно-алгоритмическое обеспечение прогнозной модели. На основе математического моделирования и обработки данных с регионально обособленных электротехнических комплексов (РОЭТК) доказана возможность обеспечения достаточной точности краткосрочного прогноза потребления электрической энергии.

Ключевые слова: метод наименьших квадратов, адаптивное прогнозирование, ретроспективный регрессионный анализ, метод Качмажа, анализ регрессионных остатков.

Введение

Построение краткосрочного прогнозирования потребления электроэнергии является очень важным аспектом в работе промышленных предприятий в развивающихся регионах Арктической зоны и Крайнего Севера. В рамках данной работы рассматривается РОЭТК как нестационарная сложная многосвязная динамическая система [1], состоящая из взаимосвязанных подсистем, в которой происходящие физические процессы оказывают синергетическое влияние на отклик всей системы. В качестве этого отклика выступает мгновенное значение энергопотребления в РОЭТК. РОЭТК как сложная техническая система требует количественного прогноза потребления электрической энергии при оптимальном управлении на протяжении жизненного цикла. Предлагаемое математическое и программно-алгоритмическое обеспечение, позволит решать в реальном времени основные типы задач прогнозирования потребления электрической энергии.

Цель: исследование влияние процесса редукции СЛАУ на интегральную погрешность прогнозной модели в предположении, что низкочастотные моды несут больший вклад в формировании итоговой точности прогноза.

Ход работы

Настоящий метод адаптивного краткосрочного прогнозирования потребления электроэнергии регионально обособленных комплексов (РОЭТК) производится аналитическим подходом на базе ретроспективного регрессионного анализа цифрового сигнала. Предлагаемый цифровой массив можно записать как таблично-заданные математические функции [2]. Аналитическое описание таких массивов в виде приближения (аппроксимации) функции решает задачи для параметрической идентификации, диагностики состояния и прогнозирования.

Полученные данные представляются в виде дискретного сигнала полученного в определенных последовательных выборочных значениях-отсчетах в соответствующие промежутки времени. Отсчеты имеют равные промежутки времени или шаги, дискретизации Δt [3, 7].

Следует отметить, что в работе рассматривается сложная динамическая нестационарная система, в которой преобразование исходного аналогового сигнала отклика (РОЭТК) сопряжено с дискретизацией по времени и квантованием по уровню. Поэтому, как следствие, информация о полезном исходном сигнале была искажена [4].

Разработанный подход к адаптивному краткосрочному прогнозированию потребления электроэнергии основан на ретроспективном регрессионном анализе с учетом экспертной оценки размерности прогнозирующей модели [5]. Исследование проводилось для прогнозирования в офлайн режиме.

Учет априорной информации имеет при прогнозировании стохастического процесса следующий вид (рис. 1.), где длительность эксперимента (6 суток) в размере 8640 минут (точек), период дискретизации Δt = 1 минута:

1. Базовая (начальная) часть ретроспективного процесса (первые сутки).
2. Самонастройка модели (вторые сутки).
3. Участок анализа прогнозов (третьи сутки).

Внешний вид экспериментальных данных – откликов РОЭТК *P*_экс, с учетом получения информации с интервалом в одну минут, представлен на рисунке 1.

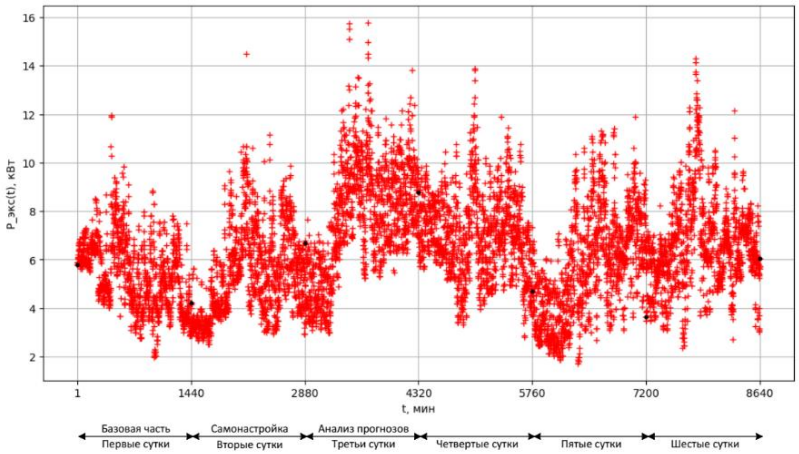


Рис. 1. Экспериментальные данные электропотребления P_экс(t) тестового малого северного поселения, получаемые на протяжении шести суток

Важным фактором при построении процедуры адаптивного краткосрочного прогнозирования энергопотребления на основе ретроспективного регрессионного анализа является рационализация совмещения процессов идентификации коэффициентов при базисных функциях и перестраиваемости математической модели нестационарного дискретного стохастического процесса на каждом шаге [6]. Были проведены восемь экспериментов с постепенным увеличением более высокочастотных мод по результатам каждого вычислительного эксперимента, т.е. в первом эксперименте $n_{макс} = 1$, в восьмом эксперименте $n_{макс} = 8$.

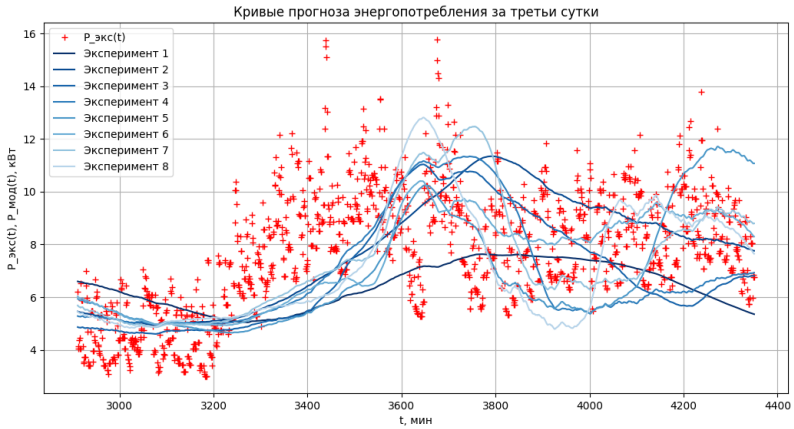


Рис. 2. Данные, полученные от объекта, – отклики РОЭТК P_экс(t), и кривые прогноза энергопотребления P_мод(t) по восьми вычислительным экспериментам на участке анализа прогнозов (третьи сутки, рис. 1)

Из рисунке 2 видно, что характер тренда кривых прогноза энергопотребления по результатам прогнозирования восьми вычислительных экспериментов практически совпадает с характером тренда экспериментальных данных – откликов РОЭТК (рис. 1) за третьи сутки, что подтверждает адекватность

принятых положений при формировании априорной информации для реализации подхода к краткосрочному прогнозированию стохастического процесса на основе ретроспективного регрессионного анализа.

Была сформированная таблица результатов восьми экспериментов, где с допустимой точностью была оценена по интегральному критерию [8] точность прогноза и анализ регрессионных остатков в рамках численного подтверждения визуального анализа (таблица 1) [6].

Таблица 1

Зависимость рассчитанной погрешности по интегральному критерию δ_P и математическому ожиданию $M(P_{мод}(t))$ от максимального числа задействованных высокочастотных мод $n_{макс}$

Критерии анализа	Результаты восьми вычислительных экспериментов							
	$n_{макс} = 1$	$n_{макс} = 2$	$n_{макс} = 3$	$n_{макс} = 4$	$n_{макс} = 5$	$n_{макс} = 6$	$n_{макс} = 7$	$n_{макс} = 8$
$M(P_{мод}(t))$, кВт	1,272	-0,109	0,694	0,742	0,749	0,259	0,238	0,489
δ_P, %	26,572	22,108	24,805	26,114	27,142	20,733	23,079	24,093

Заключение

Предложен подход адаптивного краткосрочного прогнозирования потребления электроэнергии автономными энергосистемами малых северных поселений на основе методов регрессионного анализа. В соответствии с результатами экспериментов (Таблица 1) было подтверждено влияние процесса редукции СЛАУ на интегральный показатель прогнозной модели, т.е. при использовании максимального число мод $n_{макс} = 2$, интегральная погрешность составляет 22,108 %, при $n_{макс} = 8$, погрешность составляет 24,093 %. Было выделено два локальных минимума при $n_{макс} = 2$ и $n_{макс} = 6$, следовательно возникает задача поиска глобального минимума по интегральному критерию δ_P.

Список использованных источников

1. Artificial Intelligence techniques for electrical load forecasting in smart and connected communities / V. Alagbe, S.I. Popoola, A.A. Atayero et al. // Lecture Notes in Computer Science. – 2019. – V. 11623 LNCS. – P. 219–230.
2. Multi-sensor measurement fusion based on minimum mixture error entropy with non-Gaussian measurement noise / M. Li, Zh. Jing, H. Zhu, Y. Song // Digital Signal Processing. – 2022. – V. 123. – P. 1–13. URL: https://doi.org/10.1016/j.dsp.2021.103377 (дата обращения: 10.02.2024).
3. ГОСТ 17657-72. Передача данных. Термины и определения. – М.: Государственный комитет СССР. – 1979. – 25 с.
4. Куксенко С.П., Газизов Т.Р. Итерационные методы решения системы линейных алгебраических уравнений с плотной матрицей. – Томск: Томский государственный университет, 2007. – 208 с.
5. Сергеев В.Л. Непараметрический метод учета априорной информации при идентификации стохастических систем: дис. д-ра техн. наук. – Томск, 2000. – 267 с.
6. Адаптивное краткосрочное прогнозирование потребления электроэнергии автономными энергосистемами малых северных поселений на основе методов ретроспективного регрессионного анализа / А.С. Глазырин, Е.В. Боловин, О.В. Архипова, В.З. Ковалев, Р.Н. Хамитов, С.Н. Кладиев, А.А. Филипас, В.В. Тимошкин, В.А. Копырин // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2023. – Т. 334. – № 4. – С.231-248.
7. Котельников В.А. О пропускной способности эфира и проволоки в электросвязи – Всесоюзный энергетический комитет // Материалы к I Всесоюзному съезду по вопросам технической реконструкции дела связи и развития слаботочной промышленности. – М., 1933. – С. 1-19.
8. Винокуров В.А. Интегральные оценки погрешности. IV / В.А.Винокуров // Журнал вычислительной математики и математической физики. – № 3. – С.549-566.

ПРОТИВОАВАРИЙНАЯ СИСТЕМА ЗАЩИТЫ ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА

Головченко С.С.[1], Гительман В.С.[2], Громаков Е.И.[3]
[1] Томский политехнический университет, Инженерная школа информационных технологий и робототехники 8ТМ22, e-mail: ssg17@tpu.ru
[2] АО «ТомскНИПИнефть», отдел АСУ ТП, инженер II категории, e-mail: gitelmanvs@tomsknipi.ru
[3] Томский политехнический университет, Инженерная школа информационных технологий и робототехники, доцент, e-mail: gromakov@tpu.ru

Аннотация

В данной работе на примере конкретного технического задания на разработку ПАЗ центробежного насоса, осуществляется проектирование и создание алгоритмов защиты динамического оборудования, применяемых с целью уменьшения риска возникновения аварийных ситуаций на предприятиях нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности, что позволит уменьшить количество финансовых потерь предприятий, снизить процент травматизма и число жертв среди работников.

Ключевые слова: противоаварийная защиты (ПАЗ), авария, таблица истинности, функциональный блок (ФБ), центробежный насос.

Введение

Основываясь на важности системы противоаварийной защиты для динамического оборудования, разрабатываемый проект направлен на решение проблемы снижения риска возникновения аварийных ситуаций, способных привести к человеческим жертвам и значительным финансовым убыткам. Это особенно актуально в контексте соблюдения требований ФНиП «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных, химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих произ- водств» [1]. Данные требования подчеркивают необходимость разработки и применения алгоритмов защиты для предотвращения внештатных ситуаций.

Алгоритмы ПАЗ представляют собой программное обеспечение, написанное на языке непрерывных функциональных схем [2] с использованием требований ФНиП «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных, химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств». Для повышения стабильности и уменьшении сложности кода были разработаны функциональные блоки на графическом языке программирования CFC.

Представлены графики аварий объектах нефтепереработки и нефтехимии по видам технологического оборудования [3] с 2007 по 2016 гг. (рис. 1) и по проценту аварий, произошедших на таких объектах вследствие различных причин [10] за период с 2011 по 2020 гг. (рис. 2).

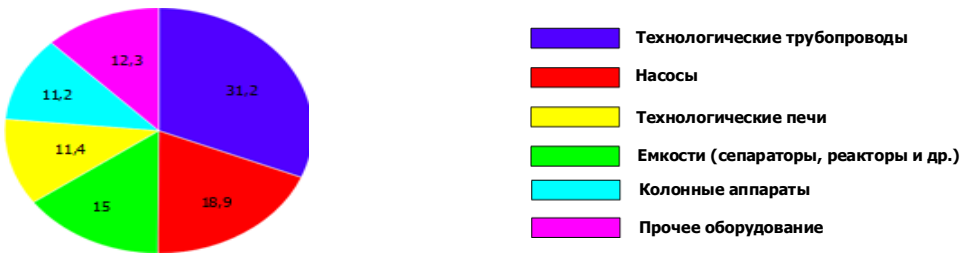


Рис. 1. График аварий по видам технологического оборудования с 2007 по 2016 гг.



Рис. 2. График аварий по различным причинам за период с 2011 по 2020 гг.

В соответствии со статистикой, динамическое насосное оборудование на предприятиях нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности занимает 2-е место по аварийности среди другого технологического оборудования (18,9 %). Процент аварий по причине разгерметизации и разрушения технических устройств составляет 52,41 %. Данная причина аварий занимает лидирующее место в статистике. Таким образом, актуальной является задача снижения аварийности, связанной с работой насосного оборудования, разрушением технических устройств. Для решения данной задачи, в соответствии с требованиями ФНиП [1] в данном проекте разработаны функциональные блоки, позволяющие реализовать систему ПАЗ насосного оборудования.

Разработка алгоритмов противоаварийной защиты центробежного насоса

Поставленная задача стоит следующим образом. На особо опасном производственном объекте имеющим в своем составе блоки I и II взрывоопасности поставлен центробежный насос оснащенный комплектными оборудованием КИПиА в составе:

1. Датчик температуры переднего подшипника электродвигателя – 2 шт.
2. Датчик температуры заднего подшипника электродвигателя – 2 шт.
3. Датчик температуры обмотки (u,v,w) электродвигателя – 6 шт.
4. Датчик температуры переднего подшипника насоса – 2 шт.
5. Датчик температуры заднего подшипника насоса 2 шт.

Необходимо разработать логическую схему противоаварийной защиты (ПАЗ) с учетом требований ФНиП «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных, химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств».

Изучен и приведен список требований с ФНиП «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных, химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств»:

– Для взрывоопасных технологических процессов должны предусматриваться системы ПАЗ, предупреждающие возникновение аварии при отклонении от предусмотренных технологическим регламентом на производство продукции предельно допустимых значений параметров процесса во всех режимах работы и обеспечивающие безопасную остановку или перевод процесса в безопасное состояние по заданной программе.

– В помещениях управления должна предусматриваться световая и звуковая сигнализация, срабатывающая при достижении предупредительных значений параметров процесса, определяющих его взрывоопасность.

– Для объектов, имеющих в составе технологические блоки I и II категорий, системы управления ПАЗ должны использовать собственные датчики.

– В дополнение к логическому контроллеру допускается предусматривать ручные средства инициирования системы ПАЗ (отдельных контуров ПАЗ), например, кнопки аварийного останова, подключенные непосредственно к контроллеру ПАЗ.

– В системах ПАЗ и управления технологическими процессами любых категорий взрывоопасности должно быть исключено их срабатывание от кратковременных сигналов нарушения нормального хода технологического процесса, в том числе и в случае переключений на резервный или аварийный источник электропитания.

– Команды управления, сформированные алгоритмами защит (блокировок), должны иметь приоритет по отношению к любым другим командам управления технологическим оборудованием, в том числе к командам, формируемым оперативным персоналом АСУТП.

– На периоды пуска, останова и переключений технологических режимов установок при соответствующем обосновании в проектной документации (документации на техническое перевооружение) и технологических регламентах на производство продукции должны быть предусмотрены специальные алгоритмы (сценарии) работы системы ПАЗ, при которых допускается ручное или автоматическое отключение отдельных блокировок. Контроль, индикация и регистрация параметров отключению не подлежат.

– Не допускается эксплуатация компрессорных установок и насосных агрегатов при отсутствии или неисправном состоянии средств автоматизации, контроля и системы блокировок, указанных в технической документации производителя и предусмотренных конструкцией установки.

– Автоматическое определение первопричины и последовательности срабатывания системы ПАЗ.

Приведена общая схема алгоритма с одним датчиком (рис. 2).

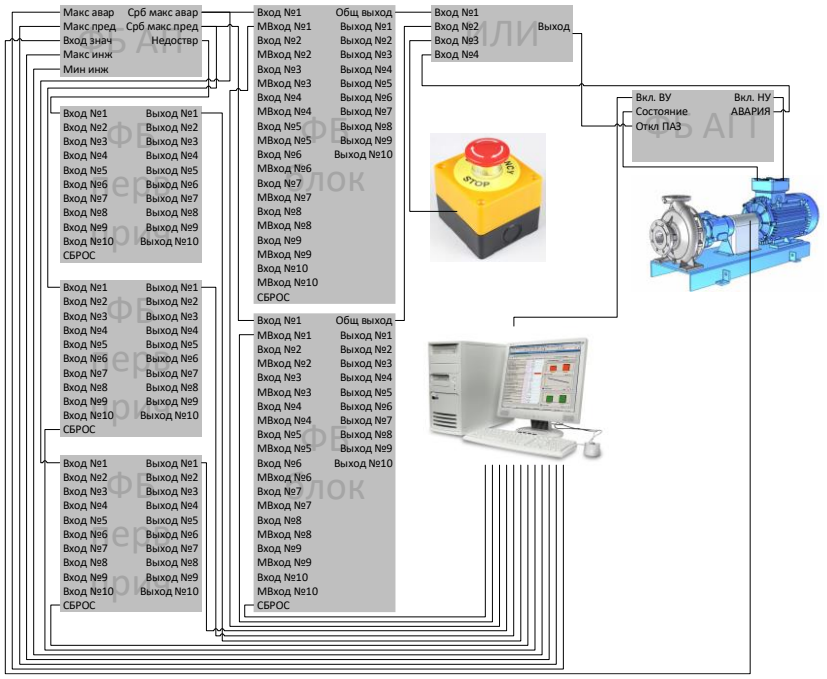


Рис. 2. Структурная схема алгоритма ПАЗ

ФБ обработки АП – функциональный блок предназначен для обработки аналогового значения.

ФБ первопричины – функциональный блок предназначен для определения исходной причины аварии.

ФБ блок блокировки – функциональный блок предназначен для обработки причин возникновения аварии.

ФБ АГТ – функциональный блок предназначен для взаимодействия с насосом.

Приведен листинг ФБ обработки аналогового параметра (рис. 3).

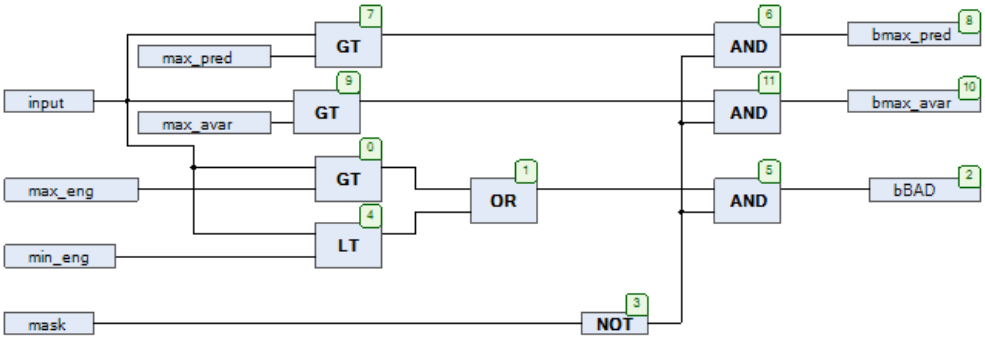


Рис. 3. Функциональный блок обработки аналогового параметра

Функциональный блок обработки аналогового параметра предназначен для обработки входного аналогового сигнала. Перечень входных и выходных сигналов блока представлен в таблице 1. Таблица истинности позволяет оценить работу алгоритма обработки аналогового параметра (Таблица 2).

Таблица 1

Перечень входных и выходных сигналов ФБ обработки аналогового параметра

Сигнал	Наименования входных сигналов	Тип сигнала
Input	Значение с датчика температуры на насосе	Входной
max_eng	Максимальное инженерное значение	Входной
min_eng	Минимальное инженерное значение	Входной
max_avar	Максимальная аварийная уставка	Входной
max_pred	Максимальная предупредительная уставка	Входной
mask	Маскирование выходных сигналов	Входной
bmax_pred	Сработка максимальной предупредительной уставки	Выходной
bmax_avar	Сработка максимальной аварийной уставки	Выходной
bBad	Недостоверность измерения	Выходной

Таблица 2

Таблица истинности ФБ обработки аналогового параметра

input	**max_avar**	**max_pred**	**max_eng**	**min_eng**	**mask**	**bmax_avar**	**bmax_pred**	**bBAD**
1	85	80	150	10	FALSE	FALSE	FALSE	TRUE
70	85	80	150	10	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE
84	85	80	150	10	FALSE	FALSE	TRUE	FALSE
86	85	80	150	10	FALSE	TRUE	TRUE	FALSE
151	85	80	150	10	FALSE	TRUE	TRUE	TRUE
151	85	80	150	10	TRUE	FALSE	FALSE	FALSE

Реализован ФБ насоса (рис. 4).

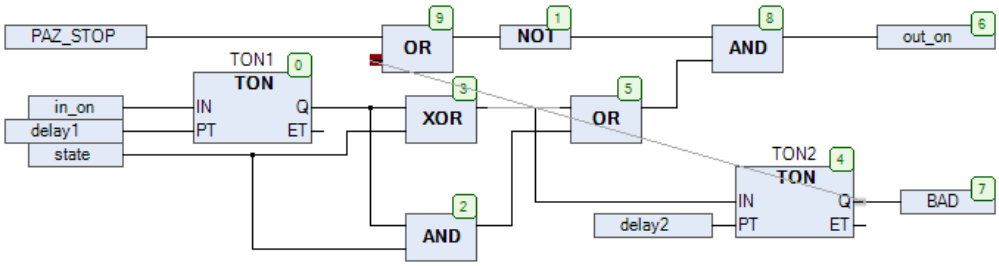


Рис. 4. Функциональный блок насосного оборудования

Функциональный блок насоса предназначен для обработки входящих команд, контроля обратной связи по состоянию насоса, взаимодействия с системой ПАЗ и выдачи команд управления на насосное оборудование. Команда *PAZ_STOP* имеет наивысший приоритет по сравнению с *in_on*. Перечень входных и выходных сигналов блока представлен в Таблице 3. Таблица истинности позволяет оценить работу алгоритма ФБ насоса (Таблица 4).

Таблица 3

Перечень входных и выходных сигналов ФБ насоса

Входные сигналы	Наименования входных сигналов	Тип сигнала
PAZ_STOP	Аварийный останов насоса с приоритетом	Входной
in_on	Пуск насоса	Входной
state	Состояние насоса	Входной
delay1	Время задержки для подтверждения подачи команды	Входной
delay2	Время задержки для ожидания состояния с насоса	Входной
out_on	Команда для насоса	Выходной
BAD	Насос в аварии	Выходной

Таблица 4

Таблица истинности ФБ насоса

in_on	**state**	**PAZ_stop**	**out_on**	**BAD**
TRUE T#2s	TRUE T#2s	FALSE	TRUE T#2s	FALSE
TRUE T#2s	TRUE T#100s	FALSE	FALSE	TRUE
TRUE T#2s	TRUE T#2s	TRUE	FALSE	FALSE

Приведен листинг ФБ определения первопричины аварии (рис. 5). Данный блок способствует определению первоначальной причины аварии. В результате на выходе ФБ вырабатывается сигнал, характеризующий первую аварийную ситуацию.

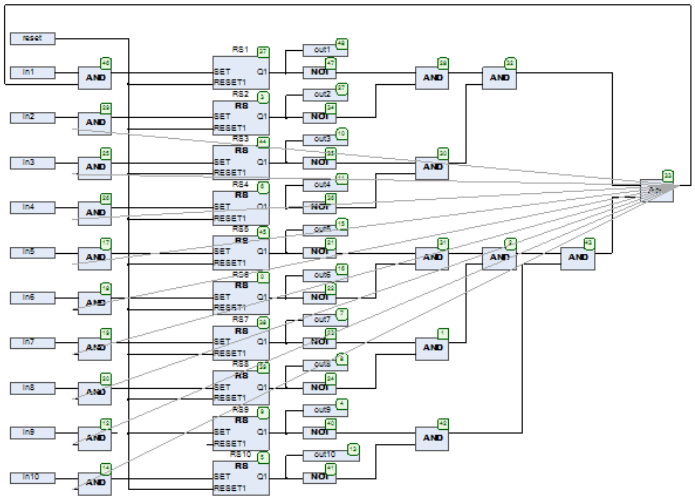


Рис. 5. Функциональный блок определения первопричины аварии

Функциональный блок определения первопричины предназначен для установления исходной причины аварии. Часть перечня входных и выходных сигналов блока представлена в таблице 5. Таблица истинности позволяет оценить работу алгоритма ФБ определения первопричины (Таблица 6).

Таблица 5

Часть перечня входных и выходных сигналов ФБ определения первопричины

Входные сигналы	Наименования входных сигналов	Тип сигнала
in1	Входной сигнал №1	Входной
inN	Входной сигнал №N	Входной
reset	Сброс первопричины	Входной
out1	Выходной сигнал №1	Выходной
outN	Выходной сигнал №N	Выходной

Таблица 6

Таблица истинности ФБ определения первопричины

in1	**in1msk**	**inN**	**inNmsk**	**RESET**	**out**	**out1**	**outN**
TRUE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	TRUE	TRUE	FALSE
FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	TRUE	FALSE	FALSE
FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	TRUE	FALSE	FALSE	FALSE
TRUE	TRUE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE

Представлен листинг ФБ блокировки насосного оборудования (рис. 6).

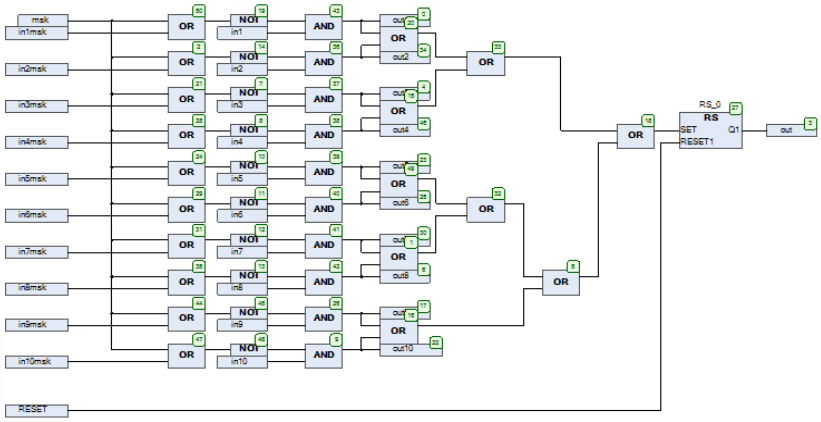


Рис. 6. Функциональный блок для блокировки насосного оборудования

ФБ блокировки насоса предназначен для отключения насосного оборудования при появлении аварийной ситуации. Часть перечня входных и выходных сигналов блока приведена в Таблице 7. Таблица истинности позволяет оценить работу алгоритма ФБ блокировки насосного оборудования (Таблица 8).

Таблица 7

Часть перечня входных и выходных сигналов ФБ блокировки насосного оборудования

Входные сигналы	Наименования входных сигналов	Тип сигнала
in1	Входной сигнал №1	Входной
in1msk	Маскирование входного сигнала №1	Входной
inN	Входной сигнал №N	Входной
inNmsk	Маскирование входного сигнала №N	Входной
reset	Сброс первопричины	Входной
out1	Выходной сигнал №1	Входной
outN	Выходной сигнал №N	Входной
out	Общий выходной сигнал	Входной

Таблица 8

Таблица истинности ФБ блокировки насосного оборудования

in1	**in2**	**in3**	**inN**	**reset**	**out1**	**out2**	**out3**	**outN**
FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE
FALSE	FALSE	TRUE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	TRUE	FALSE
FALSE	TRUE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	TRUE	FALSE
TRUE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	TRUE	FALSE
FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	TRUE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE

Заключение

В результате реализации проекта осуществлена разработка алгоритмов ПАЗ динамического оборудования в соответствии с ФНиП «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных, химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств» Приведена структурная схема алгоритмов ПАЗ. Разработаны функциональные блоки обработки аналогового параметра, запуска насоса, определения первопричины, блокировки насоса. Представлен разработанный программный код каждого функционального блока и таблицы истинности. Созданные алгоритмы могут быть использованы на нефтехимических и нефтеперерабатывающих заводах для сокращения риска возникновения аварий, происходящих вследствие выхода из строя динамического насосного оборудования. Применение алгоритмов для защиты центробежного насоса позволит добиться сокращения финансовых убытков и травматизма, возникающих в результате аварийных ситуаций.

Список использованных источников

1. ФНиП от 15 декабря 2020 года N 533. "Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств" // Электронный фонд правовых и нормативно технических документов «Консорциум кодекс»: сайт. – 2020. – URL: https://docs.cntd.ru/document/573200380?ysclid=ltnz0m19st865682096.

2. Петров И.В. Программируемые контроллеры. Стандартные языки и приемы прикладного проектирования. // М.: СОЛОН-ПРЕСС. – 2007. – 256 с.

3. Статистика чрезвычайных происшествий на объектах нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности за 2007-2016 гг / А.В. Краснов, З.Х. Садыкова, Д.Ю. Пережогин, И.А. Мухин // Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. – 2017. – № 6. – С. 179-191. – EDN ZXRAFT.

4. Ивушкина Е.Б. Анализ статистических данных об аварийных ситуациях на предприятиях нефтеперерабатывающей отрасли / Е.Б. Ивушкина, В.И. Красюков // Электронный научный журнал «Дневник науки». – 2022. – № 11. – DOI 10.51691/2541-8327_2022_11_8.

Научное издание

МОЛОДЕЖЬ И СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Сборник трудов
XXI Международной научно-практической конференции
студентов, аспирантов и молодых ученых

Издано в авторской редакции

Компьютерная верстка *А.М. Богдан, А.Ю. Петухова*

Зарегистрировано в Издательстве ТПУ
Размещено на корпоративном портале ТПУ
в полном соответствии с качеством предоставленного оригинал-макета

ИЗДАТЕЛЬСТВО
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ