

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  
XVI Международной научно-практической конференции  
студентов, аспирантов и молодых ученых

**3–7 декабря 2018 г.**

Томск 2019

УДК 378:004(063)  
ББК Ч481.23л0  
М75

**Молодежь и современные информационные технологии:** сборник трудов  
М75 XVI Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (Томск, 3–7 декабря 2018 г.) / Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2019. – 514 с.

Сборник содержит доклады, представленные на XVI 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: «Компьютерное моделирование и интеллектуальный анализ данных», «Автоматизация и управление в технических системах», «Робототехнические и мехатронные системы», «Цифровизация, IT и цифровая экономика», «Компьютерная графика и дизайн».

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

УДК  
378:004(063)  
ББК  
Ч481.23л0

*Редакционная коллегия*

Д.М. Сонькин, к.т.н., директор ИШИТР, председатель оргкомитета;  
А.Я. Пак, к.т.н., начальник организационного отдела ИШИТР, ученый секретарь оргкомитета;  
И.А. Ботыгин, к.т.н., доцент ОИТ ИШИТР ТПУ, председатель 1-й секции;  
Ю.А. Иванова, к.т.н., доцент ОИТ ИШИТР ТПУ, сопредседатель 1-й секции;  
С.В. Леонов, к.т.н., руководитель ОАР ИШИТР ТПУ, председатель 2-й секции;  
А.А. Филипас, к.т.н., доцент ОАР ИШИТР ТПУ, сопредседатель 2-й секции;  
А.М. Малышенко, д.т.н., профессор ОАР ИШИТР ТПУ, председатель 3-й секции;  
М.С. Суходоев, к.т.н., доцент ОАР ИШИТР ТПУ, сопредседатель 3-й секции;  
Е.И. Губин, к.ф.-м.н., доцент ОИТ ИШИТР ТПУ, председатель 4-й секции;  
В.С. Шерстнев, к.т.н. доцент ОИТ ИШИТР ТПУ, сопредседатель 4-й секции;  
А.А. Захарова, д.т.н., профессор ОАР ИШИТР, председатель 5-й секции;  
Е.В. Вехтер, к.пед.н., доцент ОАР ИШИТР, сопредседатель 5-й секции.

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

## **СОДЕРЖАНИЕ**

<b>СЕКЦИЯ 1. КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ</b> .....	15
ОЦЕНКА ИНФОРМАТИВНОСТИ СЕЙСМИЧЕСКИХ АТТРИБУТОВ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ ПОСТРОЕНИЯ ОБЪЕМНЫХ ПЕТРОФИЗИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ .....	16
<i>А.А. Аржаник, А.А. Шевченко</i>	
WEB-СЕРВИС ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ДОСУГА И АКТИВНОГО ОТДЫХА ДЛЯ ЖИТЕЛЕЙ ТОМСКА И ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ .....	18
<i>С.В. Аксенов, Д.И. Коваль, А.Д. Обложенко, И.В. Сушков, Л.В. Шеметов</i>	
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ОНЛАЙНОВОГО СБОРА ДАННЫХ О СОСТОЯНИИ ЧЕЛОВЕКА ПРИ СПОРТИВНЫХ ТРЕНИРОВКАХ .....	20
<i>А.В. Алексеев</i>	
АНАЛИЗ СУТОЧНЫХ ВАРИАЦИЙ КООРДИНАТ ОДНОЧАСТОТНЫХ GPS/ГЛОНАСС ПРИЕМНИКОВ .....	22
<i>А.Б. Бадмаев, Л.В. Козиенко, Н.Н. Климов</i>	
THE PROGRAM SCRIPT FOR PROCESSING HETEROGENEOUS DATA MULTISENSOR SYSTEM... ..	24
<i>Р.А. Bagutdinov</i>	
ДВУХФАКТОРНАЯ МОДЕЛЬ ПОЛНОСВЯЗНОЙ РЕГРЕССИИ С КВАДРАТОМ СВЯЗУЮЩЕЙ ПЕРЕМЕННОЙ .....	26
<i>М.П. Базилевский</i>	
СОЗДАНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ ПРИВЕРЖЕННОСТИ ПАЦИЕНТОВ ДИАГНОСТИКИ.....	28
<i>М.В. Боброва</i>	
АНАЛИЗ ТЕКСТОВЫХ ДАННЫХ, С ЦЕЛЬЮ ВЫДЕЛЕНИЯ ЗНАЧИМЫХ ФРАГМЕНТОВ ОБ АНАЛИЗАХ ПАЦИЕНТОВ .....	30
<i>Д. Д. Богданов, С.В. Аксёнов</i>	
РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУР ПРОИЗВОДСТВА АВТОМОБИЛЬНЫХ БЕНЗИНОВ НА БАЗЕ ПРОДУКТОВ ПРОЦЕССА «ЦЕОФОРМИНГ» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИРУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ.....	32
<i>И.А. Богданов, А.А. Алтынов, М.В. Киргина</i>	
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕРМОГРАВИТАЦИОННОЙ КОНВЕКЦИИ НЕНЬЮТОНОВСКОЙ ЖИДКОСТИ В ЗАМКНУТОЙ ПОЛОСТИ С ТЕПЛОВЫДЕЛЯЮЩИМ ИСТОЧНИКОМ ЭНЕРГИИ.....	34
<i>Д.С. Бондаренко</i>	
РАЗРАБОТКА СЕРВЕРНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ГОЛОСОВЫХ КОМАНД АССИСТЕНТА «АЛИСА» .....	36
<i>М.Е. Бугаева</i>	
ОШИБКИ И НЕДОСТАТКИ МОРФОЛОГИЧЕСКОГО И СЕМАНТИЧЕСКОГО АНАЛИЗОВ СЕМАНТИКО-СИНТАКСИЧЕСКОГО АНАЛИЗАТОРА ТЕКСТА SEMSIN.....	38
<i>В.В. Чемерилов, А.С. Фадеев</i>	
ПРИМЕНЕНИЕ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ КАМЕРЫ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ВИТАНИЯ ЧАСТИЦ СМЕСЕВОГО ТОПЛИВА НА ОСНОВЕ УГЛЯ И ДРЕВЕСИНЫ ПРИ ИХ СОВМЕСТНОМ РАСПЫЛЕНИИ .....	40
<i>И.В. Чередник, Е.Д. Круподерова</i>	
РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПОДСЧЕТА ЛЮДЕЙ НА ОСНОВЕ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ.....	42
<i>К.А. Черняк, А.В. Цавнин</i>	
РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ СИСТЕМЫ РЕГУЛЯЦИИ АГРЕГАТНОГО СОСТОЯНИЯ КРОВИ .....	44
<i>Е.А. Чурсина</i>	
ОПТИМИЗАЦИЯ И ТЕСТИРОВАНИЕ ЧИСЛЕННОГО КОДА ДЛЯ РАСЧЁТА ХАРАКТЕРИСТИК ДИФРАКЦИОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ОТ ПЛОСКИХ МИШЕНЕЙ.....	46
<i>А.А. Дышеков</i>	
ОЦЕНКА АДЕКВАТНОСТИ КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ РАСКРЫТИЯ КРЫЛЬЕВ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ.....	48
<i>С.В. Елькин, А.В. Воронин</i>	
ИНРАНЖИРОВАНИЯ И ГЕОМЕТРИЯ ПРОСТРАНСТВ СЛАБЫХ ПОРЯДКОВ .....	50
<i>Е.Ю. Емельянова</i>	
МОДУЛЬ СБОРА ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ СОБЫТИЙ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОВЕДЕНЧЕСКОЙ АВТОРИЗАЦИИ В ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯХ .....	52
<i>А.Т. Газизов</i>	

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОНЛАЙН-ЗАКАЗА БЛЮД В РЕСТОРАНАХ БЫСТРОГО ПИТАНИЯ С ПОМОЩЬЮ ГОЛОСОВЫХ КОМАНД.....	54
<i>Г.Е. Глазырин</i>	
МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ В БИОТЕХНОЛОГИИ .....	56
<i>К.С. Головина, Д.А. Лазарева</i>	
МОДЕЛИРОВАНИЕ РАДИОНАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ НА БАЗЕ ПСЕВДОСПУТНИКОВ ПРИ ПОМОЩИ СИГНАЛОВ ГЛОНАСС .....	58
<i>М.А. Голубятников, М.В. Колядин</i>	
АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК СОЦИАЛЬНЫХ ГРАФОВ, ПОСТРОЕННЫХ ПО ДАННЫМ СОЦИАЛЬНОЙ СЕТИ TWITTER .....	60
<i>М.Э. Грачева, Е.В. Якоби, В.В. Степаненко, Е.Е. Лунева</i>	
РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ СЛУЧАЙНОГО ГРАФА, СООТВЕТСТВУЮЩЕЙ УСРЕДНЕННЫМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ СОЦИАЛЬНЫХ ГРАФОВ, ПОЛУЧЕННЫМ ПО ДАННЫМ СОЦИАЛЬНОЙ СЕТИ TWITTER.....	62
<i>М.Э. Грачева, В.В. Степаненко, А.А. Аманжолов, Лунева Е.Е.</i>	
АЛГОРИТМ СЕМАНТИЧЕСКОЙ СЕГМЕНТАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ.....	64
<i>Д.С. Григорьев, В.Г. Спицын</i>	
КЛАССИФИКАЦИЯ ТЕКСТА НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ РЕАЛЬНЫХ СЦЕН ПРИ ПОМОЩИ СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ.....	66
<i>Е.А. Исаев, Е.В. Михайлова</i>	
РАЗРАБОТКА И АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ К ОБЛАЧНОМУ СЕРВИСУ ПОДДЕРЖКИ КОГНИТИВНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ.....	68
<i>Р.А. Исаев, Е.А. Луначев</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФИЛЬТРА КАЛМАНА НА ДАННЫХ ОТ РЕГИСТРАТОРА ЕСТЕСТВЕННОГО ИМПУЛЬСНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ .....	70
<i>А.Ю. Ивченко, И.А. Ботыгин</i>	
СТОХАСТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ НА РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ИТОГОВОЙ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ УЧЕНИКОВ ИЗ РАЗНЫХ СТРАН.....	72
<i>В.А. Клековкин</i>	
РАЗРАБОТКА ОНТОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ВЕБ-СЕРВИСА РЕКОМЕНДАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ АБИТУРИЕНТОВ.....	74
<i>Е.И. Колпакова, И.Ю. Шполянская</i>	
СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ РАСПОЗНАВАНИЯ ЭМОЦИЙ.....	76
<i>В.А. Коровкин</i>	
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ СОКРАЩЕНИЯ ПРИЗНАКОВОГО ПРОСТРАНСТВА ДЛЯ ТЕКСТУРНОЙ КЛАССИФИКАЦИИ ПАТОЛОГИЙ ДИССЕМНИРОВАННОГО ТУБЕРКУЛЁЗА ЛЁГКИХ.....	78
<i>К.А. Костин</i>	
АЛГОРИТМ ФАЗОЧАСТОТНОЙ ДЕКОНВОЛЮЦИИ.....	80
<i>А.Е. Козлов</i>	
АЛГОРИТМЫ ПОНИМАНИЯ ТЕКСТА МЕТОДАМИ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ .....	82
<i>Н.А. Кривошеев</i>	
ПЕРВИЧНЫЙ СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ОСНОВНЫХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ И РАДИАЦИОННЫХ ДАННЫХ ПО ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ .....	84
<i>К.А. Лемешонок, И.А. Ботыгин</i>	
КЛАСТЕРИЗАЦИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ МЕТОДОМ «К-СРЕДНИХ».....	86
<i>С.А. Леонтьева, А.Ю.Демин</i>	
ОБНАРУЖЕНИЕ ЛИНИЙ НА ЗАШУМЛЕННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ НА ОСНОВАНИИ ПРИМЕНЕНИЯ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ХАФА .....	88
<i>В.А. Лобанова</i>	
КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА СУШКИ ИЗОЛЯЦИОННЫХ ПАЛЬЦЕВ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ИНФРАКРАСНЫМ ЛАЗЕРОМ.....	90
<i>И.О. Лобыцин</i>	
ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ АНАЛИЗА РЕЗУЛЬТАТОВ ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ С ЭНДОКРИНОПАТИЯМИ .....	92
<i>И.А. Лызин, О.В. Марухина</i>	
ЗАЩИТА КОРПОРАТИВНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ НА БАЗЕ РАСПОЗНАВАНИЯ КЛАВИАТУРНОГО ПОЧЕРКА ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ.....	94
<i>С.С. Махонченко, Р.П. Затеев</i>	

<i>ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ВАСЮГАНСКОГО ЛЕСНИЧЕСТВА ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПУТНИКОВЫХ СНИМКОВ LANDSAT 8</i> .....	96
<i>К.А. Маслов</i>	
<i>АНАЛИЗ ДИНАМИКИ СОСТОЯНИЯ ХВОЙНЫХ ЛЕСОВ, ПОВРЕЖДЕННЫХ СИБИРСКИМ ШЕЛКОПРЯДОМ, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ</i> .....	98
<i>К.А. Маслов</i>	
<i>ИССЛЕДОВАНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ФОРМЫ СЕЙСМИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ</i> .....	100
<i>Ю.В. Матей</i>	
<i>РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ-АРХИВАТОРА НА ОСНОВЕ АЛГОРИТМА СЖАТИЯ ДАННЫХ БЕЗ ПОТЕРЬ</i> .....	102
<i>Э.Р. Муртазин</i>	
<i>МОДЕЛЬ АСУ ГАЗООЧИСТНОЙ УСТАНОВКОЙ ФЕРРОСПЛАВНОГО ПРОИЗВОДСТВА</i> .....	104
<i>Г.А. Мурзин, М.И. Четвергов</i>	
<i>ВИЗУАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МУЛЬТИСЕНСОРНЫХ ДАННЫХ В ВИРТУАЛЬНОЙ СРЕДЕ</i> .....	106
<i>Ю.С. Петров, А.А. Захарова</i>	
<i>РАСПОЗНОВАНИЕ ОБРАЗОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПОРЯДКОВЫХ МЕР</i> .....	108
<i>Е.Ю. Погадаева</i>	
<i>ВЛИЯНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КАМЕРЫ ПРИ ПОСТРОЕНИИ КАРТЫ ОКРУЖЕНИЯ ОБЪЕКТА НА ОСНОВЕ LSD-SLAM МЕТОДА</i> .....	110
<i>Е.А. Погадаев</i>	
<i>ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ТЕКСТОВ</i> .....	112
<i>Е.С. Попова</i>	
<i>МОДЕЛИРОВАНИЕ КОМПРЕССОРНОЙ СТАНЦИИ И УСТАНОВКИ ОСУШКИ УГЛЕВОДОРОДНОГО ГАЗА В СРЕДЕ UNISIM</i> .....	114
<i>Б.В. Пушинов, В.Ф. Самойленко</i>	
<i>К ВОПРОСУ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ СГЛАЖИВАЮЩЕГО СПЛАЙНА</i> .....	116
<i>Е.Ю. Репина, Даньни У, Р.П. Затеев</i>	
<i>ПРИМЕНЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ ПОСТРОЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО ПУТИ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ РОБОТА</i> .....	118
<i>И.А. Савостин, А.О. Трубаков</i>	
<i>РАЗРАБОТКА ЧАТ-БОТА ДЛЯ ПЛАТФОРМЫ TWITCH.TV</i> .....	120
<i>В.А. Щукин</i>	
<i>ГЕНЕРАЦИЯ ТРАЕКТОРИЙ ДЛЯ ЗАДАЧ МОДЕЛИРОВАНИЯ СФЗ</i> .....	122
<i>И.К. Шарков, Е.А. Желудков</i>	
<i>ПРОЕКТИРОВАНИЕ УСИЛИТЕЛЕЙ С ПРЕДЕЛЬНО МАЛЫМИ НЕЛИНЕЙНЫМИ ИСКАЖЕНИЯМИ</i> .....	124
<i>А.П. Шишмарева, Ю.К. Рыбин</i>	
<i>РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА КОММУТАЦИИ МЕЖДУ УЗЛАМИ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ-ВЕЩЕЙ»</i> .....	126
<i>А. Скопченко</i>	
<i>ОБЗОР МЕТОДОВ АНАЛИЗА АНОМАЛИЙ В БОЛЬШИХ ДАННЫХ</i> .....	128
<i>В.А. Овсянников, С.М. Старолетов</i>	
<i>TOWARDS PROBLEMS OF CYBER-PHYSICAL SYSTEMS VERIFICATION WHILE DESIGNING THEM WITH THE MODEL-DRIVEN APPROACH</i> .....	130
<i>Sergey Staroletov</i>	
<i>ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНИКИ VASKJUMPING В МАССИВНО-ПАРАЛЛЕЛЬНОМ ВАРИАНТЕ ТАБЛИЧНОГО АЛГОРИТМА ДЛЯ ДЕСКРИПЦИОННОЙ ЛОГИКИ SHIQ</i> .....	132
<i>А.А. Ступников</i>	
<i>ИССЛЕДОВАНИЕ ЛИНЕЙНОЙ ВЗАИМОСВЯЗИ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА ОСНОВЕ КОЭФФИЦИЕНТА КОРРЕЛЯЦИИ ПИРСОНА</i> .....	134
<i>К.Д. Сухих, И.А. Ботыгин</i>	
<i>ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УЧЕТА И АНАЛИЗА РЕЗУЛЬТАТОВ АДАПТАЦИИ И МОТИВАЦИИ ШКОЛЬНИКОВ</i> .....	136
<i>Е.В. Телипенко, А.Р. Антонов</i>	
<i>СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ЗАДЕРЖКИ ЗАЖИГАНИЯ ДИСПЕРГИРОВАННЫХ ТВЕРДЫХ ТОПЛИВ</i> .....	138
<i>А.А. Толокольников, А.В. Губин, С.А. Янковский</i>	

<i>РАСПОЗНАВАНИЕ ЭМОЦИЙ ИЗ РЕЧЕВОГО СИГНАЛА.....</i>	<i>140</i>
<i>В.В. Видман, А.Я. Видман, В.М. Саклаков, И.С. Ванюшин</i>	
<i>РАЗРАБОТКА ОНТОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ВЕБ-СЕРВИСА РЕКОМЕНДАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ ОНЛАЙН-КИНОТЕАТРА .....</i>	<i>142</i>
<i>В.М. Яровая</i>	
<i>РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА РАБОТЫ БЕСПРОВОДНОГО КОСТЮМА ЗАХВАТА ДВИЖЕНИЯ НА БАЗЕ 9-ТИ ОСЕВЫХ СЕНСОРОВ.....</i>	<i>144</i>
<i>И.Е. Забродин, О.П. Жамкоцян</i>	
<i>ПРИМЕНЕНИЕ СВЕРТОЧНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ ТЕКСТОВ ПРИ ИЗВЛЕЧЕНИИ ПРИЗНАКОВ НА УРОВНЕ СИМВОЛОВ .....</i>	<i>146</i>
<i>В.Г. Журавлев</i>	
<i>АНАЛИЗ СОЦИАЛЬНЫХ ДАННЫХ С ПОМОЩЬЮ ТЕХНОЛОГИЙ BIG DATA.....</i>	<i>148</i>
<i>Н.И. Журбич, П.А. Зяблицев</i>	
<i>РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АЛГОРИТМИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ УЧЕБНОГО РОБОТОТЕХНИЧЕСКОГО СТЕНДА.....</i>	<i>150</i>
<i>С.В. Зуева</i>	
<i>ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГРУППЫ РИСКА СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ.....</i>	<i>152</i>
<i>П.А. Зяблицев</i>	
<i>ИСПОЛЬЗОВАНИЕ OLAP ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЕ ГРУППЫ РИСКА ОСТРОГО ИНФАРКТА МИОКАРДА .....</i>	<i>154</i>
<i>П.А. Зяблицев</i>	
<i>ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ГЕОСТАТИСТИКИ В ФАКТОРНО-РЕГРЕССИОННОМ ПРОГНОЗИРОВАНИИ ПОРИСТОСТИ КОЛЛЕКТОРОВ ПО СЕЙСМИЧЕСКИМ АТТРИБУТАМ. ....</i>	<i>156</i>
<i>Амани Мануга Марк М.</i>	
<i>ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТЕПЛОПЕРЕНОСА В ЗАМКНУТОЙ ПОЛОСТИ ЗА СЧЁТ ВВЕДЕНИЯ ПОРИСТОЙ ВСТАВКИ ПО ПЕРИМЕТРУ ИСТОЧНИКА .....</i>	<i>158</i>
<i>М.С. Астанина</i>	
<i>ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНИМОСТИ АЛГОРИТМОВ КЛАСТЕРИЗАЦИИ AFFINITY PROPAGATION, DBSCAN К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ ПОИСКА ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ-ЭКСПЕРТОВ В СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ .....</i>	<i>160</i>
<i>Д.А. Виноградова</i>	
<i>ОБРАБОТКА ПОКАЗАНИЙ ТЕПЛОСЧЁТЧИКОВ СТАТИСТИЧЕСКИМИ ИНСТРУМЕНТАМИ В ПРОГРАММЕ STATISTICA.....</i>	<i>162</i>
<i>П.А. Зорин</i>	
<i>МЕТРИКИ ОЦЕНКИ КЛАССИФИКАТОРОВ В ЗАДАЧАХ МЕДИЦИНСКОЙ ДИАГНОСТИКИ... ..</i>	<i>164</i>
<i>П.В. Дудченко</i>	
<i>ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛГОРИТМА ОБРАБОТКИ НАВИГАЦИОННЫХ ДАННЫХ ДЛЯ МИНИМИЗАЦИИ НАГРУЗКИ БАЗЫ ДАННЫХ.....</i>	<i>166</i>
<i>А.О. Изумнов, Л.О. Изумнов</i>	
<i>ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕЛИЧИНЫ РАДИАЦИОННОГО РАЗОГРЕВА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ НЕЙТРОННО-ТРАНСМУТАЦИОННОГО ЛЕГИРОВАНИЯ КРЕМНИЯ НА РЕАКТОРЕ ИРТ-Т.....</i>	<i>168</i>
<i>Н.В. Смольников, И.И. Лебедев, М.Н. Аникин</i>	
<i>РАЗРАБОТКА ВИРТУАЛЬНОЙ СРЕДЫ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ УЧЕБНЫХ И ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ.....</i>	<i>170</i>
<i>Д.Д. Исунц</i>	
<i>ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПО ОБРАБОТКЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДВУМЕРНОГО МЕДИАННОГО ФИЛЬТРА.....</i>	<i>172</i>
<i>А.С. Козлова, А.Ю. Демин, И.А. Ботыгин</i>	
<i>ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ГЕОХИМИЧЕСКОГО И ГЕОФИЗИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ.....</i>	<i>174</i>
<i>А.А. Липатникова, Е.В. Дьячков, Е.В. Обходская</i>	
<i>МЕТОДИКА РЕКОНСТРУКЦИИ ФОНЕМ ГОЛОСА ЧЕЛОВЕКА .....</i>	<i>176</i>
<i>Лань Г.</i>	
<i>ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ ДЛЯ КРЕАТИВНЫХ АГЕНТСТВ, СПЕЦИАЛИЗИРУЮЩИХСЯ НА DIGITAL-УСЛУГАХ.....</i>	<i>178</i>
<i>А.В. Ломаченков</i>	
<i>ПОДГОТОВКА ДАННЫХ С ВЫСОКИМ УРОВНЕМ ОШИБОК И ШУМА К ОБРАБОТКЕ АЛГОРИТМАМИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ .....</i>	<i>180</i>
<i>Р.Э. Мнацаканян</i>	

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ О ДИАБЕТИЧЕСКОЙ РЕТИНОПАТИИ НА СНИМКАХ С НИЗКОЙ СТЕПЕНЬЮ ДОВЕРИЯ.....	182
<i>И.С. Ванюшин, К.Р. Марупова</i>	
МЕТОДИКА ОБРАБОТКИ И ВИЗУАЛИЗАЦИИ СООБЩЕНИЙ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ В СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ.....	184
<i>В.М. Саклаков</i>	
ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ НАВИГАЦИИ ВНУТРИ ЗДАНИЯ.....	186
<i>А.С. Кенжетеева</i>	
ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО ДЛЯ СОЗДАНИЯ КОДА КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ ТЕПЛОЫДЕЛЯЮЩЕГО ЭЛЕМЕНТА РЕАКТОРА ВВЭР-1000.....	188
<i>Н.В. Смольников, И.А. Варламов</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ ШУМОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ВЫХОДНОГО НАПРЯЖЕНИЯ ГЕНЕРАТОРА СИГНАЛОВ ПРЕЦИЗИОННОГО ГС-50.....	190
<i>А.С. Орехова</i>	
ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО ДЛЯ АНАЛИЗА ДАННЫХ, ПОЛУЧЕННЫХ В ПАКЕТЕ ПРОГРАММ МСУ ПРИ РАСЧЕТЕ ЯДЕРНОГО РЕАКТОРА.....	192
<i>И.А. Варламов, Н.В. Смольников, М.С. Кузнецов</i>	
СОГЛАСОВАНИЕ ЗНАЧЕНИЙ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ КОНСТАНТ МЕТОДОМ НАИМЕНЬШИХ КВАДРАТОВ.....	194
<i>Л.В. Галсанова</i>	
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ НЕРАВНОМЕРНОСТИ ВЫГОРАНИЯ ТОПЛИВА ПО ВЫСОТЕ В ЯДЕРНОМ РЕАКТОРЕ ВВЭР-1000.....	196
<i>И.А. Варламов, М.С. Кузнецов</i>	
ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ОБЗОР МЕТОДОВ КОДИРОВАНИЯ ГРАФОВ.....	198
<i>В.Е. Козловский, Е.Е. Лунева</i>	
О МЕТОДЕ ИДЕНТИФИКАЦИИ РАЗЛАДКИ ВО ВРЕМЕННЫХ РЯДАХ.....	200
<i>А.О. Шерстобитова</i>	
СРАВНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ОДНОЗАДАЧНОЙ МОДЕЛИ FCFS С ХАРАКТЕРИСТИКАМИ МНОГОЗАДАЧНОЙ МОДЕЛИ ROUND ROBIN.....	202
<i>В.Ю. Юрченко</i>	
АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СОПРОВОЖДЕНИЯ АНАЛИЗА РЕЗУЛЬТАТОВ РАДИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	204
<i>С.А. Семёнов, Е.В. Кащеева, С.В. Аксёнов</i>	
СИСТЕМА УЧЕТА ПОСЕЩАЕМОСТИ СТУДЕНТОВ.....	206
<i>А.О. Банщиков, А.А. Гируцкая, И.В. Цапко</i>	
ПОСТРОЕНИЕ ПРОГНОЗНЫХ МОДЕЛЕЙ С ПОМОЩЬЮ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ.....	208
<i>Н. А. Солтаганов</i>	
ПОСТРОЕНИЕ «ДОМА КАЧЕСТВА». ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРЕБОВАНИЙ ПОТРЕБИТЕЛЯ.....	210
<i>А.С. Иващенко</i>	
<b>СЕКЦИЯ 2. АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ.....</b>	<b>212</b>
РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОДГОТОВКОЙ НЕФТИ.....	213
<i>А.А. Сидорова, А.А. Наумовская</i>	
РАЗРАБОТКА ПОДСИСТЕМЫ УТОЧНЕНИЯ ДИСТАНЦИИ В СОСТАВЕ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА ВЫСОКОТОЧНОЙ КООРДИНАЦИИ ПОЛЕТА ГРУППЫ БВС В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ.....	215
<i>Р.И. Перминов</i>	
РАЗРАБОТКА ANDROID-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ КОМПЛЕКСОМ АВТОМАТИЧЕСКОГО ПИЛОТИРОВАНИЯ КОЛЕСНОЙ ПЛАТФОРМЫ.....	217
<i>В.И. Рот</i>	
СРЕДСТВО АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ОЦЕНКИ БЫСТРОДЕЙСТВИЯ КОМПОНЕНТОВ БОРТОВОГО ПРИБОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ.....	219
<i>С.А. Леоновец</i>	
ПРИМЕНЕНИЕ SCADA-СИСТЕМ ДЛЯ КОНТРОЛЯ И ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА.....	221
<i>К.В. Новицкая</i>	
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ РАСФОРМИРОВАНИЯ СОСТАВОВ НА СОРТИРОВОЧНЫХ СТАНЦИЯХ.....	223
<i>Г.Н. Крамынина, Ю.А. Шнитюленко</i>	

АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ДОКУМЕНТООБОРОТА ЖЕЛЕЗНОДОРОДНОЙ СОРТИРОВОЧНОЙ СТАНЦИИ, КАК СПОСОБ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОЙ И БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВАГОННОГО ПАРКА .....	225
А.А. Оленцевич, Ю.О. Гуд	
УСТРОЙСТВО УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ ИНФОРМИРОВАНИЯ ПассажиРСОКОГО ТРАНСПОРТА НЕФТЕГАЗОВЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ.....	227
А.И. Юдин, А.В. Соболев, А.С. Фадеев	
СИСТЕМА ИНФОРМИРОВАНИЯ ПассажиРОВ НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА ARDUINO UNO .....	229
А.В. Соболев, А.И. Юдин, А.С. Фадеев	
ВЕБ-СЕРВИС ОБНАРУЖЕНИЯ И КОРРЕКТИРОВКИ ОШИБОК В ДАННЫХ НА ПРОМЫСЛАХ НЕФТЕГАЗОДОБЫВАЮЩИХ КОМПАНИЙ .....	231
И.В. Евсюткин, Н.Г. Марков	
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕННОГО УСТРОЙСТВА, ПРЕДНАЗНАЧЕННОГО ДЛЯ ТЕРМОРЕГУЛЯЦИИ ПОМЕЩЕНИЙ .....	233
Ларченко К.Д., Паньшин Г. Л.	
ЧИСЛЕННАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РАДИАЦИОННОГО ТЕПЛООБМЕНА ПРИ КОНТАКТНЫХ ИЗМЕРЕНИЯХ ТЕМПЕРАТУРЫ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ НА ТЭС ....	235
О.С. Яцутина	
РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА АВТОМАТИЧЕСКОГО ПОДЪЕМНОГО УСТРОЙСТВА .....	237
К.А. Изотова, Г.Л. Паньшин	
ВИДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ САПР ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МЕХАНОСБОРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА ПРЕДПРИЯТИЙ ИНДУСТРИИ 4.0 .....	239
Д.А. Заколдаев	
АНАЛИЗ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СТАНКОВ ДЛЯ РАЗМЕЩЕНИЯ SMD ЭЛЕМЕНТОВ И НАНЕСЕНИЯ ПАЯЛЬНОЙ ПАСТЫ.....	241
А.С. Чернов, М.С. Суходоев	
РАЗРАБОТКА ДРАЙВЕРА ПОД ОС LINUX ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ АППАРАТНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТЬЮ НА ОТЛАДОЧНОЙ ПЛАТЕ .....	243
Т.А. Ягунов, И.В. Зоев	
СИСТЕМА ПРОГРАММНОЙ ПОДДЕРЖКИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СТУДЕНТОВ ПО РУКОВОДИТЕЛЯМ ВЫПУСКНЫХ КВАЛИФИКАЦИОННЫХ РАБОТ: АРХИТЕКТУРА И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ.....	245
И.Г. Егорова, Е.А. Антюхова	
РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЯРКОСТЬЮ ГРУППЫ СВЕТОДИОДОВ С ВОЗМОЖНОСТЬЮ РУЧНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ.....	247
А.В. Брейнерт, А.И. Васин	
ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЕЩЕСТВЕННЫХ ЗНАЧЕНИЙ ПОЛЮСОВ ЗАМКНУТОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ.....	249
А.В. Цавнин	
РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХОБСЛУЖИВАНИЕМ И РЕМОНТОМ .....	251
А.В. Чимров, В.А. Гилев, Е.И. Громаков	
РАЗРАБОТКА АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ МОНИТОРИНГА СРЕДЫ РАЗВИТИЯ РАСТЕНИЙ .....	253
А.Р. Баскакова	
МЕТОД ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ МАНИПУЛЯТОРОВ РОБОТА НА ОСНОВЕ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ.....	255
И.А. Седельников	
ОСОБЕННОСТИ СХЕМОТЕХНИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ УСТРОЙСТВА ДЕКОДИРОВАНИЯ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОГО ПОЛИНОМИАЛЬНОГО КОДА, ИСПРАВЛЯЮЩЕГО НЕЗАВИСИМЫЕ ОШИБКИ, МЕТОДОМ МАТРЕШКИ .....	257
А.И. Левандовский	
АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ КОМПЛЕКСА АВТОМАТИЧЕСКОГО ПИЛОТИРОВАНИЯ КОЛЕСНОЙ ПЛАТФОРМЫ.....	259
В.И. Рот	
МЕХАНИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ МАЯТНИКА НА ВРАЩАЮЩЕМСЯ ВАЛУ.....	261
О.Ю. Суменков	



КОМБИНИРОВАННАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ УЗЛОМ СТАБИЛИЗАЦИИ ДАВЛЕНИЯ АНОДНОГО ГАЗА ПРОИЗВОДСТВА ТЕХНИЧЕСКОГО ФТОРА	263
<i>Д.И. Тетерин, Н.С. Криницын, В.Ф. Дядик</i>	
НАСТРОЙКА АКСЕЛЕРОМЕТРА ДЛЯ СТАБИЛИЗАЦИИ БПЛА НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА СЕМЕЙСТВА ARDUINO	265
<i>Д.А. Журман, А.С. Фадеев</i>	
НАСТРОЙКА ПИД РЕГУЛЯТОРА ДЛЯ БПЛА НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА СЕМЕЙСТВА ARDUINO	267
<i>Д.А. Журман, Н.А. Афанасьев, А.С. Фадеев</i>	
НАСТРОЙКА ГИРОСКОПА ДЛЯ СТАБИЛИЗАЦИИ БПЛА НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА СЕМЕЙСТВА ARDUINO	269
<i>Д.А. Журман, А.С. Фадеев</i>	
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ P-СПЛАЙНА В ЗАДАЧЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ	271
<i>У Даньни, Е.Ю. Ретина</i>	
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТЕПЛОПЕРЕНОСА ПРИ ЗАЧЕКЕНИИ ТЕРМОПАР	273
<i>Ю.Е. Балахнина, Е.А. Андрианова, Ю.К. Атрошенко</i>	
СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ КАЛИБРОВКИ И ПРОВЕРКИ УСТРОЙСТВА МОНИТОРИНГА И ЗАЩИТЫ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ	275
<i>А.Д. Рыбак</i>	
РАЗРАБОТКА ДВУХПОЗИЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ УРОВНЕМ ЖИДКОСТИ	277
<i>А.А. Кононенко</i>	
ГЕНЕРАЦИЯ ТЕКСТОВОЙ КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕКУРРЕНТНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ	279
<i>С.А. Леоновец</i>	
ПОКАЗАТЕЛЬ ТЕПЛОВОЙ ИНЕРЦИИ ТЕРМОПАР В СИСТЕМАХ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПЕРЕГРЕТОГО ПАРА	281
<i>Т.С. Бойкова, Ю.К. Атрошенко</i>	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ЦИКЛИЧЕСКОЙ РАБОТЫ АППАРАТА ДЕСУБЛИМАЦИИ	283
<i>А.В. Николаев, Н.С. Криницын</i>	
СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ РОБОКАТЕТЕРОМ	285
<i>А.А. Польников, М.П. Швецов, А.А. Кравченко</i>	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИРТУАЛЬНЫХ АНАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ	287
<i>И.А. Кремлев, Е.И. Громаков</i>	
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИНТЕРПОЛЯЦИОННЫХ МЕТОДОВ СИНТЕЗА РЕГУЛЯТОРОВ	289
<i>А.К. Кудайбергенов</i>	
ИНТЕГРИРОВАННАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ СЕГМЕНТАЦИИ И РАСПОЗНАВАНИЯ МАШИНОЧИТАЕМЫХ БЛАНКОВ	291
<i>И.К. Квасникова, Н.Г. Авдеев</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЧЕТЫРЕХПОЛЮСНИКОВ	293
<i>А.И. Федотов, А.С. Каширин</i>	
СРАВНЕНИЕ СХЕМОТЕХНИЧЕСКИХ РЕАЛИЗАЦИЙ УСТРОЙСТВ ДЕКОДИРОВАНИЯ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОГО ПОЛИНОМИАЛЬНОГО КОДА, ИСПРАВЛЯЮЩЕГО НЕЗАВИСИМЫЕ ОШИБКИ	295
<i>А.И. Левандовский</i>	
СРАВНЕНИЕ СХЕМОТЕХНИЧЕСКИХ РЕАЛИЗАЦИЙ ДЕКОДИРОВАНИЯ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОГО ПОЛИНОМИАЛЬНОГО КОДА, ИСПРАВЛЯЮЩЕГО ПАКЕТНЫЕ ОШИБКИ $M=2$ , $P=2$	297
<i>Н.С. Саликов</i>	
АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА СИНТЕЗА МАТЕРИАЛОВ ПЛАЗМОХИМИЧЕСКИМ РЕАКТОРОМ ПОСТОЯННОГО ТОКА	299
<i>А.Е. Телепнев, Р.Д. Герасимов, А.Я. Пак</i>	
АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ГЕОЛОГО-ТЕХНИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ НА ОСНОВЕ ПРОМЫСЛОВЫХ ДАННЫХ	301
<i>В.П. Соломатин, К.Р. Марупова</i>	

<i>ОСОБЕННОСТИ СХЕМОТЕХНИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ ЦИКЛИЧЕСКОГО МЕТОДА ДЕКОДИРОВАНИЯ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОГО ПОЛИНОМИАЛЬНОГО КОДА, ИСПРАВЛЯЮЩЕГО ПАКЕТНЫЕ ОШИБКИ</i> .....	303
<i>Н.С. Саликов</i>	
<i>МЕТОД РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ОПЕРАТОРОВ-ПРОЕКТОРОВ</i> .....	305
<i>П.С. Бондаренко</i>	
<i>ЕМКОСТНЫЙ УРОВНЕМЕР ДЛЯ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА</i> .....	307
<i>Н.А. Афанасьев, А.В. Власов</i>	
<i>ОПИСАНИЕ КООПЕРАЦИИ АВТОНОМНЫХ РОБОТОВ НЕЧЕТКОЙ ЛИНГВИСТИЧЕСКОЙ МОДЕЛЬЮ</i> .....	309
<i>И.И. Бирюков</i>	
<i>РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ КВАДРОКОПТЕРА НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ PARROT MINIDRONE ROLLING SPIDER</i> .....	311
<i>А.С. Каширин, А.И. Федотов</i>	
<i>РЕАЛИЗАЦИЯ ДВИЖЕНИЯ РОБОТА ПО ТРАЕКТОРИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПИД РЕГУЛЯТОРА</i> .....	313
<i>А.С. Каширин, А. И. Федотов</i>	
<i>ЦИФРОВОЙ ДИММЕР УПРАВЛЕНИЯ ЯРКОСТЬЮ ЛАМПЫ НА БАЗЕ ARDUINO UNO</i> .....	315
<i>Швецов М. П.</i>	
<i>ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ MESH-СЕТЕЙ</i> .....	317
<i>А.А. Зобнина</i>	
<i>МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ СИСТЕМЫ ПОИСКА ГОРНЯКОВ В ГОРНЫХ ВЫРАБОТКАХ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ</i> .....	319
<i>А.А. Зобнина</i>	
<i>ФИНИШНАЯ ОБРАБОТКА ШНЕКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОМЫШЛЕННОГО МАНИПУЛЯТОРА</i> .....	321
<i>Н.В. Лаптев, Е.В. Столов, А.С. Бабаев, Н.С. Креницын</i>	
<i>МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЛЬСОВОЙ ЛИНИИ</i> .....	323
<i>В.А. Целищев, К.С. Морозова</i>	
<i>ПРИМЕНЕНИЕ WEB-ТЕХНОЛОГИЙ В СФЕРЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ (АСУ ТП)</i> .....	325
<i>А.С. Янусов</i>	
<i>КОМПЕНСАЦИЯ ВОЗМУЩЕНИЙ В КОНТУРАХ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТРЕХФАЗНОГО СЕПАРАТОРА</i> .....	327
<i>А.С. Купин</i>	
<i>ПЛАНЕТА БЕЗ МУСОРА</i> .....	329
<i>А.А. Иванов</i>	
<i>КОМПЛЕКС УДАЛЕННОГО АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ, СБОРА, ОБРАБОТКИ, ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДАННЫХ ТОМСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ РАДИОАКТИВНОСТИ И ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ</i> .....	331
<i>Г.А. Яковлев</i>	
 <b>СЕКЦИЯ 3. РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЕ И МЕХАТРОННЫЕ СИСТЕМЫ</b> .....	333
<i>РАННЕЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ САМООПРЕДЕЛЕНИЕ ОБУЧАЮЩИХСЯ (НА МАТЕРИАЛЕ КУРСА «РОБОТОТЕХНИКА И СХЕМОТЕХНИКА»)</i> .....	334
<i>В.А. Борисова</i>	
<i>МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ОСВЕЩЕНИЕМ ЗА СЧЕТ УСТАНОВКИ ДАТЧИКОВ ОСВЕЩЕННОСТИ С ЧАСТОТНЫМ ВЫХОДОМ</i> .....	336
<i>Е.А. Иващенко</i>	
<i>ОБРАТНАЯ КИНЕМАТИКА ДЛЯ НЕПРЕРЫВНЫХ РОБОТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛГОРИТМА FABRIK</i> .....	338
<i>Д.Ю. Колпащиков, Н.В. Лаптев</i>	
<i>РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ</i> .....	340
<i>К. П. Лошаков</i>	
<i>РАЗРАБОТКА МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО БЕЗЭКИПАЖНОГО КАТЕРА ПРОМЕЖУТОЧНОГО КЛАССА ДЛЯ РАБОТЫ С ОБЪЕКТАМИ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ</i> .....	342
<i>А.К. Насонов, М.И. Панкратов</i>	

<i>ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНИМОСТИ МЕТОДОВ СТАБИЛИЗАЦИИ ДВИЖЕНИЯ ДЛЯ МАЛОРАЗМЕРНЫХ АНТРОПОМОРФНЫХ РОБОТОВ</i> .....	344
<i>А.А. Протопопов, В.С. Стерехова</i>	
<i>РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ СТАБИЛИЗАЦИИ ДВИЖЕНИЯ МАЛОРАЗМЕРНОГО АНТРОПОМОРФНОГО РОБОТА</i> .....	346
<i>А.А. Протопопов, В.С. Стерехова</i>	
<i>РАЗРАБОТКА РОБОТОТЕХНИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО РЕМОНТА ДОРОЖНОГО ПОЛОТНА</i> .....	348
<i>В.А. Рачис, В.А. Галлингер, Э.И. Бейшенбаев, Г.М. Медетова</i>	
<i>КОНТРОЛЬ ПОВЕРХНОСТНЫХ ДЕФЕКТОВ КИРПИЧА-СЫРЦА С ПОМОЩЬЮ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ</i> .....	350
<i>К.В. Равдин</i>	
<i>СУЩЕСТВУЮЩИЕ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ НАВИГАЦИИ ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ OUTDOOR РОБОТОВ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ</i> .....	352
<i>К.Ю. Усенко</i>	
<i>ПРИМЕНЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ДАТЧИКОВ В ЗАДАЧАХ КАРТИРОВАНИЯ</i> .....	354
<i>И.Д. Щербаков, М.А. Мурун</i>	
<i>РАЗРАБОТКА ИСКУССТВЕННОЙ МЫШЦЫ ИЗ НЕЙЛОНА ДЛЯ РЕАБИЛИТАЦИОННОГО ТРЕНАЖЕРА</i> .....	356
<i>В.С. Стерехова, А.А. Протопопов</i>	
<i>РАЗРАБОТКА НЕЙРОННОЙ СЕТИ И АЛГОРИТМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАССТОЯНИ ДО ОБЪЕКТОВ ДЛЯ УСТАНОВКИ В БЛОК ПОЛЕЗНОЙ НАГРУЗКИ БЕЗЭКИПАЖНОГО КАТЕРА ПРОМЕЖУТОЧНОГО КЛАССА</i> .....	358
<i>М.И. Панкратов, А.К. Насонов</i>	
<i>СИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ СБОРОЧНОГО УЗЛА АВТОМАТИЧЕСКОГО КОМБАЙНА ПО СБОРУ ДИКОРΟΣОВ</i> .....	360
<i>А.В. Тырышкин, А.И. Кузнецов</i>	
<i>РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННОГО ТРЕНАЖЕРА ДЛЯ РЕАБИЛИТАЦИИ МОТОРНОЙ ФУНКЦИИ ВЕРХНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ</i> .....	362
<i>В.С. Стерехова, А.А. Протопопов</i>	
<i>БЮДЖЕТНАЯ ИНЕРЦИАЛЬНАЯ СИСТЕМА НАВИГАЦИИ, АДАПТИРОВАННАЯ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ПОДВОДНОЙ РОБОТОТЕХНИКЕ</i> .....	364
<i>Р.А. Нурмухаметов, В.В. Павличев</i>	
<i>СТЕНД ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПИД-ЗАКОНА УПРАВЛЕНИЯ И ПРАВИЛ НАСТРОЙКИ РЕГУЛЯТОРА</i> .....	366
<i>А.Е. Баталов, Н.С. Локтев</i>	
<i>РАЗРАБОТКА РАКЕТЫ-НОСИТЕЛЯ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ТЯГЕ</i> .....	368
<i>Н.А. Леонтьев, И.А. Сукач</i>	
<i>СОЗДАНИЕ ОБЪЕКТОВ ИНФРАСТРУКТУРЫ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ДВИЖЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ</i> .....	370
<i>И.А. Кремлев, А.В. Тырышкин</i>	
 <b>СЕКЦИЯ 4. ЦИФРОВИЗАЦИЯ, IT И ЦИФРОВАЯ ЭКОНОМИКА</b> .....	372
<i>РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛА МОДУЛЯ АСИНХРОННОГО ПРОКТОРИНГА</i> .....	373
<i>К.Г. Виноградов</i>	
<i>ВЫБОР ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБОРОТА</i> .....	375
<i>В.В. Леухин, А.А. Цибульников</i>	
<i>ОПЫТ СОЗДАНИЯ ПЕРВООЧЕРЕДНЫХ ФУНКЦИЙ МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ СЭД ТПУ</i> .....	377
<i>В.В. Леухин, А.А. Цибульников</i>	
<i>ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНСТРУМЕНТОВ SAS ДЛЯ ОЦЕНКИ РИСКОВ ЗАЁМЩИКОВ</i> .....	379
<i>А.С. Вершинин</i>	
<i>РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА НАЙМА ПЕРСОНАЛА</i> .....	381
<i>К.О. Борухина</i>	
<i>ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС УЧЕТА ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СТРУКТУРНОГО ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ</i> .....	383
<i>Д.А. Агеенко</i>	

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫХ КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ.....	385
<i>Р.А. Чугунов, А.Д. Кульневич</i>	
DATA CLEANING FOR DATA ANALYSIS.....	387
<i>Huang Shan, E. Gubin</i>	
«ЦИФРОВОЙ СЛЕД», КАК ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ИСХОДНЫХ ДАННЫХ СКОРИНГ-МОДЕЛЕЙ ПОТЕНЦИАЛЬНОГО ЗАЁМЩИКА .....	389
<i>А.Б. Андреева</i>	
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ И ОЦЕНКА МЕТОДОЛОГИЙ ПОСТРОЕНИЯ МНОГОПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ КЛИЕНТ-СЕРВЕРНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ В ОБЛАСТИ САПР БОРТОВОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА.....	391
<i>М.А. Кагарманов</i>	
ПРИМЕНЕНИЕ ИНСТРУМЕНТОВ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРОИЗВОДСТВ.....	393
<i>А.Ю. Кайда, А.О. Савельев</i>	
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПО РАСЧЕТУ ЗАРАБОТНОЙ ПЛАТЫ И КАДРОВОМУ УЧЕТУ В МЕДИЦИНСКОМ УЧРЕЖДЕНИИ .....	395
<i>Е.В. Кащеева</i>	
РАЗРАБОТКА ПАРСЕРА ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ PDF-ФАЙЛОВ .....	397
<i>Л.М. Киселев</i>	
РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ СУДЕЙСТВА СПОРТИВНЫХ СОРЕВНОВАНИЙ.....	399
<i>П.Д. Ключов, В.А. Ворожейкин</i>	
СОЗДАНИЕ СЕРВИСА ЭЛЕКТРОННОГО ОБРАЗОВАНИЯ В УНИВЕРСИТЕТЕ.....	401
<i>И.А. Кремлев</i>	
WEB-СЕРВИС ГЕНЕРАЦИИ ОТЧЕТОВ.....	403
<i>А.А. Лесик, Т.Т. Газизов</i>	
WEB-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ СЕРТИФИКАТОВ .....	405
<i>В.В. Власов, Т.Т. Газизов</i>	
ВЛИЯНИЕ МЕДИАТЕКСТОВ НА ПОТРЕБИТЕЛЕЙ, АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА.....	407
<i>А.Т. Лобкина, П.А. Мымрин</i>	
РАЗВИТИЕ ЭМОЦИОНАЛЬНОГО ИНТЕЛЛЕКТА СРЕДСТВАМИ ИНФОРМАЦИОННО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ .....	409
<i>А.Н. Милованова</i>	
ВЫЯВЛЕНИЕ ФАКТОРОВ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНТЕРНЕТ-МАРКЕТИНГА НА ПРИМЕРЕ САЙТА СТРОИТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ.....	411
<i>И.Ю. Михайлушкин</i>	
ИНСТРУМЕНТЫ ИЗУЧЕНИЯ ПОТРЕБНОСТЕЙ И ПРОБЛЕМ ТЕРРИТОРИИ ПО ДАННЫМ, ПУБЛИКУЕМЫМ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯМИ СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЕЙ.....	413
<i>Ю.В. Пестова</i>	
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГОРОДСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СЕРВИСОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ .....	415
<i>А.А. Ромме, Ю.Е. Курмазова, Ю.С. Худякова</i>	
АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УЧЕТА РАБОЧЕГО ВРЕМЕНИ .....	417
<i>Н.Д. Сергеева, А.Д. Кульневич, Р.А. Чугунов</i>	
РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ФОРМИРОВАНИЯ ВАРИАНТОВ ИГРЫ ДЛЯ МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ "СУДОКУ" .....	419
<i>А.М. Ширыкалов</i>	
СБОР И ОБРАБОТКА ДАННЫХ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ СЕТЕВЫХ МАРКЕРОВ СУИЦИДАЛЬНОЙ МОТИВАЦИИ (НА ПРИМЕРЕ СОЦИАЛЬНОЙ СЕТИ "ВКОНТАКТЕ").....	421
<i>А.А. Абдулов, З.А. Воловикова, Ю.А. Прошутин</i>	
АВТОМАТИЗАЦИЯ И ВНЕДРЕНИЕ «ОНЛАЙН-КАССЫ» В ОРГАНИЗАЦИЯХ РОЗНИЧНОЙ ТОРГОВЛИ .....	423
<i>М.И. Вялкова</i>	
ЭКОСИСТЕМА ПРОЕКТНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРИБОРОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ИНДУСТРИИ 4.0.....	425
<i>Д.А. Заколдаев, И.О. Жаринов</i>	
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВИРТУАЛЬНОГО ПОЛИГОНА ДЛЯ БЕСПИЛОТНОГО АВТОМОБИЛЯ..	427
<i>Н.И. Журбич</i>	
РАЗРАБОТКА ВИРТУАЛЬНОГО ПОЛИГОНА ДЛЯ БЕСПИЛОТНОГО АВТОМОБИЛЯ.....	429
<i>Н.И. Журбич, О.Б. Фофанов</i>	

<i>ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ЦИФРОВОГО УСТРОЙСТВА НА ПЛИС С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ПРОГРАММИСТА</i> .....	431
<i>И.Г. Мещерова</i>	
<i>ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ И КОНТРОЛЯ ЦИФРОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОДСТАНЦИЙ</i> .....	433
<i>А.С. Попов, И.Е. Меняйло</i>	
<i>ВЕБ-ИНСТРУМЕНТ ОЦЕНКИ ОБЪЕКТОВ ГОРОДСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ</i> .....	435
<i>В.Е. Козловский, С.Г. Цапко</i>	
<i>ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ КАПИТАЛ В ЭПОХУ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ</i> .....	437
<i>И.Г. Кузнецова</i>	
<i>АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ОРГАНИЗАЦИИ СОРЕВНОВАНИЙ ПО КОМАНДНОМУ ПРОГРАММИРОВАНИЮ</i> .....	439
<i>В.В. Юринская, В.В. Широков</i>	
<i>РАЗВИТИЕ IT-ТЕХНОЛОГИЙ В БИОМЕДИЦИНЕ</i> .....	441
<i>А.С. Сапожникова, М.И. Рудко</i>	
<b><i>СЕКЦИЯ 5. КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА И ДИЗАЙН</i></b> .....	443
<i>СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ РЕАЛЬНОГО И ВИРТУАЛЬНОГО ОБУЧЕНИЯ КАК СРЕДСТВ ФОРМИРОВАНИЯ МОТИВАЦИИ В УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ</i> .....	444
<i>А.Ю. Ларионова, А.В. Шкляр</i>	
<i>РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ НАЛИЧИЯ РУТИННОЙ ЗАДАЧИ — СОЗДАНИЯ СЦЕНЫ ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ В AUTODESK 3 DS MAX</i> .....	446
<i>А.В. Шкляр, А.В. Гуменникова</i>	
<i>ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КАК СРЕДСТВО РАЗВИТИЯ ИЗОБРАЗИТЕЛЬНЫХ НАВЫКОВ ДИЗАЙНЕРОВ (НА ПРИМЕРЕ ПАКЕТА ИНТЕРАКТИВНЫХ ЗАДАНИЙ ДЛЯ МОРФОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА)</i> .....	448
<i>Т.Д. Казакова, Е.В. Вехтер, В.Ю. Радченко</i>	
<i>ПРОБЛЕМА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СВЕТОВОГО ПОТОКА В ДИЗАЙНЕ ФИТОТРОНА</i> .....	450
<i>О.В. Долгалева, В.А. Серяков</i>	
<i>РАЗРАБОТКА СОВРЕМЕННОГО ДИЗАЙНА ДЛЯ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЙ</i> .....	452
<i>Д.А. Решетнева</i>	
<i>ХУДОЖЕСТВЕННЫЙ МЕТОД ФОРМООБРАЗОВАНИЕ В ПРОЕКТИРОВАНИИ ОСТАНОВОЧНОГО ПАВИЛЬОНА</i> .....	454
<i>Е.М. Давыдова, В.В. Юриков</i>	
<i>ГРАФИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОНЛАЙН-СЕРВИСОВ DESMOS И GEOGEBRA ПРИ РЕШЕНИИ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ</i> .....	456
<i>У.О. Сухова</i>	
<i>ЗНАЧЕНИЕ АРХЕТИПОВ В РАЗРАБОТКЕ ПРОЕКТОВ ПО ГРАФИЧЕСКОМУ ДИЗАЙНУ</i> .....	458
<i>А.В. Маркова</i>	
<i>ЗНАКОВАЯ СИСТЕМА КАК НЕОТЪЕМЛЕМАЯ ЧАСТЬ ДИЗАЙНА</i> .....	460
<i>О.В. Долгалева, Е.В. Вехтер</i>	
<i>ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА ПАРАМЕТРОВ ПРЕДПРОЕКТНОГО АНАЛИЗА</i> .....	462
<i>Е.А. Бугаева</i>	
<i>СРЕДСТВО ВИЗУАЛЬНОЙ КОММУНИКАЦИИ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБЩЕНИЯ ДИЗАЙНЕРОВ И ДРУГИХ СПЕЦИАЛИСТОВ В ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ СРЕДЕ</i> ..	464
<i>С. В. Монхоев, В. А. Серяков</i>	
<i>ГИПОТЕЗА ИССЛЕДОВАНИЯ ДИЗАЙНА ОБЪЕКТА НА ОСНОВАНИИ СЕМИОТИЧЕСКОГО ПОДХОДА</i> .....	466
<i>О.А. Молокова, А.В. Шкляр</i>	
<i>ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА АССОЦИИ В РАЗРАБОТКЕ ОБРАЗА ДЕТСКИХ САНЕЙ «СОВРА»</i> .....	468
<i>Л.Ю. Ткачева</i>	
<i>ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АНАЛОГОВОГО МЕТОДА В ДИЗАЙН-ПРОЕКТИРОВАНИИ ОРТОПЕДИЧЕСКОГО СТУЛА-ОПОРЫ ДЛЯ ДЕТЕЙ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ</i> .....	470
<i>Е.И. Ким</i>	
<i>РАЗРАБОТКА ДИЗАЙНА ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ С УЧЕТОМ ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ</i>	472
<i>А. Д. Соловьёва</i>	
<i>МЕТОД СЦЕНАРНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МОДУЛЬНЫХ КОРПУСОВ ИНДУСТРИАЛЬНЫХ СВЕТИЛЬНИКОВ</i> .....	474
<i>Ю.П. Хмелевский, А.В. Гуменникова</i>	

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ПРОМЫШЛЕННОГО ДИЗАЙНА.....	476
К.М. Божско, А.В. Шкляр	
ИНТЕРАКТИВНАЯ ИНСТАЛЛЯЦИЯ В СТИЛЕ PIXEL ART НА ОСНОВЕ СВЕТОДИОДНОЙ МАТРИЦЫ.....	478
А.А. Куставинова, А.М. Веснин	
ВЫЯВЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ РЕШЕНИЙ ПО СОЗДАНИЮ ЭФФЕКТНОЙ УПАКОВКИ.....	480
Ю.В. Буданова	
РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ЭКСПЕРТИЗЫ ДИЗАЙНА САЙТА С ЦЕЛЬЮ ВЫЯВЛЕНИЯ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ЕГО ИЗМЕНЕНИЙ.....	482
Е.Е. Козаченко	
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНТЕРЬЕРНОГО СВЕТИЛЬНИКА «СИНХРОНИЯ».....	484
А.В. Коротун, Е.М. Давыдова, В.Ю. Радченко, А.А. Олиференко, Н.С. Канкева	
ПРОЕКТИРОВАНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА ФЛОРИСТА НА ОСНОВЕ ПРИНЦИПА МОДУЛЬНОСТИ.....	486
А.О. Усманова, А.И. Фех	
ТРЕБОВАНИЯ К МОБИЛЬНЫМ СИСТЕМАМ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ В СТАЦИОНАРНЫХ МЕДИЦИНСКИХ УЧРЕЖДЕНИЯХ.....	488
Л.О. Козлова	
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВЕТЕРИНАРНОГО СТОЛА ДЛЯ ОСМОТРА С ФОРМИРОВАНИЕМ ЭСТЕТИЧЕСКОГО ОБЛИКА.....	490
Е.В. Анашкина, А.И. Фех	
АКТУАЛЬНОСТЬ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ТЕЛЕЖКИ ДЛЯ ДОСТАВКИ ПИЦЦЫ В СТАЦИОНАРАХ.....	492
И.А. Бринюк, Е.М. Давыдова	
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО ЭСКИЗНОГО РЕШЕНИЯ В ПРОЕКТИРОВАНИИ ФОТОБИОРЕАКТОРА.....	494
М.А. Викулова, Ю.П. Хмелевский	
ТЕХНОЛОГИИ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ФОРМООБРАЗОВАНИИ МОДУЛЬНОЙ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЙ ТЕПЛИЦЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АДАПТИВНЫХ ОБЛУЧАТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК.....	496
А.В. Цыглова, А.А. Захарова	
ВЫБОР ЦВЕТОВОГО РЕШЕНИЯ В ДИЗАЙНЕ ИНТЕРЬЕРА ДЕТСКОЙ КОМНАТЫ ДЛЯ ДЕТЕЙ ДОШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА.....	498
К.М. Шевелева, Ю.П. Хмелевский	
ПРОЦЕДУРНАЯ ГЕНЕРАЦИЯ ЛАНДШАФТОВ.....	500
К.Б. Фёдоров	
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СИСТЕМНОГО И ФУНКЦИОНАЛЬНОГО МЕТОДОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ.....	502
Д.С. Царенко, Е.М. Давыдова, В.Ю. Радченко	
СОЗДАНИЕ ИГРОВОЙ ТЕМАТИЧЕСКОЙ ДЕТСКОЙ ПЛОЩАДКИ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ГОРОДА.....	504
А.А. Олиференко, Т.С. Хруль	
РОЛЬ ЦВЕТКОРРЕКЦИИ В РАБОТЕ НАД ВИДЕО.....	506
А.Д. Фаныгина	
МОНИТОРИНГ ПОТРЕБИТЕЛЬСКОГО РЫНКА И ТРЕБОВАНИЙ К ДЕТСКИМ ИГРОВЫМ КОМПЛЕКСАМ.....	508
А.А. Павлова, Е.В. Вехтер	
МНОГООБРАЗИЕ ТРАДИЦИОННЫХ КУЛЬТУР В ДИЗАЙНЕ ИНТЕРЬЕРА: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ.....	510
А.В. Кожина, Н.А. Лукьянова	
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭМБЛЕМЫ ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА СУРГУТСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА.....	512
Г.И. Москаленко	

**Секция 1. Компьютерное моделирование  
и интеллектуальный анализ данных**

# ОЦЕНКА ИНФОРМАТИВНОСТИ СЕЙСМИЧЕСКИХ АТТРИБУТОВ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ ПОСТРОЕНИЯ ОБЪЕМНЫХ ПЕТРОФИЗИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

А.А. Аржаник, А.А. Шевченко  
Научный руководитель: В.В. Шестаков  
Томский политехнический университет  
arzh\_sasha@mail.ru

## Введение

Петрофизические параметры геологической среды несут в себе важную информацию о наличии или отсутствии углеводородных коллекторов. Информация об этих параметрах известна лишь в ограниченном пространстве вблизи скважин, ввиду чего актуальной является задача прогноза в пределах некоторого объема. Существующие методы решения данной задачи можно разделить на две группы: использующие только данные о прогнозируемом параметре и базирующиеся на привлечении сейсмических атрибутов. Эффективность методов второй группы зависит от множества факторов, среди которых – информативность сейсмического атрибута [1]. Под информативным сейсмическим атрибутом подразумевается такой атрибут, который с определенной точностью измеряет свойство прогнозируемого параметра [2].

В настоящее время не существует однозначного критерия оценки информативности атрибута, так как существование связи между атрибутами и параметрами ГИС принимается на уровне аксиомы. Это привело к созданию множества методов моделирования, предлагающих собственную взаимосвязь, а также к тому, что критерии информативности могут давать противоречивые результаты. Целью данной работы является демонстрация таких противоречий. В ходе работы критерии информативности подбирались максимально обоснованно для метода моделирования, описанного в следующем разделе. В качестве исходных данных использовались сейсмические атрибуты и параметры ГИС, полученные в пределах одного из месторождений Томской области.

## Описание метода построения модели

Исходными данными для метода являются: значения параметров среды, измеренные методами геофизических исследований скважин (ГИС); значения сейсмических атрибутов, измеренные по равномерной трехмерной сетке в пределах всего исследуемого объекта.

Оцениваемое значение параметра ГИС в точке прогноза с координатами  $(x, y, h)$  представляется в виде следующей взвешенной суммы [3,4]:

$$\hat{F}(x, y, h) = \sum_{i=1}^N v_i(x, y, h) f_i(h), \quad \sum_{i=1}^N v_i = 1, \quad (1)$$

где  $f_i(h)$  – значения параметра ГИС, измеренные в стволе  $i$ -ой скважины;  $N$  – количество скважин;  $v_i(x, y, h)$  – весовая функция (ВФ)  $i$ -ой скважины.

Аналогичная модель также записывается для некоторого сейсмического атрибута:

$$\hat{S}(x, y, h) = \sum_{i=1}^N w_i(x, y, h) s_i(h), \quad \sum_{i=1}^N w_i = 1, \quad (2)$$

где  $\hat{S}(x, y, h)$  – значение сейсмического атрибута в точке прогноза;  $s_i(h) = S(x_i, y_i, h)$  – значение сейсмического атрибута вблизи  $i$ -ой скважины;  $w_i(x, y, h)$  – ВФ сейсмических данных вблизи  $i$ -ой скважины.

Расчет численных значений  $w_i(x, y, h)$  сводится к решению СЛАУ вида [3]:

$$C(h) \cdot W(x, y, h) = C_0(x, y, h), \quad (3)$$

где  $C(h)$  – матрица ковариаций значений сейсмического атрибута в точках скважин;  $W(x, y, h)$  – матрица весовых функций;  $C_0(x, y, h)$  – матрица ковариаций сейсмического атрибута в точках скважин и в точке прогноза.

Учитывая то, что данные ГИС и сейсмические атрибуты измерены в пределах одного геологического объекта, можно предположить, что их ковариационные свойства близки. Следовательно, функции  $w_i$ , вычисляемые в соответствии с выражением (3), должны быть схожими с функциями  $v_i$ , а выражение (1) – эквивалентно выражению (4):

$$\hat{F}(x, y, h) = \sum_{i=1}^N w_i(x, y, h) f_i(h). \quad (4)$$

Подробное описание метода изложено в [3].

## Критерии оценки информативности

В условиях выбранного метода моделирования для оценки информативности сейсмических атрибутов были предложены три критерия:

1. Линейная зависимость между параметрами ГИС и сейсмическими атрибутами.

Левая часть системы (3) – ковариационная матрица, коэффициенты которой соответственно определяют степень линейной взаимосвязи между значениями сейсмического атрибута вблизи скважин. Можно предположить, что чем значимее линейная зависимость между значениями сейсмического атрибута и значениями параметра ГИС, тем более схожи ковариационная матрица, составленная по данным ГИС, и ковариационная матрица системы (3) и тем более схожи  $w_i$  и  $v_i$ .

В качестве меры линейной зависимости в данном случае наиболее удобным является коэффициент корреляции Пирсона, так как в отличие от ковариации он варьируется в диапазоне [-1; 1] и, следовательно, более прост для интерпретации.



2. Разница решений систем, составленных по параметрам ГИС и по сейсмическим атрибутам.

Т.к. ВФ  $w_i$  и  $v_i$  принимаются схожими, точность выражения (4) можно проверить, сопоставив решения систем, составленных по сейсмическому атрибуту и по параметру ГИС. Однако ввиду того, что параметр ГИС неизвестен в межскважинном пространстве, правую часть соответствующей СЛАУ составить невозможно.

Возможным решением данной проблемы является метод кросс-валидации, в соответствии с которым усредненное значение ошибки можно получить, последовательно используя данные каждой скважины для составления правой части системы. При этом в качестве количественной меры рассматриваемого критерия может использоваться норма разницы  $w_i$  и  $v_i$ . В таком случае наиболее информативным принимаем тот атрибут, при котором норма разницы минимальна.

3. Отклонение прогнозного значения ГИС от реального. Расчет отклонения прогнозного значения от реального был также осуществлен методом кросс-валидации. Очевидно, что чем меньше значение ошибки прогноза, тем более информативен атрибут.

#### Результаты применения критериев

В качестве исходных данных использовался параметр ГИС –  $Ars$  (потенциал самопроизвольно возникающего электрического поля), измеренный в стволах шести скважин, и 8 сейсмических атрибутов. Информативность каждого атрибута относительно  $Ars$  была оценена с помощью трех критериев. Соответствующие результаты приведены в виде графиков на рисунках 1а, 1б, 1в.

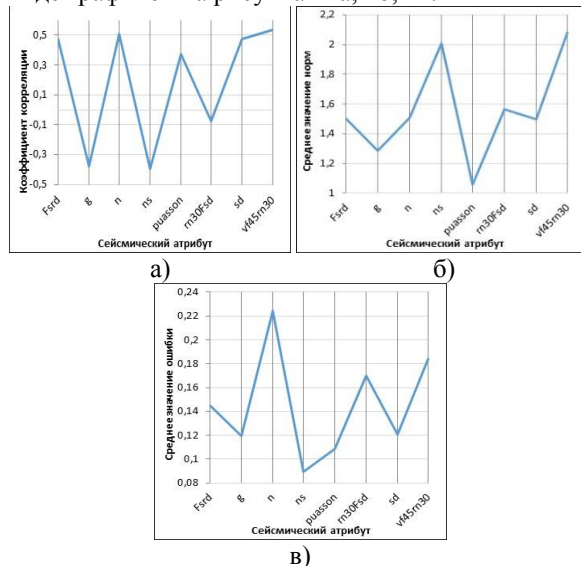


Рис. 1. а - Среднее значение коэф. корреляции; б - средняя норма разности решений систем; в - средняя ошибка прогноза

По графику на рис. 1а можно определить, что атрибут  $v45m30Fsd$  обладает наиболее значимой линейной взаимосвязью с  $Ars$ . По графику на

рис. 1б можно отметить, что наименьшее среднее значение нормы разности по шести скважинам наблюдается при использовании атрибута  $puasson$ . В соответствии с графиком на рис. 1в, среднее отклонение прогнозного значения  $Ars$  от его реального значения минимально при использовании атрибута  $ns$ .

Результаты по всем критериям сведены в таблицу (табл. 1).

Таблица 1. Информативные атрибуты по трем критериям

Критерий оценки информативности	Наиболее информативный атрибут
Максимальная корреляция	$v45m30Fsd$
Эквивалентность систем	$puasson$
Отклонение прогнозного значения	$ns$

#### Выводы

По таблице 1 видно, что, несмотря на обоснованность каждого из трех критериев, результаты их применения противоречат друг другу. Такая противоречивость может быть объяснена несколькими причинами: между сейсмическими атрибутами и параметрами ГИС не существует однозначной взаимосвязи, поэтому прямой расчет линейной взаимосвязи между ними не может считаться надежным; используемая выборка скважин слишком мала для применения метода кросс-валидации, поэтому исключение даже одной скважины может оказаться значимым для оценки; используемая выборка атрибутов также мала, ввиду чего велика вероятность, что информативного атрибута среди всего набора нет.

#### Список использованных источников

- 1) Лаврик А.С., Логинов Д.В., Ванярко М.А. Применение нейросетей для прогнозирования пористости в 3D кубах / Приборы и системы разведочной геофизики, ООО "ИнформГеофизСервис", №01(39)/2012, стр.56-57.
- 2) Логинов Д.В., Лаврик С.А. Некоторые методы определения информативного набора сейсмических атрибутов для прогнозирования свойств коллекторов // Нефтегазовая геология. Теория и практика. - 2010. - Т.5. - №1.
- 3) Shestakov V.V., Stepanov D.Yu, Sysolyatina G.A. Three-dimensional models of geoenvironmental parameters / Advances in Computer Science Research. — 2016. — Vol. 51: Information Technologies in Science, Management, Social Sphere and Medicine (ITSMSSM 2016). — [P. 126-129].
- 4) Матерон Ж. Основы прикладной геостатистики. – М. - Ижевск: Институт компьютерных исследований, НИЦ «Регулярная и хаотичная динамика», 2009 - 460 с.

# WEB-СЕРВИС ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ДОСУГА И АКТИВНОГО ОТДЫХА ДЛЯ ЖИТЕЛЕЙ ТОМСКА И ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

С.В. Аксенов, Д.И. Коваль, А.Д. Обложенко, И.В. Сушков, Л.В. Шеметов  
Томский политехнический университет  
oda1996@mail.ru

## Введение

В настоящее время некоторые жители и гости Томской области испытывают трудности с отсутствием структурированной информации по поводу проводимых мероприятий и интересных объектов на территории Томска и за его пределами. Поэтому вопрос о недостатке информации и неправильной организации времени является актуальным. Существуют различные информационные группы, где указаны предстоящие мероприятия: vk.com/kuda70, tomsk.ru, vk.com/tomsk4u, но из-за постоянной и активной рассылки рекламного характера нужная информация теряется.

Поэтому целью нашей работы являлось создание сервиса для организации досуга, в котором можно подбирать для себя интересные маршруты, туристические места и различные активности. В отличие от обычной афиши или путеводителя в приложении можно вбить необходимые параметры (например, культурный слой региона, свои интересы), после чего сервис выдаст индивидуальный, продуманный маршрут. Были использованы открытые данные Томской области по категориям: туризм, физическая культура и спорт, досуг и отдых, культура.

## Описание работы

Для решения поставленной задачи «Поиск и организация досуга Томской области» было разработано web-приложение на языке Python (для серверной части) с использованием JavaScript фреймворка Vue.js (для клиентской части), и API Яндекс.Карт для работы с картографическими данными и технологиями.

В web-приложении для мест проведения досуга стали открыты данные по Томской области. Из множества предоставленных данных были отобраны места, представляющие интерес для проведения досуга.

С учетом разнородности данных для их анализа и нормализации была использована библиотека Python - «Pandas», которая предоставляет высокопроизводительные и простые в использовании инструменты анализа данных.

С учетом скорости изменения информации данные периодически обновляются с официального интернет портала Администрации Томской области. Полученные данные нормализуются и заносятся в базу данных через API и могут редактироваться и вноситься в административной части сайта. Пример редактирования данных представлена рисунке 1.

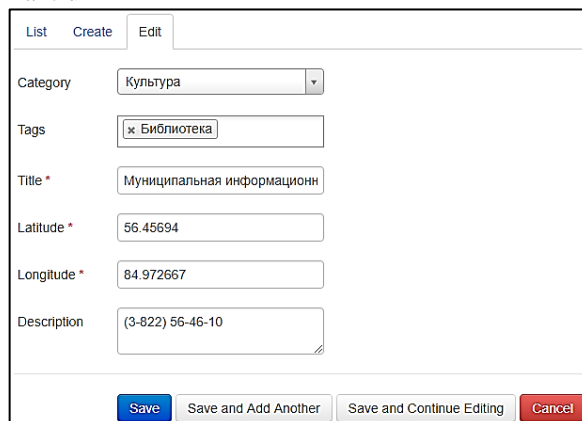


Рис. 1. Редактирование данных

Исходя из полученных данных, каждому объекту присваивается категория. Также было учтено, что у объекта есть характеристики, и для этого объектам присваиваются метки.

Для отображения данных на карте необходимы координаты. Для их определения используется Геокодер API Яндекс.Карт, который помогает определить координаты объекта по его адресу.

Все имеющиеся данные по объектам выводятся на главной странице web-приложения на карте. Пример отображения данных на рисунке 2.

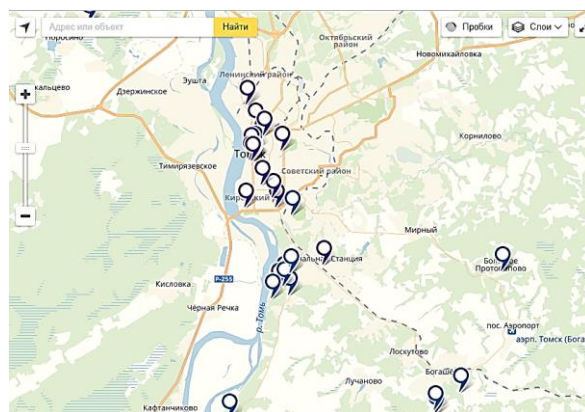


Рис. 2. Отображения данных на карте

Каждая геометка соответствует реальному объекту, также метки имеют различный цвет, определяемый категориально. Каждая метка содержит в себе информацию и характеристики объекта.

Web-приложение позволяет создавать туристические маршруты для быстрого выбора. Создать маршрут можно на главной странице сайта. В маршрут входят несколько точек, расположенных в заданной последовательности. Доступные маршруты располагаются так же на главной странице. Пример добавления маршрута на рисунке 3.

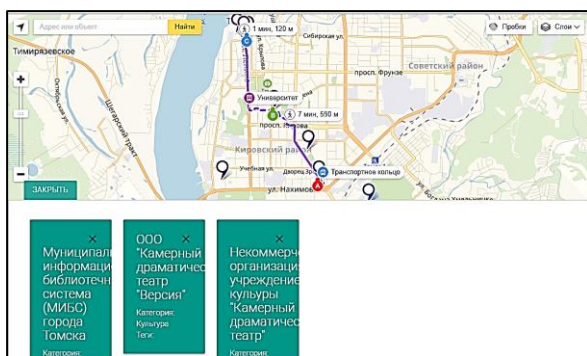


Рис. 3. Создание маршрута

Технологии Яндекс.Карт прокладывают оптимальный путь следования по маршруту, предлагая на выбор несколько вариантов.

### Тестирование web-сервиса

Для нашего web-сервиса было выполнено несколько видов тестирования, такие как:

- функциональное тестирование;
- юзабилити тестирование;
- тестирование интерфейса;
- тестирование совместимости.

Первым шагом тестирования веб-приложения являлась проверка функциональности системы. Тестирование web-сервиса производилось в целях проверки реализуемости функциональных требований.

Функциональное тестирование включало в себя:

- выявление функциональности, которую должно выполнять приложение;
- ввод и вывод данных;
- анализ фактических результатов.

На протяжении функционального тестирования происходит имитация фактического использования системы. Цель этого типа тестирования – подойти как можно ближе к реальному использованию приложения и создать условия, которые близки к требованиям пользователя.

Юзабилити сочетает в себе тестирование функциональности, а также общий пользовательский опыт

Юзабилити тестирование включает в себя следующие шаги:

- разработку, которая регулирует проверку всех функций веб-приложения,
- анализ результатов и улучшение веб-приложения.

Тестирование интерфейса позволяет убедиться, что все взаимодействия между веб-сервером и интерфейсом пользователя воспроизводятся в соответствии с требованиями.

Ключевой шаг в тестировании web-сервиса – это обеспечение совместимости приложения со всеми веб-браузерами и устройствами.

Совместимость с веб-браузерами обеспечивает гарантию того, что приложение корректно функционирует на разных веб-браузерах. Оно позволяет убедиться, что JavaScript, AJAX, WebSockets работают корректно.

Кроме тестирования приложения на различных браузерах, следует убедиться, что и другие версии одного и того же браузера обеспечивают корректную работу приложения.

Существенной частью тестирования веб-приложений также является проверка работы приложения и на разных мобильных устройствах, которые работают на Android, iOS и других мобильных операционных системах.

Выполнение всех видов тестирования в процессе разработки приложения, помогали найти и исправить как можно больше ошибок.

### Заключение

В результате реализации web-сервиса удалось обеспечить возможность составления маршрутов для туристической деятельности, добавления различных объектов культурного, федерального и регионального значения на карту Томской области, а также наглядно обозначить интересующие мероприятия.

Приложение может обеспечить интересное времяпрепровождение, позволить знакомиться с людьми по интересам, помочь в изучении новых мест.

Данный web-сервис занял призовое место в номинации "Лучшее приложение/сервис на основе открытых данных" Хакатона "Открытые данные Томской области 2018".

### Список использованных источников

1. Официальный интернет-портал Администрации Томской области. [Электронный ресурс]. – <https://tomsk.gov.ru/opendata/front/getTable/id/189> (дата обращения 27.10.2018). Открытые данные.
2. Использование API Яндекс.Карт для работы с произвольными подложками [Электронный ресурс]. – URL: <https://habr.com/post/142930/> (дата обращения 27.10.2018).
3. Vue.js [Электронный ресурс]. – <https://ru.vuejs.org/index.html> (дата обращения 27.10.2018).
4. Тестирование ПО [Электронный ресурс]. – <http://www.protesting.ru/testing/testtypes.html> (дата обращения 27.10.2018)

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ОНЛАЙНОВОГО СБОРА ДАННЫХ О СОСТОЯНИИ ЧЕЛОВЕКА ПРИ СПОРТИВНЫХ ТРЕНИРОВКАХ

А.В. Алексеев

Л.И. Сучкова

Алтайский государственный политехнический университет им. И.И. Ползунова

antonalekseev@gmail.com

## Введение

В настоящее время заметно ускорился темп жизни и все больше людей различной возрастной категории начинают заниматься спортом. Под словом «спорт» подразумевается не только выполнение специальных упражнений в тренажерном зале, но и обычная физическая нагрузка вне области какого-либо спортивного объекта [1].

Для достижения поставленной цели составляется индивидуальная программа занятий, и от её качества зависит успех. Чтобы добиться максимального эффекта и не допустить перенапряжения, нужно ориентироваться на индивидуальную адаптацию человека при выборе тренировочной нагрузки [2-3].

Для того чтобы качественно и своевременно отслеживать состояние здоровья человека во время всего периода физических тренировок (до, во время, после) следует обратить внимание на следующие критерии:

- 1) Пульс;
- 2) Давление;
- 3) Кол-во пройденных шагов;
- 4) Физическая активность

Для получения данной информации можно использовать фитнес-трекер, который позволяет не только просматривать данную информацию, но и анализировать ее с помощью мобильного приложения.

**Целью работы** является разработка методов получения данных для мобильного приложения, которое взаимодействует с фитнес-трекером и помогает автоматизировать подбор оптимальных режимов физических нагрузок клиентов тренажерного зала в зависимости от их состояния здоровья. Отметим, что автоматизация сбора информации о процессах тренировок клиентов в тренажерном зале является актуальной задачей как для администрации тренажерного зала, так и для клиента, который должен быть уверен, что подобранный тренером комплекс упражнений индивидуализирован и не вызывает негативного влияния на состояние здоровья.

Сбор информации об общем состоянии физической активности человека на протяжении дня, а также во время выполнения физических упражнений позволит решить следующие задачи:

- 1) формирование программы занятий в тренажерном зале.
- 2) осуществление автоматической корректировки и оптимизации режимов тренировок (количества повторений, весов, упражнений) в зависи-

мости от физического состояния здоровья человека, а также отправка этих данных на сервер.

## Описание алгоритма

Для решения данных задач целесообразна разработка мобильного приложения со спроектированной и подключенной базой данных.

Необходимо разработать многофункциональное приложение на платформе Android с доступом к API фитнес-браслета с интуитивно понятным и простым интерфейсом, позволяющее не только составлять, корректировать список тренировочных упражнений, но и предоставлять информацию по тренировочному процессу, составлять отчеты о прошедших тренировках, предоставлять информацию о прошлом, текущем состоянии здоровья человека. На основе этой информации возможно также составлять рекомендации к тренировочным занятиям, к изменению образа физической активности, при этом следует учитывать физические ограничения по здоровью человека. [4-5]

За основу был взят браслет Xiaomi MiBand 2. Для того чтобы получить данные по Bluetooth каналу, были использованы стандартные библиотеки подключения мобильного приложения к фитнес-браслету. Подключение происходит в классе DeviceScanActivity.java, подключаются следующие библиотеки - android.bluetooth.BluetoothAdapter, android.bluetooth.BluetoothDevice и android.bluetooth.BluetoothManager.

Библиотека BluetoothAdapter работает непосредственно с Bluetooth модулем телефона, в сравнении с другими библиотеками, метод BluetoothAdapter.ACTION\_REQUEST\_ENABLE данной библиотеки возвращает значение true, если Bluetooth-модуль включён на телефоне, а метод BluetoothAdapter.LeScanCallback осуществляет соединение с найденным фитнес-браслетом. Библиотека BluetoothDevice позволяет создать соединение с соответствующим устройством или запросить информацию об этом устройстве, например, имя, адрес, класс и состояние связи, которые необходимы для осуществления поиска фитнес-браслета.

Библиотека BluetoothManager позволяет получить экземпляр BluetoothAdapter. Экземпляры этого класса были получены с помощью Context.getSystemService (Class) с аргументом BluetoothManager.class или Context.getSystemService (String) с аргументом Context.BLUETOOTH\_SERVICE.

Вид полученных данных в активити разработанного приложения для тестирования API приведен на рисунке 1.

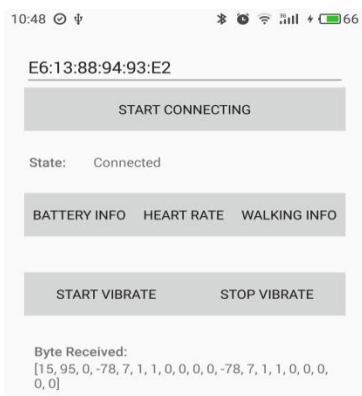


Рис. 1. Окно тест-активности при сопряжении с MiBand2 посредством API

Эти данные будут использоваться в алгоритме оптимизации тренировок. Чтобы корректировать программу с физическими упражнениями, был разработан оптимизирующий алгоритм, который высчитывает средний уровень активности за день Sua. Sua высчитывается исходя из полученных данных за день, а именно:

- среднего показателей шагов Sn;
- среднего ЧСС Sh;
- среднего давления Sd;
- количества часов сна Ss.

Далее полученное значение сравнивается с эталонным значением, и ему приписывается атрибут low, medium или high. Если уровень активности за день высок, то этот критерий будет влиять на количество подходов, веса физических нагрузок этого дня. Все эталоны показателей и их нормы хранятся в памяти устройства.

Для хранения полученной с браслета информации была спроектирована база данных SQLite 3. Интерфейс платформы разработки, а также языка Java, позволяет создать файл DBHelper, который является наследником класса SQLiteOpenHelper, имеет свои жизненные циклы и методы для SQL запросов, при создании, обновлении, удалении базы данных.

Было спроектировано и заполнено 5 таблиц, а именно:

- 1) Таблица HeartRate;
- 2) Таблица StepInfo;
- 3) Таблица Et\_HeartRate;
- 4) Таблица Et\_StepInfo;
- 5) Таблица User\_info;
- 6) Таблица Optimaze.

Таблицы HeartRate и StepInfo хранят информацию о полученных данных с браслета о ЧСС и о

пройденных шагах соответственно. Таблицы Et\_HeartRate и Et\_StepInfo содержат соответственно информацию об эталонных данных ЧСС и об эталонных данных нормы шагов в зависимости от возрастной группы и пола. Таблица User\_info хранит информацию о полученных данных от пользователя, его рост, вес, возраст, пол. Таблица Optimaze содержит критериальные показатели точной активности пользователя и его активности во время тренировок.

### Заключение

В результате проделанной работы выполнено проектирование классов мобильного приложения, разработаны методы для получения и передачи данных по модулю Bluetooth. Спроектирована база данных и программно реализовано тестовое мобильное приложение для проверки разработанных методов.

В результате разработки мобильного приложения с использованием разработанных методов будут достигнуты следующие практические результаты для клиентов:

1. Возможность самостоятельно заниматься физической подготовкой и при этом иметь высокий эффект за счёт оптимизации процесса тренировок.
2. Качественно и своевременно диагностировать низкую активность, чтобы в дальнейшем улучшить текущий показатель.
3. Возможность составления индивидуальной программы тренировок, внесения корректировок без вмешательства тренеров.
4. Непрерывный мониторинг процесса влияния режимов тренировок на здоровье клиента;

### Список использованных источников

1. Барчуков И. С. Физическая культура и спорт: методология, теория, практика: уч. пособие. – Издательский Центр «Академия», 2006. - 528 с.
2. Захаров Е.Н. Энциклопедия физической подготовки (Методические основы развития физических качеств)– М.: Лептос, 1994. - 368 с.
3. Jordan T. How they train: Bruce Jenner. Track Technique ,1974,Но.57,р.1820-1821
4. Даконта, М. XML и Java 2 / М. Даконта, А. Саганич. - М.: СПб: Питер, 2001.- 384 с.
5. Реверс-инженеринг фитнес-браслета [Электронный ресурс]. Официальный сайт. - Электрон. текст. дан. – Режим доступа: <https://geektimes.ru/post/271728/>, свободный (дата обращения: 20.10.2018).

# АНАЛИЗ СУТОЧНЫХ ВАРИАЦИЙ КООРДИНАТ ОДНОЧАСТОТНЫХ GPS/ГЛОНАСС ПРИЕМНИКОВ

А.Б. Бадмаев, Л.В. Козиенко, Н.Н. Климов

Научный руководитель: Климов Н. Н., д.ф.-м.н., профессор  
Иркутский государственный университет путей сообщения  
alexey\_1207@mail.ru

## Введение

В настоящее время спутниковые радионавигационные системы используются для решения широкого круга навигационных задач, определяя пространственные координаты и скорость передвижения потребителей на наземном, воздушном и морском транспорте. Кроме того, спутниковые системы применяются для дистанционного зондирования, мониторинга стационарных объектов, метеорологического прогнозирования и в других целях. Подобные системы существуют уже несколько десятилетий, но именно сегодня в мире происходит интенсивное их внедрение в разнообразные сферы человеческой деятельности. На сегодняшний день лишь две системы обеспечивают полное и бесперебойное покрытие земного шара – GPS (США) и ГЛОНАСС (Россия) [1, 2].

Для приема навигационных сигналов применяются два типа приемников: одночастотные и двухчастотные. Наибольшее распространение ввиду их относительно небольшой стоимости получили одночастотные GPS/ГЛОНАСС приемники [3]. В связи с этим особый интерес представляют исследования, направленные на повышение точности позиционирования с использованием одночастотной аппаратуры.

В настоящей работе проведен анализ данных, полученных с помощью одночастотных навигационных приемников GPS/ГЛОНАСС в течении нескольких месяцев в ходе эксперимента на специальном полигоне ИрГУПС.

## Описание полигона

Полигон представляет собой металлическую конструкцию, размещенную на крыше 9-этажного здания университетского комплекса ИрГУПС. Прием навигационных сигналов осуществляется с помощью трех одночастотных приемников, закрепленных на верхней части конструкции и подключенных к микрокомпьютеру Raspberry Pi 3 Model B. Типы установленных приемников:

- GlobalSat BU-353 S4, 48-канальный GPS приемник на основе чипсета SiRFStar IV (далее GPS);
- GlobalSat BU-353 GLONASS, два двухсистемных 99-канальных GPS/ГЛОНАСС приемника на основе чипсета MTK3333 (далее MTK1 и MTK2).

Приемники расположены на металлических уголках в форме треугольника, расстояние между парами приемников GPS – MTK1 и GPS – MTK2 составляет 1.4 м, а между MTK1 и MTK2 – 2 м.

## Анализ полученных данных

Для анализа использовались данные, записанные в период с 30 мая по 31 августа 2018 г. одновременно на все три GPS/ГЛОНАСС приемника. Навигационные измерения с частотой 1 Гц записы-

вались в стандартном NMEA формате. Последующий анализ спутниковых данных проводился в программной среде MATLAB.

График вариаций широты и долготы за период 30.05.18–30.06.18 (июнь) для GPS-приемника изображен на рисунке 1. Для сравнения общего характера вариаций координат непрерывный ряд наблюдений был разделен на отдельные сутки начиная с 00 ч 00 мин 00 с UTC (8 часов утра по местному времени) и заканчивая в 23 ч 59 мин 59 с UTC. Далее полученные временные интервалы сглаживались скользящим средним с «окном» в 30 мин и наносились на график. Для различения отдельных суток на графиках задавался соответствующий цвет для каждого временного интервала.

Аналогичный график для приемника MTK1 представлен на рисунке 2.

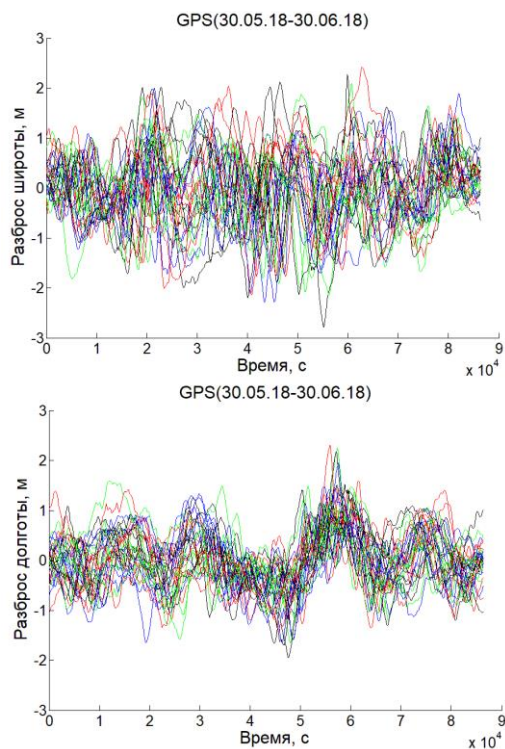


Рис. 1. Суточные вариации широты и долготы для приемника GPS (30.05.18 – 30.06.18)

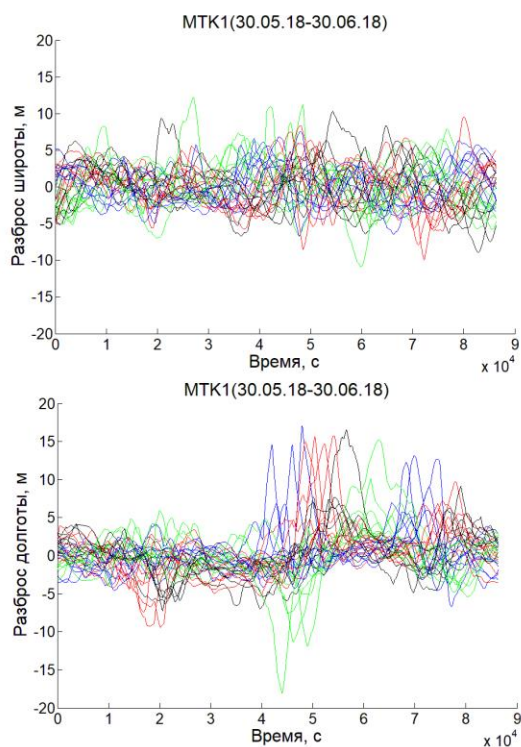


Рис. 2. Суточные вариации широты и долготы для приемника MTK1 (30.05.18-30.06.18)

Из графиков видно, что разброс координат у GPS приемника в целом меньше, чем у MTK1. На рисунке 2 можно заметить, что вариации координат (особенно долготы) увеличиваются во второй половине графика. Это соответствует вечернему-ночному времени суток в Иркутске, где проводилась запись данных. Аналогичный характер прослеживается в июле и в августе для приемника MTK1. В то же время у GPS приемника этого практически не наблюдается, что связано с особенностями реализации навигационной аппаратуры данного производителя.

В таблице 1 представлены величины средне-квадратических отклонений (СКО) для значений широты и долготы, а в таблице 2 – значения длины базовых линий между приемниками за весь период наблюдений.

Таблица 1. Величины СКО для всех приемников

Тип приемника	СКО, м	
	Широта	Долгота
30.05.2018-30.06.2018		
GPS	0.837	0.667
MTK1	2.979	3.149
MTK2	2.053	2.217
01.07.2018-31.07.2018		
GPS	0.814	0.647
MTK1	2.943	2.67
MTK2	1.374	1.158
01.08.2018-31.08.2018		
GPS	0.869	0.675
MTK1	2.932	2.75
MTK2	1.281	0.978

По результатам наблюдений видно, что СКО GPS приемника существенно меньше, чем двухсистемных MTK1 и MTK2. Возможно, это связано с производителем чипсета (SiRFStar IV считается одним из лучших чипсетов на рынке), и тем, что в системе GPS осуществляется коррекция ионосферных задержек, в то время как в системе ГЛОНАСС такой коррекции не производится. Интересно также, что в июле и в августе СКО приемника MTK2 уменьшается практически в два раза по сравнению с июнем.

Таблица 2. Расстояния между приемниками

База	Средняя длина базовой линии, м
30.05.2018-30.06.2018	
GPS-MTK1	2.016
GPS-MTK2	1.36
MTK1-MTK2	2.777
01.07.2018-31.07.2018	
GPS-MTK1	2.046
GPS-MTK2	1.598
MTK1-MTK2	2.669
01.08.2018-31.08.2018	
GPS-MTK1	1.672
GPS-MTK2	1.217
MTK1-MTK2	2.258

Наиболее близким к истинному значению является расстояние между парой GPS и MTK2.

#### Заключение

В результате проведенного эксперимента выявлены в целом повторяющиеся в течении суток характерные вариации координат. При этом наблюдаются небольшие смещения вариаций в ту или иную сторону в течении месяца. У приемника MTK1 часто наблюдаются ошибки определения долготы в вечернее и ночное время. В то время как у MTK2 ошибки возникают в дневное время, причем как по широте, так и по долготе. Одночастотный GPS приемник показывает более точные результаты определения координат в сравнении с двухсистемными GPS/ГЛОНАСС приемниками. Значения СКО приемников варьируются в пределах 0.6 – 0.8 м для GPS и 1 – 3 м для MTK1 и MTK2 в зависимости от месяца. Полученные средние значения длин базовых линий в целом соответствуют заявленной точности определения координат одночастотной аппаратурой.

#### Список использованных источников

1. Dow J.M., Neilan R.E., Rizos C. The international GNSS service in a changing landscape of global navigation satellite systems // Journal of geodesy. – 2009. – Vol. 83. – №. 3-4. – P. 191-198.
2. Соловьев Ю.А. Системы спутниковой навигации / Ю.А. Соловьев – М.: Эко-Трендз, 2000. – 270 с.
3. Groves P.D. Principles of GNSS, inertial, and multisensor integrated navigation systems / P.D. Groves. – Artech house, 2013. – 776 p.

# THE PROGRAM SCRIPT FOR PROCESSING HETEROGENEOUS DATA MULTISENSOR SYSTEM

R.A. Bagutdinov  
Tomsk Polytechnic University  
bagutdinov@tpu.ru

## Introduction

Based on the Arduino platform, the multisensory system was developed to monitor changes in temperature, humidity, light and combustible gas, load data into an existing database and check the current state of the environment.

It is often required, without reading detailed information from a connected set of sensors, simply to estimate the current state of the system and the dynamics of its state change over a certain period. To solve this problem, a special script was developed for simplified processing of heterogeneous data of a multisensory system.

## Software script development

A distinctive feature of the script is a built-in primary data processing system, which includes a graphical representation, correlation and regression analysis in real time. Usually, special software modules and complex mathematical calculations are written for data processing from multisensory systems, depending on the specific practical problem [4], [6], [16], [9]. In our case, the user, not possessing special knowledge, can get the results of processing immediately in real time. In this case, the determining factor was the minimum cost, and ease of implementation.

The following sensors were used as sensors of the multisensory system: MQ2 (uses lower conductivity of tin dioxide as a gas-sensitive material, determines the content of methane, propane, natural gas, gas and other combustible gases), DHT11 (consists of a humidity sensor and temperature sensor components), PhotoPin (digital light intensity sensor).

To obtain data from the sensors, a special program script was written in the Arduino environment for transmitting data, part of which is shown in Figure 1.

The registration of a new connected sensor begins with the identification by the sensor driver, then information is collected, data is normalized in accordance with the algorithm and then transferred to the database of the multisensory system.

```
1 #include <dht11.h>
2 #include <string.h>
3 DHT11 dht11;
4 #define DHT11PIN 34 // Подключение библиотек для считывания данных DHT11 с порта 34
5 #define photocellPin 0 // Подключение библиотек для считывания данных с фоторезистора
6 #define mq2Pin 1 // Подключение библиотек для считывания данных с датчика газа MQ-2
7 //-----Считывание данных MQ-2 -----
8 #include <ТройкаMQ.h> // Библиотека для работы с датчиками MQ (Тройка-модуль)
9 #define PIN_MQ2 A0 //пин для пина, к которому подключен датчик
10 MQ2 mq2(PIN_MQ2); // создаём объект для работы с датчиком и передаём ему номер пина
11 //-----Считывание данных с PIR -----
12 #define pirPin 36 //PIR соединение
13
14 #define uint8 unsigned char
15 #define uint16 unsigned int
16 #define uint32 unsigned long
17
```

Fig. 1. Part of a software script in the Arduino environment for reading data from MS

The main parts of such a database are tables, sections and records. The tables are divided into sections, and each section consists of a set of records [5], [7]. Sections of the same table can be physically stored both

on the computer and on the SQL server, so data is grouped so that data can be read from one section.

The interface description includes descriptions of resource classes, classes of relations between them, and classes of operations on resources [8], [9]. In total, there are several main resource classes:

- entry point, that is, from where the user must start navigating through interface resources;
- the MS collection, in which all sensors connected to the software system are listed;
- MC, which describes the sensor, its metadata and lists the processes implemented;
- process that is implemented in the MC;
- collection of output data, for example, MQ2 measurements;
- collection of command execution results.

Descriptions of some of the resources of an application programming interface are generated based on the results of SQL queries executed by the database. The following describes these requests for each of the resources.

The description of the sensor collection is generated using the corresponding query. Next, the sensor data is unloaded in the form of a table, the number of sensors (columns) in the table changes in accordance with the number of connected sensors [1], [2].

The software system is adapted for use in various subject areas where it is necessary to provide both local and remote data collection from the MS and control sensors. For example, monitoring of temperature and humidity in medical institutions, monitoring, security systems in sensitive facilities.

The adaptation method includes several stages:

- development or loading of an existing driver for each sensor model used in a given subject area;
- creation of descriptions and templates for modeling MC;
- creation of a file to configure the connection to the required sensors.

The sensor driver is a dynamically loaded and configured software module for MS. The driver must be developed in the C # programming language or in the language corresponding to the Arduino software system.

For the driver to interact with the software system, the following operations should be used: registration of sensor driver; registration of a new sensor; updating information (metadata) of the sensor; results.

## Conclusion

This paper presents a software script for transmitting and processing data from a multisensory system. Various data processing methods were used, including matrix correlation calculations, correlation analysis, and the principal component method. To verify the results of the program, a series of tests was carried out in



various conditions and the results of the multisensory system were analyzed. This development will be useful not only in the tasks of environmental monitoring, but also for the development of new multisensory systems.

### Bibliography

1. Bagutdinov R.A. Classification characteristic for processing heterogeneous data / *International Journal of Open Information Technologies*. 2018. T. 6. №8. P. 14-18.
2. Bagutdinov R.A. The processing of heterogeneous data for multisensor systems of technical vision on the example of analysis of temperature and gas concentration / *YMIT NR TPU*. 2018. P. 25-26.
3. Bagutdinov R.A., Zaharova A.A. The task adaptation method for determining the optical flow problem of interactive objects recognition in real time / *Journal of Physics: Conference Series* 2017. T. 803. №1. P. 012014.
4. Bierer, B., Nägele, H. J., Perez, A. O., Wöllenstein, J., Kress, P., Lemmer, A., and Palzer, S.: Real-Time Gas Quality Data for On-Demand Production of Biogas, *Chem. Eng. Technol.*, 41, 2018. P. 696–701, <https://doi.org/10.1002/ceat.201700394>
5. Ilyin E.V. Technology platform for distributed heterogeneous systems of data collection and processing. Proceedings of the 50th International scientific student conference "Student and scientific-technical progress": Information technologies. Novosibirsk, 2012.
6. Kneer, J., Eberhardt, A., Walden, P., Ortiz Pérez, A., Wöllenstein, J., and Palzer, S.: Apparatus to characterize gas sensor response under real-world conditions in the lab, *Rev. Sci. Instrum.*, 2014.85, P. 055006, <https://doi.org/10.1063/1.4878717>
7. Lees, K. J., Quaife, T., Artz, R. R. E., Khomik, M., and Clark, J. M.: Potential for using remote sensing to estimate carbon fluxes across northern peatlands – A review, *Sci. Total Environ.*, 615, 2018. P. 857–874, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.103>
8. Moss, R. H., Edmonds, J. A., Hibbard, K. A., Manning, M. R., Rose, S. K., Van Vuuren, D. P., Carter, T. R., Emori, S., Kainuma, M., Kram, T., Meehl, G. A., Mitchell, J. F. B., Nakicenovic, N., Riahi, K., Smith, S. J., Stouffer, R. J., Thomson, A. M., Weyant, J. P., and Wilbanks, T. J.: The next generation of scenarios for climate change research and assessment, *Nature*, 463, 2010. P. 747–756, <https://doi.org/10.1038/nature08823>
9. Rey, J. M. and Sigrist, M. W.: Differential mode excitation photoacoustic spectroscopy: A new photoacoustic detection scheme, *Rev. Sci. Instrum.*, 78, 2007. P. 063104, <https://doi.org/10.1063/1.2746817>
10. Stepanov S.Y., Grishin N.M. Kolbin O.N., Soloveva A.D. GIS. Software review // *Information technology and systems: management, economy, transport, right. International practical conference "Infogeo-2014"*. Vol. 3(14). SPb: Publishing house Andriivskiy, 2014. 116 p.
11. The Research of Multidimensional Analysis Based on Multi-source Heterogeneous Real Estate Data 2018 the 3rd IEEE International Conference on Cloud Computing and Big Data Analysis 2018, P. 285-289
12. Zhizhimov O.L., Molorodov Yu.I., Pestunov I.A., Smirnov V.V., Fedotov A.M. Integration of heterogeneous data in study of natural ecosystems. *Vestnik NSU. Series: Information technologies*. 2011. Vol. 9. Issue 1.
13. Stepanov S.Y. Comparative analysis of open geographic information systems/Information technology systems: management, economy, transport, right. St. Petersburg: Andrew Izdatelsky house, 2013.156 p.
14. Wang Y. and Chi Z., "System of Wireless Temperature and Humidity Monitoring Based on Arduino Uno Platform," 2016 Sixth International Conference on Instrumentation & Measurement, Computer, Communication and Control (IMCCC), Harbin, 2016, P. 770-773. doi: 10.1109/IMCCC.2016.89
15. Ватолин Д. Методы сжатия данных. Устройство архиваторов, сжатие изображений и видео / Д. Ватолин, А. Рагушняк, М. Смирнов, В. Юкин - М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2003. - 384 с.
16. Михеев М.Ю., Гудков К.В., Гудкова Е.А. Реализация модельно-ориентированного подхода при проектировании системы сбора данных // *Современные проблемы науки и образования*. – 2014. – № 6.; URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=16833> (дата обращения: 09.11.2018).
17. Островский О.А. Алгоритмы проведения осмотров цифровых носителей информации для предотвращения компьютерных преступлений. // *Военно-юридический журнал*. 2017.№11. С. 3-6.
18. Островский О.А. Дефиниционный анализ корреляционной зависимости информационной модели и криминалистической характеристики преступления в сфере компьютерной информации // *Евразийский юридический журнал*. 2017. №7 (110). С. 221-225.
19. Островский О.А. Криминалистический анализ, описывающий состояние детерминированного конечного автомата в модели наблюдателя при расследовании преступлений в сфере компьютерной информации // *Евразийский юридический журнал*. 2018.№3 (118). С. 294-296.
20. Островский О.А. Принцип объектной декомпозиции в систематизации идентификационных кодов, характеризующих преступления в сфере компьютерной информации // *Полицейская деятельность*. 2017. №3. С. 10-18.
21. Петренко Н.А., Багутдинов Р.А. Анализ мультисенсорных систем и сенсорного слияния данных / В сборнике: Молодёжь и современные информационные технологии сборник трудов XV Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных. Национальный исследовательский Томский политехнический университет. 2018. С. 73-74.

# ДВУХФАКТОРНАЯ МОДЕЛЬ ПОЛНОСВЯЗНОЙ РЕГРЕССИИ С КВАДРАТОМ СВЯЗУЮЩЕЙ ПЕРЕМЕННОЙ

М.П. Базилевский

Иркутский государственный университет путей сообщения

mik2178@yandex.ru

## Введение

Эффективным инструментом интеллектуального анализа данных является регрессионный анализ [1]. Задача исследования зависимости одной переменной от нескольких объясняющих переменных решается с помощью построения, ставшей уже классической, модели множественной линейной регрессии. При этом возникают следующие проблемы:

1) если объясняющие переменные случайны, то оценки множественной регрессии, полученные с помощью метода наименьших квадратов (МНК), могут обладать негативными свойствами;

2) происходит искажение оценок множественной регрессии из-за эффекта мультиколлинеарности.

В статье рассмотрена разработанная автором двухфакторная модель полносвязной линейной регрессии, учитывающая не только наличие ошибок в объясняющих переменных, но и не требующая для своего построения решения проблемы мультиколлинеарности.

Целью данной работы является первичное исследование двухфакторной модели полносвязной нелинейной регрессии с квадратичной связующей переменной.

## Двухфакторная модель полносвязной линейной регрессии

Пусть изучается зависимость между объясняемой переменной  $y$  и двумя объясняющими переменными  $x_1$  и  $x_2$ . В результате  $n$  опытов получены их наблюдаемые значения  $y_i, x_{i1}, x_{i2}$ ,  $i = \overline{1, n}$ . Обозначим «истинные» значения переменных  $y_i^*, x_{i1}^*, x_{i2}^*$ ,  $i = \overline{1, n}$ . «Истинные» значения объясняющих переменных связаны с наблюдаемыми значениями уравнениями:

$$x_{i1} = x_{i1}^* + \varepsilon_{i1}, \quad i = \overline{1, n}, \quad (1)$$

$$x_{i2} = x_{i2}^* + \varepsilon_{i2}, \quad i = \overline{1, n}, \quad (2)$$

где  $\varepsilon_{i1}, \varepsilon_{i2}$ ,  $i = \overline{1, n}$  – ошибки аппроксимации.

Предположим, что между переменными  $x_1^*$ ,  $x_2^*$  линейная функциональная зависимость:

$$x_{i1}^* = a + bx_{i2}^*, \quad i = \overline{1, n}, \quad (3)$$

где  $a, b$  – неизвестные параметры.

Тогда совокупность уравнений (1) – (3) представляет собой известную регрессию Деминга [2]. Она оценивается с помощью полного МНК по формулам:

$$\tilde{b} = \frac{D_{x_1} - \frac{1}{\lambda} D_{x_2} + \sqrt{\left(D_{x_1} - \lambda^{-1} D_{x_2}\right)^2 + 4\lambda^{-1} K_{x_1 x_2}^2}}{2K_{x_1 x_2}}, \quad (4)$$

$$\tilde{a} = \overline{x_1} - \tilde{b} \overline{x_2}, \quad (5)$$

$$x_{i2}^* = A_0 + A_1 x_{i1} + A_2 x_{i2}, \quad i = \overline{1, n}, \quad (6)$$

где  $A_0 = -\frac{\tilde{a}\tilde{b}}{\lambda^{-1} + \tilde{b}^2}$ ,  $A_1 = \frac{\tilde{b}}{\lambda^{-1} + \tilde{b}^2}$ ,  $A_2 = \frac{\lambda^{-1}}{\lambda^{-1} + \tilde{b}^2}$ ;  $D_{x_1}, D_{x_2}$  – дисперсии переменных;  $K_{x_1 x_2}$  – ковариация;  $\lambda = D_{\varepsilon_2} / D_{\varepsilon_1}$  – соотношение дисперсий ошибок переменных.

Так как переменная  $x_2^*$  является линейной комбинацией (6) переменных  $x_1$  и  $x_2$ , то используем её в качестве объясняющей переменной в модели парной линейной регрессии:

$$y_i = c_0 + c_1 x_{i2}^* + \varepsilon_i, \quad i = \overline{1, n}, \quad (7)$$

где  $c_0$  и  $c_1$  – неизвестные параметры.

Тогда совокупность уравнений (1) – (3), (7) будем называть моделью полносвязной линейной регрессии. Она предполагает двухэтапное оценивание: сначала при заданном значении  $\lambda$  определяются оценки (4) – (6), затем с помощью МНК оценки регрессии (7). Переменную  $x_2^*$  в данном случае можно называть связующей.

## Модель полносвязной регрессии с квадратом связующей переменной

Заменим связующую переменную  $x_2^*$  в уравнении (7) на переменную  $z$ :

$$y_i = c_0 + c_1 z_i + \varepsilon_i, \quad i = \overline{1, n}, \quad (8)$$

где  $z_i = (x_{i2}^*)^2$ ,  $i = \overline{1, n}$ .

Тогда совокупность уравнений (1) – (3), (8) представляет собой модель полносвязной нелинейной регрессии с квадратом связующей переменной. Стоит отметить, что для такой модели, в отличие от её линейной версии, играет роль выбор связующей переменной в уравнении (8). Так, при  $\lambda \rightarrow 0$  переменная  $z \rightarrow x_2^2$ , а при  $\lambda \rightarrow \infty$  переменная  $z \rightarrow (-ab^{-1} + b^{-1}x_1)^2$ . А если в уравнении (8) связующей переменной будет  $x_1^*$ , то при  $\lambda \rightarrow 0$  переменная  $z \rightarrow (a + bx_2)^2$ , а при  $\lambda \rightarrow \infty$  переменная  $z \rightarrow x_1^2$ .

Предположим, что исследователь планирует использовать полносвязную регрессию (1) – (3), (8) для прогнозирования объясняемой переменной  $y$ .

Для этого необходимо выбрать такое значение параметра  $\lambda$ , для которого критерий качества модели (8), например, коэффициент детерминации  $R^2$ , будет максимальным.

Критерий детерминации регрессии (8) в общем виде находится по формуле:

$$R^2 = \frac{K_{y,z}^2}{D_y D_z} \quad (9)$$

Используя равенство (6), получим:

$$z = A_0^2 + A_1^2 x_1^2 + A_2^2 x_2^2 + 2A_0 A_1 x_1 + 2A_0 A_2 x_2 + 2A_1 A_2 x_1 x_2 \quad (10)$$

Тогда, используя выражение (10), найдем ковариацию:

$$K_{y,z} = \frac{1}{(\lambda^{-1} + b^2)^2} G, \quad (11)$$

где  $G = b^2 K_{y,x_1^2} + \lambda^{-2} K_{y,x_2^2} - 2ab^2 K_{y,x_1} - 2ab\lambda^{-1} K_{y,x_2} + 2b\lambda^{-1} K_{y,x_1 x_2}$ .

Аналогично определяется дисперсия:

$$D_z = \frac{1}{(\lambda^{-1} + b^2)^4} H, \quad (12)$$

где  $H = b^4 D_{x_1^2} + \frac{1}{\lambda^4} D_{x_2^2} + 4a^2 b^4 D_{x_1} + 4 \frac{a^2 b^2}{\lambda^2} D_{x_2} + 4 \frac{b^2}{\lambda^2} D_{x_1 x_2} + 2 \frac{b^2}{\lambda^2} K_{x_1^2, x_2^2} - 4ab^4 K_{x_1, x_1^2} - 4 \frac{ab^3}{\lambda} K_{x_2, x_1^2} + 4 \frac{b^3}{\lambda} K_{x_1^2, x_1 x_2} - 4 \frac{ab^2}{\lambda^2} K_{x_1, x_2^2} - 4 \frac{ab}{\lambda^3} K_{x_2, x_2^2} + 4 \frac{b}{\lambda^3} K_{x_2^2, x_1 x_2} + 8 \frac{a^2 b^3}{\lambda} K_{x_1, x_2} - 8 \frac{ab^3}{\lambda} K_{x_1, x_1 x_2} - 8 \frac{ab^2}{\lambda^2} K_{x_2, x_1 x_2}$ .

Тогда критерий детерминации регрессии (8):

$$R^2 = \frac{G^2}{D_y H} \quad (13)$$

### Пример

В таблице 1 приведены случайно сгенерированные статистические данные по трем переменным.

Таблица 1. Статистические данные

y	2	2	91	85	25	61	59	38	25	7
x <sub>1</sub>	1	2	8	9	6	5	4	5	3	1
x <sub>2</sub>	5	1	12	12	4	11	14	8	9	10

На рисунке 1 построена зависимость критерия детерминации  $R^2$  от параметра  $\lambda$  для линейной полностью связанной регрессии.

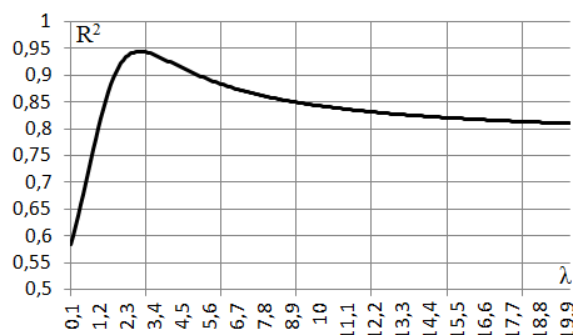


Рис. 1. Зависимость  $R^2$  от  $\lambda$

Как видно по рисунку 1, максимальное значение критерия детерминации  $R^2 = 0,9447$  достигается в точке  $\lambda = 2,9$ . В этом случае модель полностью связанной линейной регрессии имеет вид:

$$y^* = -47,744 + 10,145x_2^*, \quad x_1^* = -2,404 + 0,791x_2^*, \\ x_2^* = 1,959 + 0,815x_1 + 0,355x_2.$$

На рисунке 2 построена зависимость критерия детерминации  $R^2$  от параметра  $\lambda$  для нелинейной полностью связанной регрессии.

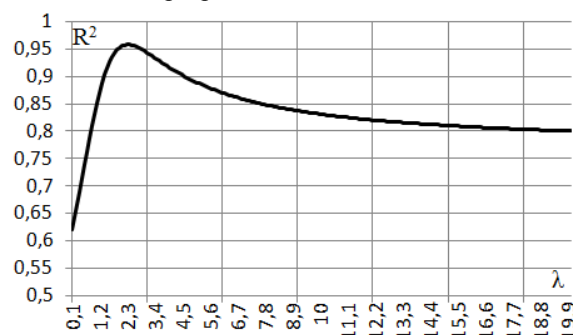


Рис. 2. Зависимость  $R^2$  от  $\lambda$

Максимальное значение критерия детерминации  $R^2 = 0,9581$  будет в точке  $\lambda = 2,3$ . Полностью связанная нелинейная регрессия имеет вид:

$$y^* = -6,315 + 0,541(x_2^*)^2, \quad x_1^* = -1,481 + 0,684x_2^*, \\ x_2^* = 1,122 + 0,758x_1 + 0,482x_2.$$

### Заключение

В работе предложена модель полностью связанной регрессии с квадратом связующей переменной. Получено аналитическое выражение для её критерия детерминации. Рассмотрен пример, демонстрирующий превосходство нелинейной модели над её линейным аналогом.

### Список использованных источников

1. Дрейпер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ. – «Диалектика», 2016. – 912 с.
2. Базилевский М.П. Аналитические зависимости для некоторых критериев адекватности модели регрессии Деминга // Вестник Иркутского государственного технического университета, 2016. – Т. 20, №10. – С. 81-89.

# СОЗДАНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ ПРИВЕРЖЕННОСТИ ПАЦИЕНТОВ ДИАГНОСТИКИ

М.В. Боброва

Томский политехнический университет

bobrova.r@inbox.ru

## Введение

Проблема приверженности лечению пациента активно обсуждается с 1970-х годов в зарубежной литературе. Предлагалось множество терминов для определения понятия приверженности, а именно степени выполнения больным назначений врача. Термин «приверженность лечению» является рекомендованным всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ). ВОЗ дает определение приверженности – это степень соответствия поведения пациента в отношении применения лекарства, выполнения рекомендаций по питанию или изменению образа жизни назначениям и указаниям врача [1]. В количественном отношении приверженность лечению чаще всего характеризуют как отношение числа принятых пациентом дозировок/лекарств, к числу назначенных, выражая ее в процентах [2]. Например, пациент принял 8 из 10 назначенных таблеток, это значит, что приверженность составляет 80%. Прекращение же лечения пациентом без медицинских рекомендаций представляет собой пример крайней неприверженности (принимается 0% назначенных препаратов).

## Исследования состояния неприверженности

По данным исследования ВОЗ, в развитых странах только 50% пациентов страдающих хроническими заболеваниями, следуют рекомендациям по лечению, а показатели приверженности профилактической терапии составляют 28%. Данные исследований проведенных в Йельском университете (США) по приверженности лечению среди пациентов страдающих эпилепсией, показали, что менее 10% пациентов являются высоко приверженными, то есть, принимают все прописанные врачом препараты в указанной дозировке [3]. Большинство пациентов принимали от 70 до 90% назначенных лекарств, а 10% принимали менее 60% положенных дозировок. Примерно такой же процент приводится и в данных других исследователей [4,5].

Как правило, неприверженность пациента связана с тем, что пациент случайно пропустил дозировку или выпил лишнюю таблетку, либо не соблюдает правил ограничения по времени приема или по совмещению с приемом пищи. Умеренно-приверженные пациенты мотивированы на лечение, но, тем не менее, по каким-либо причинам не принимают достаточного количества препаратов для достижения клинического результата, например, устойчивого снижения артериального давления. При этом, такие пациенты, как правило, убеждены, что они выполняют назначения верно, тем самым затрудняя работу врача. Приверженность меньше рекомендованной приводит к тому, что лечение становится неэффективным и заболевание прогрессирует. Но, помимо клинической стороны вопроса, проблема приверженности лечению имеет и финансовое выражение. Так, по подсчетам американских специалистов, проблема неприверженности пациентов прямо или косвенно повышает

расходы, связанные с лечением, в сумме порядка 100 млрд. долларов ежегодно [5].

## Методы оценки приверженности

Для оценки уровня приверженности лечению используется ряд инструментов. Разделяются они на две основные категории:

1) Методы получения информации от пациента (косвенный метод);

2) Методы врачебного контроля за употреблением медикаментов (прямой метод).

Опросник является самым популярным и простым способом получения информации о приверженности к лекарственным средствам. Самостоятельный отчет пациента или отчет лечащего врача о пациенте являются двумя наиболее часто используемыми инструментами. В одном из исследований Дуонг М., Пайрот Л. и Граппин М. использовали анкету, содержащую 61 вопрос для того, чтобы понять поведение приверженности пациента и его основные факторы [6]. В большинстве случаев авторы исследований, как правило, согласны с тем, что в основном пациенты не помнят в какой день и сколько таблеток, доз лекарств они пропустили. Другие ученые берут во внимание иные параметры. Например, пациенты часто сообщают о беспоконных симптомах, о побочных эффектах, связанных с антиретровирусной терапией (АРВ), все это приводит к плохой приверженности [7,8]. С другой стороны, доверие к безопасности и эффективности АРВ препаратов, боевой дух пациента, возможность пройти лечение, все это связано с повышением уровня приверженности [9]. Причины не употребления лекарств, такие как забывчивость, занятость, нахождение вдали от дома, где был оставлен препарат, также связаны с плохой приверженностью [10]. Однако важно не забывать, что пациенты обычно переоценивают свою приверженность.

Сравнительно новым методом косвенной оценки приверженности является применение электронных мониторов приверженности (The Medication Event Monitoring System - MEMS). Недостатком этого метода, выявленным в работе Лиу (Liu) с соавторами [11], является занижение приверженности, поскольку часто пациенты отмечали, что за одно открытие баночки брали несколько дозировок препарата (например, на случай, если во время приема препарата они не будут дома).

## Обучение нейронной сети

Несмотря на то, что существуют определенные методы анализа современного состояния приверженности и большинство исследований посвящено соблюдению приема лекарств, приверженность пациента на этапе медицинской диагностики менее изучена, но не менее важна. Поэтому, для проведения исследований будет разработана система, которая включает в себя основные подходы поддержки

принятия решений в медицине, направленные на повышение их эффективности.

Среди них инструментарий оперативной аналитической обработки данных, различные алгоритмические подходы (методы распознавания образов, искусственного интеллекта, нечеткая логика, прикладная математическая статистика и т.д.).

На первом этапе исследования была поставлена задача обучить нейронную сеть правильно ставить диагноз пациентам. При создании искусственных нейронных сетей одним из наиболее важных этапов построения было нахождение ее входных параметров.

В таблице 1 предоставлены диагностические критерии и их измерители, состоящие из 35 атрибутов, 32 из которых включают в себя симптомы, место расположения очага заболевания и другие диагностические критерии, которым соответствуют 3-м основным измерителям. Далее представлены атрибуты, требующие индивидуального определения измерителя, это возраст пациента. Согласно общему числу соответствующих диагнозов, пациенту присваивается номер заболевания, медицинская история болезни семьи информирует нас о том, есть определенное заболевание в семье или нет.

#### Заключение

Для построения НС, способных решать подобные задачи, необходимо сформировать их топологии, определить механизм обучения и алгоритм тестирования. Результат тестирования сети представляет собой выходные данные для НС, а также значения прогноза этих полей нейронной сетью. В нашем случае это диагноз и план лечения пациента.

В настоящее время используются технологии искусственной нейронной сети. Применение НС позволит сравнивать состояние пациента на текущий момент с показателями уже здорового пациента и давать медицинский прогноз. Разработка методов оценки и их реализация в виде экспертной системы позволит улучшить эффективность и информированность врачей, создавать индивидуальную траекторию диагностики что, безусловно, повысит уровень и качество жизни пациента.

#### Список использованных источников

1. Garcia R., Schooley R., Barado R. An adherence trilogy is essential for long-term HAART success. *Braz Infect Dis.* – 2003. – № 7 (5). – P. 307-314.
2. Osterberg L., Blaschke T. Adherence to Medication. *N Engl Med.* – 2005. – № 353. – P. 487-497.
3. Cramer J. How often is medication taken as prescribed? A novel assessment technique. *JAMA.* – 1989. – № 261 (22). – P. 3273-3277.
4. Claxton A. J., Cramer J., Pierce C. A systematic review of the associations between dose regimens and medication compliance. *Clin Ther* – 2001. – № 23. – P. 1296-310.
5. Cramer J. Medicine partnership. *Heart.* – 2003. – № 89(s. II). – P.1119-1121.
6. Duong M., Piroth L., Grappin M., et al. Evaluation of the patient medication adherence questionnaire as a tool for self-reported adherence assessment in HIV-infected patients on antiretroviral regimens. *HIV Clin Trials.* – 2001. – № 2(2). – P. 128-35.
7. Max B., Sherer R. Management of the adverse effects of antiretroviral therapy and medication adherence. *Clin Infect Dis.* – 2000. – № 30 (2). – P. 96-116.
8. Hoggs R.S., Heath K., Bangsberg D., et al. Intermittent use of triple combination therapy is predictive of mortality at baseline and after one year of follow-up. *AIDS.* – 2002. – № 16. – P. 1051-1058.
9. Mostahari F., Riley E., Selwin P., et al. Acceptance and adherence with antiretroviral therapy among HIV-infected women in a correctional facility. *J Acquir Immune Defic Syndr Hum Retrovirol* – 1998. – № 18. – P. 341-348.
10. Chesney M., Ickovics J., Chambers D., et al. Self-reported adherence to antiretroviral medications among participants in HIV clinical trials: The AACTG adherence instruments. *AIDS Care.* – 2000. – № 12(3). – P. 255-66.
11. Liu H., Golin C, E, Miller L. G. et al. A comparison study of multiple measures of adherence to HIV protease inhibitors. *Ann Intern Med.* – 2001. – № 134. – P. 968-977.

Таблица 1. Диагностические критерии и их измерители

Диагностические критерии	Измеритель
<ul style="list-style-type: none"> <li>•erythema</li> <li>•scaling</li> <li>•definite borders</li> <li>•itching</li> <li>•koebner phenomenon</li> <li>•polygonal papules</li> <li>•follicular papules</li> <li>•oral mucosal involvement</li> <li>•knee and elbow involvement</li> <li>•calp involvement</li> </ul>	0: не наблюдается 1, 2: указывают относительные промежуточные значения 3: указывает наибольшее возможное значение
И т. д.	
•age:	возраст пациента на момент обследования, записывается в формате от 1 до 100
•class:	1: псориаз 2: себорейный дерматит 3: красный плоский лишай 4: розовый лишай 5: хронический дерматит 6: красный волосистый педириаз (лишай)
•family history:	1: если какое-либо из этих заболеваний наблюдается в семье 0: не наблюдается

# АНАЛИЗ ТЕКСТОВЫХ ДАННЫХ, С ЦЕЛЬЮ ВЫДЕЛЕНИЯ ЗНАЧИМЫХ ФРАГМЕНТОВ ОБ АНАЛИЗАХ ПАЦИЕНТОВ

Д. Д. Богданов, С.В. Аксёнов  
Томский политехнический университет  
ddb4@tpu.ru

## Введение

За последние несколько лет информационные системы стали неотъемлемой частью современного мира. Информационные системы (ИС) используются во многих областях, основанных на информации той или иной области, Например: в Бухгалтерском учете, Документообороте, в медицине и т.д.

Информационной системой называется комплекс, включающий вычислительное и коммуникационное оборудование, программное обеспечение, лингвистические средства и информационные ресурсы, а также системный персонал и обеспечивающий поддержку динамической информационной модели некоторой части реального мира для удовлетворения информационных потребностей пользователей [1].

У каждой клиники есть свои лаборатории по анализу крови. В этих лабораториях есть приборы, которые анализируют кровь. В данные приборы помещается пробирки с кровью, которые в дальнейшем подвергаются тщательному анализу. После анализа прибор выдает справку об анализе крови в электронном виде. Далее эту справку можно распечатать и выдать врачу или пациенту. Наилучшим вариантом считается, что лучше работать с медицинскими справками в электронном виде. Во-первых, потому что это экономит такой ресурс, как бумага, во-вторых, это экономит много места в архивах, где хранятся медицинские карты пациентов, в-третьих все эти электронные медсправки можно хранить на удаленном сервере базы данных. Благодаря третьему преимуществу врач, не выходя из кабинета, с помощью компьютера (который имеет доступ к медицинской информационной системе), может просмотреть необходимые ему справки, что поможет врачу сэкономить его рабочее время. Каждый производитель медицинского оборудования производят свои аппараты по анализу крови, следовательно, каждый прибор будет выдавать свою уникальную электронную медсправку по анализу крови.

Поэтому целью моей работы являлось написание программы, которая будет все эти медсправки приводить к единому виду (стандарту). А именно, доставать необходимые ключевые данные пациента (исследование, результат, размерность результата), которые в свою очередь сохраняются в виде отдельных файлах с расширениями .txt и .csv.

## Язык программирования Python

Python — активно развивающийся язык программирования, новые версии (с добавлением/изменением языковых свойств) выходят примерно раз в два с половиной года [2].

Данный язык программирования - это мощный

инструмент для создания программ самого различного назначения, доступный даже для новичков. С его помощью можно решать задачи различных типов. Именно поэтому мое предпочтение остановилось на языке Python.

## Анализ ключевых данных из медицинских справок

Перед тем, как приступить к доработке программы, необходимо было вручную проанализировать все ключевые данные, которые используются в медицинских справках. То есть, нам надо было составить обширную базу данных для всех исследований и их размерностей. Во многих медицинских учреждениях России, врачи по-разному указывают названия исследований и их размерностей в медицинских справках. Например, слово «гемоглобин» может писаться как по-русски", так и по-английски «hemoglobin» или может указываться в аббревиатуре Hgb. Точно также дело обстоит и с размерностями. На примере того же гемоглобина размерность может указываться в г/л, в Gm/100ml и т.д.

В результате анализа всех доступных медицинских справок, был составлен excel файл, в котором записаны всевозможные названия исследований крови и их размерности.

## Создание файлов для хранения ключевых данных

После создания excel файла с ключевыми медицинскими данными, появился другой немаловажный вопрос: «Где и в каком виде хранить ключевые данные, чтобы программа без проблем могла работать с ними?».

Данные лучше хранить в отдельных файлах, нежели создать массив и хранить их в коде программы. Потому, что если мы создадим массив и запишем туда все наши ключевые данные, то размер файла с программным кодом увеличится в несколько раз. Из-за этого программа будет работать медленнее, да и разработчику труднее будет редактировать и добавлять новые данные в массив.

Было решено хранить данные на веб-сервере в папке blood. Данная папка находится в каталоге \content\data\. Данная структура файлового дерева содержит в себе смысловую нагрузку. А именно: папка content – эта папка, где хранятся все медицинские справки, а также ключевые данные; папка data – эта папка, где могут храниться имена папок, конкретных ключевых медицинских данных (Например, в папке blood хранятся все ключевые данные крови).

Данная реализация файлового дерева обусловлена тем, что данные хранятся на веб-сервере в четком структурированном порядке. Это значит, что

любой разработчик, который будет работать с данной программой, сможет быстро находить нужные файлы.

Было решено разделить названия исследований и размерности друг от друга и хранить в отдельных .dat файлах. Файлы называются measureBlood.dat и varBlood.dat. В measureBlood.dat хранятся названия исследований крови, а в varBlood.dat хранятся размерности крови.

Структура хранения ключевых данных внутри файлах с расширением .dat объясняются следующим образом. Каждое ключевое значение выделяется квадратными скобками и начинается с новой строки. Это делается для того, чтобы в дальнейшем регулярно выражение могло без проблем вытаскивать все значения и записывать их в массив.

### Регулярные выражения

Регулярные выражения — это своеобразный фильтр для текстовых данных. Например, нужно найти все doc-файлы на съемном носителе. Вручную искать долго и непродуктивно. Достаточно в поисковой строке ввести текст «\*.doc», и система отберет все файлы с любым именем формата .doc [3].

### Загрузка ключевых данных в массив

Программе (во время работы с медицинскими данными) необходимо иметь загруженные ключевые данные (из файлов с расширением .dat) в массиве. В дальнейшем, с помощью этого массива, программа будет проводить сравнительный анализ ключевых данных с медицинской справкой. А также вытаскивать нужные данные с помощью регулярных выражений.

Функция `open_read_measureBlood` полностью считывает файл `measureBlood.dat`. А потом с помощью регулярного выражения загружает нужные данные в массив `measureBlood`. Данная функция загружает размерности крови.

Функция `open_read_varBlood` полностью считывает файл `varBlood.dat`. А потом с помощью регулярного выражения загружает нужные данные в массив `varBlood`. Данная функция загружает названия исследований крови.

### Извлечение необходимых данных из медицинской справки

После загрузки ключевых данных в массивы `measureBlood`, `varBlood`, а также загрузки исходной справки в переменную `content`, необходимо извлечь нужные данные из `content` и записать их в переменные `matches_list` и `res`.

Функция `extract_data_from_blood` с помощью регулярного выражения извлекает из медицинской

справки названия исследований, их числовые значения и записывает полученные данные в массив `matches_list`.

Функция `extract_measure_blood` проводит сравнительный анализ медицинской справки с массивом `measureBlood`. Если функция обнаруживает совпадение размерностей между массивом и справкой, то функция записывает совпадающую размерность в массив `res`.

Функция `concatenation_result` объединяет массивы `matches_list` и `res` в единое целое. После соединения массивов, функция сохраняет полученные общие данные справки в отдельные файлы `result.txt` и `result.csv`.

Результат работы программы представлен на рисунке 1.

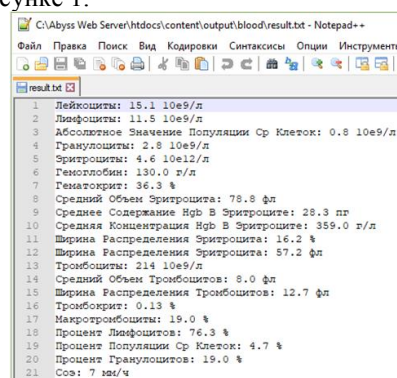


Рис. 1. Необходимые извлеченные данные из медицинской справки

### Заключение

Данная программа производит извлечение ключевых слов (исследования крови), числовые значения и размерности из медицинских справок. Обработанные данные сохраняются в виде отдельных файлов с расширениями .txt и .csv. В дальнейшем сохраненные данные будут сохраняться в БД медицинской информационной системы.

### Список использованных источников

1. Когаловский М. Р. Перспективные технологии информационных систем. — М.: ДМК Пресс; Компания АйТи, 2003. — 288 с.
2. Язык программирования Python 3 [Электронный ресурс] / Python 3 для начинающих. — URL: <https://pythonworld.ru/> (дата обращения: 17.11.2018)
3. SEMANTICA [Электронный ресурс] / Что такое регулярные выражения — URL: <https://semantica.in/blog/chto-takoe-regulyarnye-vyrazheniya.html> (дата обращения: 19.11.2018)

# РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУР ПРОИЗВОДСТВА АВТОМОБИЛЬНЫХ БЕНЗИНОВ НА БАЗЕ ПРОДУКТОВ ПРОЦЕССА «ЦЕОФОРМИНГ» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИРУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ

И.А. Богданов, А.А. Алтынов, М.В. Киргина  
Томский политехнический университет  
bogdanov\_ilya@mail.ru

## Введение

Объемы потребления автомобильного бензина растут из года в год, что вынуждает производителей искать все новые источники сырья и процессы для производства топлива.

Одним из перспективных процессов получения компонентов бензинов является процесс «Цеоформинг», позволяющий производить компоненты бензинов не только из нефтяных фракций, но из газовых конденсатов, вопрос рациональной переработки которых так же крайне актуален.

Так же в последнее время широчайшее распространение в нефтегазовой и химико-технологической отрасли получили компьютерные моделирующие системы (КМС) позволяющие прогнозировать свойства производимых продуктов. Ранее в Томском политехническом университете была разработана КМС «Compounding», которая позволяет разрабатывать рецептуры автомобильных бензинов [1]. Диалоговое окно КМС «Compounding» представлено на рисунке 1.

Целью данной работы являлась разработка рецептур производства автомобильных бензинов удовлетворяющих требованиям современных стандартов, с использованием компьютерной моделирующей системы и продуктов процесса «Цеоформинг» в качестве сырья [2, 3].

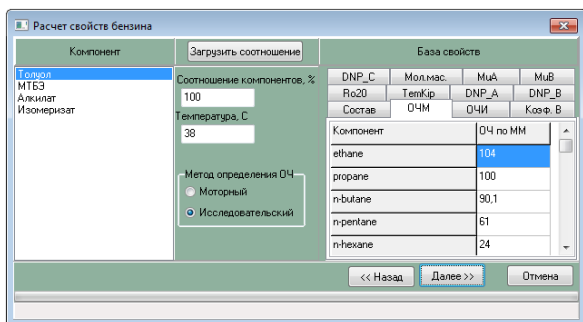


Рис. 1. Диалоговое окно КМС «Compounding»

## Расчет свойств исходных компонентов

Для разработки рецептур производства автомобильных бензинов были выбраны следующие компоненты: алкилат – продукт процесса алкилирования; метил-трет-бутиловый-эфир (МТБЭ); изомеризат – продукт процесса изомеризации; толуол; цеоформат – продукт процесса цеоформинг; прямогонная бензиновая фракция с температурами кипения 62-85°C.

Наиболее важными характеристиками автомобильных бензинов являются: мера детонационной стойкости, выражаемая октановым числом по моторному и исследовательскому методам

(ОЧМ/ОЧИ), давление насыщенных паров (ДНП), плотность, а также содержание бензола и ароматических углеводородов в целом (ароматика). Именно эти свойства и были рассчитаны с помощью КМС «Compounding», результаты расчета представлены в таблице 1.

Таблица 1. Свойства исходных компонентов

Компонент	ОЧМ/ОЧИ	ДНП, кПа	Плотность при 15 °С, кг/м <sup>3</sup>	Бензол, % об.	Ароматика, % об.
Алкилат	94,2/ 96,7	34,7	699,6	0	0
МТБЭ	110,0/ 125,0	40,3	737,3	0	0
Изомеризат	87,9/ 89,8	62,8	661,2	0,02	0,04
Толуол	104/ 121	7,2	870,4	0	100
Цеоформат	79,2/ 85,2	130,1	708,0	1,25	13,3
Прямогонная бензиновая фракция (62-85 °С)	63,7/ 69,3	24,3	733,7	1,11	1,24

## Разработка рецептур производства автомобильных бензинов

С использованием КМС «Compounding» были разработаны рецептуры производства автомобильных бензинов марок АИ-92, АИ-95, АИ-98. Результаты расчета представлены в таблице 2.

Из результатов, представленных в таблице 2 видно, что при приготовлении всех марок бензинов основным компонентом является цеоформат, что говорит о целесообразности его использования в качестве базового компонента при производстве автомобильных бензинов.

Требования, предъявляемые к автомобильным бензинам, выпускаемым на территории Российской Федерации, согласно [2, 3] представлены в таблице 3.



Таблица 2. Рецептуры производства автомобильных бензинов

Содержание компонента, % мас.	АИ-92	АИ-95	АИ-98
Алкилат	8	18	11
МТБЭ	0	0	5
Изомеризат	6	5	8
Толуол	15	17	21
Цеоформат	65	60	55
Прямогонная бензиновая фракция (62-85 °С)	6	0	0

Таблица 3. Требования, предъявляемые к автомобильным бензинам, выпускаемым на территории Российской Федерации

Марка бензина	ОЧМ\ОЧИ	ДНП, кПа	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Бензол, % об.	Ароматика, % об.
АИ-92	83/92	35-100*	725-780	>1**	>35**
АИ-95	85/95				
АИ-98	88/98				

\* в зимний и межсезонный период

\*\* для 3, 4, 5 экологических классов

Для бензинов, полученных по разработанным рецептурам, аналогично, с помощью КМС «Comrounding», были рассчитаны основные свойства. Результаты расчета представлены в таблице 4.

Таблица 4. Свойства бензинов полученных по разработанным рецептурам

Марка бензина	ОЧМ\ОЧИ	ДНП, кПа	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Бензол, % об.	Ароматика, % об.
АИ-92	85,1/ 92,2	93,6	730,4	0,90	21,33
АИ-95	88,4/ 95,4	88,7	731,8	0,77	22,28
АИ-98	90,1/ 98,1	83,9	738,9	0,72	25,14

Из результатов, представленных в таблице 4, следует, что бензины, произведенные по предложенным рецептурам, удовлетворяют всем требованиям стандартов [2,3].

### Заключение

В ходе работы были получены следующие результаты:

1. С использованием КМС были рассчитаны: свойства компонентов моторных бензинов, разработаны рецептуры производства автомобильных бензинов марок АИ-92, АИ-95, АИ-98, удовлетворяющие требованиям действующих стандартов, рассчитаны свойства бензинов получаемых по разработанным рецептурам.

2. Установлено, что продукт процесса цеоформинга (цеоформат) является перспективным компонентом для производства автомобильных бензинов, так как он характеризуется сравнительно высоким октановым числом, а также соответствующими для бензина плотностью и давлением насыщенных паров.

3. Показано, что продукт процесса цеоформинга (цеоформат) может быть использован как базовый компонент при производстве автомобильных бензинов (доля цеоформата во всех разработанных рецептурах превышает 50 % мас.).

### Список использованных источников

1. Киргина М.В., Сахневич Б.В., Майлин М.В., Иванчина Э.Д., Чеканцев Н.В. Разработка интеллектуальной компьютерной системы для сопровождения процесса производства моторных топлив // Известия Высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология. – 2014. – Т. 57. – № 11. – с. 84-86.
2. ГОСТ 32513-2013 Топлива моторные. Бензин неэтилированный. Технические условия. [Электронный ресурс] – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200108179> (дата обращения 25.09.2018).
3. Технический регламент Таможенного союза «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и мазуту» ТР ТС-013/2011. [Электронный ресурс] – URL: <http://docs.cntd.ru/document/902307833> (дата обращения 25.09.2018).

# МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕРМОГРАВИТАЦИОННОЙ КОНВЕКЦИИ НЕНЬЮТОНОВСКОЙ ЖИДКОСТИ В ЗАМКНУТОЙ ПОЛОСТИ С ТЕПЛОВЫДЕЛЯЮЩИМ ИСТОЧНИКОМ ЭНЕРГИИ

Д.С. Бондаренко

Научный руководитель: д.ф.-м.н., доцент М.А. Шеремет

Томский государственный университет

e-mail: whiteink@bk.ru

## Введение

Процессы теплообмена путем естественной конвекции наряду с механикой неньютоновских жидкостей давно представляют интерес в сфере научной деятельности из-за широкого спектра применимости в различных отраслях науки.

Кроме того, в повседневной жизни человека неньютоновские жидкости встречаются чаще, чем ньютоновские [1]. Но передача тепла в неньютоновских жидкостях более сложная, так как у таких веществ напряжения сдвига и скорость сдвига имеют нелинейную зависимость [2]. Потому их изучению уделяют особое внимание.

## Постановка задачи

В настоящей работе моделируются режимы естественной конвекции неньютоновской степенной жидкости в замкнутой полости, на нижней стенке которой расположен тепловыделяющий элемент (рис. 1).

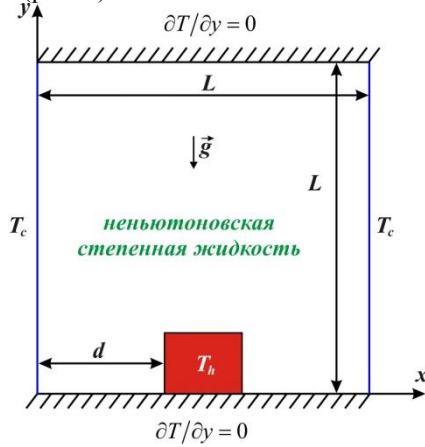


Рис 1. Область решения задачи

Дифференциальные уравнения, описывающие анализируемый процесс в приближении Буссинеска в размерных величинах «скорость-давление-температура» имеют следующий вид:

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} &= 0; \\ \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} &= -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{1}{\rho} \left( \frac{\partial \tau_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} \right); \\ \frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} &= \\ &= -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + \frac{1}{\rho} \left( \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yy}}{\partial y} \right) + g\beta(T - T_c); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial T}{\partial t} + u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} &= a \left( \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right); \\ (\rho c) \frac{\partial T}{\partial t} &= \lambda \left( \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right) + Q. \end{aligned}$$

Для описания неньютоновского характера течения применяется степенной закон Оствальда-де-Вилла:

$$\tau_{ij} = 2\mu_{eff} D_{ij} = 2K(2D_{kl}D_{kl})^{\frac{n-1}{2}} D_{ij}.$$

Для описания гидродинамики внутри полости используются дифференциальные уравнения в безразмерных преобразованных переменных «функция тока – завихренность»:

$$\frac{\partial^2 \Psi}{\partial X^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial Y^2} = -\Omega; \quad (1)$$

$$\frac{\partial \Omega}{\partial \tau} + \frac{\partial \Psi}{\partial Y} \frac{\partial \Omega}{\partial X} - \frac{\partial \Psi}{\partial X} \frac{\partial \Omega}{\partial Y} = \left( \frac{Ra}{Pr} \right)^{\frac{n-2}{2}} \left[ \nabla^2 (\tilde{M}\Omega) + S_\Omega \right] + \frac{\partial \Theta}{\partial X}; \quad (2)$$

$$\frac{\partial \Theta}{\partial \tau} + \frac{\partial \Psi}{\partial Y} \frac{\partial \Theta}{\partial X} - \frac{\partial \Psi}{\partial X} \frac{\partial \Theta}{\partial Y} = \frac{1}{\sqrt{Ra \cdot Pr}} \left( \frac{\partial^2 \Theta}{\partial X^2} + \frac{\partial^2 \Theta}{\partial Y^2} \right); \quad (3)$$

$$\frac{\partial \Theta}{\partial \tau} = \frac{Ar}{\sqrt{Ra \cdot Pr}} \left( \frac{\partial^2 \Theta}{\partial X^2} + \frac{\partial^2 \Theta}{\partial Y^2} + 1 \right) \quad (4)$$

где безразмерная эффективная вязкость  $\tilde{M}$  и источник член  $S_\Omega$  имеют следующий вид:

$$\tilde{M} = \left[ 2 \left( \frac{\partial U}{\partial X} \right)^2 + 2 \left( \frac{\partial V}{\partial Y} \right)^2 + \left( \frac{\partial U}{\partial Y} + \frac{\partial V}{\partial X} \right)^2 \right]^{\frac{n-1}{2}},$$

$$S_\Omega = 2 \left[ \frac{\partial^2 \tilde{M}}{\partial X^2} \frac{\partial U}{\partial Y} - \frac{\partial^2 \tilde{M}}{\partial Y^2} \frac{\partial V}{\partial X} + \frac{\partial^2 \tilde{M}}{\partial X \partial Y} \left( \frac{\partial V}{\partial Y} - \frac{\partial U}{\partial X} \right) \right].$$

Здесь  $X, Y$  – безразмерные декартовы координаты;  $U, V$  – безразмерные составляющие вектора скорости в проекции на оси;  $\Theta$  – безразмерная температура;  $\Psi$  – безразмерная функция тока;  $\Omega$  – безразмерная завихренность,  $Ar$  – относительный коэффициент температуропроводности,  $k$  – относительный коэффициент теплопроводности. Критерии подобия системы:  $Ra = g\beta\Delta TL^3/\nu a$ , – число Рэлея,  $Pr = \nu/a$  – число Прандтля.

Граничные условия для системы (1)–(4) в безразмерном виде:

$$\begin{aligned}
X=0 \text{ и } X=1, 0 \leq Y \leq 1, \Psi=0, \frac{\partial \Psi}{\partial X}=0, \Theta=0; \\
Y=0, 0 \leq X \leq d/L \text{ и } d/L+0.2 \leq X \leq 1, \Psi=0, \frac{\partial \Psi}{\partial Y}=0, \frac{\partial \Theta}{\partial Y}=0; \\
Y=1, 0 \leq X \leq 1, \Psi=0, \frac{\partial \Psi}{\partial Y}=0, \frac{\partial \Theta}{\partial Y}=0;
\end{aligned}$$

На поверхности источника:

$$\Psi=0, \Omega = -\frac{\partial^2 \Psi}{\partial \bar{n}^2}, \begin{cases} \Theta_{ист} = \Theta_{жс} \\ \frac{\partial \Theta_{ист}}{\partial \bar{n}} = \frac{1}{k} \cdot \frac{\partial \Theta_{жс}}{\partial \bar{n}} \end{cases}$$

Полученная система дифференциальных уравнений (1)–(4) с соответствующими начальными и граничными условиями сводилась к алгебраическим уравнениям методом конечных разностей. Выражение для функции тока (1) дискретизировалось на основе формул симметричной аппроксимации вторых производных, после чего, оно решалось методом последовательной нижней релаксации [3]. Двумерные уравнения (2) – (4) приводились к одномерным с помощью локально-одномерной схемы Самарского [4]. Конвективные слагаемые были дискретизированы на основе второй схемы с донорными ячейками. Далее уравнения решались методом прогонки.

## Результаты

Математическое моделирование исследуемого процесса было проведено в широком диапазоне изменения характеризующих параметров, а именно числа Рэлея, индекса степенного закона, относительного коэффициента теплопроводности.

Результаты численного моделирования были проанализированы с помощью построения распределений линий тока и изотерм (рис. 1), а также зависимостей среднего числа Нуссельта и средней температуры на поверхности источника тепла (рис. 2).

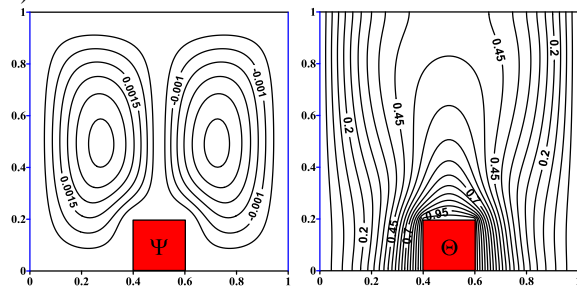


Рис. 2. Линии тока  $\Psi$  и изотермы  $\Theta$  при  $n=0.8$ ,  $Ra=10^4$ ,  $k=100$ .

По распределению линий тока  $\Psi$  можно сделать вывод, что течение в полости формирует две рециркуляционные зоны. Они иллюстрируют то, что вблизи охлаждающих стенок – два нисходящих потока, а над источником – один восходящий поток.

Также можно сделать вывод, что в данном процессе преобладает кондуктивный механизм переноса тепла, так как распределение изотерм  $\Theta$  происходит квазипараллельно охлаждающим стенкам.

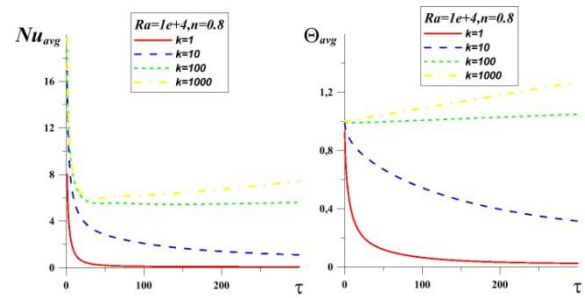


Рис. 3. Зависимость  $Nu_{avg}$  и  $\Theta_{avg}$  от времени при различных  $k$  и при  $n=0.8$ ,  $Ra=10^4$ .

Из рисунка 3 видно, что, как и для среднего числа Нуссельта, так и для средней температуры при больших относительных коэффициентах теплопроводности, а именно при  $k=100$  и  $1000$ , необходимо больше времени для выхода на стационарный режим.

## Заключение

В результате проведенных исследований и анализа полученных данных было установлено, что с ростом числа Рэлея среднее число Нуссельта увеличивается, что говорит об усилении теплоотвода от нагревателя, чему соответствует уменьшение температуры на поверхности источника энергии.

С уменьшением индекса степенного закона среднее число Нуссельта также увеличивается. Однако время, необходимое для установления процесса тоже увеличивается.

Следует отметить, что структура течения сохраняется для всех параметров, а распределение изотерм терпит не большие изменения.

Работа выполнена в рамках реализации государственного задания Минобрнауки России (проект № 13.9724.2017/8.9).

## Список использованных источников

1. Krunal M. Gangawane Laminar natural convection characteristics in an enclosure with heated hexagonal block for non-Newtonian power law fluids / Krunal M. Gangawane, B.Manikandan // Chin. J. Chem. Eng. – 2017. – Vol.25. – Pp. 555-571.
2. Hang Xu Laminar flow and heat transfer in the boundary-layer of non-Newtonian fluids over a stretching flat sheet / Hang Xu, Shi-Jun Liao // COMPUT MATH APPL. – 2009. – Vol. 57. – Pp. 1425-1431.
3. Пасконов В.М., Полежаев В.И., Чудов Л.А. Численное моделирование процессов тепло- и массообмена. – М.: Наука, 1984. – 288 с.
4. Самарский А.А. Теория разностных схем. – М.: Наука, 1977. – 656 с.

# РАЗРАБОТКА СЕРВЕРНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ГОЛОСОВЫХ КОМАНД АССИСТЕНТА «АЛИСА»

М.Е. Бугаева

Томский политехнический университет

meb6@tpu.ru

## Введение

Развитие когнитивных технологий способствуют эффективному внедрению искусственного интеллекта в повседневную жизнь человека. Понимание естественного языка – одно из самых перспективных направлений развития искусственного интеллекта. Голосовые ассистенты – яркий пример таких систем, они могут быть интегрированы во множество других интеллектуальных систем и повышать удобство взаимодействия человека и компьютера.

«Алиса» – виртуальный голосовой помощник, созданный компанией Яндекс. Имитирует живой диалог, распознавая естественную речь (устную и письменную) и выдавая ответы на вопросы, произнося их вслух и выводя на экран [1].

Каждый день миллионы пользователей решают с помощью голосового помощника определённые задачи, например, узнают прогноз погоды и т.п. «Алиса» уже умеет рассказывать о погоде, выбирать подарки, строить маршруты и многое другое. Регулярно добавляются новые возможности, но охватить все интересы пользователей невозможно.

Целью данной работы является разработка нового навыка для голосового помощника «Алиса», который бы помогал студентам ТПУ пользоваться его электронными сервисами, в частности, узнавать расписание занятий. Это подразумевает изучение особенностей разработки, ограничений и правил для новых навыков «Алисы», создание алгоритма, позволяющего получить информацию из имеющейся веб-страницы (<http://rasp.tpu.ru>), развертку веб-сервиса и написание исходного кода на языке Python [2].

## Общие принципы разработки навыков

Чтобы научить «Алису» чему-то новому, необходимо создать навык на платформе Яндекс.Диалоги. Это платформа для разработчиков, которая позволяет добавлять сценарии общения с пользователями на сервисы Яндекса [3]. С её помощью можно научить голосового помощника «Алиса» новым навыкам.

С точки зрения пользователя, навык – это специализированный режим функционирования «Алисы», который вызывается определенным активационным именем. В этом режиме «Алиса» транслирует реплики пользователя на сервер разработчика и отвечает переданным разработчиком текстом, ссылками или подсказками.

С технической точки зрения, навык – это веб-сервис, который ожидает реплик пользователя от Яндекс.Диалогов. Веб-сервис может быть написан на любом языке программирования. Важно, чтобы

он только корректно отвечал на запросы Диалогов.

Разработка любого навыка подразумевает следующие этапы:

- развертка веб-сервиса, который бы поддерживал протокол взаимодействия с Яндекс.Диалогами и учитывал особенности реализации навыков;
- написание исходного кода;
- тестирование ответа навыка перед публикацией;
- повторное тестирование навыка после публикации с помощью «Алисы».

Представленная выше концепция разработки навыка «Алисы» показана на рисунке 1.

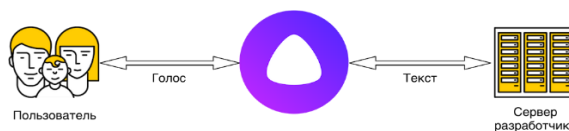


Рис. 1. Концепция разработки навыка

Для новых навыков на платформе Яндекс.Диалоги существуют ограничения [4], которые должен учитывать сервис, обрабатывающий запросы пользователя:

- навыки должны работать синхронно и в масштабе реального времени – сервис разработчика должен отвечать на запрос Яндекс.Диалогов в течение 1.5 секунд, иначе ответ не будет доставлен пользователю;
- пока открыт один навык «Алисы» другие навыки и сама «Алиса» – недоступны. Чтобы разговор закончился, навык необходимо деактивировать;
- если разработчику важна история общения с пользователем, необходимо сохранять ее на своем сервере. Яндекс.Диалоги пока не предоставляют такой возможности;
- Яндекс.Диалоги передают веб-сервисам (навыкам) необработанный текст запросов. Обработчик навыка при необходимости должен самостоятельно разбирать и анализировать текст.

При работе пользователя с навыком присутствуют такие процессы, как активация и деактивация. Разговор с навыком может начать только сам пользователь, сам навык может только отвечать на запросы. Чтобы начать разговор, пользователь должен произнести «Алисе» активационную фразу с именем нужного навыка. Существует два вида активации навыков: простая активация и активация с командой.

Также существует ряд правил, которые необходимо соблюдать при разработке навыка:

- Активационное имя навыка не должно быть очень общим. «Алиса» не сможет вызвать навык по общей фразе. Например, «Пицца» или «Игра морской бой». Поэтому рекомендуется заранее выбрать уникальное имя.
- Навык вызывается стандартным набором команд. Чтобы разработчикам было удобнее заполнять активационные фразы, был разработан конструктор фраз. Эти фразы отображаются в каталоге навыков «Алисы».
- У навыка должна быть указана корректная категория. В каталоге навыков «Алисы» существуют различные категории. Например, «Игры и развлечения», «Покупки», «Еда и напитки» и т.д.
- Должна быть метка с указанием возрастного ограничения, если они нужны для получения доступа к сервису.
- Навык не должен отвечать ошибками. Постоянно происходит проверка работоспособности навыка. Если навык выдает большое количество ошибок (например, сервер часто не отвечает), то навык снимается с публикации.
- В целях безопасности пользователей обмен данными с сервером разработчика должен происходить только по защищённому протоколу взаимодействия HTTPS.
- Навык не должен являться рекламой. Рекламные навыки, которые не содержат ценной для пользователя функциональности, не публикуются.

### Функционирование навыков

Рассмотрим наглядно, как функционируют навыки «Алисы» на примере навыка «Что раньше» от Яндекса.

Для запуска навыка необходимо произнести активационную фразу, в данном случае – «Запусти навык что раньше» (рис. 2).

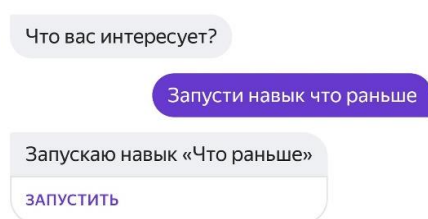


Рис. 2. Активация навыка «Алисы»

После активации навыка он становится доступным для использования, сама «Алиса» и другие навыки – недоступными. Здесь «Алиса» начинает общение с пользователем в рамках конкретного навыка (рис. 3).

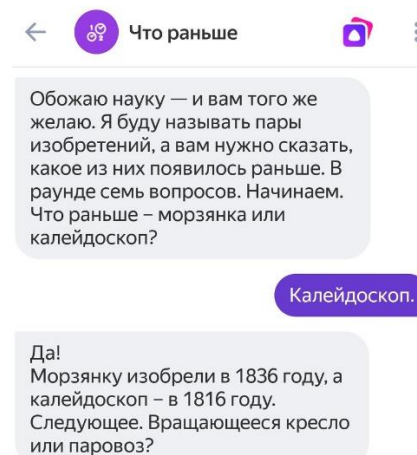


Рис. 3. Работа навыка «Алисы»

Для того, чтобы деактивировать навык, необходимо произнести фразу «Закончить» или нажать на кнопку «Назад». После деактивации навыка «Алиса» становится доступна, и пользователь может запустить новый навык.

### Заключение

Изучение ограничений и правил, которые необходимо соблюдать при создании нового навыка для голосового помощника «Алиса», непосредственно оказывает большое влияние на качество разработки. Учет всех особенностей функционирования навыков «Алисы» помогает сделать навык наиболее жизнеспособным и пригодным для использования.

Данные материалы составляют базу знаний, необходимых для разработки навыка. Это сыграет большую роль при создании навыка «Алисы», который бы помогал студентам ТПУ узнавать расписание занятий.

### Список использованных источников

1. Алиса (голосовой помощник) – Википедия // Википедия – Свободная энциклопедия. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Алиса\\_\(голосовой\\_помощник\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Алиса_(голосовой_помощник)), свободный (дата обращения: 02.06.2018).
2. Welcome to Python.org // The official home of the Python Programming Language. URL: <https://www.python.org/>, свободный (дата обращения: 15.10.2018).
3. Яндекс.Диалоги // Яндекс.Диалоги – Технологии Яндекса. URL: <https://tech.yandex.ru/dialogs/>, свободный (дата обращения: 02.06.2018).
4. Диалоги Алисы – Разработка навыка – Технологии Яндекса // Технологии Яндекса. URL: <https://tech.yandex.ru/dialogs/alice/doc/development-docpage/>, свободный (дата обращения: 02.06.2018).

# ОШИБКИ И НЕДОСТАТКИ МОРФОЛОГИЧЕСКОГО И СЕМАНТИЧЕСКОГО АНАЛИЗОВ СЕМАНТИКО-СИНТАКСИЧЕСКОГО АНАЛИЗАТОРА ТЕКСТА SEMSIN

В.В. Чемерилов, А.С. Фадеев  
Томский политехнический университет  
vchemerilov@gmail.com

## Введение

Синтезаторы речи по тексту – это системы, которые конвертируют текст, введенный пользователем, в искусственную речь. Как правило, такие системы проводят предварительную обработку текста с целью расставления маркеров интонации (пауз, ударений и т.д.). Так как большинство правил выделения интонации используют данные морфологического, синтаксического и семантического анализ текста, то в блоке обработки текстовых данных стали использовать специальные анализаторы [1]. В данной работе описаны ошибки и недостатки морфологического и семантического анализатора парсера Semsin, которые выявились на этапе тестирования анализатора для его использования в системе синтеза русской речи.

## Анализатор Semsin

Semsin – это семантико-синтаксический анализатор русскоязычного текста, в задачи которого входят снятие морфологической и частеречной омонимии, частичное снятие лексической неоднозначности и построение синтаксического дерева зависимостей [2].

Принцип работы анализатора Semsin состоит в следующем: на вход анализатора подается текст на русском языке, текст делится на абзацы. Каждый абзац подвергается предварительному анализу с выделением отдельных токенов [3]. После токенизации текст разбивается на предложения. Проводится обработка отдельных слов, выделяются группы слов с фамилиями, названиями, числами. На четвертом этапе работы системы подключаются прилагательные и причастия, происходит снятие неоднозначностей прилагательное-существительное. Подключаются предлоги, образуются предложные группы. После проведения сегментации (работа с обособленными оборотами, придаточными предложениями и т. д.) и поиска составных сказуемых и подлежащих, система строит синтаксическое дерево зависимостей и указывает типы синтаксических связей элементов дерева.

## Семантический анализ Semsin

В качестве исходных данных, на основе которых проводится семантический и морфологический анализы парсера Semsin, используется словарь и классификатор В.А. Тузова [4]. Словарь Тузова основан на семантическом словаре С.А. Кузнецова [5] и морфологическом словаре А.А. Зализняка [6]. Исходный семантический словарь состоит из 177 тысяч лексем, распределенным по 1660 семантическим классам [2]. Около 14% слов содержат несколько семантических классов (имеют две или более лексем). Также словарь содержит более 40 тысяч названий (городов, сел, фирм, рек, учреждений и т.д.) и собственных имен.

## Морфологический анализ Semsin

Для проведения морфологического анализа текста на основе морфологического словаря была разработана морфологическая база данных. В базе к каждой лексеме был подобран набор морфологических характеристик, номер своего класса и актанты вызываемых ею лексем. Данные были представлены в виде падежей или предлогов с соответствующими падежами, например: вПред, вВин и т.д. Также перед актантом указывались допустимые классы слов, которые могли их замещать. В том случае, если несколько лексем имели одно и то же описание, они объединялись в одну лексему.

Морфологический словарь содержит слова, которые могут иметь две или более лексем [3] – эти слова имеют различные морфологические характеристики, например: «печь» – это существительное женского рода, единственного числа или несовершенный глагол. Также морфологические характеристики лексем могут совпадать, но семантические классы различаться, например, слово «коса» имеет три семантических класса:

1. Жизнь, части живого, голова, волосы;
2. Физический объект, неодушевленный, вещь, утварь, инвентарь, с/х;
3. Физический объект, природа, природные зоны, ландшафт, берег.

Однако морфологические характеристики лексем совпадают: существительное, женский род, единственное число и т.д.

В семантико-синтаксическом анализаторе Semsin морфологический словарь реализован в виде таблицы Excel. Она содержит более 170 тысяч строк [2]. Некоторые из этих строк соответствуют не одной, а нескольким лексемам с одинаковой морфологией. Данная таблица используется морфологическим анализатором для проведения морфологического анализа слова.

Для решения проблемы устойчивых словосочетаний, анализатор использует специальную таблицу фразеологизмов, которая проводит разбор трех различных типов словосочетаний: полностью изменяемых (море по колено), частично изменяемых (дым коромыслом) и неизменяемых (в ту пору, а именно). На данный момент таблица содержит более 4800 фразеологизмов [3]. Она играет важную роль в снятии неоднозначности.

Также важным элементом морфологического анализа парсера Semsin является таблица предлогов, состоящая из 2200 сочетаний классов существительных, с которыми взаимодействуют предлоги.

Морфологический анализатор [2] проводит анализ входных данных – каждого слова в тексте. Результатом анализа является лемма слова с его морфологическими характеристиками (часть речи, род, число, падеж и т.д.).

## Ошибки и недостатки морфологического и семантического анализаторов Semsin

В процессе тестирования семантико-синтаксического анализатора Semsin для его дальнейшего использования в системах синтеза русской речи, возникли ошибки, связанные с морфологическим и семантическим анализами парсера. Также в некоторых случаях анализатор представил недостаточно данных для выделения мест расстановки интонации. Для полноценного морфологического анализа (чтобы на его основе выделять места расстановки интонации) не хватает определения:

1. Качественных прилагательных, наречий и существительных;
2. Отглагольных существительных;
3. Отыменных прилагательных;

Semsin не определяет разряд наречия (только часть речи). Из ошибок морфологического анализа Semsin можно выделить неправильное определение морфологических характеристик. Данная ошибка возникает из-за неправильного подбора лексемы, например:

*Ты сегодня ела кашу? Нет, слесарь.*

Для ключевого слова ответа «слесарь», Semsin подобрал лемму «слесарить» и морфологические характеристики: глагол, несовершенный, непреходный и т.д. Хотя в данном контексте «слесарь» - существительное. В результате интонационный центр упал на слово вопроса «ела», хотя должен был упасть на слово «ты».

Одной из важнейших ошибок, связанных с семантическим анализом парсера Semsin, которая влияет на интонационный анализ текста, является то, что он не всегда правильно разрешает омонимию. Задача разрешения графической омонимии – одна из важных задач в синтезе русской речи [7]. Установив точное значение слова (в данном случае семантический класс слова) появляется возможность определить его ударный слог, например: в слове «замок» в значении «Физический объект, неодушевленный, вещь, утварь, инструменты замки» ударение падает на второй слог, а в значении «Физический объект Поселения Постройка Жилье Дом» на первый. В некоторых случаях, Semsin неправильно определяет семантический класс омографа, а значит неправильно определяет ударный слог. Например, в некоторых случаях Semsin определяет имя «Маша» (в начале предложения) как деепричастие «машу» (Действие Труд Физический Махание). Также возникает ошибка, когда Semsin повторяет семантические классы одного и того же слова. От этой ошибки легко избавиться, проведя фильтрацию семантических данных, но все же она имеет место быть.

Так как Semsin пытается самостоятельно разрешить омонимию, то в некоторых случаях, он выдает неполную информацию о семантическом анализе слова, например:

*Олег пил сегодня чай? Да, чай.*

Вопросительное слово ответа «чай» содержит следующие данные по семантическому анализу: «Вероятность». Однако, данное слово имеет еще

один семантический класс «Жизнь Пицца Напитки Безалкогольные». Если бы данные семантического анализа ключевого слова ответа были полные (содержали бы оба семантических класса), то сопоставляя эти классы с семантическими классами слов вопроса, алгоритм автоматического выделения ударного слова в вопросительном предложении [8] выделил интонационный центр в слове «чай» (в вопросительном предложении). Однако в силу того, что Semsin выдал неполные данные по ключевому слову ответа, алгоритм не смог решить поставленной ему задачи.

## Заключение

При соответствующей доработке семантико-синтаксического анализатора Semsin, выходные данные парсера можно будет использовать для разработки блока автоматического выделения интонации в лингвистическом процессоре при синтезе русской речи.

## Список использованных источников

1. Иомдин Л.Л. Говорящий «ЭТАП». Опыт использования синтаксического анализатора системы ЭТАП в русском речевом синтезе /Л.Л. Иомдин, Б.М. Лобанов, Ю.С. Гецевич // Труды Международной конференции «Компьютерная лингвистика и интеллектуальные технологии», 2011. – С. 269-279.
2. Каневский Е.А., Боярский К.К. Предсинтаксический модуль в анализаторе SemSin [Электронный ресурс]. - URL: <http://ojs.ifmo.ru/index.php/IMS/article/viewFile/46/47> (дата обращения: 29.05.2017).
3. Каневский Е.А., Боярский К.К. Семантико-синтаксический анализатор Semsin // Научно-технический вестник информационных технологий механики и оптики. – 2015. – Т. 15 № 5. – С. 869-876.
4. Тузов В.А. Компьютерная семантика русского языка. – СПб.: Изд-во СПбГУ, 2004. – 400 с.
5. Кузнецов С.А. Большой толковый словарь русского языка. – СПб.: Изд-во Норинт, 1998. – 1536 с.
6. Зализняк А.А. Грамматический словарь русского языка. Словоизменение. – М.: Русский язык, 1980. — 880 с.
7. Лобанов Б. М., Житко В. А. О решении задач снятия омонимии при распознавании и синтезе речи [Электронный ресурс]. - URL: <https://libeloc.bsuir.by/handle/123456789/4372> (дата обращения: 01.06.2017).
8. Чемерилов В.В., Фадеев А.С., Мишунин О.Б. Алгоритм автоматического выделения интонационного центра в вопросительном предложении без явного вопросительного слова на основе семантических связей предложений при автоматическом анализе текста для синтеза русской речи // Современные наукоемкие технологии. – 2017. – № 11. – С. 75-79.

# ПРИМЕНЕНИЕ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ КАМЕРЫ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ВИТАНИЯ ЧАСТИЦ СМЕСЕВОГО ТОПЛИВА НА ОСНОВЕ УГЛЯ И ДРЕВЕСИНЫ ПРИ ИХ СОВМЕСТНОМ РАСПЫЛЕНИИ

И.В. Чередник, Е.Д. Круподерова,  
С.А. Янковский  
Томский политехнический университет  
Ivc@tpu.ru

## Введение

Ежегодный рост потребления электроэнергии в мире составляет 2,4 %, это вызвано увеличением численности населения, развитием энергетики и производственных мощностей предприятий разного уровня. Около 26 % ТЭС в мире используют уголь в качестве основного топлива [1]. В настоящее время на угольных тепловых электрических станциях вырабатывается около 36% электроэнергии. Это связано с тем, что уголь доступен по низким ценам и широко распространенный вид топлива в мире, а цены на него достаточно низки и стабильны. Реализацией и добычей угля занимаются многие мировые угледобывающие предприятия [1,2].

Для многих ТЭС уголь доставляется с удаленных месторождений, что приводит к увеличению стоимости энергоресурсов более чем в 2,5 раза [1]. При сжигании энергетических твердых топлив с применением устаревших технологий производства тепла и электроэнергии происходит интенсивное выделение загрязняющих веществ [1 – 3].

Основные современные методы снижения вредных выбросов, образующихся при эксплуатации угольных ТЭС, разработаны достаточно давно [3]. Одним из решений экологической проблемы угольной энергетики может стать создание смесевых топлив на основе угля и древесины [3].

Экспериментальная ТЭС на смесевом топливе и в дальнейшем получившая статус самой мощной из генераторов, полностью работающих на угле и биотопливе (пеллетах) является станция Ironbridge расположенная в графстве Шропшир, Великобритания [4].

Для исследования возможности факельного сжигания в энергетических котлах топливных смесей на основе угля и биомассы необходимо изучить поведение измельченных частиц угля и древесины в потоке подаваемого горелкой в котлоагрегат смесевых топлив. С помощью традиционных камер видеофиксации исследовать такие процессы невозможно из-за отсутствия качественных изображений витающих частиц смеси угля и древесины, решением этой проблемы является использование высокоскоростных камер.

## Подготовка топлива

Подготовка исследуемого топлива проводилась в соответствии с ГОСТ 10742-71 с последующим просеиванием в соответствии с ГОСТ 3306-88. Размер частиц исследуемых порошков угля составил менее 80 мкм, а древесины менее 200 мкм [5].

Полученные измельченные образцы угля марки 2Б и отходов деревообрабатывающего производства, загружались в оцинкованный барабан планетарной мельницы Pulverisette 6 с шарообразными мелющими телами диаметром 5 мм в массовом соотношении 1:1. После загрузки и установки барабана в мельницу проводился процесс смешения в течение 7 минут при скорости вращения 500 об/мин [5,6].

## Методика экспериментальных исследований

Методика экспериментальных исследований по распылению смесевых топлив включает в себя экспериментальный стенд, подразумевающий возможность распыления под давлением мелкодисперсного топлива и последующая фиксация высокоскоростной камерой процессов распыла частиц. Экспериментальный стенд представлен на рисунке 1.



Рис. 1. Лабораторная установка по исследованию видео и фотофиксации распыла топливных смесей.

Во время проведения исследований были определены оптимальные параметры настроек камеры для фиксации факела распыла топливных смесей. На рисунке 2 представлен кадр видеосъемки с частотой 500 кадров в секунду. На этом рисунке частицы угля и древесины имеют не четкие выраженные границы и определить витание частиц угля и древесины возможность отсутствует.



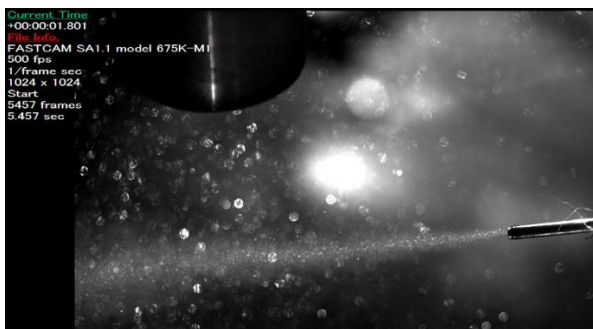


Рис. 2. Изображение потока частиц смешанного топлива при 500 кадров в секунду

На рисунке 3 представлен кадр видеосъемки с частотой 1000 кадров в секунду.

На этом рисунке четко различимы частицы угля и древесины. На кадре четко видно, как взаимодействуют топливные частицы между собой в исследуемом потоке.

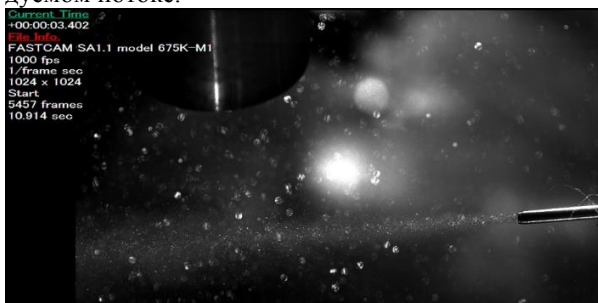


Рис. 3. Изображение потока частиц смешанного топлива при 1000 кадров в секунду.

## Заключение

Представлена и обоснована необходимость использования высокоскоростной камеры для исследования поведения измельченных частиц смешанных топлив на основе угля и отходов деревообрабатывающих производств в потоке при их совместно распылении с целью обоснования возможности совместного сжигания новых энергетических топлив.

### Список использованных источников

1. Долгушин И.А. Исследование и совершенствование схемы ТЭС с котлом ЦКС для повышения эффективности и улучшения экологических показателей: дис. канд. техн. наук: 05.14.14. - М., 2014. - 166 с.
2. Termuehlen H., Empsperger W. Clean and efficient coal fired power plants. New York: ASME Press; 2003 <https://www.asme.org>.
3. Федюхин А.В. Разработка комбинированной выработки тепловой и электрической энергии на основе исследования процессов пиролиза и газификации биомассы: дис. канд. техн. наук: 05.14.14. - М., 2014. - 157 с.
4. Ратнер С.В. «Зеленые» проекты энергетических компаний: экономические аспекты // Дайджест финансы. 2014. №2, С. 22-28.
5. Jankovskiy S., Luzhkovoj D., Larionov K., Matveeva A. Research of heating rates influence on layer coal gasification of krasnogorsky and borodinsky coal deposit // MATEC Web of conferences ser. "Smart grids 2015" 2015. С. 01026
6. Niu Z., Liu G., Yin H., Wu D., Zhou C. Investigation of mechanism and kinetics of non-isothermal low temperature pyrolysis of perhydrous bituminous coal by in-situ FTIR // Fuel. - 2016. - V.172. - P.1-1

# РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПОДСЧЕТА ЛЮДЕЙ НА ОСНОВЕ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ

К.А. Черняк, А.В. Цавнин  
Томский политехнический университет  
kac8@tpu.ru

## Введение

Исследование пешеходного трафика необходимо при ведении бизнеса [1] или научных исследованиях, например, в области урбанистики [2]. Кроме того, подобные исследования используются для учета посещаемости и проходимости тех или иных общественных мест, что на сегодняшний день особо актуально в контексте общественной безопасности.

Существует большое количество способов детектирования пешеходов, как ручных автоматизированных, так и полностью автоматических, например, с помощью теплового излучения человеческого тела [3], с помощью компьютерного зрения [4] и иных подходов.

Ручной способ является наиболее доступным, но в то же время наиболее трудоемким. Использование компьютерного зрения представляет наибольший интерес, т.к. для его реализации можно использовать инструменты, используемые и при ручном подсчете: камера и компьютер.

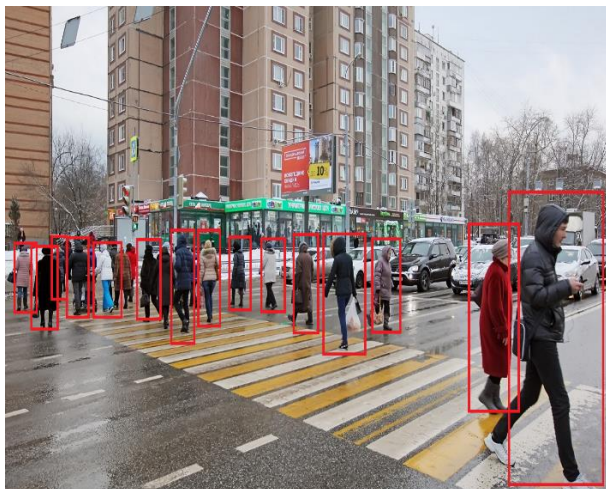


Рис. 1. Визуализация детектирования пешеходов с помощью компьютерного зрения

Целью данного проекта является создание автоматической системы подсчета пешеходов на основе алгоритмов компьютерного зрения с дальнейшей передачей данных на web-ресурс с целью ведения статистики и иной обработки.

## Описание

Общая принципиальная схема проекта приведена на рисунке 2.

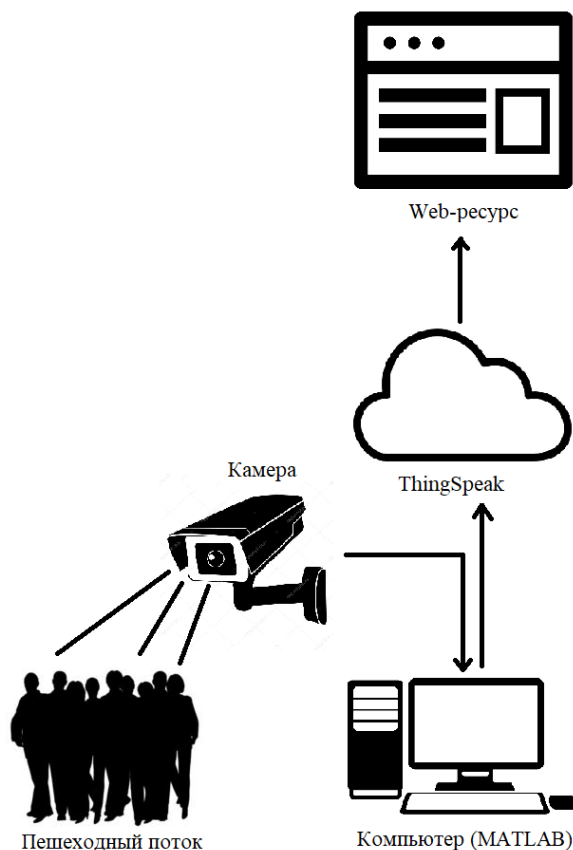


Рис. 2. Принципиальная схема проекта.

Для анализа пешеходного потока предполагается использовать изображения, получаемые с камеры в формате видеозаписи или в режиме реального времени. Аппаратной составляющей проекта служит веб-камера и компьютер. Средой разработки алгоритма служит MATLAB с предустановленными пакетами Computer Vision System Toolbox и ThingSpeak.

В настоящий момент существует множество способов распознавания людей в видеопотоке. Базовыми подходами для решения подобных задач являются

- детекторы на основе каскадов Хаара, предложенные Виолой и Джонсом, включающие предобученные модели готовые для использования разработчиком [5];
- гистограммы ориентированных градиентов (Histogram of Oriented Gradient) [6].

В представленной работе для поиска пешеходов на изображении используется детектор, основанный на методе Aggregate Chanel Features (ACF). Суть работы метода заключается в сборе различных локальных признаков с изображения или вы-

борки данных и создания единого глобального признака для дальнейшего детектирования искомым объектов [7]. Выбор данного метода обусловлен его высокой скоростью и простотой обучения [8]. Размер окна поиска задается на этапе конфигурации набора данных для обучения. В проекте используется встроенный предобученный на изображениях размером 50x21 пикселей детектор `peopleDetectorACF`. Для поиска объекта по сформированному признаку строится на основе оконного фильтра. Выбор размера окна базируется на предполагаемом размере пешеходов в кадре. Изображение последовательно сканируется окном выбранного размера и к участку изображения применяется признак, далее программа делает выводы о том, находится ли искомый объект в выделенном регионе (см. рис. 3).

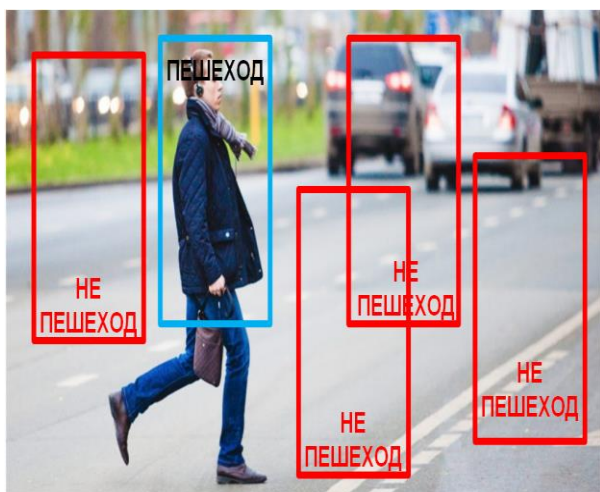


Рис. 3. Визуализация принципа работы сканирующего окна

После обнаружения человека программа фиксирует текущее время.

С целью снижения числа повторных распознаваний одного и того же прохожего используется слежение за объектом. Этим занимается встроенная, основанная на алгоритме отслеживания характерных черт функция [9].

После обработки видеопотока, распознавания и подсчета в нем людей, полученные данные отправляются на web-ресурс, с которого его администраторам и пользователям будет доступна статистика и инфографика посещаемости и/или проходимости в тех или иных местах.

Для агрегации данных и их визуализации в проекте используется сервис ThingSpeak. Данный сервис занимается сбором полученных данных и их последующей визуализацией в удобном для конечного пользователя формате [10]. В заранее созданный приватный канал осуществляется 8000 обращений в сутки (максимальное количество обращений в сутки для бесплатного пользования) для создания тренда. При необходимости этот тренд можно вставлять в web-страницы.

Выбор данного агрегатора, в первую очередь, выбран исходя из совместимости MATLAB и их удобным взаимодействием.

### Заключение

В результате работы создана автоматическая система распознавания и подсчета пешеходов в видеопотоке на основе метода ACF с помощью среды MATLAB, способная осуществлять передачу и обработку полученных данных с целью дальнейшей визуализации и представления конечному пользователю. В дальнейшем планируется осуществлять передачу необработанного видеопотока на удаленный сервер, на котором и будут применяться описанные алгоритмы, тем самым избавляясь от необходимости локальной обработки видео и, в следствии, упрощение аппаратной части в месте расположения [11].

### Список использованных источников

1. LRG [Электронный ресурс] URL: <http://lrg-research.ru/analiz-potokov> (дата обращения: 20.11.2018);
2. Проспект мира [Электронный ресурс] URL: <https://pmira.ru/news/krasnoyarskij-urbanist-predstavil-rezultaty-issledovaniya-nadzemnyh-perehodov/> (дата обращения: 20.11.2018);
3. Eco-Counter [Электронный ресурс] URL: <https://www.eco-compteur.com/en/products/citix-ir> (дата обращения: 20.11.2018);
4. CMU [Электронный ресурс] URL: [http://ppms.cit.cmu.edu/media/project\\_files/Automatic\\_Counting\\_of\\_Pedestrians.pdf](http://ppms.cit.cmu.edu/media/project_files/Automatic_Counting_of_Pedestrians.pdf) (дата обращения: 20.11.2018);
5. CMU [Электронный ресурс] URL: <https://www.cs.cmu.edu/~efros/courses/LBMV07/Papers/viola-cvpr-01.pdf> (дата обращения: 20.11.2018);
6. LearnOpenCV [Электронный ресурс] URL: <https://www.learnopencv.com/histogram-of-oriented-gradients/> (дата обращения: 20.11.2018);
7. CBSR [Электронный ресурс] URL: <http://www.cbsr.ia.ac.cn/users/zlei/papers/Yang-IJCB-14.pdf> (дата обращения: 20.11.2018);
8. MathWorks [Электронный ресурс] URL: <https://www.mathworks.com/help/vision/ref/peopleDetectorACF.html> (дата обращения: 20.11.2018);
9. MathWorks [Электронный ресурс] URL: [https://www.mathworks.com/help/vision/ref/vision.PointTrackerSystemObject.html?s\\_tid=doc\\_ta](https://www.mathworks.com/help/vision/ref/vision.PointTrackerSystemObject.html?s_tid=doc_ta) (дата обращения: 20.11.2018);
10. MathWorks [Электронный ресурс] URL: [https://www.mathworks.com/help/sldrt/ref/thingspeakOutput.html?searchHighlight=thingspeak&s\\_tid=doc\\_srchtml](https://www.mathworks.com/help/sldrt/ref/thingspeakOutput.html?searchHighlight=thingspeak&s_tid=doc_srchtml) (дата обращения: 20.11.2018);  
MathWorks [Электронный ресурс] URL: <https://www.mathworks.com/help/supportpkg/ipcamera/ug/ipcam.html> (дата обращения: 20.11.2018).

# РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ СИСТЕМЫ РЕГУЛЯЦИИ АГРЕГАТНОГО СОСТОЯНИЯ КРОВИ

Е.А. Чурсина

Научный руководитель: Кудинов А.В.  
Томский политехнический университет  
a.lena.chur@gmail.com

## Введение

Нарушения в работе системы регуляции агрегатного состояния крови проявляются в повышении или понижении свертываемости крови и могут стать причиной тромбозов, кровоизлияний, ишемий, инфарктов органов и других опасных для жизни и здоровья патологий.

Одним из методов оценки и мониторинга системы регуляции агрегатного состояния крови является применение технологии низкочастотной пьезотромбоэластографии. Данный метод основывается на анализе изменений свойств крови, происходящих в процессе гемокоагуляции – перехода крови от жидкого состояния в твердо-эластичное [1]. Он лежит в основе работы тромбоэластографа – прибора, который представляет процессы свертывания крови в графическом виде.

Пользователь не всегда может определить диагноз по результатам работы прибора, поэтому данный процесс требует автоматизации.

Целью работы является разработка системы поддержки принятия решения для постановки диагноза после проведения анализа крови с помощью тромбоэластографа.

## Задача классификации

Поставленная задача является задачей многоклассовой классификации – это подкатегория методов машинного обучения с учителем, суть которой заключается в идентификации категориальных меток классов для новых экземпляров на основе предыдущих наблюдений [2].

Для решения задачи классификации требуется сформировать тренировочную выборку, выбрать алгоритм машинного обучения. Затем на маркированных тренировочных данных требуется извлечь модель, которая позволяет делать прогнозы о ранее не встречавшихся или будущих данных [3].

## Описание метода низкочастотной пьезотромбоэластографии

Во время проведения анализа динамика исследуемого процесса определяется изменениями агрегатного состояния исследуемого образца и регистрируется в виде интегрированной кривой, каждая точка которой  $A_i$  определяется состоянием системы в определенный момент времени  $T_i$  [1]. Пример интегрированной кривой для реального диагноза представлен на Рисунке 1.

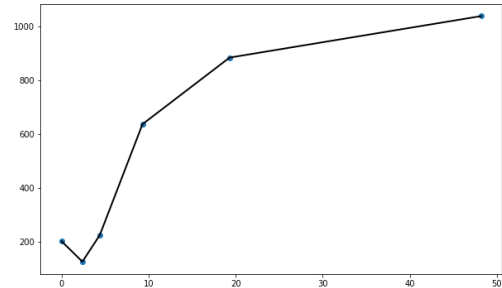


Рис. 1. Пример интегрированной кривой для анализа крови

Кроме этого регистрируются дополнительные параметры, такие как интенсивность контактной коагуляции (ИКК), интенсивность тотального свертывания (ИТС) и другие.

На основе собранных во время проведения анализа данных ставится один из диагнозов: Гиперкоагуляция, Хронометрическая Гиперкоагуляция, Структурная Гиперкоагуляция, Норма в Гиперкоагуляции, Норма Условная, Норма в Гипокоагуляции, Структурная Гипокоагуляция, Хронометрическая Гипокоагуляция, Гипокоагуляция.

## Тренировочные данные

В качестве предыдущих наблюдений был взят набор из 1147 записей о реальных анализах крови и их результатах, которые были определены медицинским экспертом. Каждый анализ состоит из 17 параметров и метки соответствующего им диагноза.

## Дифференциальный классификатор

Для системы был разработан дифференциальный классификатор, представляющий из себя цепочку использования базовых классификаторов.

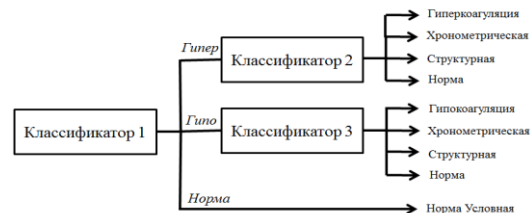


Рис. 2. Схема работы дифференциального классификатора

Классификатор 1 определяет к какому из трех классов (Норма, Гипокоагуляция, Гиперкоагуляция) принадлежит результат анализа. Классификатор 2 работает в случае, если исследование относится к Гиперкоагуляции, и определяет ее вид. Классификатор 3 работает в случае, если исследование относится к Гипокоагуляции, и определяет ее вид.

Реализация подразумевает, что в качестве Классификатора 1, 2 и 3 может быть использован любой переданный в качестве параметра базовый классификатор с любыми параметрами.

Лучшие результаты показывал дифференциальный классификатор, которому в качестве Классификаторов 1, 2 и 3 были переданы классификаторы на основе случайного леса с подобранными отдельно для каждого случая параметрами и наборами признаков, с которыми работает классификатор.

### Результаты работы

Точность прогнозирования диагнозов, полученная с помощью кросс-проверки, составляет **91.28%**.

При обучении дифференциального классификатора на тренировочной выборке, составляющей случайные 70% от исходных данных, и проверке работы на тестовой выборке – оставшиеся 30% от исходных данных – были получены следующие результаты:

- Точность прогнозирования – **92.17%**.
- Матрица несоответствий представлена на Рисунке 3.

Ошибки в прогнозировании объясняются несбалансированностью данных и трудной разделимостью таких диагнозов как “Норма в Гиперкоагуляции” и остальных “Гипер” диагнозов и “Норма в Гипокоагуляции” и остальных “Типо” диагнозов. Анализ с результатами “Норма в Гиперкоагуляции” значительно меньше, чем анализ с другими “Гипер” результатами, что мешает модели научиться различать их. По аналогичной причине модели трудно определять диагноз “Норма в Гиперкоагуляции”.

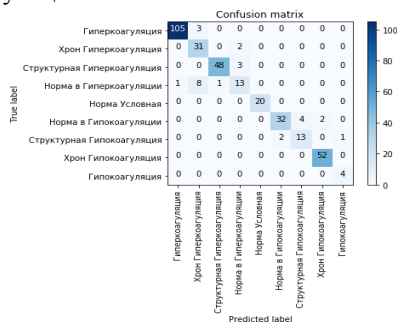


Рис. 3. Матрица несоответствий

### Используемые технологии

Для разработки системы поддержки принятия решений был использован стандартный набор инструментов для анализа данных и машинного обучения:

- Язык программирования Python.
- Библиотеки для машинного обучения и работы с данными.

Основные из используемых библиотеки:

- scikit-learn – библиотека, содержащая большое количество алгоритмов машинного обучения [2].
- pandas – библиотека, содержащая инструменты для работы с данными [2].

### Заключение

Актуальность оценки и мониторинга системы регуляции агрегатного состояния крови продиктована высокой распространенностью патологических состояний, которые требуют профилактики и лечения.

Разработанная система поддержки принятия решения позволяет автоматизировать процесс постановки диагноза, что делает современную технологию низкочастотной пьезотромбоэластографии более доступной. На данный момент система готовится к внедрению в программное обеспечение тромбоэластографа.

В будущем после получения новых данных качество работы системы может быть улучшено.

### Список использованных источников

1. В.В. Удут. Технология низкочастотной пьезотромбоэластографии в оценке гемостатического потенциала // Вестник новых медицинских технологий, электронный журнал - 2016
2. Рашка С. Python и машинное обучение / пер. с англ. А. В. Логунова. М.: ДМК Пресс, 2017. – 418 с.: ил.
3. Davy Cielen, Arno D.B. Meysman, Mohamed Ali Introducing Data Science – Manning Publications Co., 2016.

# ОПТИМИЗАЦИЯ И ТЕСТИРОВАНИЕ ЧИСЛЕННОГО КОДА ДЛЯ РАСЧЁТА ХАРАКТЕРИСТИК ДИФРАКЦИОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ОТ ПЛОСКИХ МИШЕНЕЙ

А.А. Дышеков

Научный руководитель: к.ф.-м.н., млад. науч. сотрудник Шкитов Д.А.

Томский политехнический университет

aad52@tpu.ru

## Введение

В настоящее время ускорители заряженных частиц широко используются как в прикладных, так и в фундаментальных исследованиях. Известно, что без качественного мониторинга характеристик пучков заряженных частиц, эксплуатация ускорителей практически не возможна. Для этого разрабатываются различные средства диагностики таких параметров пучков, как поперечные и продольные размеры, расходимость, эмиттанс и др. Одним из способов диагностики размеров сгустков, из которых состоит пучок, является применение дифракционного излучения (ДИ).

Дифракционное излучение [1] это излучение, которое возникает при пролёте заряженной частицы (например, электрон) вблизи некоторой неоднородности (например, мишень представляющей собой плоскую прямоугольную металлическую пластину). Источников излучения являются поверхностные токи, возникающие в результате динамической поляризации атомов мишени посредством кулоновского поля зарядов.

Для разработки способов диагностики на основе ДИ необходимо проводить расчёты различных характеристик этого излучения. Однако сейчас у экспериментаторов существует возможность использовать либо аналитические формулы (с многочисленными допущениями), либо коммерческие пакеты моделирования (требующие времени на освоение и опыта применения). Поэтому есть необходимость создать простое и понятное в использовании программное обеспечение для расчёта характеристик ДИ [2].

Целью настоящей работы является оптимизация, отладка и тестирование ранее написанного численного кода [2], который предоставил бы пользователям возможность рассчитать характеристики ДИ для реальных параметров эксперимента. Расчёты ведутся на основе обобщённого метода поверхностных токов [3].

## Описание численного кода и результаты

Первая версия компьютерного кода, написанного на языке *Wolfram Language* [4], включает в себя следующие файлы:

- «Geometry.wl» – содержит функции задающие геометрию мишени с необходимыми параметрами (размеры, угол наклона и т.д.).
- «Functions.wl» – содержит функции, непосредственно вычисляющие напряженность поля или

интенсивность излучения, возникающей от мишени, созданной с помощью функций из пакета «Geometry.wl», в заданной точке на детекторе.

Для работы с кодом необходимо подгрузить функции из описанных выше файлов, и в дальнейшем работать с ними как со встроенными функциями системы *Mathematica*. Подробную информацию о работе с данными функциями можно узнать, запросив справки о них.

Геометрия мишени задаётся формой, размерами и ее положением в пространстве. Для удобства подбора необходимых параметров геометрии к коду прилагается *CDF* файл, который содержит визуализированную мишень (см. рис. 1), задающуюся регулируемыми параметрами.

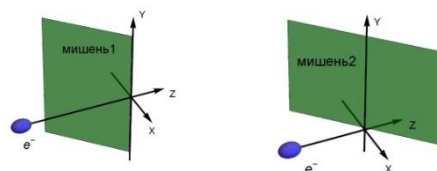


Рис. 1. Примеры геометрий мишеней ДИ от одной пластины (№1 – слева и №2 – справа), электрон движется вдоль оси Z, пластины наклонены под углом  $45^\circ$  к оси Z

На рис. 2 приведены первые результаты расчётов спектрально-углового (a1 и a2) и спектрального (b1 и b2) распределений в одночастичном приближении (т.е. от одного электрона). Параметры расчётов были следующие: размеры пластины  $30 \times 20$  мм<sup>2</sup>, длина волны излучения 1 мм, энергия электрона 10 МэВ, расстояние по оси X от нуля системы отсчёта до детектора 0.5 м, прицельный параметр 0.5 мм.

Для расчёта данных «a1» и «a2» было затрачено 9,9 ч и 4,7 мин соответственно (81 точка). Для расчёта данных «b1» и «b2» было затрачено 8,6 ч и 6 мин соответственно (79 точек). Расчёты проводились на компьютере с процессором Intel Core Processor (Haswell) с частотой 2.59 ГГц на одном ядре.

На данный момент, при вычислениях ДИ от мишени №1 *Mathematica* выводит сообщения, которые указывают, что либо одна компонента поля равна нулю, либо подынтегральная функция сильно осциллирует, либо недостаточно точности внутренних расчётов. Исходя из симметрии задачи, действительно, имеем, что Y компонента поля равна нулю вдоль оси Z на детекторе. Поэтому расчёты для мишени №1 длились значительно дольше,

чем для №2 (внутренние алгоритмы *Mathematica* автоматически пытались повысить точность).

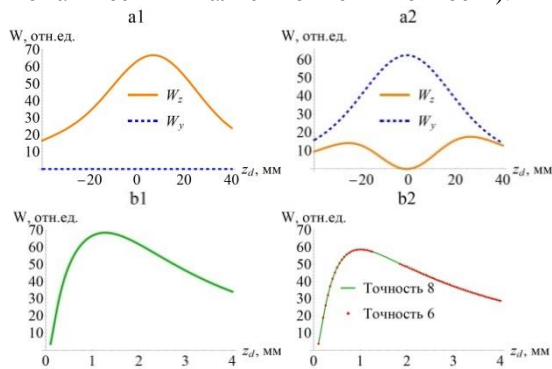


Рис. 2. Результаты расчёта ДИ, а – спектрально-угловые распределения для Y и Z компоненты поля излучения, б – спектры излучения (для  $\{z_d, y_d\} = \{7.2, 0\}$  и  $\{-1, 0\}$  соответственно), №1 и №2 – модификации мишеней, как на рис. 1

### Оптимизация и отладка кода

Сначала были учтены рекомендации по оптимизации кода, изложенные в обзоре [5].

В код была добавлена функция, отвечающая за очистку памяти от вычисленных данных. Это позволило оптимизировать использование памяти вычислительного устройства, что поможет предотвратить уменьшение производительности в дальнейшем.

Изю всех вычислений также было убрана абсолютная точность, ограничившись машинной точностью. Таким образом, были исключены возможные более громоздкие аналитические расчёты.

Основное вычисление характеристик ДИ в коде сводится к многократному интегрированию по поверхности мишени. Поэтому для оптимизации кода необходимо в первую очередь оптимизировать процесс интегрирования. Поэтому для встроенной функции *NIntegrate* [4] была выбрана опция, исключающая аналитические методы нахождения интеграла.

### Тестирование кода

Для оценки влияния входных параметров на время расчёта было проведено тестирование кода (результаты в таблице 1 ниже).

Таблица 1. Сравнение времени расчёта одной точки

Кол-во ядер	$\lambda=1$ мм	$\lambda=8$ мм	$\lambda=1$ мм, $S*2$	$\lambda=8$ мм, $S*2$
1	5,0 с.	3,4 с.	5,5 с.	3,9 с.

Из таблицы видно, что для больших значений длин волн расчёт происходит быстрее, а также что, при увеличении площади в два раза, время расчёта увеличилось не значительно.

### Рекомендации по дальнейшей разработке и отладке кода

Дальше приведём несколько рекомендаций по дальнейшему совершенствованию кода:

1. Проверить возможность подключения библиотек языка “C” (или “python”) для ускорения расчёта многократных интегралов;
2. Изменить код для возможности исключения времязатратного расчёта компонент поля, которые равны нулю из соображений симметрии;
3. Модифицировать математическую модель для возможности расчёта ДИ от кривых поверхностей [6];
4. Получить отзывы о работе с программой от сторонних пользователей для дальнейшего её совершенствования.

Получение текущей версии разработанного ПО возможно по временной ссылке [7], либо по запросу по почте.

### Заключение

В результате проведения тестирования можно сделать вывод о том, что в целом код оптимизирован и показывает результаты соответствующие физическим ожиданиям. Однако выявлена необходимость оптимизации расчётов (или модификации функций) при особых случаях геометрии мишеней.

### Список использованных источников

1. Потылицын А.П. и др. Дифракционное излучение релятивистских частиц: учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2008. – 347 с.
2. Shkitov D.A. Code for simulation of diffraction radiation from flat finite surfaces // Proceedings of RuPAC2018, Protvino, 2018. – С. 510-513.
3. Karlovets D.V., Potylitsyn A.P. Generalized surface current method in the macroscopic theory of diffraction radiation // Physics Letters A – 2009. – V. 373. – P. 1988-1998.
4. Wolfram Language & System Documentation Center [Электронный ресурс] – URL: <https://reference.wolfram.com/language/> (дата обращения 19.11.2018).
5. Осипов Р. Оптимизация кода в Wolfram Mathematica [Электронный ресурс] – URL: <https://www.youtube.com/watch?v=wysmw-nzjfPM> (дата обращения 16.11.2018).
6. Potylitsyn A.P., Sukhikh L.G. Transition radiation from a cylindrical target and transverse beam size diagnostics // Proceedings of DIPAC2011, Hamburg, 2011. – P. 410-412.
7. Текущая версия кода [Электронный ресурс] – URL: <https://filecloud.tpu.ru/index.php/s/zDXLI-MFOGRfFyq4>

# ОЦЕНКА АДЕКВАТНОСТИ КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ РАСКРЫТИЯ КРЫЛЬЕВ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ

С.В. Елькин, А.В. Воронин  
Томский политехнический университет  
sve5@tpu.ru

## Введение

Современные солнечные батареи космических аппаратов (СБ) представляют собой трансформируемые конструкции, отработку процессов раскрытия которых проводят на специальных испытательных стендах, обеспечивающих высокоточную имитацию условий невесомости. Тем не менее, в ходе испытаний не удается в полной мере воспроизвести реальные условия космического пространства.

Более эффективным представляется подход, сочетающий использование стендов с разработкой математических моделей трансформируемых конструкций и самого стенда [1].

При разработке любой математической модели и ее компьютерной реализации возникает очевидный вопрос оценки достоверности получаемых результатов, что связано как с адекватностью самой модели, так и с выбором методов ее исследования.

Учитывая невозможность применения разовой процедуры проверки адекватности, представляется целесообразным использование верификационного подхода на основе общих законов механики. Для пассивных механических систем можно использовать законы сохранения количества движения или сохранения кинетического момента системы. В тех случаях, когда необходимо учитывать влияние электроприводов, а также влияние различных возмущений, предпочтительным представляется использование закона сохранения энергии системы.

## Построение и контроль адекватности компьютерной модели

Обычно, развертывание панелей СБ происходит за счет потенциальной энергии, запасенной в пружинах, расположенных в шарнирных соединениях конструкции.

Соответственно, процесс развертывания механической системы можно рассматривать, с энергетической точки зрения, как преобразование потенциальной энергии пружин в кинетическую энергию панелей, а затем в энергию упругих колебаний механической системы.

В качестве критерия адекватности предлагается взять разность между затраченной потенциальной энергией пружин и энергией, запасенной в деформациях шарниров плюс кинетическая энергия движения панелей. При разворачивании панелей СБ только под действием рабочих пружин кручения, на СБ не наложено никаких внешних связей. Соответственно, суммарная кинетическая энергия всех тел разворачиваемой конструкции, а также потенциальная энергия изгибных колебаний конструкции в каждый момент времени должна быть равна

затраченной потенциальной энергии рабочих пружин.

Контроль энергетики позволяет выявить неадекватность компьютерной модели, связанную не только с упрощенностью, приближенностью или даже ошибками в математической модели, но и неверным выбором метода численного интегрирования, неверным выбором шага интегрирования и т.п.

Построение модели и проверку адекватности предлагается вести параллельно с использованием двух компьютерных моделей. Первая, основная, модель описывает динамику исследуемой конструкции. Эта модель содержит минимум упрощений. Вторая модель представляет компонентную реализацию алгоритмов расчета энергетических характеристик системы. В этой модели нет необходимости использовать детальные модели твердых тел, важны только их инерционные характеристики.

Использование компонентного подхода позволяет строить модель путем ее последовательного усложнения за счет добавления новых элементов и учета новых эффектов. На первом этапе целесообразно рассматривать СБ как механическую цепь абсолютно твердых тел, соединенных пружинами. Предполагается, что очередное усложнение модели, связанное с подключением новых тел или учетом новых эффектов, может осуществляться только после того, как будет обеспечена полная энергетическая адекватность существующего варианта модели.

## Расчет кинетической энергии конструкции

Кинетическая энергия механической системы  $W$  равна сумме кинетических энергий  $W_i$  всех ее звеньев:

$$W = \sum_{i=1}^n W_i, \quad i = \overline{1, n}. \quad (1)$$

В качестве обобщенных координат примем углы:  $\varphi_i, i = \overline{1, 4}$ .

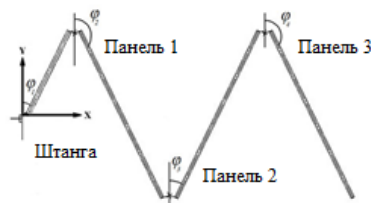


Рис. 1. Общий вид крыла трехпанельной солнечной батареи



Первое звено (штанга) совершает вращательное движение, остальные звенья рассматриваемой системы совершают плоскопараллельное движение:

$$W_1 = J_1 \frac{\dot{\varphi}_1(t)^2}{2},$$

$$W_i = J_i \frac{\dot{\varphi}_i(t)^2}{2} + m_i \frac{V_i(t)^2}{2}, i = 2, 4, \quad (2)$$

где  $J_1$  – момент инерции штанги относительно оси вращения,  $J_i$  – центральные моменты инерции,  $\dot{\varphi}_i(t)$  – угловая скорость,  $m_i$  – масса,  $V_i(t)$  – линейная скорость центра масс  $i$ -ого тела.

### Расчет потенциальной энергии, отдаваемой пружинами

Расчет потенциальной энергии рассмотрим на примере развертывания штанги. Будем считать пружину гуксовой. Момент  $M(\varphi_1)$ , создаваемый пружиной, включенной между основанием и штангой, в шарнире ШУ1 описывается уравнением

$$M(\varphi_1) = M_{\max} - k_1 \varphi_1, \quad (3)$$

где  $\varphi_1$  – угол раскрутки пружины,  $M_{\max}$  – максимальное значение момента, создаваемое полностью свернутой пружиной,  $k_1$  – жесткость пружины. Считается, что в начальном состоянии  $\varphi_1 = 0$ . Полный угол раскрутки пружины, при котором момент нулевой, составляет

$$\varphi_{\max} = M_{\max} / k_1 \text{ рад} \quad (4)$$

Штанга развертывается на угол 1.57 рад., соответственно после раскрутки пружина в ШУ1 прикладывает к штанге момент равный

$$M(1.57) = m_{\max} - k_1 * 1.57 \text{ Нм} \quad (5)$$

Теперь рассмотрим энергию. Пусть спиральная пружина жесткостью  $k_1$  растянута на угол  $\varphi$ . Потенциальная энергия растянутой пружины равна  $E = k_1 \varphi^2 / 2 \text{ Дж}$ . Будем считать, что в нашем случае спиральная пружина закручена в начальный момент на  $\varphi_{\max}$  рад. Это дает полный запас потенциальной энергии

$$E_{\max} = k_1 * \varphi_{\max}^2 / 2 \text{ Дж} \quad (6)$$

После полного развертывания штанги оставшийся запас энергии пружины составляет

$$\Delta E = k_1 * (\varphi_{\max} - 1.57)^2 / 2 \text{ Дж} \quad (7)$$

Истраченную потенциальную энергию пружины проще всего рассчитывать как

$$E_{\max} - \Delta E(\varphi) \quad (8)$$

На рис. 2 представлены энергетические графики, позволяющие оценить адекватность компьютерной модели разворачивающейся штанги. До момента  $T$  происходит развертывание штанги на угол  $\pi / 2$ , затем шарнир чокеруется и конструкция переходит в режим упругих колебаний.

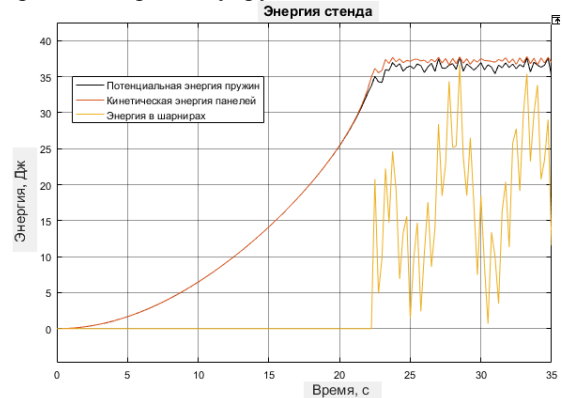


Рис. 2 Графики энергетических процессов

Из графиков истраченной потенциальной энергии пружин (красный график), накопленной кинетической энергии элементов СБ (черный график) и потенциальной энергии в шарнире (желтый график) видно, что разбалансировка имеет место в моменты, когда кинетическая энергия максимальна, а потенциальная минимальна. Это говорит о том, что либо неверно измеряется угловая скорость штанги, либо не совсем верно определен ее кинетический момент. Подстройка кинетического момента позволила энергетически сбалансировать модель.

Видно, что в точках, где вся основная энергия сосредоточена в деформации шарнира ШУ1 графики практически полностью совпадают. При этом кинетическая энергия минимальна. Большие же расхождения имеют место там, где энергия пружин практически полностью трансформировалась в кинетическую энергию движения штанги и панелей. Учитывая, что момент инерции штанги можно считать достаточно точно известным, причиной отклонения следует предположить неверный расчет кинетической энергии корневой панели.

### Список использованных источников

1. С.В. Борзых, Р.И. Ильясова Моделирование и экспериментальная отработка процесса раскрытия крупногабаритных многозвенных солнечных батарей космических аппаратов. Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. “Машиностроение”. 2012

# ИНРАНЖИРОВАНИЯ И ГЕОМЕТРИЯ ПРОСТРАНСТВ СЛАБЫХ ПОРЯДКОВ

Е.Ю. Емельянова

Томский политехнический университет

zeta@tpu.ru

Целью любой задачи выбора как проблемы агрегирования индивидуальных суждений о порядке предпочтений на конечном множестве альтернатив является определение оптимального итогового ранжирования  $\beta_{\text{fin}}$ , согласованного со всеми исходными отношениями предпочтения.

Упорядочение альтернатив  $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$  называемое *отношением предпочтения*  $\lambda$  на множестве  $A$  предполагает использование понятий *слабого порядка*  $\lambda = (a_1 \sim a_2 \succ \dots \sim a_n)$ , обладающего рядом свойств, представленных в таблице 1.

Таблица 1. Основные свойства бинарных отношений

Свойство	Формальная запись
Рефлексивность	$(a_i, a_i) \in \lambda, \forall i$
Антирефлексивность	$(a_i, a_i) \notin \lambda, \forall i$
Симметричность	$(a_i, a_j) \in \lambda \Rightarrow (a_j, a_i) \in \lambda \forall i, j$
Антисимметричность	$(a_i, a_j) \in \lambda \wedge (a_j, a_i) \in \lambda \Rightarrow a_i = a_j$
Асимметричность	$(a_i, a_j) \in \lambda \Rightarrow (a_j, a_i) \notin \lambda$
Транзитивность	$(a_i, a_j) \in \lambda \wedge (a_j, a_k) \in \lambda \Rightarrow (a_i, a_k) \in \lambda$

Выполнение четырёх условий при  $i, j = 1, \dots, n$ :  $a_i \in A_k \wedge a_j \notin A_k \Rightarrow a_i \succ a_j$ ; (1)  $a_i, a_j \in A_k \vee a_i, a_j \notin A_k \Rightarrow a_i \sim a_j$ ; (2)  $a_i \notin A_k \wedge a_j \in A_k \Rightarrow a_i \prec a_j$ ; (3)  $a_i, a_j \in A_k$  соседние натуральные числа  $\Rightarrow j \equiv i + 1$ , (4) позволяет ввести отношение предпочтения, наведенное интервалом  $I_k$  называемое *инранжированием*  $\lambda_k, k = 1, \dots, m$ . Инранжирование обладает определенной структурой слабого порядка  $\lambda = A_k \succ \bar{A}_k$ , при которой дискретные значения представлены в виде интервалов  $\{I_k\}_{k=1}^m$  и записаны через соответствующие индексы элементов. Интервал  $I_k$  представляем как два непересекающихся подмножества, характеризующих классы толерантностей  $A_k$  и  $\bar{A}_k$ , где элементы, принадлежащие интервалу, соответствуют подмножеству  $A_k$ , а все остальные принадлежат  $\bar{A}_k$ , при чем  $A_k \cap \bar{A}_k = \emptyset$ . Таким образом, входной профиль может содержать  $m$ -инранжирований  $\Lambda = \{\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m\}$ .

При анализе профиля  $\Lambda$  сами отношения предпочтения не подвергаются обработке – функция *расстояния* обеспечивает основные данные, на которых уже работают разные аналитические аппараты [1]. В нашем случае используется рекурсивный алгоритм ветвей и границ Recursall [2]. Приме-

ним понятие расстояния к определению согласованного  $\beta_{\text{fin}}$ , при чем  $\beta_{\text{fin}} = \rho \cup \tau$ . Математической моделью для построения отношений предпочтения могут служить точки геометрического пространства бинарных отношений. Итоговым ранжированием  $\beta_{\text{fin}}$  является точка, наиболее согласующаяся с профилем  $\Lambda$  и расположенная на минимальном расстоянии от него, для которой  $D_u = D_{\text{least}}$  согласно алгоритму Recursall. В большинстве случаев в метрической модели эту роль выполняет медиана или среднее значение. Однако даже в классическом понимании медиана не обязательно определяется однозначно и единственным образом, хотя среднее всегда единственно, но оно далеко не всегда является самым оптимальным решением [3].

Рассмотрим структуру пространства слабых порядков и изображение геометрии отношений предпочтения. Мощность слабых порядков рассчитывается по формуле:

$$|\Omega_0| = \sum_{q=0}^n q! S_{n,q} \quad (5).$$

Комбинаторные числа Стирлинга 2-го рода  $S_{n,q}$  позволяют определить количество неупорядоченных разбиений  $n$ -элементного множества на  $q$ -непустых подмножеств. Значение  $q$  задает структуру пространства отношений предпочтения  $\lambda$ , определяя количество непересекающихся подмножеств множества  $A$ , задавая количество  $(q - 1)$ -символов  $\succ$  в рассматриваемом  $\lambda$ . В таблице 2 представлены значения  $S_{n,q}$  необходимые для расчета мощностей слабых порядков.

Таблица 2. Комбинаторные числа как свойства слабых порядков

n	q										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	1	3	1	0	0	0	0	0	0	0
4	0	1	7	6	1	0	0	0	0	0	0
5	0	1	15	25	10	1	0	0	0	0	0
6	0	1	31	90	65	15	1	0	0	0	0
7	0	1	63	301	350	140	21	1	0	0	0
8	0	1	127	966	1701	1050	266	28	1	0	0
9	0	1	255	3025	7770	6951	2646	462	36	1	0
10	0	1	511	9330	34105	42525	22827	5880	750	45	1

Каждое из слагаемых выражения (5) определяет конкретную геометрию пространства и соответствующие ему свойства бинарных отношений [4].

Мощность подпространства строгих порядков задается  $n!$ -линейными порядками на  $A$ , на рисунке представлены как вершины усеченных октаэдров, идеально подходящих для графического представления пространств слабых порядков, начиная с  $n = 4$ .

Мощность подпространства порядков, содержащих один символ толерантности  $\sim$  может быть рассчитана как общее число ребер усеченного октаэдра по формуле:  $|\Omega_m| = \frac{n!(n-1)}{2}$ . С геометрической точки зрения формирует подпространство, заключенное между точками середин ребер усеченных октаэдров, пример ранжирований подпространства  $\Omega_m$ : 235(14) и 32(14)5 (рисунок 1).

Мощность подпространства порядков, содержащих один символ строго порядка  $\succ$  и удовлетворяющих (1)–(3) условиям, может быть рассчитана через  $S_{n,q}$  или мощность множества всех подмножеств,  $P(A) = 2^n$  по формуле:

$|\Omega_1| = 2S_{n,2} + 1 = S_{n+1,2} = 2^n - 1$ .  $\Omega_1$  включает в себя подпространство инранжирований, мощность которого определяется *треугольными числами*  $T_n$  и рассчитываются по формуле:

$|\Omega_2| = T_n = \frac{n(n+1)}{2}$ . Каждое инранжирование является порождением некоего набора исходных элементов его образующих, будем называть *порождающим множеством*  $\Psi_k$ . Мощность порождающего множества для индивидуального инранжирования определяется  $|\Psi_k| = |A_k|! \cdot |\bar{A}_k|!$ .

Мощность порождающего множества для  $\Lambda$  определяется процедурой конкатенации перестановок  $\Pi = \{\pi_1, \dots, \pi_{|A_k|}\}$  и  $\Pi' = \{\pi'_1, \dots, \pi'_{|\bar{A}_k|}\}$ , соответствующих подмножествам  $A_k$  и  $\bar{A}_k$ , а реализуется как декартово произведение  $\Psi_k = \Pi \times \Pi' = \{(\pi_u, \pi'_v) \mid \pi_u \in \Pi, \pi'_v \in \Pi'\}$ .

Порождающий набор для инранжирования  $\lambda_k = (23)(145)$  будет состоять из следующих  $|\Psi_k| = 2! \cdot 3! = 12$  элементов  $\Psi_k$ : 23145, 23154, 23415, 23451, 23514, 23541, 32145, 32154, 32415, 32451, 32514, 32541. Изображение геометрии порождающего множества для (23)(145) представлено на рисунке:

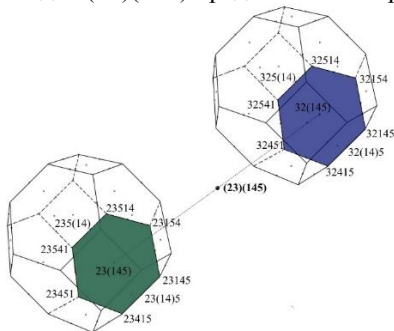


Рис. 1.  $\Psi_k$  для инранжирования (23)(145)

В силу того, что в качестве меры близости принято расстояние между отношениями предпочтений, то для полного анализа пространства слабых порядков и определения оптимального решения на

нем, необходимо рассмотреть меру близости от любого строго упорядочения альтернатив до максимального (по включению) подмножества, характеризующего равнозначность всех альтернатив ( $a_1 \sim a_2 \sim \dots \sim a_n$ ). С графической точки зрения это расстояние от вершины до центра универсального множества может быть найдено по формуле:

$$T_{n-1} = \frac{n(n-1)}{2}$$

Полученная целочисленная последовательность, имеет номер A000217 в онлайн-энциклопедии OEIS [5] описывает *треугольные числа*  $T_{n-1}$  и показывает, что с ростом  $n$  растет и минимально возможное расстояние от центра до строго упорядочения.

### Заключение

При детальном рассмотрении структуры слабых порядков можно утверждать следующее:

1. Размерность каждого из подпространств увеличивается с ростом  $n$ .
2. Мощности пространств определяются на основе математических закономерностей с использованием комбинаторных свойств слабых порядков.
3. Анализ порождающего множества позволит определить причины множественности решений при использовании алгоритма Recursall и предугадывать появление парадокса Кондорсе.
4. Анализ мощности  $A_k$  позволяет сократить полный перебор при работе с инранжированиями определенной структуры.
5. Символ толерантности  $\sim$  задает пространственную фигуру и определяет индивидуальный порождающий набор для  $\lambda_k$ .

### Список использованных источников

1. Кузьмин В.Б. Построение групповых решений в пространствах четких и нечетких бинарных отношений. – М.: Наука, 1982 – С.168.
2. Muravyov S. V., Khudonogova L. I., Emelyanova E. Y. Interval data fusion with preference aggregation //Measurement.– 2018.–Vol. 116.–P.621-630.
3. Кемени Дж., Снелл Дж. Кибернетическое моделирование. – М.: Сов. радио, 1972. – С. 192.
4. Емельянова Е.Ю. Графическое представление пространств ранжирований и инранжирований с учетом свойств слабых порядков комплексированных данных / науч. рук. С. В. Муравьев // Молодёжь и современные информационные технологии: сборник трудов XV Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, г. Томск, 4-7 декабря 2017 г. – Томск: Изд-во ТПУ, 2017. – С. 110-111.
5. Онлайн-энциклопедия целочисленных последовательностей. [Электронный ресурс]. – URL: <https://oeis.org/A000217> (дата обращения: 21.11.18).

# МОДУЛЬ СБОРА ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ СОБЫТИЙ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОВЕДЕНЧЕСКОЙ АВТОРИЗАЦИИ В ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯХ

А.Т. Газизов

Томский политехнический университет

atg1@tpu.ru

## Введение

С повсеместным развитием веб-приложений, оперирующих с ценной пользовательской информацией (например, приложения онлайн-банкинга), улучшение качества аутентификации становится все более актуальным. Для этого научным сообществом предлагается использование методов биометрической авторизации [1-2]. Поведенческая биометрическая авторизация, основанная на анализе данных с клавиатуры и мыши, является довольно многообещающей, поскольку не требует специального оборудования и может проводиться неявно для пользователя [3-6]. В отличие от *непрерывной* поведенческой авторизации, *статичная* обладает лучшей точностью и не требует времени для срабатывания, но требует регистрации определенных пользовательских сценариев [8-10]. Обычно применение статичной поведенческой авторизации рассматривают на примере сценария заполнения формы авторизации, однако она может быть использована и после входа в систему, например, при заполнении формы отправки платежа или при переключении кнопок навигации в приложении онлайн-банкинга. В данной работе разрабатывается модуль сбора пользовательских событий для исследования статичной поведенческой авторизации в веб-приложениях.

## Модуль сбора пользовательских событий

Модуль предназначен для сбора UI-событий в рамках определенных пользовательских сценариев. Данный модуль представляет собой JavaScript-библиотеку, подключаемую на HTML-страницу веб-приложения. Библиотека разработана с использованием возможностей стандарта ECMAScript 2015, позволяющего использовать синтаксис классов. Диаграмма классов библиотеки представлена на Рис. 1 (используется синтаксис TypeScript). Клиентской части веб-приложения предоставляется класс *ImplicitBioStaticRecorder*, объекты которого соответствуют определенному пользовательскому сценарию. В конструктор *ImplicitBioStaticRecorder* передается объект с полем *elements*, содержащим массив объектов-описаний элементов графического интерфейса, участвующих в сценарии: в данном случае (Листинг 1), это поля ввода для логина и пароля, а также кнопка отправки формы. В каждом объекте-описании указывается уникальное имя элемента, его тип (поле ввода или кнопка), а также CSS-идентификатор, позволяющий найти этот элемент на HTML-странице. По указанным объектам-описаниям объект

*ImplicitBioStaticRecorder* инициализирует экземпляры *ImplicitBioElement Recorder* и агрегирует их в приватном поле *\_elements*. После инициализации объекта производится сохранение UI-событий с указанных элементов, а также событий мыши. Когда пользовательский сценарий завершен (в данном случае при отправке формы), клиент-приложение может получить записанные события вызовом публичного метода *getRecordedEvents* у объекта, инициализированного ранее и передать их для регистрации или авторизации по поведенческим признакам на сервер.

Листинг 1

```
1. this.recorder = new ImplicitBioStaticRe-
   recorder({
2.   elements: [
3.     {
4.       name: 'login',
5.       type: 'input',
6.       cssId: 'login'
7.     },
8.     {
9.       name: 'password',
10.      type: 'input',
11.      cssId: 'password'
12.    },
13.    {
14.      name: 'submitButton',
15.      type: 'button',
16.      cssId: 'submit-button'
17.    },
18.  ],
19. })
```

Разработанный модуль используется в автоматизированной системе для исследования статичной мультимодальной поведенческой авторизации и опубликован в Интернете [11] для дальнейшего массового исследовательского эксперимента.

## Заключение

В данной работе разработан модуль сбора пользовательских событий для исследования статичной поведенческой авторизации в веб-приложениях. Следует отметить, что в перспективе разработанный модуль может быть легко использован не только для неявной поведенческой авторизации (т.е. с использованием уже существующих в клиент-приложении элементов пользовательского интерфейса), но и для явной – в случае создания отдельных UI-сценариев, поставляемых вместе с библиотекой, которые позволяют записывать более

уникальные профили пользователей, и, следовательно, дают лучшую точность.

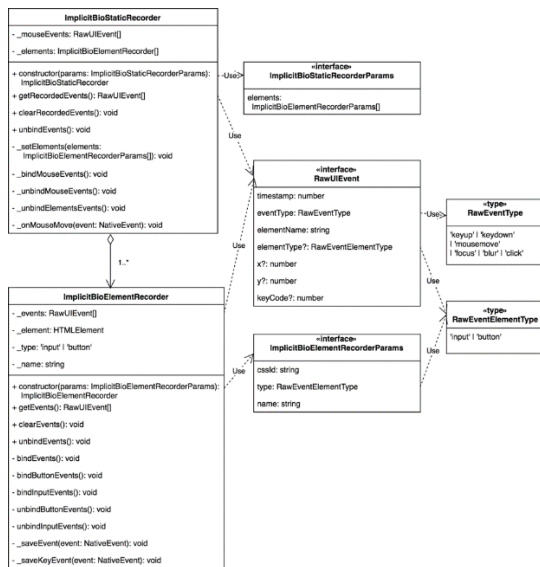


Рис. 1. Диаграмма классов модуля

#### Список использованных источников

1. V.M. Patel, R. Chellapa, D. Chandra and B. Barbell Continuous User Authentication on Mobile Devices // IEEE Signal processing magazine, vol. 33, no. 4, pp. 49–61, 2016.
2. N. L. Clarke, Transparent User Authentication: Biometrics, RFID and Behavioural Profiling. London: Springer, 2011.
3. H. Khan, U. Hengartner, and D. Vogel Usability and security perceptions of implicit authentication: Convenient, secure, sometimes annoying // 11th Symp. Usable Privacy and Security (SOUPS 2015), 2015, pp. 225–239.

4. Stewart JC, Monaco JV, Cha S-H, Tappert CC. An investigation of keystroke and stylometry traits for authenticating online test takers. Proceedings of the International Joint Conference on Biometrics (IJCB '11); October 2011; pp. 1–7.
5. Balagani KS, Phoha VV, Ray A, Phoha S. On the discriminability of keystroke feature vectors used in fixed text keystroke authentication. Pattern Recognition Letters. 2011;32(7):1070–1080.
6. A. Weiss, A. Ramapanicker, et. al User Authentication Through Mouse Dynamics // IEEE Trans. on Information Forensics and Security, Vol. 8, No. 1, January 2013.
7. Z. Cai, C. Shen, and X. Guan Mitigating Behavioral Variability for Mouse Dynamics: A Dimensionality-Reduction-Based Approach // IEEE Transactions on Human-Machine Systems, Vol. 44, No. 2, April 2014.
8. N. Zheng, A. Paloski, and H. Wang. 2011. An efficient user verification system via mouse movements. // Proceedings of ACM Conference on Computer and Communications Security (CCS'11). 139–150.
9. S. Mondal, P. Bours Combining keystroke and mouse dynamics for continuous user authentication and identification // 2016 IEEE International Conference on Identity, Security and Behavior Analysis (ISBA).
10. K. Bailey, J. Okolica, G. Peterson User identification and authentication using multi-modal behavioral biometrics // Computers & security, Vol. 43, June 2014, Pages 77-89.
11. ImplicitBio Demo [Electronic resource] // URL: <https://agazizov.pro/projects/implicitbio/> (accessed 07.10.2018).

# ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОНЛАЙН-ЗАКАЗА БЛЮД В РЕСТОРАНАХ БЫСТРОГО ПИТАНИЯ С ПОМОЩЬЮ ГОЛОСОВЫХ КОМАНД

Г.Е. Глазырин

Томский политехнический университет

geg2@tpu.ru

## Введение

В настоящее время происходит активное внедрение информационных технологий во все сферы жизни с целью экономии времени и повышения удобства. В связи с этим крайне актуальным становится вопрос электронного получения различных услуг. Такая потребность может возникнуть в любое время, поэтому для этих целей удобно воспользоваться смартфоном, но не всегда имеется возможность взаимодействовать с ним привычными методами, например, находясь за рулём или в тёплой одежде. Уже существуют решения, позволяющие выполнять заказы с помощью голоса [1], а также системы, доставляющие заказы клиентов напрямую к поварам на предприятии и позволяющие администраторам анализировать их работу [2]. Целью данной работы является проектирование и последующее создание комплексного решения, объединяющего перечисленные возможности в одной системе.

## Структура системы

В основе данной системы лежит классическая клиент-серверная структура. При этом существует три вида клиентов: администратор, повар и покупатель. Схема взаимодействия компонентов системы представлена на рис. 1.

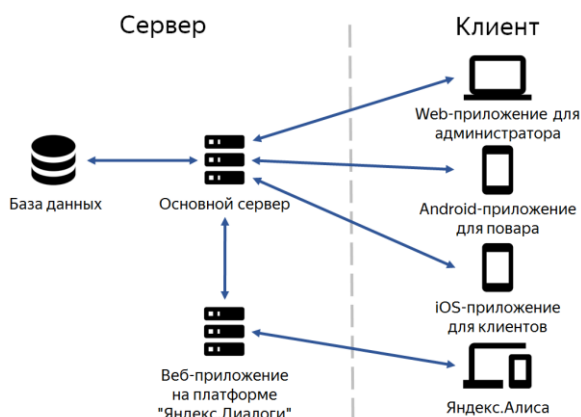


Рис. 1. Схема структуры системы

Для взаимодействия с системой администратору предоставляется веб-приложение, обладающее следующими возможностями:

- редактирование меню;
- просмотр статистики продаж;
- отслеживание статуса торговых точек;
- анализ популярности продуктов;
- аналитика эффективности работы сотрудников.

Взаимодействие с поварами происходит с помощью приложения для ОС Android, подразумевающего наличие индивидуального планшетного компьютера у каждого сотрудника, либо одного на торговую точку. Данное приложение обеспечивает выполнение следующих функций:

- Просмотр поступивших заказов в реальном времени;
- Редактирование статуса заказа.

Покупатели могут размещать свои заказы с помощью приложения для iOS. Выбор ОС обусловлен возможностью интеграции голосовых команд в приложение с помощью голосового ассистента Siri и его функции Shortcuts [3]. Она позволяет напрямую связать собственно разработанные голосовые команды с определенными функциями в приложении. Таким образом, покупатель сможет полностью совершить заказ с помощью голоса, не прибегая к помощи сенсорного ввода. Данное приложение подразумевает следующий функционал:

- просмотр меню;
- размещение заказа;
- отслеживание статуса заказа;
- просмотр истории заказов.

Для создания кроссплатформенного решения для размещения заказов голосом существует альтернативный вариант - создание веб-приложения на платформе "Яндекс.Диалоги" [4]. Плюсом такого решения является одинаковый пользовательский опыт на всех устройствах, которые поддерживает данная система. С другой стороны, необходимо с нуля разработать собственный обработчик речи, учитывающий особенности русского языка и связывающий надиктованный текст с конкретными командами, т.к. данная система предоставляет разработчику введенные пользователем команды в виде простого текста.

Одной из задач разработки данной информационной системы (ИС) является сравнение двух описанных выше подходов в создании голосового приложения: с использованием системы, автоматически соединяющей голосовые команды с функциями приложения, а также системы, самостоятельно занимающейся парсингом текста голосовых команд.

Для унификации взаимодействия со всеми видами клиентских приложений, сервер предоставляет универсальное API. Задачей сервера является обеспечение связи всех остальных компонентов системы с базой данных, хранящей всю информацию о заказах. Также сервер обеспечивает расчет эффективности работы сотрудников и определение

спроса на продукты с целью последующего представления этой информации в наглядном виде администратору.

Разработка программного решения включает в себя разработку структуры базы данных и диаграмм классов, определяющих объектно-ориентированную структуру программного кода, состав методов классов и связей между ними, что позволяет частично совместить этапы анализа предметной области и этап формирования программной архитектуры.

В качестве примера на рисунке 2 представлена UML-диаграмма одного из компонентов системы.

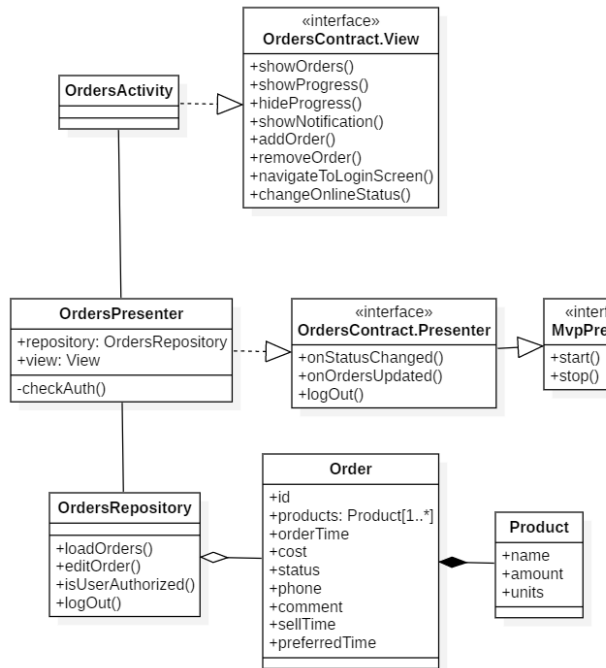


Рис. 2. UML-диаграмма компонента управления заказами в ИС для заказа продовольственных товаров

Применяется шаблон проектирования MVP (Model – View – Presenter), что позволяет легко изменять графический интерфейс программы, не изменяя её внутреннюю структуру.

### Заключение

Данная информационная система позволяет значительно сэкономить ресурсы на оптимизацию работы предприятия, продающего продовольственные товары, а также сократить время, необходимое на создание заказов. Аналитические возможности данной ИС позволяют администраторам распоряжаться своими трудовыми и финансовыми ресурсами более эффективно, а потребителям с удобством создавать заказы даже в тех условиях, когда это могло бы быть затруднительно.

Проведены предварительные программные эксперименты по разработке системы, которые показали её эффективность и надёжность. Полученная в результате проделанной работы ИС может быть эффективно внедрена на различных предприятиях, т.к. имеет возможность легкой адаптации под потребности конкретной специализации.

### Список использованных источников

1. Еда и напитки - подборка навыков Алисы, голосового помощника от Яндекса // Яндекс.Диалоги. URL: [https://dialogs.yandex.ru/store/categories/food\\_drink/](https://dialogs.yandex.ru/store/categories/food_drink/), свободный (дата обращения: 20.11.2018).
2. CashPad – Материалы // CashPad. URL: <https://cashpad.ru/materials.html>, свободный (дата обращения: 08.10.2018).
3. Use Siri Shortcuts – Apple Support // Apple Support. URL: <https://support.apple.com/en-us/HT209055>, свободный (дата обращения: 28.08.2018).
4. Диалоги Алисы – Технологии Яндекса. // Технологии Яндекса. URL: <https://tech.yandex.ru/dialogs/alice/>, свободный (дата обращения: 28.08.2018).

# МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ В БИОТЕХНОЛОГИИ

К.С. Головина, Д.А. Лазарева  
О.А. Ивина  
Кемеровский государственный университет  
k8enya@gmail.com

## Введение

В настоящее время компьютерное моделирование, как метод исследования, все чаще используется в различных областях знаний, в частности в биотехнологии. Этому способствует стремительная интенсификация и развитие компьютерных средств и информационных технологий. Развитие математического моделирования происходит не без помощи новых информационных технологий как инструмента построения моделей, накопления и хранения информации, полученной в результате исследования этих моделей.

Моделирование является важным направлением при разработке биотехнологических процессов, так как с помощью моделирования, экспериментального и математического, исследуются и разрабатываются новые процессы, совершенствуются аппараты и технологические схемы производств.

Необходимо отметить, что методы математического моделирования позволяют исследователю проверить сложные системы и протекающие в них процессы без вмешательства в эти системы. Если модель недостаточно изучена, вмешательство может принести вред изучаемому объекту (процессы в живом организме) или реализация модели исследования является дорогой, можно использовать абстрагированные модели. Что является немаловажным аспектом в исследованиях.

## Биоинформатика

В последнее время мощно развивается биоинформатика, которая использует методы математического моделирования на разных уровнях исследований – от действия ферментов внутри клетки до выращивания клеток в промышленном масштабе. Компьютерные методы востребованы для секвенирования нуклеотидных последовательностей и расшифровки генома.

Методы биоинформатики позволяют не просто обрабатывать эти огромные массивы данных, а также выявлять их закономерности, которые не всегда можно заметить при обычном эксперименте, это позволяет предсказывать функции генов и зашифрованных в них белков, строить модели взаимодействия генов в клетке. Одним из результатов такого прогресса стало появление проектов, в рамках которых должны быть оцифрованы сотни тысяч или даже миллионы геномов, включая расшифровку генома, определение пространственной структуры белка, построение биомакромолекул и моделирование их функционирования и создание новых [1].

Анализируя большие массивы данных, необходимы высокопроизводительные вычисления, поэтому обычный компьютер не способен справиться с поставленной задачей - не хватит вычислительных мощностей - объема памяти и производительности. В биоинформационных системах объемы данных с каждым годом увеличиваются, увеличивается сложность запросов к базам данных, серверам и систем памяти высокого уровня.

Биоинформатика также занимается разработкой вычислительных алгоритмов для систематизации и анализа генетической информации для определения молекулярных основ биологических процессов. Важную роль в развитии персональной медицины играет создание математической модели клетки [2].

## Моделирование процессов

Рассмотрим два направления моделирования процессов в биотехнологии

Известны неструктурированные модели, предполагающие простейший подход к моделированию роста культуры клеток и описывающие только количество биологической фазы (биологического агента), и структурированные модели (компарментальные и метаболические), которые учитывают состав биофазы. Отметим факт того, что компарментальные модели являются более простыми и включают небольшое число переменных, а метаболические модели являются более сложными и включают все ключевые детали метаболизма.

Разработка структурированных объектов и использование их при моделировании устойчивости стационарных состояний – первое направление. Оно требует глубоких знаний метаболических процессов в клетке. Так как для некоторых процессов этой информации недостаточно, это приводит к определенным затруднениям при математических расчетах. Поэтому, работая с большим числом полученных уравнений, авторы выделяют с их точки зрения главные, и в дальнейшем используют при анализе. Для оценки поведения и определения особенностей процесса биосинтеза объекта в стационарном состоянии, к примеру возможности возникновения колебания биомассы, также используются структурированные модели. Достаточно подробно возможность использования структурированного подхода для описания различных типов поведения бактерий рассмотрена в публикации [3].

Использование неструктурированных моделей является вторым направлением моделирования биологических процессов в биотехнологии. Это направление используется наиболее часто и



направлено на разработку моделей интегрированного характера. Такие модели обобщают в той или иной степени процессы в клетке с переходом на популяционный уровень.

Активное развитие информационных технологий позволяет применить более сложные в кинетическом представлении нелинейные соотношения, по сравнению с проводимыми ранее исследованиями. Они позволяют ученым-биотехнологам количественно оценить эффекты, которые ранее были известны только качественно.

Нестационарные состояния биотехнологических процессов интересны для оценки устойчивости, как и в случае структурированных моделей, описанных выше. Для анализа устойчивости непрерывного процесса используется линеаризация уравнений модели в окрестности стационарного состояния.

Рассмотрим процесс получения молочной кислоты [4]. Моделирование включает расчёт коэффициентов линеаризованных уравнений по трем исходным дифференциальным уравнениям. Использование все более сложных кинетических соотношений при моделировании биотехнологических процессов дает возможность оценивания существования множественности стационарных состояний, кроме того, оценки оптимальных условий и оценки технологических условий реального осуществления процессов. Так как экспериментальные оценки этих показателей практически невозможны, математическое моделирование позволяет рассчитать показатели процесса и последующую их экспериментальную проверку [5].

Можно сказать, что возможности математического моделирования ориентированы на изучение процессов в широкой области изменения входных показателей. Так множественность стационарных состояний имеет существенное значение и по величине протока.

Одним из важных направлений использования математических моделей является возможность оценки оптимальных условий проведения процессов, протекающих в биологических системах. Критерии оптимальности могут быть различными, но одним из достаточно понятных критериев является показатель выхода целевого продукта.

### **Заключение**

Проведенный анализ научных данных показал – моделирование является одним из наиболее значимых направлений при разработке биотехнологиче-

ских процессов, так как с помощью моделирования, экспериментального и математического, исследуются и разрабатываются новые процессы, совершенствуются аппараты и технологические схемы производств. Работа с математическими моделями дает возможность более обоснованно подходить к планированию экспериментов и обрабатывать данные, существенно сокращать объем экспериментальных работ.

Моделирование и оптимизация биотехнологических процессов – задача важная и многогранная, но ведь именно разработка адекватных моделей разных биотехнологических процессов и создание на этой основе современных методов оптимизации и управления важнейших направлений биотехнологии, без которых невозможен дальнейший прогресс в данном направлении науки.

### **Список использованных источников**

1. Alinejad-Rokny, H. Machine learning and data mining techniques for medical complex data analysis / H. Alinejad-Rokny, E. Sadroddiny, V. Scaria // *Neurocomputing*. – 2018. – Vol. 278. – P. 1.
2. Романова В.В., Ивина О.А. Биоинформатика и средства компьютерного анализа // *Инновации в пищевой биотехнологии: сборник трудов Международного симпозиума, г. Кемерово, 14-16 мая 2018 г.* – Кемерово: Изд-во КеМГУ, 2018. – С. 354-357.
3. Nelsen J., Villadsen J. Modeling of microbial kinetics // *Chem. Eng. Sci.* – 1992. – V. 47. № 17–18. – P. 4225
4. Гордеева Ю.Л., Щербинин М.Ю., Гордеев Л.С., Комиссаров Ю.А. Стационарные состояния биотехнологических процессов с нелинейной кинетикой роста микроорганизмов. Множественность при заданной величине концентрации субстрата в поступающем потоке // *Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика.* – 2013. № 1. – С. 21.
5. Кулов Н.Н., Гордеев Л.С. Математическое моделирование в химической технологии и биотехнологии // *Теоретические основы химической технологии.* – 2014. – Т.48. – №.3. – С.243-248.

# МОДЕЛИРОВАНИЕ РАДИОНАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ НА БАЗЕ ПСЕВДОСПУТНИКОВ ПРИ ПОМОЩИ СИГНАЛОВ ГЛОНАСС

М.А. Голубятников, М.В. Колядин  
Сибирский федеральный университет  
maxim.gol500@mail.ru

## Введение

В работе решается задача обеспечения устойчивого навигационного поля в посадочной зоне аэропорта Емельяново, путем оптимального расположения Псевдоспутников (Пс), при полуавтоматическом подборе параметров, в разработанной программе «Компьютерная модель системы ближней навигации на основе Псевдоспутников» [1].

Моделирование радионавигационной системы (РНС) на базе Пс в действующем аэропорте проводилось для обеспечения точностных характеристик. Данные, полученные в ходе выполнения работы, могут быть использованы на начальном этапе построения РНС на основе Пс в указанном аэропорте.

## Описание условий задачи

Необходимый размер зоны, в которой потребителю необходимо принять навигационный сигнал в области посадки аэропорта Емельяново по высоте и в ширину составляет 1 км, а в длину 27,79 км. Размеры указаны на рисунке 1, где цифрой 1 обозначен размер глассады, цифрой 2 обозначен размер взлетно-посадочной полосы (ВПП).

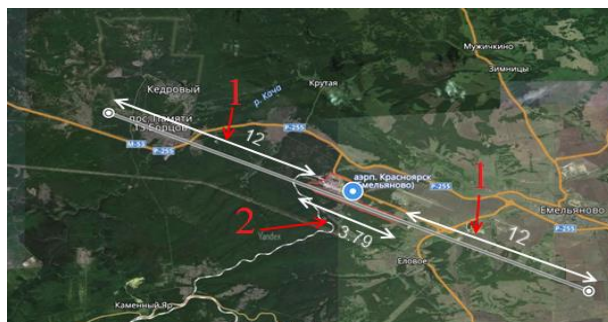


Рис. 1. Требуемые размеры действия радионавигационного поля

В качестве показателя точности определения координат в зоне навигации рассмотрим значения геометрического фактора в плане и по высоте. Стоит отметить, что при решении навигационной задачи самым трудоемким этапом является достижение удовлетворительных показателей геометрического фактора по высоте. В связи с чем к точности значения геометрического фактора в плане и по высоте предъявляют различные требования. Отечественные воздушные потребители, в свою очередь, предъявляют требования к точности определения места при заходе на посадку и посадке по категориям ICAO, которые сформулированы на основе опыта использования инструментальных систем посадки типа СП-75. Данные требования приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Требование точности значения геометрического фактора по стандартам ICAO

Критерии посадки	Высота над взлетно-посадочной полосой для проверки, м	Требования к погрешностям	
		Горизонтальная погрешность, м	Вертикальная погрешность, м
I	30,0	4,5, ..., 8,5	1,5, ..., 2,0
II	15,0	2,3, ..., 2,6	0,7, ..., 0,85
III	2,4	2,0	0,2, ..., 0,3

## Решение задачи

Максимально возможный эффект в увеличении точности измерения координат по высоте может быть достигнут за счет оптимального расположения Пс в зоне аэродрома. Добиться оптимального расположения Пс предлагается экспериментальным методом при помощи программы "Компьютерная модель системы ближней навигации на основе Псевдоспутников"[2].

В ходе эксперимента путем последовательного перебора местоположения и количества Пс в группировке был определен геометрический фактор в плановых координатах и по высоте. Результат в плановых координатах, удовлетворяющий требованиям ICAO, показан на рисунке 2, где цифрой 1 обозначена необходимая зона бесперебойной навигации[3].

На рисунке 3 показан геометрический фактор по высоте для группировки из 5 Пс. Геометрический фактор данной конфигурации имеет значения в интервале от 5 до 16 безусловных единиц, что не соответствует требованиям к характеристикам согласно стандартам ICAO. В ходе дальнейшей работы удалось установить, что для удовлетворения требований ICAO необходимо поднять пятый Пс на высоту 7 км или поднять пятый и второй Пс на высоту 4 км. С экономической и технической точки зрения задача расположения Пс на данных высотах трудоемкая, и в конечном счете её решение не целесообразно.

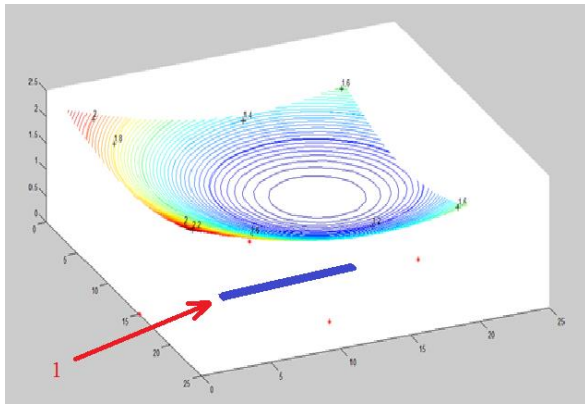


Рис. 2. Геометрический фактор в плане

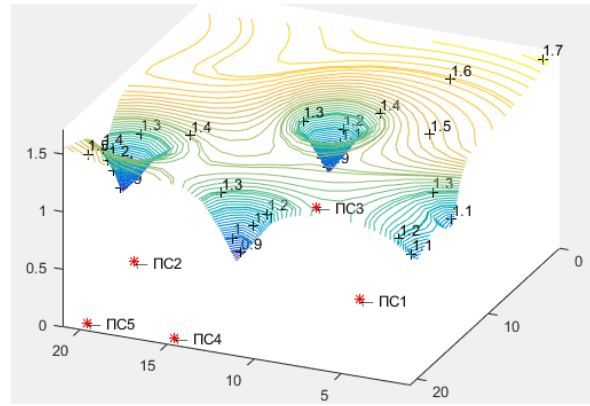


Рис. 5. Геометрический фактор по высоте

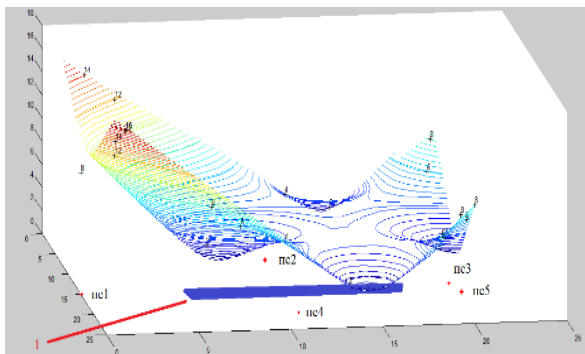


Рис. 3. Геометрический фактор по высоте

Исходя из этого предлагается рассчитать РНС на базе Пс вместе с сигналами навигационных космических аппаратов (НКА) системы ГЛОНАСС. В программном блоке, отвечающем за расчет координат НКА в геоцентрической системе координат, для расчета группировки спутников ГЛОНАСС используются данные альманаха и эфемерид спутниковой системы. В результате в блоке моделируется 3D модель планеты Земля с окружающей её группировкой НКА, рисунок 4.

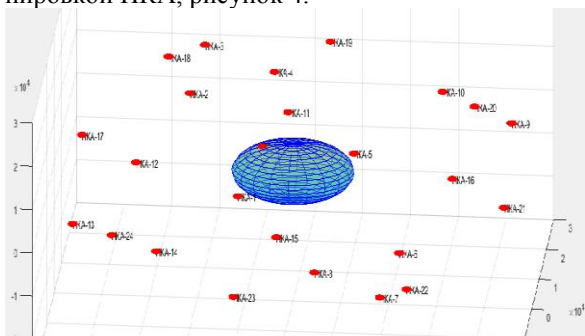


Рис. 4. Геометрический фактор по высоте

Далее в программе вручную выбирается группа или одиночный НКА из условий необходимого расположения НКА относительно местоположения аэропорта [4]. На следующем этапе аналогичным образом рассчитывается геометрический фактор по высоте, результаты которого отображены на рисунке 5.

При выборе находящегося в зените НКА отмечается улучшение геометрического фактора до 1,5 безусловных единиц. В дифференцируемой конфигурации Пс и НКА диапазон значений геометрического фактора по высоте удовлетворяет требованиям первой категории ICAO.

### Заключение

В заключение стоит отметить неоспоримое преимущество использования интегрирования сигналов ГЛОНАСС и Пс с целью улучшения значений геометрического фактора по высоте и увеличение помехоустойчивости системы в тех местах, где данная интеграция возможна.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №16-19-10089).

### Список использованных источников

1. ГЛОНАСС. Принципы построения и функционирования / под ред. А. И. Перова, В. Н. Харисова. – Изд. 4-е, перераб. – М.: Радиотехника, 2010. – 800 с.
2. Свид. № 2017619991 РФ. Компьютерная модель системы ближней навигации на основе Псевдоспутников / Гладышев А.Б., Ратушняк В.Н., Кремез Н.С., Голубятников М.А. Заявитель и правообладатель ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет». № 2017616963. Заявл. 14.07.2017. Регистр. 13.09.2017.
3. Gladyshev A.B., Dmitriev D.D., Veisov E.A., Tyapkin V.N. A hardware-software complex for modelling and research of near navigation based on pseudolites // Journal of Physics: Conference Series. 2017. T. 803. № 1. С. 012048.
4. Лабораторный комплекс для моделирования системы ближней навигации на основе Псевдоспутников / Гладышев А.Б., Ратушняк В.Н., Рыжков Д.Н., Богачук А.А., Голубятников М.А. // В сборнике: Современные проблемы радиоэлектроники Сибирский федеральный университет, Институт инженерной физики и радиоэлектроники. 2017. С. 120-1.

# АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК СОЦИАЛЬНЫХ ГРАФОВ, ПОСТРОЕННЫХ ПО ДАННЫМ СОЦИАЛЬНОЙ СЕТИ TWITTER

М.Э. Грачева, Е.В. Якоби, В.В. Степаненко, Е.Е. Лунева  
Научный руководитель: Е.Е. Лунева  
Томский политехнический университет  
gramar\_98.98@mail.ru

## Введение

Социальные сети, получившие широкое распространение в наше время, являются ресурсом, используемым для выражения мнения относительно различных тем, событий, фактов, продуктов и т.п., а также часто содержащий социально-демографические данные многих своих пользователей в открытом доступе. Изучение таких данных в контексте определенных тем является одним из способов анализа тенденций изменения общественного мнения в широком спектре вопросов, а результаты анализа могут быть использованы в различных областях для решения задач практической направленности, включая задачи антитеррористической направленности, прогнозирование потребности, политические прогнозы, маркетинговые исследования, оценка репутационных рисков компании или физического лица.

Первостепенной задачей такого анализа является выявление характеристик реальных графов, т.е. графов, построенных на основе данных, взятых из социальной сети (например, Twitter) за некоторый промежуток времени в заранее определенной предметной области. Эти характеристики могут быть использованы для генерации моделей случайных графов, использование которых полезно на этапах экспериментального анализа при оценке эффективности математического и программного обеспечения при решении задачи идентификации пользователей-экспертов в социальных сетях в заданной предметной области.

Таким образом, цель данной работы: анализ выборки реальных графов, описывающих данные в рамках одной (необязательно одинаковой) предметной области из социальной сети Twitter за неделю.

## Описание модели

При исследовании данных из социальных сетей было принято решение придерживаться следующих принципов: вершинами графа являются пользователи социальной сети Twitter. Вершины соединяются ребрами в четырех случаях:

1. Репост с комментарием
2. Комментарий
3. Репост
4. Упоминание другого пользователя в твите

Более подробно методика построения социального графа описана в [1].

При выполнении настоящей работы вес ребер не учитывался, т.к. на исследуемые характеристики данный параметр никак не влияет.

Граф также является ориентированным: входящие в вершину ребра соответствуют активности этого пользователя по отношению к другому, а значит, чем популярнее пользователь, тем больше ребер будет исходить из соответствующей ему вершины.

## Анализ реальных графов

Для данного исследования взяты выборки реальных данных из социальной сети Twitter по десяти предметным областям, в соответствии с которыми построены графы (количество вершин варьируется в диапазоне от 200 до 902). Для каждого из графов высчитан ряд характеристик и определены их средние значения.

Особый интерес среди всех характеристик представляют такие, как распределение вершин по количеству входящих и исходящих ребер, коэффициент кластеризации и диаметр графа. [2]

1. Распределение вершин по количеству исходящих ребер позволяет выявить самых популярных пользователей в данной выборке. Можно предположить, что мнение таких пользователей имеет большее влияние на общественные массы, чем мнение «непопулярных» пользователей.
2. Распределение вершин по количеству входящих ребер выявляет наиболее активных пользователей сети.
3. Диаметр графа показывает максимально возможное расстояние между двумя его вершинами.
4. Коэффициент кластеризации позволяет оценить, насколько плотно сгруппирован граф вокруг нескольких вершин. Другими словами, в предметной области, которой соответствует граф с высоким коэффициентом кластеризации, «управляют» общественным мнением несколько популярных пользователей.

В таблице 1 представлены параметры: коэффициенты кластеризации и диаметр сети для исследуемых графов.

Следует отметить, что диапазон значений для коэффициента кластеризации достаточно широкий, однако все значения находятся в пределах 0,1. Низкий показатель этой характеристики объясняется следующими причинами: во-первых, максимальная глубина выборки данных для каждого графа ограничивается семью днями, что не даёт возможности в полной мере оценить реальное количество взаимодействий между пользователями, во-вторых, в каждой выборке присутствует большое количество вершин, связанных попарно, либо не

имеющих связей ни с одной из других вершин, что сильно влияет на коэффициент кластеризации, понижая его.

Таблица 1. Значения коэффициента кластеризации и диаметра сети реальных графов

№	Коэффициент кластеризации	Диаметр сети
1	0,083	4
2	0,011	3
3	0,021	2
4	0,002	4
5	0,047	2
6	0	2
7	0,104	5
8	0,022	2
9	0,006	2
10	0,082	3
Диапазон	0 – 0,104	2 - 5
Ср. знач.	0,0378	2,9

Распределение вершин по количеству входящих рёбер показало, что подавляющее большинство пользователей проявили активность в данной предметной области по отношению только к одному пользователю (рис. 1). Также из графика видно, что велико количество и неактивных пользователей. Можно предположить, что часть из вершин, соответствующая данным пользователям, изолирована, а также в это количество могут входить популярные пользователи.

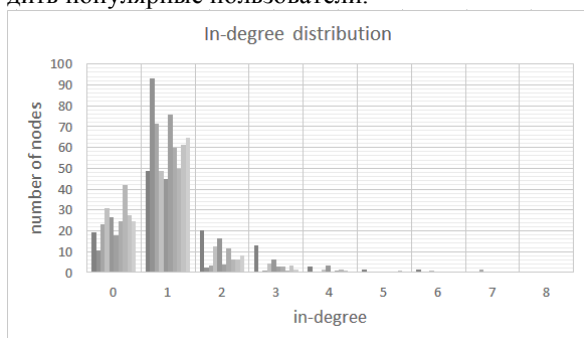


Рис. 1. Распределение вершин по количеству входящих рёбер

Несмотря на невысокий коэффициент кластеризации можно заметить, что распределение по количеству выходящих ребер убывает по экспоненте, что подтверждает предположение о том, что существует небольшое количество вершин, соответствующих популярным пользователям, в отношении которых люди проявляют наибольшую активность.

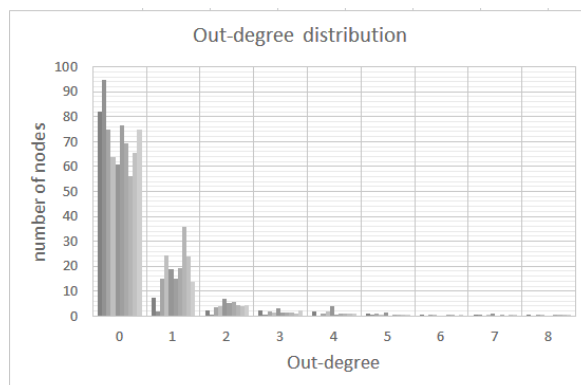


Рис 2. Распределение вершин по количеству исходящих рёбер

### Заключение

В результате исследования характеристик графов, построенных на основе данных, полученных из социальной сети Twitter, выявлены следующие особенности, характерные для каждого из построенных графов:

1. Низкий коэффициент кластеризации (не более 0,1)
2. Относительно небольшой диаметр (2,9 – среднее значение)
3. Распределение вершин по количеству исходящих рёбер убывает по экспоненте (3 и более исходящих ребер имеют около 5% вершин).
4. Распределение вершин по количеству входящих рёбер показало, что количество активных пользователей очень мало, однако велико количество пользователей, не проявляющих активность вообще.

В дальнейшем, данные свойства могут быть использованы для построения моделей усреднённых графов.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект №17-07-00034 А).

### Список использованных источников

1. Luneva E.E., Zamyatina V.S., Vanokin P.I., Yefremov A.A. Estimation of social network user's influence in a given area of expertise // Journal of Physics: Conference Series. – 2017. Vol. 803, № 1. – С.1-6.
2. Гусарова Н.Ф. Анализ социальных сетей. Основные понятия и метрики. – СПб: Университет ИТМО, 2016. – 67 с.

# РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ СЛУЧАЙНОГО ГРАФА, СООТВЕТСТВУЮЩЕЙ УСРЕДНЕННЫМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ СОЦИАЛЬНЫХ ГРАФОВ, ПОЛУЧЕННЫМ ПО ДАННЫМ СОЦИАЛЬНОЙ СЕТИ TWITTER

М.Э. Грачева, В.В. Степаненко, А.А. Аманжолов, Лунева Е.Е.

Научный руководитель: Е.Е. Лунева

Томский политехнический университет

gramar\_98.98@mail.ru

## Введение

За относительно небольшой промежуток времени, после своего появления, Интернет стал основой современного информационного пространства и основным средством для передачи разного рода информации.

Одной из важнейших составляющих Интернета являются социальные сети, которые в настоящее время получили широкое распространение. У каждого человека появилась возможность практически моментально делиться своим мнением с огромными группами людей и получать от них ответные реакции. Социальные сети стали важным инструментом информационного влияния и, в связи с этим, огромной сферой для различных исследований, включая маркетинговые, политические, в том числе, формирование прогнозов, исследования, связанные с задачами антитеррористической направленности, социологические и некоторые другие.

Важное место при анализе данных из социальных сетей занимает проблема идентификации ключевых пользователей некоторой социальной сети в заданной предметной области [1]. При этом в качестве модели при решении данной проблемы используется ориентированный взвешенный социальный граф.

Развитие новых способов решения данной задачи, а также оценка эффективности существующих способов требует на этапе экспериментального анализа использования как социальных графов, построенных по реальным данным, так и моделей случайных графов, обладающих характеристиками реальных социальных графов.

Таким образом, целью данной работы является разработка модели случайного ориентированного графа, а также программного обеспечения для генерации моделей, предназначенных для тестирования способов идентификации пользователей-экспертов в заданной предметной области.

## Обзор существующих моделей

На этапе выбора генератора модели социального графа для проведения экспериментального анализа был проведен обзор существующих моделей случайных графов.

При рассмотрении различных моделей учитывались следующие характеристики: диаметр графа, среднее расстояние между вершинами, закон распределения степени вершин, коэффициент кластеризации.

Модель Эрдеша-Реньи. Каждое ребро возникает с вероятностью  $p$  независимо от других. Плюсом данной модели является малое среднее расстояние. Графы, построенные на основе этой модели, имеют маленький коэффициент кластеризации, ребра возникают согласно схеме Бернулли, а не по степенному закону [2].

Модель с предпочтительным распределением Барабаши-Альберт. Основные идеи модели: постепенный рост сети, новые вершины с большей вероятностью присоединяются к тем, у кого текущая степень выше. Данная модель примечательна тем, что имеет степенной закон распределения, маленький диаметр, небольшой коэффициент кластеризации [3].

Также была рассмотрена модель случайных графов с нелинейным правилом предпочтительного связывания В.Н. Задорожного, которая позволяет выращивать случайные графы с использованием механизма предпочтительного связывания, при этом вероятность связывания зависит не от степени связности анализируемого узла, а от функции предпочтения [4].

Большинство моделей направлено на работу с неориентированными графами, хотя следует отметить, что модель Задорожного В.Н. может быть использована для генерации ориентированного графа, но в рамках настоящего исследования ее использование осложнено отсутствием эталонной модели социального графа.

## Разработка модели

Был проведен анализ десяти реальных графов, составленных на основе данных выгруженных из социальной сети Twitter. Выгруженные данные представляют собой группу пользователей социальной сети, которые отреагировали на определенное событие. Узлы графов, созданных на основе этих данных, представляют собой пользователей, которые написали пост по определенной теме или каким-либо образом отреагировали на пост другого пользователя по этой теме. Ребро между вершинами возникает в следующих случаях:

1. Комментарий к посту другого пользователя
2. Репост записи другого пользователя
3. Упоминание другого пользователя в своем твите

Исследуемые графы являются направленными, ребра направлены в сторону вершины, представляющей пользователя, отреагировавшего на пост.

По результатам анализа, реальные социальные графы обладают следующими характеристиками:

коэффициент кластеризации в диапазоне 0 – 0.104, диаметр сети в диапазоне 2 – 5.

Таким образом, оценивая характеристики социальных графов, построенных по выборкам данных из социальной сети Twitter, было принято решение использовать модель предпочтительного связывания, с ее адаптацией под ориентированный социальный граф.

Случайный ориентированный граф формируется из небольшого графа «затравки», с количеством вершин от 3 до 6. На рисунке 1 представлен пример графа затравки.

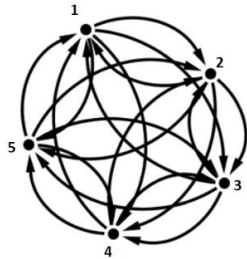


Рис. 1. – Пример графа затравки, состоящего из 5 узлов

Далее добавляется новая вершина, которая связывается направленной входной дугой с другими вершинами в соответствии с моделью Барабаш-Альберт. Таким образом, вероятность связывания новой вершины с существующими определяется по формуле:

$$P(k_i) = \frac{k_i}{\sum_j k_j}, \quad (1)$$

Где  $i$  – текущая вершина, с которой происходит связывание новой вершины,  $k_i$  – полустепень исхода,  $j=1, \dots, N$ ,  $N$  – текущее число вершин в графе.

Из формулы (1) видно, что чем больше полустепень исхода связности у вершины, тем выше вероятность её выбора. Такой способ построения исходящих связей имитирует большую значимость тех пользователей, чьи сообщения находят более активный отклик среди читателей в виде репостов, комментариев и т.п.

Входные дуги с новой добавляемой вершиной формируются с постоянной вероятностью независимо для каждого узла в соответствии с моделью Эрдеша-Реньи. Предлагается использовать небольшие значения данной вероятности 0,001-0,02. Такой способ построения дуг, позволяет построить

«горизонтальные», связи социального графа, т.е. имитировать заинтересованность любого пользователя в социальном графе другим пользователем вне зависимости от его значимости.

На основании разработанной модели случайного ориентированного графа была создана программа для генерации графов.

Были сгенерированы и проанализированы графы с числом вершин от 300 до 500, средние значения их характеристик составили: коэффициент кластеризации – 0.127, диаметр сети – 7.

### Заключение

В результате проведенной работы был выполнен анализ существующих моделей социальных графов. На основании этого анализа и на основании изучения характеристик реальных графов была разработана модель случайного ориентированного графа.

Для того чтобы изучить характеристики графов построенных, на основании разработанной модели, была создана программа для генерации графов.

Полученная модель обеспечивает генерацию графа с характеристиками схожими с характеристиками реальных графов, созданных на основе данных выгруженных из Twitter.

В дальнейшем разработанная модель может быть усовершенствована путем добавления весов ребрам, в зависимости от типа активности одного пользователя по отношению к другому.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект №17-07-00034 А).

### Список использованных источников

1. Ефремов А. А. Использование процедуры ранжирования Кендалла–Уэя для идентификации ключевых игроков социального графа / А. А. Ефремов [и др.] // Доклады ТУСУР. – 2018. – Т. 21, № 1. – С. 80–85. DOI: 10.21293/1818-0442-2018-21-1-80-85.
2. Erdős P., Rényi A. On random graphs I. // Publ. Math. Debrecen. – 1959. – Vol. 6. – С. 290-297.
3. Barabási, Albert-László and Albert, Réka. Emergence of scaling in random networks // Science, 286:509-512, October 15, 1999.
4. Задорожный В.Н. Случайные графы с нелинейным правилом предпочтительного связывания // Проблемы управления. – 2010. – №6. – С. 2-11.

# АЛГОРИТМ СЕМАНТИЧЕСКОЙ СЕГМЕНТАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

Д.С. Григорьев, В.Г. Спицын  
Томский политехнический университет  
trygx@tpu.ru

## Введение

Практический интерес к интеллектуальным системам наблюдения, беспилотным средствам передвижения и робототехнике сформировал потребность в быстродействующих алгоритмах визуального анализа сцены, способных работать в узких рамках технических характеристик мобильных вычислительных устройств.

Семантическая сегментация является задачей кластеризации частей изображения в соответствии с принадлежностью к определенному классу объектов. Данные алгоритмы находят применение при решении задач обнаружения и распознавания дорожных знаков, распознавания нейронных структур на снимках с электронного микроскопа, а также управления автономным транспортным средством [1,2].

Высокую точность в распознавании объектов показывают глубокие сверточные нейронные сети, демонстрируя лучшие результаты на различных задачах распознавания образов, в сравнении с другими алгоритмами, такими как машины опорных векторов, условные случайные поля, случайные леса и пр. Тем не менее многие модели сетей содержат большое количество настраиваемых параметров ( $\times 10^6$ ) что ограничивает их применимость только высокопроизводительном оборудовании. В случае, когда необходима работа алгоритма в режиме реального времени и низкое энергопотребление подобные модели не могут применяться. Поэтому ставится задача разработки алгоритма, основанного на применении компактной архитектуры сети, позволяющей обеспечить работу в режиме реального времени, с малым количеством вычисляемых параметров.

## Наборы данных и метрики

Для проведения численных экспериментов были использованы общедоступные наборы изображений для семантической сегментации. Первый набор – Cityscapes [3]. Набор содержит 5000 аннотированных изображений, из которых доступно 2975 в качестве обучающей выборки, 500 для валидации, 1525 в качестве тестовой выборки, и 19 категорий объектов. Cityscapes содержит множество различных дорожных сценариев, часто показывающие множество пешеходов и велосипедистов (рис. 1).

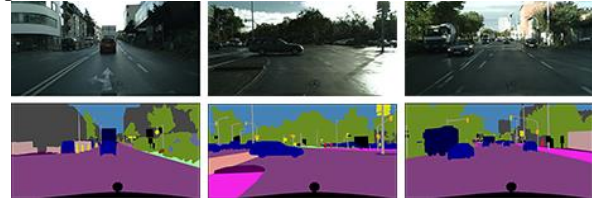


Рис. 1. Примеры изображений из набора Cityscapes вместе с их аннотированными вариантами

Второй набор PASCAL VOC 2012 [4] состоит из 1464 аннотированных изображений для обучения, 1449 для валидации и 1456 для теста, включает в себя 21 класс объектов среди которых – 20 соотносятся с объектами переднего плана, и 1 – для маркировки заднего плана как отдельного класса.



Рис. 2. Примеры изображений из набора PASCAL VOC 2012 вместе с их аннотированными вариантами

Для оценки корректности работы сети на представленных наборах данных использовались следующие метрики:

1. Mean accuracy:

$$\text{Mean accuracy} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^n \frac{n_{ii}}{t_i};$$

2. Mean intersection over union (MIoU):

$$\text{MIoU} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^n \frac{n_{ii}}{t + \sum_{j=1}^k n_{ji} - n_{ii}};$$

3. Frequency weighted intersection over union (FWIoU):

$$\text{FWIoU} = \left( \sum_{p=1}^k t_p \right)^{-1} \sum_{i=1}^n \frac{n_{ii}}{t + \sum_{j=1}^k n_{ji} - n_{ii}};$$

Где  $k \in \mathbb{N}$  - общее количество классов,  $n_{ij} \in \mathbb{N}_0$ ,  $i, j \in 1, \dots, k$  - соответственно количество пикселей принадлежащих классу  $i$ , и соотношенных к классу  $j$ .  $t_i = \sum_{j=1}^k n_{ij}$  - общее количество пикселей принадлежащих классу  $i$ .



## Архитектура сети и обучение

Архитектуры решающие задачи семантической сегментации основываются на применении архитектуры, в которой полносвязные слои заменены слоями свертки. Примерами могут служить сети типа SegNet и FCN [1,5]. Несмотря на эффективное распознавание, архитектура этих сетей содержит большое число вычисляемых параметров, что ограничивает их применение в системах реального времени.

Отличительной особенностью этих сетей является использование топологии «энкодер-декодер». Энкодер представляет собой обыкновенную сверточную сеть, обученную для классификации входного образа, тогда как декодер выполняет интерполяцию выхода энкодера.

В качестве активационной функции использовался PReLU (Parametric ReLU). Дополнительные численные эксперименты с еще одной разновидностью функции активации ELU не показали увеличения точности:

$$f(x) = \begin{cases} x & x > 0 \\ \alpha(\exp(x)-1) & x \leq 0, \end{cases} \quad f'(x) = \begin{cases} 1 & x > 0 \\ f(x) + \alpha & x \leq 0, \end{cases}$$

где гиперпараметр  $\alpha > 0$ .

Для формирования оптимальной архитектуры сети предложено использовать формат, энкодер-декодера составленный из блоков (22 и 10 соответственно). Размерность входного слоя  $512 \times 512$ . Каждый блок состоит из трех слоев свертки: фильтр  $1 \times 1$ , для сокращения размерности, и уменьшения количества вычислений. В этом случае фильтр свертки  $1 \times 1$  заменяется на увеличенный  $2 \times 2$  с параметром смещения равным 2. Блок представляет собой сверточный слой с фильтрами различного типа в зависимости от расположения:

1. Обычная свертка;
2. Дилатационная свертка;
3. Ассиметричная свертка (представляет собой последовательность фильтров с размерами  $1 \times n$  и  $n \times 1$  соответственно).

Размерность выходного слоя  $C \times 512 \times 512$ , где  $C$  – количество классов.

Обучение и тестирование разработанной архитектуры осуществлялось при помощи открытой библиотеки Caffe и 2х NVIDIA 980. В качестве алгоритма оптимизации использовался SGD со следующими параметрами. Параметр скорости обучения вычислялся следующим образом:

$$base\_learning\_rate \times \left(1 - \frac{iter}{max\_iter}\right)^{power}$$

где  $power = 0.9$ ,  $iter$ ,  $max\_iter$  – текущее и максимальное число итераций соответственно. Параметры  $base\_learning\_rate$   $5 \times 10^{-4}$ ,  $batchsize$  10, регуляризации весов (weight decay)  $5 \times 10^{-4}$ .

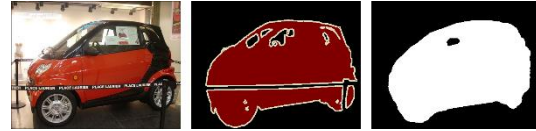


Рис. 3. Примеры результата сегментации изображений предложенной архитектурой

В результате на наборе данных PASCAL VOC 2012 по метрике MeanIoU 61.7, для Cityscapes 58.4 (Class IoU). Производительность разработанной сети по параметру скорости работы составила в среднем 150 fps при заданном разрешении ( $512 * 512$ ) изображений. Что более чем соответствует работе в режиме реального времени. Общее количество вычисляемых параметров сети составило  $0.35 \times 10^6$ .

## Заключение

В результате разработанный алгоритм, основанный на применении сверточной сети, топологически представленной в виде энкодер-декодера позволяет получить приемлемые результаты в задаче семантической сегментации на 2х наборах данных, при этом обладает небольшим количеством вычисляемых параметров. В дальнейшем предполагается проведение численных экспериментов с использованием мобильных и встраиваемых платформ.

*Работа выполнена в рамках Программы повышения конкурентоспособности ТПУ и при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-08-00977 А.*

## Список использованных источников

1. E. Shelhamer, J. Long, T. Darrell. Fully Convolutional Networks for Semantic Segmentation. [Электронный ресурс]. – URL: <https://arxiv.org/abs/1605.06211>
2. O. Ronneberger, P. Fischer, T. Brox. U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation. [Электронный ресурс]. – URL: <https://arxiv.org/abs/1505.04597>
3. M. Everingham, L. Van Gool, C. K. I. Williams, J. Winn, A. Zisserman. The PASCAL Visual Object Classes Challenge 2012 (VOC2012) Results. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.pascal-network.org/challenges/VOC/voc2012/workshop/index.html>.
4. M. Cordts, M. Omran, S. Ramos, T. Rehfeld, M. Enzweiler, R. Benenson, U. Franke, S. Roth, and B. Schiele. The cityscapes dataset for semantic urban scene understanding. Proc. of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2016.
5. V. Badrinarayanan, A. Kendall, R. Cipolla. SegNet: A Deep Convolutional Encoder-Decoder Architecture for Image Segmentation. [Электронный ресурс]. – URL: <https://arxiv.org/abs/1511.0056>

# КЛАССИФИКАЦИЯ ТЕКСТА НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ РЕАЛЬНЫХ СЦЕН ПРИ ПОМОЩИ СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Е.А. Исаев, Е.В. Михайлова  
Ю.А. Иванова  
Томский политехнический университет  
elena.mikky@gmail.com

## Введение

В настоящее время в условиях возрастающего объема информации в электронном виде задача классификации текста, то есть определение принадлежности текста к некоторому классу является актуальной.

Классификация текста на изображениях реальных сцен может применяться в задачах автоматической аннотации, поиска информации и навигации.

Автоматическая аннотация изображений - процесс автоматического присвоения системой метаданных в форме заголовка или ключевых слов цифровому изображению.

Задача автоматической аннотации изображений является очень востребованной в последние годы в связи с её потенциальным влиянием на понимание изображений и веб-поиск.

Целью данной работы является настройка сверточной нейронной сети, способной производить классификацию текста на изображениях реальных сцен.

## Архитектура СНС

Сверточная нейронная сеть (СНС) обычно представляет собой чередование сверточных слоев (convolution layers), субдискретизирующих слоев (subsampling layers) и при наличии полносвязных слоев (fully-connected layer) на выходе. Все три вида слоев могут чередоваться в произвольном порядке [1].

В сверточном слое нейроны, которые используют одни и те же веса, объединяются в карты признаков (feature maps), а каждый нейрон карты признаков связан с частью нейронов предыдущего слоя. При вычислении сети получается, что каждый нейрон выполняет свертку некоторой области предыдущего слоя (определяемой множеством нейронов, связанных с данным нейроном). Пример архитектуры сверточной нейронной сети представлен на рисунке 1.

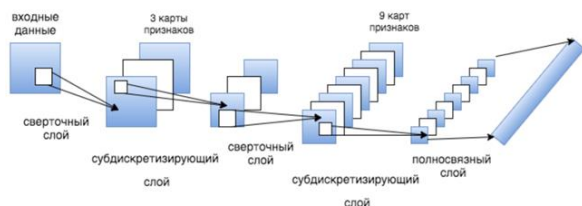


Рис. 1. Архитектура сверточной нейронной сети

## Формирование исходной выборки

На изображениях реальных сцен встречается множество текстовой информации.

Для решения поставленной задачи было выделено четыре основных класса:

1. реклама – представлена надписями на различных баннерах, вывеска, рекламных щитах;
2. дорожные знаки – представлены знаками, содержащими текстовую информацию;
3. организации – представлены их названиями, встречающихся на различных вывесках и табличках;
4. улицы – представлены их названиями, находящимися на табличках домов и уличных столбах.

Эксперименты проводились на данных, сформированных вручную [2 – 4]. Текст выборки представлен на английском языке. Тексты имеют различное количество слов, варьирующееся приблизительно в пределах от 1 до 50. Общий размер выборки составляет 1600 текстов. На каждый класс приходится по 400 текстов. Выборка была разделена на тренировочную, составляющую 80% от общего объема, и тестовую – 20%.

Таким образом, на тренировочную выборку приходится 1280 текстов, а на тестовую – 320. Тексты в обоих типах выборок были перемешаны случайным образом.

## Формирование модели Word2Vec и обработка выборки

Для того, чтобы представить тексты выборки в цифровом виде использовался подход Word2Vec [5]. Для создания модели Word2Vec была использована реализация технологии из библиотеки Gensim на языке программирования Python [6]. Параметры обучения представлены ниже:

- Архитектура – Skip-gram. Данный алгоритм работает медленнее, чем CBOW, однако лучше работает для относительно редких слов, что является преимуществом, т.к. уникальных слов в выборке, используемой в работе, большое количество.

- Функция активации – Иерархический softmax. Данная функция хорошо подходит для создания модели относительно редких слов. Негативное сэмплирование лучше моделирует более частотные слова.

- Снижение количества часто встречающихся слов: 0.001.

- Размер векторов слов – 300.

- Контекст (как много слов из контекста обучающий алгоритм должен принимать во внимание) – 10.

•Минимальное количество слов (слова, количество появлений которых меньше заданного игнорируется и не добавляется в словарь) – 1.

Единица была выбрана так как в выборке встречаются тексты из одного слова.

На основе имеющихся данных была получена модель, размер словаря которой составил 2443 слова, где каждое слово является вектором размера 300.

### Обучение и тестирование

Сверточная нейронная сеть была реализована на языке Python с использованием библиотеки TensorFlow [7].

В ходе экспериментов наилучший результат классификации текстов дала архитектура сверточной нейронной сети, описанная в таблице 1.

На вход нейронной сети на каждой итерации подавалась матрица размера 64×300. Через каждые 20 итераций производилось тестирование, при котором подавалась вся тестовая выборка, размер матрицы которой 240×300. Всего итераций было произведено 2000, что соответствует 100 эпохам обучения. Первоначально веса нейронной сети инициализируются из нормального распределения.

Функция активации на всех слоях кроме последнего – ReLU, на последнем – Softmax. Оптимизатор градиентного спуска – AdamOptimizer, скорость обучения – 0,01.

Таблица 1. Архитектура сверточной нейронной сети

№ слоя	Количество нейронов	Размер ядра свертки	Размер ядра Max-pooling
1	16	5	2
2	16	5	2
3	256	–	–
4	4	–	–

### Результаты работы СНС

Результат обучения и тестирования сверточной нейронной сети показан на рисунке 2. Сплошная линия характеризует точность классификации, прерывистая – функцию ошибки, которая минимизируется в процессе обучения.

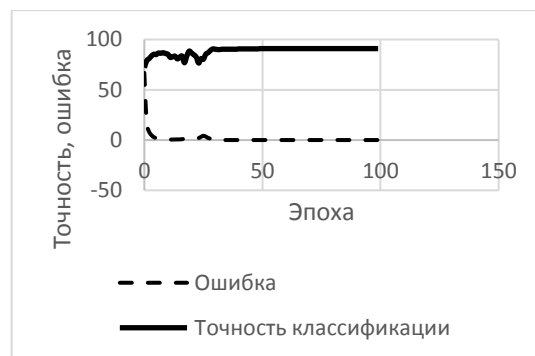


Рис. 2. Динамика точности классификации текстов

Из графика видно, что максимальная точность классификации текста достигла 91%. После 40 эпох сеть перестала обучаться, вследствие предельно малого значения функции ошибки.

### Список использованных источников

1. Рысьмятова А.А. Использование сверточных нейронных сетей для задачи классификации текстов – Москва, 2016. – 34 с.
2. Road signs in the United States [Электронный ресурс] / Википедия. – Режим доступа: [https://en.wikipedia.org/wiki/Road\\_signs\\_in\\_the\\_United\\_States](https://en.wikipedia.org/wiki/Road_signs_in_the_United_States), свободный (дата обращения 17.04.2018).
3. List of Companies [Электронный ресурс] / U.S. securities and exchange commission. – Режим доступа: <https://www.sec.gov/rules/other/4-460list.htm> (дата обращения: 17.04.2018).
4. OpenAddresses data [Электронный ресурс] / OpenAddresses. – Режим доступа: <https://results.openaddresses.io>, свободный (дата обращения: 17.04.2018).
5. Word2Vec [Электронный ресурс] / Википедия. – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Word2Vec>, свободный (дата обращения: 17.04.2018).
6. Немного про word2Vec: полезная теория [Электронный ресурс] / NLPx – Tales of Data Science. – Режим доступа: <http://nlpx.net/language/ru/>, свободный (дата обращения: 17.04.2018).
7. TensorFlow API Documentation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.tensorflow.org/api\\_docs/](https://www.tensorflow.org/api_docs/), свободный (дата обращения: 17.04.2018).

Работа выполнена в рамках Программы повышения конкурентоспособности ТПУ и при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-08-00977 А

# РАЗРАБОТКА И АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ К ОБЛАЧНОМУ СЕРВИСУ ПОДДЕРЖКИ КОГНИТИВНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Р.А. Исаев, Е.А. Лупачев

А.Г. Подвесовский

Брянский государственный технический университет

ruslan-isaev-32@yandex.ru

## Введение

В настоящее время к исследованию слабоструктурированных систем широко применяется когнитивный подход. Методы моделирования систем на его основе принято объединять под общим термином «когнитивное моделирование». В общем виде под когнитивным моделированием понимается исследование структуры системы и процессов ее функционирования и развития путем анализа ее когнитивной модели.

Одной из разновидностей когнитивных моделей, хорошо зарекомендовавшей себя на практике, являются нечеткие когнитивные карты (НКК) Силова [1]. Этот тип НКК допускает представление в виде взвешенного ориентированного графа, вершины которого соответствуют факторам (концептам), описывающим моделируемую систему, а дуги – причинно-следственным связям между ними, при этом каждая дуга имеет вес, характеризующий интенсивность соответствующего влияния.

В настоящее время наблюдается интерес к программной поддержке когнитивных моделей. Обзор ряда существующих программных систем когнитивного моделирования представлен в работе [2]. Одной из таких систем является разрабатываемая при участии авторов система поддержки принятия решений «ИГЛА» (Интеллектуальный Генератор Лучших Альтернатив), позволяющая осуществлять генерацию и отбор сценариев управления слабоструктурированными системами на основе НКК Силова [3]. Демо-версия системы «ИГЛА» доступна по адресу <http://iipo.tu-bryansk.ru/quill>.

## Актуальность разработки сетевого многопользовательского сервиса поддержки когнитивного моделирования

Система «ИГЛА» реализована в виде Windows-приложения на платформе Microsoft .NET Framework. В настоящий момент система является однопользовательской, то есть подразумевается, что работа над той или иной когнитивной моделью в определенный момент времени осуществляется лишь в рамках одного запущенного экземпляра приложения.

В то же время, необходимо отметить, что для процесса построения и анализа когнитивной модели слабоструктурированной системы характерны следующие особенности:

- сложный и комплексный характер данного процесса требует привлечения к участию в нем нескольких заинтересованных сторон, а также распределения ролей среди участников (так,

типичным является выделение ролей эксперта, аналитика, координатора, ЛПП);

- моделируемые системы могут иметь междисциплинарный характер, а значит, привлечение к построению когнитивной модели нескольких экспертов (специалистов в разных предметных областях) в таких случаях становится неизбежным;
- участники процесса когнитивного моделирования могут быть территориально оторваны друг от друга, а также быть доступными для работы с когнитивной моделью в разные, в том числе непересекающиеся, промежутки времени.

Перечисленные особенности существенно снижают скорость и эффективность когнитивного моделирования слабоструктурированных систем в условиях применения однопользовательских систем его поддержки. При этом на российском рынке в настоящее время отсутствуют сетевые многопользовательские системы (сервисы) поддержки когнитивного моделирования, позволяющие проводить построение и анализ моделей группой пользователей в распределенном режиме. Таким образом, разработка подобного сервиса является актуальной задачей.

## Требования к проектируемому сервису

Исходя из вышеизложенного, выделим следующие группы требований к проектируемому сервису:

- требования, связанные с поддержкой функционала, уже реализованного в однопользовательских системах поддержки когнитивного моделирования (в частности, в СППР «ИГЛА»);
- требования, связанные с поддержкой распределенного построения и анализа когнитивных моделей (т.е. с поддержкой многопользовательского функционала).

Отметим, что функционал системы «ИГЛА» рассмотрен в работе [3]. Поэтому далее остановимся подробно на рассмотрении и анализе второй группы требований.

Во-первых, обеспечение возможности эффективного распределенного построения и анализа когнитивных моделей подразумевает выполнение следующих условий:

- хранение основных данных (а именно, построенных когнитивных моделей, промежуточных этапов их построения и результатов их анализа), а также дополнительной информации (например, такой, как роли и права пользовате-

лей сервиса) должно осуществляться в облачном хранилище с функцией защиты информации от программных и аппаратных сбоев;

- сервис когнитивного моделирования должен быть доступен для пользователей в любое удобное для них время и независимо от их местонахождения;
- необходимо обеспечить достаточную степень масштабируемости сервиса в связи с вероятным значительным увеличением его рабочей нагрузки по мере его развития и роста его популярности.

Отметим, что представленные условия могут быть выполнены посредством использования возможностей современных платформ облачных вычислений (таких, как Microsoft Azure, Google Cloud, Amazon Web Services) и реализации сервиса на их основе.

Во-вторых, в рамках сервиса должен быть реализован ряд возможностей по формированию и управлению группой пользователей, имеющей доступ к работе с когнитивной моделью. Среди этих возможностей выделим:

- назначение пользователей на определенные роли (эксперт, аналитик, координатор, ЛПР);
- назначение пользователям определенных прав доступа (например, только просмотр, просмотр и редактирование когнитивной карты, редактирование отдельных ее элементов, проведение статического и динамического анализа).

В-третьих, для повышения уровня удобства и скорости работы пользователей, следует обеспечить возможность синхронизации совершаемых изменений: все изменения, вносимые в когнитивную модель одними пользователями, должны отображаться в режиме реального времени у остальных пользователей, работающих с данной когнитивной моделью в этот же момент времени. При этом порядок обработки вносимых в модель изменений должен соотноситься с ролями и правами доступа пользователей. Так, полезной представляется возможность контроля изменений (и, в том числе, их подтверждения либо отмены) со стороны пользователей, обладающих более широким списком прав.

В-четвертых, поскольку распределенный способ построения НКК открывает возможности для проведения групповой экспертизы, необходимо обеспечить математическую и программную поддержку таковой (в частности, реализацию в рамках сервиса методов согласования и оценки степени согласованности суждений группы экспертов).

Перечислим ряд других требований, также представляющих значимость:

- поддержка формирования отчетов по результатам анализа когнитивной модели (при этом следует обеспечить возможность гибко настраивать содержимое отчета и форму его представления);
- возможность создания локальной копии когнитивной карты в личном профиле пользователя (при наличии у пользователя соответствующих прав) с целью дальнейшей индивидуальной работы над ней;
- возможность формирования специальных ссылок доступа, позволяющих просматривать НКК (в частности, ее изображение) людям, не имеющим учетной записи на сервисе (эта функция будет способствовать более удобному распространению НКК в случае необходимости такового);
- обеспечение механизма внедрения стороннего математического аппарата для проведения анализа когнитивной карты (необходимо для большей гибкости системы и ее открытости к внедрению сторонних разработок).

#### **Заключение**

В работе была обоснована актуальность разработки сетевого многопользовательского сервиса поддержки когнитивного моделирования. Представлен и структурирован список требований к функциональным возможностям такого сервиса. Эти требования будут учтены при его проектировании и реализации. В качестве технологии разработки выбрана платформа .NET Framework, а развертывание сервиса предполагается осуществить на платформе облачных вычислений Microsoft Azure.

#### **Список использованных источников**

1. Силов, В.Б. Принятие стратегических решений в нечеткой обстановке / В.Б. Силов – М.: ИНПРО-РЕС, 1995. – 228 с.
2. Кулинич, А.А. Компьютерные системы моделирования когнитивных карт: подходы и методы // Control sciences. – 2010. – №3. – С. 2-16.
3. Коростелев, Д.А. Система поддержки принятия решений на основе нечетких когнитивных моделей «ИГЛА» / Д.А. Коростелев, Д.Г. Лагерев, А.Г. Подвесовский // Одиннадцатая национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием КИИ-2008: Труды конференции. – В 3-х т. – Т. 3. – М.: ЛЕНАНД, 2008. – С. 329-336.

# ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФИЛЬТРА КАЛМАНА НА ДАННЫХ ОТ РЕГИСТРАТОРА ЕСТЕСТВЕННОГО ИМПУЛЬСНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ

А.Ю. Ивченко, И.А. Ботыгин  
Томский политехнический университет  
ayu11@tpu.ru

## Введение

Цифровая обработка сигналов, стала важным инструментом во многих областях науки и техники [1]. Одной из проблем данной сферы является недостоверность данных из-за шумов и сбоев регистраторов сигналов. Одним из подходов повышения достоверности измерений является фильтрация [2].

В настоящей работе для сглаживания сигнала исследовался фильтр Калмана. Фильтр Калмана (Kalman filter) – рекурсивный фильтр, оценивающий вектор состояния динамической системы, использующий ряд измерений, который может быть неполным или зашумленным, и алгоритмы прогнозирования и корректировки [3].

В работе представлена программная реализация применения фильтра Калмана к данным от многоканального геофизического регистратора МГР-1, предназначенного для регистрации электромагнитных процессов в земной коре, геофизической разведки, поиска структурных и литологических неоднородностей, мониторинга геодинамического движения земной коры, экспресс-оценки сейсмической опасности [4].

## Описание приложения

Алгоритм Калмана включает две повторяющиеся операции: фазу предсказания и фазу корректировки. На фазе предсказания оценивается состояние измеряемой величины в следующий момент времени с учетом погрешности ее измерения. На фазе корректировки новое поступившее измерение с датчика уточняет предсказанное значение (уменьшает неточность и зашумленность значения) [5].

Функциональная структура разработанного программного комплекса включает: блок подготовки данных,

Для проведения программных экспериментов с сайта <http://mgr.imces.ru/stdpub/kavkaz/vladikavkaz/> были взяты показания регистратора №26727EE0BF9F15BA от 7.06.2017 12:00 часов. Интервал между измерениями составляет 30 секунд, количество измерений равно 6201.

Для оценки эффективности алгоритма фильтрации исходный временной ряд значений регистратора был зашумлен различными сигналами, полученными из произведения константы  $U$ , равной различным частям от среднего значения ряда, и значения функции распределения Гаусса с математическим ожиданием 0 и дисперсией 1.

Для проведения экспериментов по исследова-

нию фильтра Калмана было разработано приложение в среде NetBeans на языке Java. В приложении была использована реализация фильтра Калмана, входящая в пакет Apache Commons Math 3. Для визуализации результатов экспериментов использовался фреймворк с открытым исходным кодом JFreeChart.

На рисунке 1 представлен результат эксперимента с зашумлением  $U = 0.25$  для первых 30 измерений. При данном уровне зашумления восстановленные значения близки к оригинальным. Вместе с тем, эксперименты показали ожидаемое ухудшение восстановления значений с ростом коэффициента  $U$ . На графике квадратными маркерами обозначены исходные данные, круглыми маркерами – зашумленные данные, треугольными маркерами – зашумленные данные после применения фильтра Калмана. Ось X отражает время в секундах от начала исследуемого временного ряда (12:00 07.06.2017). Ось Y отражает интенсивность естественного импульсного электромагнитного поля Земли в условных единицах.

## Сравнительный анализ алгоритмов восстановления

Было проведено сравнение результатов работ алгоритма Калмана (при  $U = 0.25$ ) и единичного применения вейвлета Хаара (Рис. 2).

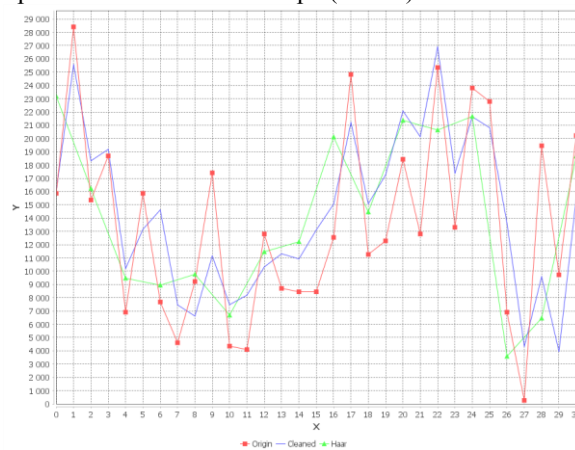


Рис. 2. Графики восстановления фильтром Калмана и вейвлетом Хаара

Квадратным маркером обозначен исходный сигнал, без маркера – зашумленный сигнал, после прохождения фильтра Калмана, треугольным маркером – зашумленный сигнал после применения вейвлета. Координатные оси аналогичны осям графика на рисунке 1.

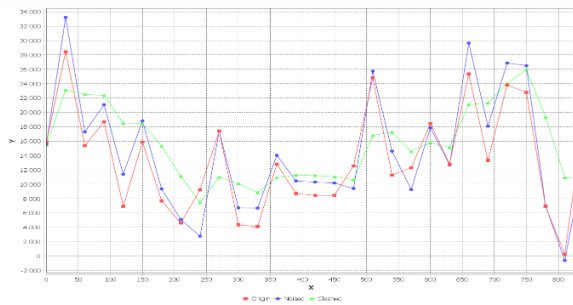


Рис 3. Фрагмент двукратного применения фильтра Калмана

Эксперименты по сравнению эффективности восстановления зашумленных значений с использованием фильтра Калмана и вейвлета Хаара показали преимущество фильтра над вейвлетом.

Дополнительно были проведены эксперименты по итерационному применению фильтра Калмана. На рисунке 3 представлено двукратное использование фильтра с  $U = 0.25$ .

Обозначения эквивалентны графику на рисунке 1.

Итерационный эффект проявляется в усилении сглаживания исходных значений, что может привести к потере важной информации.

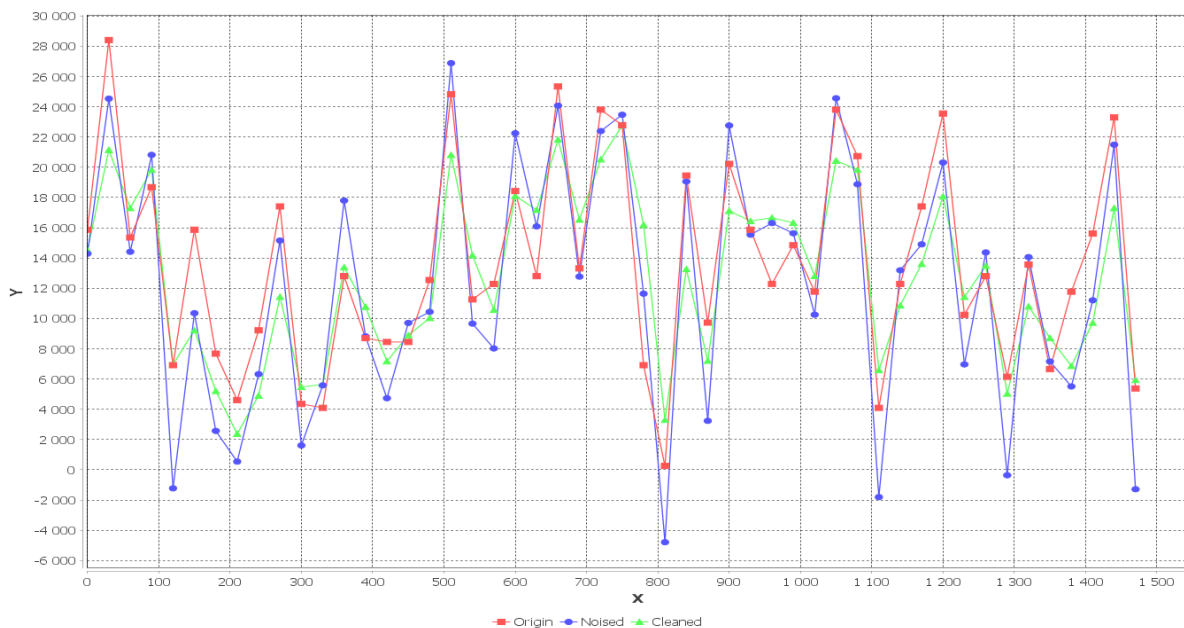


Рис. 1. Применение фильтра Калмана к зашумленному сигналу

### Заключение

На основе полученных результатов сделан вывод об эффективности единичного применения фильтра Калмана к данным от датчиков естественного импульсного электромагнитного поля Земли для восстановления зашумленных значений.

### Список использованных источников

1. Цифровая обработка сигналов // Лаборатория информационные технологии. URL: [http://www.itlab.unn.ru/archive/lectures/DSP/DSP\\_Lectures.pdf](http://www.itlab.unn.ru/archive/lectures/DSP/DSP_Lectures.pdf) (дата обращения: 19.11.2018).
2. Сглаживание цифровых сигналов // Хабрахабр. URL: <https://habr.com/post/184728/> (дата обращения: 19.11.2018).

3. Бегеза М. В. Проблемы применения фильтра Калмана в промышленной автоматизации // Научно-техническая библиотека ТПУ. URL: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext/c/2015/C50/013.pdf> (дата обращения: 19.11.2018).
4. Многоканальный геофизический регистратор МГР-1 // IMCES. URL: <http://www.imces.ru/index.php?rm=news&action=view&id=405> (дата обращения: 19.11.2018).
5. Фильтр Калмана – Введение. // Хабрахабр. – URL: <https://habr.com/post/140274/> (дата обращения: 19.11.2018).

# СТОХАСТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ НА РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ИТОГОВОЙ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ УЧЕНИКОВ ИЗ РАЗНЫХ СТРАН

В.А. Клековкин

Научный руководитель – Ю.Я. Кацман, к.т.н., с.н.с.

Томский политехнический университет

vak37@tpu.ru

## Введение

Стохастическое моделирование позволяет сгенерировать множество равновероятных реализаций, обладающих свойствами исходного распределения [1]:

- одинаковой с исходным распределением плотностью распределения;
- точным воспроизведением исходных данных;
- одинаковой с исходным распределением пространственной структурой.

Стохастические методы основываются на предположении, что анализируемые данные являются реализациями случайного процесса. Это позволяет, используя имеющиеся измерения как

зафиксированные значения, получить бесконечно много значений переменной в точке оценивания [2].

Факторный анализ - многомерный метод, применяемый для изучения взаимосвязей между значениями переменных. Предполагается, что известные переменные зависят от меньшего количества неизвестных переменных и случайной ошибки [3].

## Анализ результатов контрольной работы

Имеется выборка, которая содержит результаты выполнения итоговой контрольной работы по информатике выпускников из разных стран. Были построены гистограммы по суммарному баллу учеников из разных городов. Что касается среднего балла, который набрали ученики из всех стран за выполнение данной работы, он равен 58,5. Гистограмма суммарных баллов показана на рисунке 1.

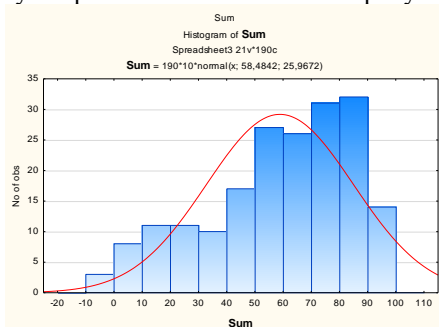


Рис. 1. Оценка качества выполнения контрольной работы

На рис. 1 для сравнения приведена кривая нормального распределения с соответствующими параметрами. Опытные данные значительно отличаются от нормального распределения (критерий "хи квадрат", что делает не корректным применение дисперсионного анализа) [4].

Выполнена проверка критерия (рангового) Краскела-Уоллиса для выборки (рис.2), причем нулевая гипотеза – качество выполнения работ у выпускников разных стран – одинаково.

Анализируя средние значения рангов, представленные в результирующем отчете, можно говорить о значительном влиянии фактора на успешность выполнения контрольной.

Kruskal-Wallis ANOVA by Ranks: Суммарный балл (Spreadsheet3)				
Independent (grouping) variable: Страна				
Kruskal-Wallis test: H (4, N= 190) =47,04292 p =,0000				
Depend.:	Code	Valid N	Sum of Ranks	Mean Rank
Суммарный балл				
Казахстан	101	98	10542,00	107,571
Киргизия	102	20	794,50	39,725
Таджикистан	103	15	1105,50	73,700
Узбекистан	104	16	788,00	49,250
Россия	105	41	4915,00	119,878

Рис. 2 Результаты теста Краскела-Уоллиса по странам

Из результатов следует, что лучшие показатели у учеников из России (119,9), а худшие – у учеников из Киргизии (39,7). В нашем случае статистика  $H = 47,04$  и нулевую гипотезу можно принять с вероятностью  $p = 0.000$ . Поскольку заданный нами уровень значимости много больше  $\alpha = 0.05$ , то нулевую гипотезу следует отвергнуть в пользу альтернативной гипотезы  $H_1$  – влияние фактора существенное, т.е. качество выполнения контрольной работы у выпускников разных стран – различно.

На следующем этапе исследований была проведена параллельность (равносильность) вариантов контрольной работы по информатике. Для проверки равносильности вариантов применен критерий Манна-Уитни [5]. В критерии Манна – Уитни сформулируем нулевую гипотезу  $H_0$  исходные две выборки – однородны, соответственно гипотеза  $H_1$  утверждает, что выборки не однородны, т. е. влияние фактора значимо. Результаты теста представлены на рисунке 3.

Mann-Whitney U Test (Spreadsheet5)										
By variable Variant										
Marked tests are significant at p < .05000										
variable	Rank Sum	Rank Sum	U	Z	p-value	Z	p-value	Valid N	Valid N	2*1sided
	Group 1	Group 2			adjusted		adjusted	Group 1	Group 2	exact p
Sum	3541,500	3718,500	1711,500	-0,461880	0,644168	-0,461890	0,644088	60	60	0,643450

Mann-Whitney U Test (Spreadsheet5)										
By variable Variant										
Marked tests are significant at p < .05000										
variable	Rank Sum	Rank Sum	U	Z	p-value	Z	p-value	Valid N	Valid N	2*1sided
	Group 1	Group 3			adjusted		adjusted	Group 1	Group 2	exact p
Sum	4010,500	4504,500	2019,500	0,373612	0,708694	0,373700	0,708624	60	70	0,707890

Mann-Whitney U Test (Spreadsheet5)										
By variable Variant										
Marked tests are significant at p < .05000										
variable	Rank Sum	Rank Sum	U	Z	p-value	Z	p-value	Valid N	Valid N	2*1sided
	Group 2	Group 3			adjusted		adjusted	Group 1	Group 2	exact p
Sum	4172,000	4343,000	1858,000	1,127840	0,259386	1,128074	0,259296	60	70	0,260350

Рис. 3 Результаты теста Манна-Уитни по вариантам заданий

Для вариантов 1 и 2 нулевую гипотезу можно принять с вероятностью  $p = 0,644168$ . При 5% уровне значимости следует принять гипотезу  $H_0$ , варианты 1 и 2 можно признать равносильными.

Сравнивая варианты 1 и 3, мы также убедились, что изменение незначимо и две выборки можно



признать однородными. Что касается вариантов 2 и 3, то нулевую гипотезу можно принять с вероятностью  $p = 0,259388$ , что больше уровня значимости. На основании этого принимаем нулевую гипотезу, две выборки можно признать однородными. Исходя из анализа, можно сделать вывод, что варианты заданий одинаковы по сложности, так как все выборки являются однородными и отличаются незначимо.

Контрольная работа состоит из 11 задач. Произведена оценка уровня сложности выполнения задач, а также выявлены минимальные и максимальные баллы за задания (рис. 4).

Variable	Descriptive Statistics (Spreadsheet5)						
	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Variance	Std.Dev.	Standard Error
1 задача	190	3,831571	0,00	5,000000	3,44231	1,855360	0,134600
2 задача	190	4,447361	0,00	7,000000	9,62421	3,102280	0,225060
3 задача	190	3,436841	0,00	5,000000	4,74461	2,178220	0,158020
4 задача	190	5,068421	0,00	10,000000	20,18041	4,492260	0,325900
5 задача	190	4,931571	0,00	7,000000	9,66191	3,108360	0,225500
6 задача	190	6,757891	0,00	12,000000	31,54951	5,616890	0,407490
7 задача	190	6,115781	0,00	12,000000	28,84361	5,370630	0,389620
8 задача	190	4,521051	0,00	8,000000	1,99691	1,413120	0,102510
9 задача	190	9,310521	0,00	11,000000	14,08821	3,753430	0,272300
10 задача	190	6,142101	0,00	15,000000	23,81561	4,880130	0,354040
11 задача	190	3,752631	0,00	15,000000	30,99141	5,566990	0,403870

Рис. 4. Сводная таблица данных по всем заданиям

Исходя из данной таблицы, можно сделать вывод, что ученики наиболее успешно справились с заданиями 1 и 9 (средний балл минимально отличается от максимума). Самой сложной задачей для учеников стала 11 (средний балл слишком далек от максимума). Что касается 6, 7, 11 задач, то можно убедиться, что данные задания были выполнены неоднозначно, с большим разбросом в плане результатов (об этом говорят высокие значения дисперсии). Наиболее одинаково была решена 8 задача.

Также был проведен анализ выполненных заданий по странам. На рисунке 5, для примера, представлены результаты по 1 и 6 задачам. Можно сделать вывод, что и с 1 и с 6 задачей лучшего всего справились ученики из России, а хуже всего 1 задачу выполнили ученики из Узбекистана, а 6 из Таджикистана и Узбекистана.

Kruskal-Wallis ANOVA by Ranks: 1 задача (Spreadsheet5)				
Independent (grouping) variable: Страна				
Kruskal-Wallis test: H (4, N= 190) =20,91988 p =.0003				
Depend.:	Code	Valid N	Sum of Ranks	Mean Rank
1 задача				
Kazakhstan	106	98	9765,000	99,6429
Kirghizia	107	20	1518,000	75,9000
Tadzhikistan	108	15	1276,500	85,1000
Uzbekistan	109	16	950,000	59,3750
Russia	110	41	4635,500	113,0610

Kruskal-Wallis ANOVA by Ranks: 6 задача (Spreadsheet5)				
Independent (grouping) variable: Страна				
Kruskal-Wallis test: H (4, N= 190) =54,36793 p =.0000				
Depend.:	Code	Valid N	Sum of Ranks	Mean Rank
6 задача				
Kazakhstan	106	98	9602,500	97,9847
Kirghizia	107	20	1429,500	71,4750
Tadzhikistan	108	15	747,500	49,8333
Uzbekistan	109	16	829,500	51,8438
Russia	110	41	5536,000	135,0244

Рис. 5. Сравнение по странам, 1 и 6 задачи

## Заключение

Практическим результатом работы стало проведение статистического анализа результатов итоговой контрольной работы по информатике выпускников из следующих стран: Казахстан, Киргизия, Таджикистан, Узбекистан, Россия, с применением факторного анализа. Выявлены существующие связи и проверены гипотезы. Построены гистограммы для выявления уровня подготовки учеников, выявлен уровень сложности контрольной работы путем определения среднего суммарного балла всех учеников, произведен сравнительный анализ показателей выполнения работы учениками по странам, произведено ранжирование, выявлены лучшие и худшие показатели. Также выявлен уровень сложности выполнения задач, произведена проверка зависимости успешного выполнения контрольной работы от варианта. Работа выполнялась в прикладном математическом пакете Statistica.

## Список использованных источников

1. Каневский М.Ф., Демьянов В.В. Непараметрическая геостатистика, стохастическое моделирование и анализ радиоэкологических данных. Препринт ИБРАЭ, IBRAE-95-10, Москва 1994.
2. Нехороших Д.С., Демьянов В.В., Каневский М.Ф., Чернов С.Ю., Савельева Е.А. Стохастическое моделирование пространственно распределенных данных по окружающей среде. Препринт № IBRAE-2000-05. Москва: Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН. Апрель 2000. 28 с.
3. Кобзарь, А. И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников / А. И. Кобзарь – М.: Физматлит, 2006. – 816 с.
4. Кацман, Юлий Янович. Статистический анализ индивидуальных заданий по теории вероятностей [Электронный ресурс] / Ю. Я. Кацман // Известия Томского политехнического университета [Известия ТПУ] / Томский политехнический университет (ТПУ). — 2014. — Т. 325, № 5: Информационные технологии. — [С. 84-90].
5. Кацман, Юлий Янович. Влияние контекстных факторов на оценку эффективности работы школ Томской области [Электронный ресурс] = The influence of contextual factors on the assesment of the effectiveness of work of schools in the Tomsk Region / Ю. Я. Кацман, А. В. Лепуштин, Б. В. Илюхин // Современные проблемы науки и образования. — 2014. — № 6. — [11 с.].

# РАЗРАБОТКА ОНТОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ВЕБ-СЕРВИСА РЕКОМЕНДАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ АБИТУРИЕНТОВ

Е.И. Колпакова  
И.Ю. Шполянская

Ростовский государственный экономический университет (РИНХ)  
Murka007kolpakova@mail.ru

## Введение

В настоящее время рынок образовательных услуг, особенно в крупных городах, представлен большим числом высших учебных заведений, как государственных, так и коммерческих, что с одной стороны предоставляет абитуриентам большой выбор, а с другой затрудняет его ориентацию в разнообразии предлагаемых образовательных услуг [1]. Абитуриенты, которые выбирают специальность, не соответствующую своим интересам, возможностям и личностным качествам, не могут в будущем полностью реализовать себя в профессиональной деятельности.

## Создание онтологической модели веб-сервиса рекомендательной системы

Целью данной работы является создание веб-сервиса рекомендательной системы для абитуриентов с использованием онтологической модели. Создаваемая система позволит выбрать абитуриенту подходящую специальность и учебное заведение в соответствии с его предпочтениями, а образовательным учреждениям выявить востребованные специальности, чтобы предоставить места для обучения наиболее подготовленным абитуриентам. Как абитуриентам, так и учебным учреждениям будет доступна процедура автоматического подбора подходящих специальностей/анкет. Система автоматически подберет по заданным абитуриентом предпочтениям наиболее подходящие специальности, соответствующие запросам пользователя. На рисунке 1 изображена диаграмма потоков данных в системе.

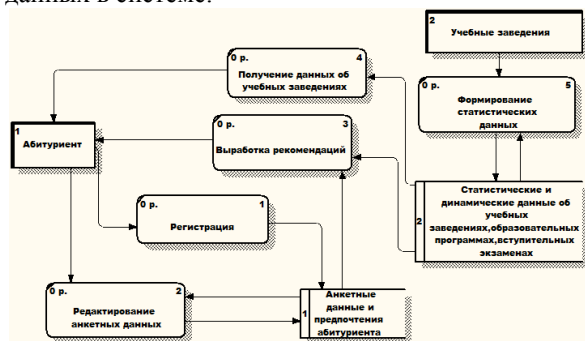


Рис. 1. Диаграмма потоков данных системы

Рекомендательная система для абитуриентов разворачивается на основе Web-сервиса представления знаний специальностей. Данный Web-сервис имеет средства семантической обработки данных, основанные на технологиях Semantic Web и методе формализованного описания предметной области с

помощью онтологий. В качестве хранилища данных в рекомендательном сервисе используется Jena Fuseki Web Server, в котором хранится база знаний в виде RDF утверждений.

Онтология обеспечивает детальную формализацию предметной области с помощью концептуальной схемы [2]. Интеллектуальные системы, которые используют онтологии в качестве базы знаний, могут быть легко модифицированы в случае необходимости. Онтология позволяет в динамическом режиме формировать структуру профилей пользователей на основе учета их интересов и предпочтений, с тем, чтобы система представляла им соответствующие рекомендации [3]. В ходе разработки онтологии обеспечивается:

- моделирование данных и процессов с целью их оптимального представления и использования в информационной системе;
- быстрое получение логических выводов на основе обработки больших объемов данных в базе знаний с целью поддержки принятия решений;
- доступность для восприятия пользователей больших объемов сложно структурированной информации, обмен знаниями между людьми и системами [4].

Для построения онтологической модели использовался редактор онтологий Protege 4.2, с помощью которого можно создавать, редактировать, объединять, расширять, просматривать и адаптировать онтологии под различные форматы данных (XML, RDF, OWL, текстовый и др.). Созданная иерархия классов рекомендательной системы для абитуриентов изображена на рисунке 2.

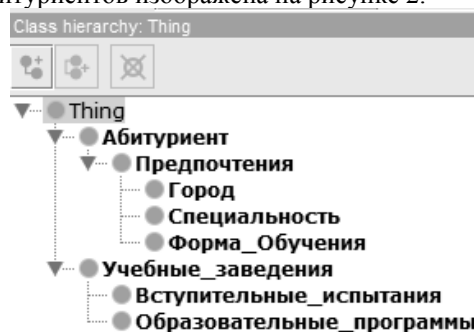


Рис. 2. Иерархия классов предметной области

В качестве основных классов используются субъекты, которые заинтересованы друг в друге. Так абитуриент нуждается в ознакомлении с учебными заведениями и их образовательными программами для будущего поступления, а учебные заведения, в свою очередь, должны представлять

всю необходимую информацию для абитуриентов, чтобы будущий студент имел представление о вузе и его образовательных программах.

На рисунке 3 изображены свойства-отношения объектов предметной области. Например, свойство «prefersCity» связывает классы «Абитуриент» и «Предпочтения».

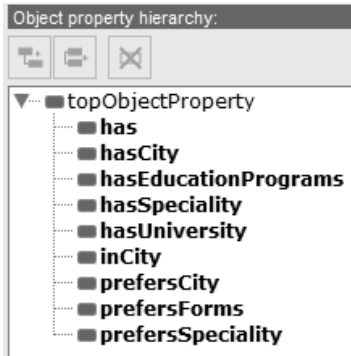


Рис. 3. Свойства объектов

После описания классов системы определяются их индивиды. Индивиды – это конкретные элементы какой-либо категории. Например, одним из индивидов класса «Учебные заведения» является университет «РИНХ». Общий граф отношений классов и их индивидов представлен на рисунке 4.

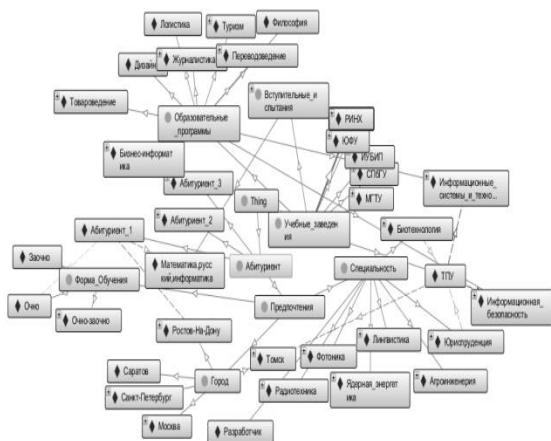


Рис. 4. Граф отношений классов и индивидов

При работе с онтологической моделью был использован язык запросов к онтологии SPARQL на основе формата RDF. Ядро SPARQL – запросы в виде простых графовых шаблонов. SPARQL определяет, как можно получить доступ к базам знаний в формате RDF/RDFS, исключает ручной анализ исходных графов, выполняет для RDF/RDFS функции, аналогичные тем, что выполняет для реляционных баз данных SQL. SPARQL позволяет извлекать такие данные, как URI, пустые узлы, типизированные и нетипизированные литералы, RDF – подграфы и много другое. Пример SPARQL – запроса представлен на рисунке 5. Данный запрос выводит список учебных заведений, в которых

присутствует образовательная программа «Информационные системы и технологии», такие как «МГУ», «РИНХ», «СПбГУ», «ТПУ» и др.

```

PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
PRE-
FIXxsd:<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>
PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX ex: <http://www.semanticweb.org/kolpakovabiturient#>
SELECT ?Учебные_заведения
WHERE {?Учебные_заведения
ex:hasEducationPrograms ex:Информационные системы и технологии}

```

Рис. 5. Пример SPARQL-запроса

### Заключение

Разработанная онтология дает возможность структурировать в информационной системе все существующие отношения между субъектами данных, позволяет формировать запросы для абитуриентов, которые отбирают образовательные программы, исходя из своих возможностей и предпочтений. А вузы, в свою очередь, могут производить мониторинг востребованных специальностей и потенциальных студентов, с тем, чтобы соответственно вносить корректировки в свои учебные планы и образовательные программы.

### Список использованных источников

1. Лазарева А.Н. Математическое и программное обеспечение поддержки выбора образовательной траектории индивидуума / А.Н.Лазарева, О.Ю.Зорина, А.А. Захарова // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2012. – № 04. – С. 34-39.
2. Gruber T. R. Towards Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing // International Workshop on Formal Ontology, Padova, Italy, 1993.
3. Шполянская И.Ю. Архитектура адаптивной Web-ориентированной системы взаимодействия с клиентами, основанной на технологиях Web Mining // Прикладная информатика. 2017. № 2 (68). С. 5-12
4. Онтологии и тезаурусы: модели, инструменты, приложения: учебное пособие / Б.В. Добров, В.В. Иванов, Н.В. Лукашевич, В.Д. Соловьев. М.: Интернет-Университет Информационных технологий; Бином. Лаборатория знаний, 2009. 173 с.

# СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ РАСПОЗНАВАНИЯ ЭМОЦИЙ

В.А. Коровкин

Томский политехнический университет

alcasar@tpu.ru

## Введение

В настоящее время распознавание эмоций является одной из самых обсуждаемых тем в области машинного обучения. Результаты исследований могут быть использованы для решения различных прикладных задач: маркетинговые исследования, распознавание состояния водителя, многочисленные системы аналитики, человеко-машинное взаимодействие, робототехника и т.д.

Поэтому целью нашей работы являлось рассмотрение различных подходов для решения задачи распознавания и классификации эмоций.

Эмоции играют важную роль, как и в жизни отдельного индивида, так и при межличностном взаимодействии в социуме. Они могут выражаться различными способами: мимикой (лицом), голосом, вегетативными реакциями, позой, двигательными реакциями и т.д.

Каждый человек проявляет их по-своему. Но согласно исследованию Пола Экмана часть эмоций может быть универсальной и понятной для человека независимо от его культурной принадлежности (гнев, страх, печаль, отвращение, презрение, удивление, радость).

Сегодня широко применяются три модели к категоризации эмоций: дискретная, многомерная и гибридная.

Дискретная модель основана на категоризации эмоций на основе естественного языка. Каждая эмоция связана с семантическим параметром, то есть обладает конкретным значением (или набором значений). Теория базовых эмоций (универсальных эмоций) является ярким примером данного подхода. Таким образом, например, ностальгия – это сочетание таких базовых эмоций как радость и печаль. Стоит отметить, что сегодня существующие базовых эмоций остается спорным. Различные исследователи выделяют разное количество и типы базовых эмоций. Профессор Экман выделяет 6 первичных эмоций (гнев, страх, отвращение, удивление, печаль и радость), психоэволюционная теория Роберта Плутчика рассматривает 8 базисных эмоций (одобрение, гнев, ожидание, отвращение, радость, страх, печаль, удивление), а Дж. Грей – 3 основных эмоции. По мнению, Мауэра следует говорить, только о 2 первичных эмоциях: боль и удовольствие.

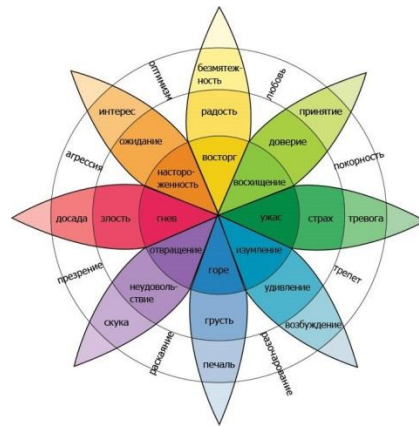


Рис. 1. Система диспозиций по Келлерману и Плутчику

Другой моделью для категоризации эмоций является многомерная. С помощью данной модели можно представить эмоции в координатном многомерном пространстве. Так как пространство является неразрывным не прерывным, то эмоции различаются по одному или нескольким параметрам (при этом они могут иметь одинаковую основу). Ярким примером описываемого подхода является модель Дж. Рассела. В ней водится двумерный базис, в котором каждая эмоция характеризуется знаком (valence) и интенсивностью (arousal). Данная модель в контексте решение задачи классификации является одной из самых востребованных.



Рис. 2. Двумерное пространство модели Дж. Рассела

Гибридные модели объединяют как дискретные, так и многомерные подходы. Отличным примером, иллюстрирующим данную модель, является «Песочные часы эмоций», которые были предложены Камбрией, Ливингстоном, Хуссейном. Каждое измерение характеризуется 6 уровнями силы, с которой выражены эмоции. Данные уровни обозначаются набором из 24 эмоций. Поэтому совершенно любая эмоция может рассматриваться как и фиксированное состояние, так и часть пространства, связанная с другими эмоциями нелинейными отношениями.

### Классический подход к задаче классификации

Самый распространённый сегодня способ определения эмоций основан по классификации ключевых точек на изображении лица.

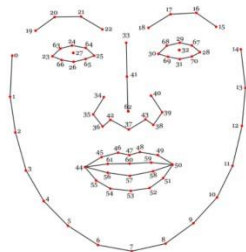


Рис. 3. Ключевые точки (facial landmarks)

Задача поиска координат ключевых точек (facial landmarks) сегодня отлично решается многочисленными алгоритмами – PDM, AAM, DPM, CNN, SML. Обычно размечают от 5 до 68 точек, которые привязываются к положению бровей, глаз, губ, носа, челюсти. Данная привязка позволяет захватить мимику объекта. Полученные координаты точек нормализуются и передаются непосредственно в классификатор. В роли классификатора может выступать метод опорных векторов (SVM) или, например, Random Forest.

Для улучшения качества получаемых результатов к координатам ключевых точек можно добавить визуальную информацию. С помощью алгоритмов и методов LBP, HOG, SIFT, LATCN и т.п. На рисунке 4 показан классический подход в классификации эмоций, где 1 – входные изображения, 2 – определение лица (например, методом Виолы-Джонса) и поиск координат ключевых точек, 3 - извлечение признаков, 4 – работа классификатора.



Рис. 3. Классический подход в распознавании эмоций

### Классификация эмоций с применением глубокого обучения

При анализе визуальных данных лучшим выбором является использование глубоких сверточных нейронных сетей. Стоит отметить, что мгновенные снимки не совсем точно отражают текущую эмоцию. Поэтому для анализа необходимо использовать последовательность кадров. В качестве нейросетевого классификатора можно использовать сеть для распознавания лиц.

Решение задачи анализа последовательности кадров можно решить двумя способами:

1. использование рекуррентной сети (LSTM);
2. использование архитектуры 3D-CNN.

В первом варианте входные данные подаются на сверточную сеть. Высокоуровневые признаки,

полученные от CNN, которая классифицирует каждый отдельный кадр, затем передаются в рекуррентную сеть. В ней происходит обработка временной составляющей.

Во втором случае непосредственная подача последовательности кадров с некоторым шагом выполняется прямо на вход сверточной нейронной сети 3D-CNN. Данная сеть использует свертки с тремя степенями свободы, которые преобразует четырехмерный вход в трехмерные карты признаков.

В общем случае можно объединить оба метода. Результат представлен на рисунке 5.

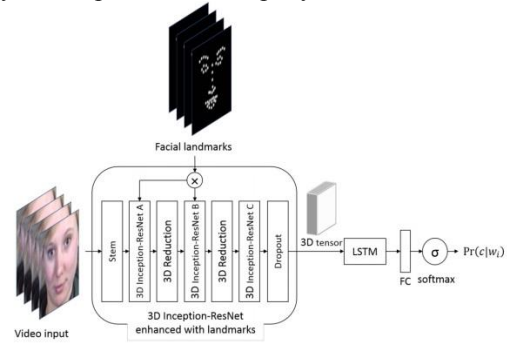


Рис. 4. Распознавание эмоций с применением deep learning

### Заключение

Были рассмотрены различные подходы для классификации эмоций. Наиболее лучшие результаты показывают методы с применением сетей глубокого обучения (CNN). Стоит отметить, что для достижения наиболее точного результата необходимо использовать (комбинировать) несколько видов входных данных: например, аудио (речь) и видео (лицо и мимика).

### Список использованных источников

1. Convolutional neural networks pertained on large face recognition dataset for emotion classification from video. [Электронный ресурс]. – URL: <https://arxiv.org/pdf/1711.04598.pdf> (дата обращения 22.11.2018).
2. A brief review of facial emotion recognition based on visual information. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.mdpi.com/1424-8220/18/2/401/pdf> (дата обращения 22.11.2018).
3. Audio-visual emotion recognition using deep transfer learning and multiple temporal models. [Электронный ресурс]. – URL: <https://dl.acm.org/citation.cfm?id=3143012> (дата обращения 22.11.2018).
4. Facial expression recognition using enhanced deep 3D convolutional neural networks. [Электронный ресурс]. – URL: <https://arxiv.org/pdf/1705.07871.pdf> (дата обращения 22.11.2018).

Работа поддержана грантом  
РФФИ №18-08-00977 А.

# ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ СОКРАЩЕНИЯ ПРИЗНАКОВОГО ПРОСТРАНСТВА ДЛЯ ТЕКСТУРНОЙ КЛАССИФИКАЦИИ ПАТОЛОГИЙ ДИССЕМИНИРОВАННОГО ТУБЕРКУЛЁЗА ЛЁГКИХ

К.А. Костин  
С.В. Аксёнов

Томский политехнический университет  
kak@tpu.ru

На сегодняшний день, согласно статистике Всемирной организации здравоохранения, туберкулёз лёгких наряду с тремя другими опасными заболеваниями органов дыхания входит в рейтинг десяти самых распространённых причин смерти человека в мире. По состоянию на 2016 год, туберкулёз занимает в нём десятую позицию – в год он забирает жизни около 1,4 миллионов человек по всему миру [1]. В России, по состоянию на 2016 год, на 100 000 человек приходится 11,5 % смертей от этого заболевания – это около 16 500 тысяч в год [2].

Одной из главных проблем борьбы с туберкулёзом на сегодняшний день, для которой до сих пор не найдено эффективного решения, является сложность его ранней диагностики. Наиболее информативными методами исследования пациентов на сегодняшний день являются лучевые методы, в частности компьютерная томография (КТ). Но диагностика с помощью такого подхода затруднена из-за высоких требований к квалификации и опыту врача, что и является частой причиной трудностей с постановкой диагноза на ранних стадиях развития заболевания [3]. Таким образом, разработка системы медицинской диагностики для автоматического детектирования и классификации различных форм туберкулёза лёгких является одной из актуальных задач на сегодняшний день.

Одной из наиболее распространённых форм туберкулёза лёгких, которая часто на ранних стадиях развития может быть расценена врачом как пневмония, является диссеминированная форма [4]. Существующие исследования по данному направлению в основном направлены на выделение некоторых визуальных характеристик патологий диссеминированного туберкулёза на снимках КТ или рентгене [5] и построение методов по их детектированию на основе алгоритмов компьютерного зрения [6].

Для построения системы диагностики диссеминированной формы туберкулёза лёгких авторами данной работы уже был реализован метод классификации патологий по данным КТ с помощью текстурных характеристик *GLCM* (*Gray Level Co-Occurrence Matrix*) [7]. Задачами текущего этапа работы над системой являются:

1. исследование пространства текстурных признаков *GLCM*;
2. применение методов сокращения этого пространства с целью улучшения результатов классификации;

3. оценка информативности признаков *GLCM* для выделения патологий диссеминированной формы туберкулёза.

Исследование проводилось на неперсонифицированных КТ-данных пациентов с подтверждённым диагнозом диссеминированного туберкулёза. Каждый снимок КТ был размечен: участки лёгких, содержащие патологию, выделены как отдельные регионы – рис. 1.

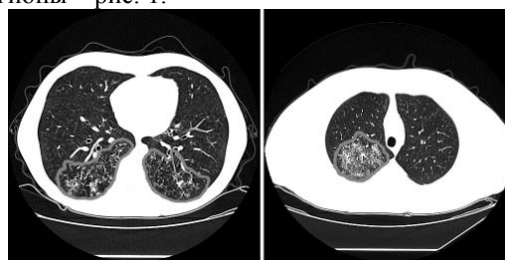


Рис. 1. Пример КТ-снимков, на которых границами выделены регионы, содержащие патологии диссеминированной формы

Существующая методология детектирования и классификации патологий диссеминации включает в себя следующие этапы:

1. сегментация участков снимка, включающих в себя только лёгкие, с помощью фильтрации изображения и кластеризации *k-means*;
2. расчёт текстурных признаков *GLCM* для каждого пикселя лёгких на снимке с экспериментально подобранными параметрами;
3. классификация векторов признаков с помощью алгоритма случайного леса и отделение участков класса патологии от участков здоровой ткани.

Для того, чтобы исследовать информативность используемых текстурных характеристик для описания патологий диссеминированной формы, были построены графики классифицируемых объектов в пространстве наиболее важных для классификатора признаков. Также были применены методы сокращения признакового пространства (*PCA* – *Principal Component Analysis* и *t-SNE* – *t-distributed Stochastic Neighbor Embedding*), позволившие преобразовать исходные признаки и так же отобразить наиболее важные из них на графиках. Это позволило лучше понять распределение значений текстурных характеристик, а также определить степень разделимости классов патологии и здоровой ткани – рис. 2.

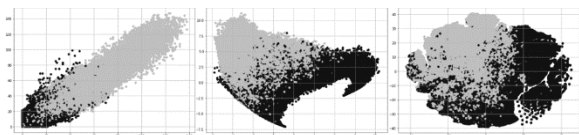


Рис. 2. Графики распределения объектов классификации в пространстве наиболее важных признаков. Слева-направо: исходные признаки, признаки *PCA*, признаки *t-SNE*

Как видно на рис. 2, классы в пространстве наиболее важных признаков (для примера приведено двухмерное пространство) трудно разделимы, что вызывает сложности при создании модели, которая могла бы достаточно эффективно разделить классифицируемые объекты в этих пространствах. Видно, что методы *PCA* и *t-SNE* значительно видоизменяют исходное пространство, однако даже они не позволяют выделить такое подпространство, в котором объекты класса патологии (светлый цвет на графиках) могли бы быть эффективно отделимы от объектов, относящихся к здоровой ткани лёгких (тёмный цвет на графиках).

Для сравнения эффективности классификации при применении методов сокращения пространства признаков, были проведены эксперименты для нескольких моделей на неизменённом признаковом пространстве и на сокращённом с помощью *PCA* – количество признаков было уменьшено с 40 до 14. Метод *t-SNE* в данных экспериментах не рассматривался из-за его низкой вычислительной эффективности. Данные эксперимента включали в себя набор признаков, полученных с 99 КТ-срезов для обучения и 417 КТ-срезов для тестирования. Сравнительные результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты экспериментов

Алгоритм	Точность	Полнота	F-мера
Лог. регр.	0,21	0,65	0,31
<i>CatBoost</i>	0,23	0,64	0,33
Случ. лес	0,35	0,58	0,43
Лог. регр. ( <i>PCA</i> )	0,18	0,68	0,28
<i>CatBoost</i> ( <i>PCA</i> )	0,21	0,64	0,32
Случ. лес ( <i>PCA</i> )	0,29	0,60	0,39

Полученные результаты демонстрируют, что применение метода *PCA* для линейного преобразования признакового пространства позволило улучшить результаты по метрике полноты (*Recall*), пожертвовав тем самым точностью (*Precision*). Таким образом, преобразовав исходное признаковое пространство, удалось уменьшить количество пропусков патологий диссеминированного туберкулёза на КТ-снимке в счёт увеличения ложных срабатываний. Также, работа в сокращённом пространстве увеличивает вычислительную эффективность при обучении модели – в среднем скорость обучения возросла в 2,5 раза.

Результаты проведённого исследования показывают, что методы сокращения размерности признакового пространства являются достаточно эффективными и позволяют не только увеличить производительность и точность решения, но и получить некоторую проекцию признакового пространства, в которой классы могут быть разделены лучше. Основной вывод данной работы формулируется из результатов исследования текстурных признаков *GLCM* – построение эффективного классификатора на этих данных затруднено и необходимо искать другие более информативные характеристики для описания патологий диссеминированного туберкулёза. Поэтому в будущем планируется изменить методологию классификации, отдельно выделив этапы детектирования области патологий и извлечения локальных текстурных дескрипторов для их описания.

Данные для исследования предоставлены Национальной академией наук Белоруссии. Исследование выполнено при поддержке гранта РФФИ №16-47-700289.

#### Список использованных источников

1. The top 10 causes of death [Электронный ресурс] / World Health Organization. 2018. URL: <http://www.who.int/news-room/factsheets/detail/the-top-10-causes-of-death> (дата обращения: 18.11.2018).
2. Russian Federation – Tuberculosis Country brief, 2016 / World Health Organization. 2018. URL: [http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0010/335539/RUS\\_TB\\_Brief\\_02\\_23-AM-edits-D1-20-03-17.pdf?ua=1](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0010/335539/RUS_TB_Brief_02_23-AM-edits-D1-20-03-17.pdf?ua=1) (дата обращения: 18.11.2018).
3. Berlin L. Accuracy of Diagnostic Procedures: Has It Improved Over the Past Five Decades? / L. Berlin // *AJR*. – 2007. – Vol. 188. – P. 1173–1178.
4. Дейкина О.Н. Дифференциальная диагностика пневмонии и туберкулёза лёгких // автореф. дис. канд. мед. наук: 14.00.05, 14.00.26. Моск. гос. мед.-стом. ун-т. – 2005. – 25 с.
5. Feng F. Radiological characterization of disseminated tuberculosis in patients with AIDS / F. Feng, G. Xia, Y. Shi, Z. Zhang // *Radiology of Infectious Diseases* – 2016 – Vol. 3, Issue 1 – Pp. 1-8.
6. Ramya R. Automatic tuberculosis screening using canny Edge detection method / R. Ramya, P.S. Babu // *ICECS* – 2015 – Pp. 282-285.
7. Костин К.А., Ламонова Т.С., Аксёнов С.В. Классификация патологий диссеминированного туберкулёза лёгких с помощью методов машинного обучения // Научная сессия ТУСУР – 2018: Материалы международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных – избранные статьи: в трёх частях., Томск, 16-18 Мая, 2018. – Томск: ТУСУР, 2018 – часть 3, С. 129-132.

# АЛГОРИТМ ФАЗОЧАСТОТНОЙ ДЕКОНВОЛЮЦИИ

А.Е. Козлов

Томский политехнический университет  
aek36@tpu.ru

## Введение

При обработке и интерпретации данных сейсмических наблюдений, значительное развитие получили методы деконволюции, направленные на получение геологических разрезов с высокой разрешающей способностью [1-5]. В общем случае деконволюция представляет собой процесс, улучшающий временную разрешающую способность сейсмических данных, сжимая основной сейсмический импульс [6].

С математической точки зрения деконволюция является операцией, основанной на обратной свертке сигналов. Однако в большинстве известных алгоритмов деконволюции используют только информацию об энергетических спектрах сигналов, а фазочастотными характеристиками отраженных волн пренебрегают [7-11].

Таким образом, в ряде случаев применение методов деконволюции не позволяет получать надежные оценки временного положения отражающих границ. Поэтому разработка методов деконволюции, использующих наряду с амплитудными спектрами и фазовые спектры сейсмических сигналов, имеет весьма актуальное значение.

## Описание алгоритма

В соответствии с изложенным выше рассмотрим возможность применения для решения задач деконволюции сжатия ранее разработанный алгоритм фазочастотного прослеживания сейсмических волн [12].

В общем случае основная идея методов фазочастотного прослеживания состоит в вычислении мгновенных фазовых спектров участков сейсмотрассы в скользящем вдоль трассы окне анализа и формировании на их основе функции правдоподобия (критерий оценки временного положения сигналов) следующего вида [12]:

$$\ln L(t) = \sum_{k=1}^m w(\omega_k) \cos[\varphi(\omega_k, t)], \quad (1)$$

где  $w(\omega_k)$  – задаваемая искусственно частотная весовая функция;  $\varphi(\omega_k, t)$  – мгновенный фазовый спектр участка трассы, вычисляемый в скользящем окне анализа. В зависимости от вида  $w(\omega_k)$  в (1), можно выделить алгоритмы с равновесной обработкой ( $w(\omega_k)$  принимается равной единице во всей полосе частот) и алгоритмы с неравновесной обработкой. Для алгоритма с неравновесной обработкой  $w(\omega_k)$  может быть задана с помощью треугольной, синусоидальной или иной функции.

Нетрудно показать, что выражение (1) можно рассматривать как результат фильтрации исходного сигнала обратным фильтром, который выравнивает амплитудный спектр сигнала (значения

спектра принимаются равными единице во всем диапазоне частот), что должно приводить к сжатию сигнала. Чтобы убедиться в этом, проведем вычислительный эксперимент.

## Результаты вычислительного эксперимента

Примем в качестве исходного сигнала - импульс с «колокольной» огибающей (рис. 1) и сформируем модель сейсмической трассы из трех импульсов, для чего построим единичную последовательность (рис. 2).

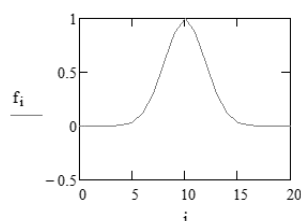


Рис. 1. Импульс с колокольной огибающей

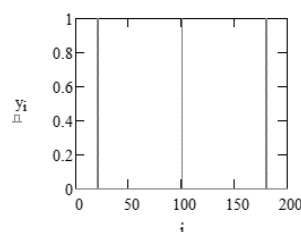


Рис. 2. Единичная последовательность

Как известно математическая модель сейсмической трассы представляет собой свертку импульса с единичной последовательностью. Поэтому для формирования свертки перейдем сначала в спектральную область, где перемножим Фурье - образы импульса и последовательности, а затем выполним обратное преобразование Фурье.

На рис. 3 представлена модель сейсмической трассы.

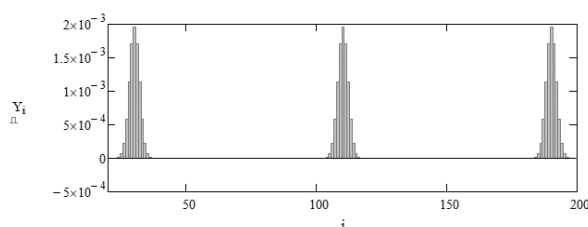


Рис. 3. Модель сейсмической трассы

Для данной модели был проведен расчет мгновенных фазовых спектров, необходимых для формирования выражения (1). Сам процесс вычисления был реализован с помощью



дискретного преобразования Фурье (ДПФ) в скользящем вдоль трассы окне анализа. Длительность окна анализа принималась равной длительности отдельного импульса. Шаг дискретизации по частоте принимался равным одному Гц. На рис. 4 представлена модель сейсмотрассы после фазочастотного прослеживания.

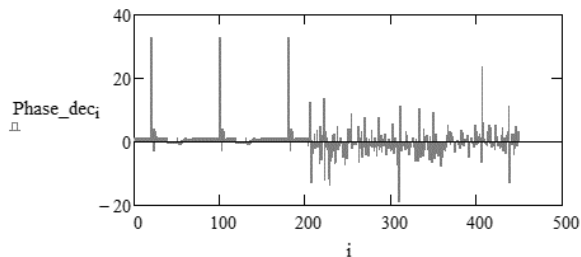


Рис. 4. Модель сейсмотрассы после фазочастотного прослеживания

Из рисунка 4 видно, что применение алгоритма фазочастотного прослеживания позволило существенно сжать импульсы и приблизить их практически к единичным импульсам, что говорит о принципиальной возможности применения алгоритма фазочастотного прослеживания для решения задач деконволюции сжатия. Однако, следует отметить, что в процессе прослеживания возникли высокочастотные помехи (см. рис. 4). Для удаления помех был использован фильтр низких частот, результат применения которого приведен на рис. 5.

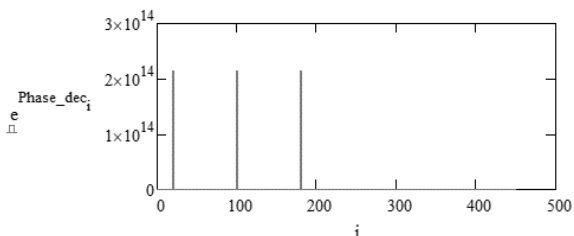


Рис. 5. Модель сейсмической трассы после фазочастотного прослеживания и низкочастотной фильтрации

Как видно из рисунка 5, модель сейсмической трассы содержит три ярко выраженных единичных импульса.

### Заключение

Таким образом, проведенные исследования на модели сейсмической трассы показали, что алгоритм фазочастотного прослеживания (выражение 1) может быть использован для решения задачи деконволюции. Однако, для объективной оценки ка-

чества предложенного алгоритма необходимо провести многочисленные эксперименты для различных моделей волнового сейсмического поля.

### Список использованных источников

1. Mohamed Mhmod, Feng Xuan, Xu Cong. Parameters effects on spiking deconvolution of land seismic data // *Global Geology*. – 2015. – V. 18 (4). – P. 226–231.
2. Романов В.В. Возможности повышения разрешенности сейсмограмм метода преломленных волн (МПВ) // *Технологии сейсморазведки*. – 2013. – № 4. – С. 67–73.
3. Станкевич Л.С. Обработка сейсмических разрезов методом динамического сжатия // *Геофизика, геофизическое приборостроение*. – 2015. – № 1 (21). – С. 78–85.
4. Митрофанов Г.М. Гомоморфная фильтрация и слепая деконволюция // *Технологии сейсморазведки*. – 2015. – № 1. – С. 46–56.
5. Egbai J.C., Atakpo E., Aigbogun C.O. Predictive deconvolution in seismic data processing in Atala prospect of rivers State, Nigeria // *Advances in Applied Science Research*. – 2012. – V. 3 (1). – P. 520–529. и др.
6. Сильвия М.Т., Робинсон Э.А. Обратная фильтрация геофизических временных рядов при разведке на нефть и газ. – М.: Недра, 1983. – 382 с.
7. Lindberg D.V., More H. Blind Categorical Deconvolution in Two-Level Hidden Markov Models // *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. – 2014. – V. 52. – P. 7435–7447.
8. Idan Ram, Israel Cohen. Multichannel Deconvolution of Seismic Signals Using Statistical MCMC Methods // *IEEE Transactions on signal processing*. – 2010. – V. 58. – № 5. – P. 2757–2770.
9. Deconvolution of Seismic Signals in Time and Frequency Domain / Kedarnath Senapati, Aurobinda Routray, Santosh Dhubia, William Kumar Mohanty // *International Journal of Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition*. – 2011. – V. 4. – № 1. – P. 29–47.
10. Optimal Seismic Deconvolution: Distributed Algorithms / K.N. Plataniotis, S.K. Katsikas, D.G. Lainiotis, A.N. Venetsanopoulos // *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. – 1998. – V. 36. – P. 779–792.
11. Veeken P.C.H., Da Silva M. Seismic inversion methods and some of their constraints // *First break*. – 2004. V.22. P.47–70.
12. Kochegurov A.I., Kochegurova E.A., Kupina N.A. Detection accuracy of the temporary state of complex signals using phase-frequency tracking methods with equilibrium and non-equilibrium processing // *Advances in Intelligent Systems and Computing*. – 2015. – V. 342. – P. 27–36.

# АЛГОРИТМЫ ПОНИМАНИЯ ТЕКСТА МЕТОДАМИ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Н.А. Кривошеев  
Научный руководитель – В.Г. Спицын  
Томский политехнический университет  
nikola0212@mail.ru

## Аннотация

В данной статье рассматривается задача классификации текстов с помощью многослойного персептрона и сверточной нейронной сети. Рассмотрена предобработка текстовых данных в виде посимвольного преобразования текста. Приведены результаты обучения и тестирования нейронных сетей различных топологий на тестовой выборке fetch\_20newsgroups [1]. Все программы реализованы на языке Python, с использованием библиотеки keras.

## Введение

На данный момент одной из наиболее популярных задач, является понимание текста. К данной задаче относятся: классификация, перевод, ответы на вопросы и др. В данной статье будет рассмотрена задача классификации текста методами глубокого обучения нейронных сетей. Задача классификации является одной из традиционных в машинном обучении, в связи с чем существуют тренировочные данные для обучения нейронных сетей. Существует множество решений данной задачи [3, 4, 5]. Далее будут рассмотрены возможные решения задачи классификации текстов, с приведением результатов тестирования на тестовых выборках fetch\_20newsgroups [1].

## Предобработка данных

Первичная предобработка заключается в замене больших букв маленькими, и в удалении малоинформативных и редких символов. К малоинформативным символам были отнесены символы: табуляция, перевод строки, длинная последовательность одинаковых символов (например, множество из трех и более звездочек) и др. К редким символам относятся символы, используемые во всей выборке не более нескольких десятков раз. В результате очистки текста в данной работе используется алфавит из 65 символов.

Следующим этапом предобработки является преобразование в вектора или числа (в случае использования слоя keras Embedding). Существуют различные методы предобработки текстовых данных [3, 5], в данной работе использовалось посимвольное преобразование текста в вектора.

Посимвольное преобразование текста позволяет преобразовать текст в вектор для нейронной сети с наименьшими затратами времени. Каждый символ заменяется на соответствующий ему вектор, для этого не требуется производить дополнительных вычислений.

В данной работе использовался слой Embedding, осуществляющий преобразование символов в вектора автоматически. Перед подачей данных на слой, необходимо заменить символы соответствующими им числами.

Во время предобработки или после, все тексты стандартизируются (обрезаются или заполняются) до заданной длины. В данной работе все тексты стандартизировались до длины текста в 2 000 символов.

## Результаты обучения и тестирования нейронных сетей

Далее будут рассмотрены результаты тестирования нейронных сетей двух различных топологий:

- Многослойный персептрон прямого пространства;
- Сверточная нейронная сеть (как с использованием, так и без использования слоев Pooling);

Все топологии нейронных сетей, приведенные в таблицах ниже, обучались с помощью метода NADAM [2], с использованием категориальной функции потерь (categorical\_crossentropy). Во всех скрытых слоях нейронной сети используется функция активации RELU. Выходной слой использует функцию активации softmax.

Программный код многослойного персептрона, где N количество нейронов, а tipe количество классов приведен в Таблица 1:

Таблица 1. Программный код многослойного персептрона на языке Python.

```
model = Sequential()
# Слой для векторного представления слов
model.add(Embedding(65, 64, input_length=2000))
model.add(SpatialDropout1D(0.1))
# Полносвязный слой
model.add(Flatten())
model.add(Dropout(0.25))
model.add(Dense(N, activation="relu"))
model.add(Dense(tipe, activation="softmax"))
# Компилируем модель
model.compile(loss='categorical_crossentropy',
              optimizer='nadam',
              metrics=['accuracy'])
```

Программный код сверточной нейронной сети, где N и M количество нейронов, K ширина окна в символах, L ширина окна в символах слоя Pooling, а tipe количество классов приведен в Таблице 2.

Таблица 2. Программный код сверточной нейронной сети на языке Python.

```

model = Sequential()
# Слой для векторного представления слов
model.add(Embedding(65, 64, input_length=2000))
model.add(SpatialDropout1D(0.1))
# Слой сверточной нейронной сети
model.add(Conv1D(M, K))
model.add(MaxPooling1D(L))
# Полносвязный слой
model.add(Flatten())
model.add(Dropout(0.25))
model.add(Dense(N, activation="relu"))
model.add(Dense(tipe, activation="softmax"))
# Копмилируем модель
model.compile(loss='categorical_crossentropy',
              optimizer='nadam',
              metrics=['accuracy'])
    
```

Было проведено тестирование нейронных сетей на тестовой выборке fetch\_20newsgroups [1], с использованием посимвольного преобразования текста. Использовались нейронные сети следующих топологий:

- Многослойный перцептрон:
  1. N=25;
  2. N=50;
  3. N=100.
- Сверточная нейронная сеть:
  1. N=50, M=25, K=5, L=50;
  2. N=100, M=50, K=5, L=50;
  3. N=50, M=25, K=5, L=3.

Точность распознавания в процентах на тестовой выборке приведена в Таблице 3. Данные результаты были получены на основе не более трех тестов для каждой топологии. В результате точность нейронных сетей с топологиями, в которых меньше нейронов, может быть выше чем у нейронных сетей с большим количеством нейронов. Количество примеров в классе может сильно отличается от среднего количества примеров, часть из которых сильно различаются по смыслу. В результате это могло повлиять на точность распознавания третьей топологии сверточной нейронной сети. Классы из выборки для тестирования брались в алфавитном порядке. Список классов выборки: 'alt.atheism', 'comp.graphics', 'comp.os.ms-windows.misc', 'comp.sys.ibm.pc.hardware', 'comp.sys.mac.hardware', 'comp.windows.x', 'misc.forsale', 'rec.autos', 'rec.motorcycles', 'rec.sport.baseball'.

Таблица 3. Результаты тестирования нейронных сетей.

Топология нейронной сети		3 класса	10 классов	20 классов
Многослойный перцептрон	1	51%	20.5%	5%
	2	50%	21%	9%
	3	52%	23%	16%
Сверточная нейронная сеть	1	81%	56%	50%
	2	81.25%	53%	52%
	3	57.5%	10%	14%

В результате тестирования на тестовом множестве fetch\_20newsgroups [1] многослойный перцептрон оказался не эффективен, а сверточная нейронная сеть показала наивысшую точность. По результатам тестирования следует заметить, что при увеличении количества используемых классов, точность распознавания значительно уменьшается.

#### Заключение

На основе полученных результатов можно сделать вывод, что использование сверточных нейронных сетей с широким окном пулинга (50 символов и более), значительно повышает точность классификации.

Работа поддержана грантом РФФИ № 18-08-00977 А.

#### Список использованных источников:

1. sklearn.datasets.fetch\_20newsgroups [Электронный ресурс]. — Режим доступа: URL: [https://scikit-learn.org/stable/modules/generated/sklearn.datasets.fetch\\_20newsgroups.html](https://scikit-learn.org/stable/modules/generated/sklearn.datasets.fetch_20newsgroups.html) (22.11.2018)
2. An overview of gradient descent optimization algorithms [Электронный ресурс]. — Режим доступа: URL: <http://ruder.io/optimizing-gradient-descent/index.html#nadam> (22.11.2018)
3. Общий взгляд на машинное обучение: классификация текста с помощью нейронных сетей и TensorFlow [Электронный ресурс]. — Режим доступа: URL: <https://tproger.ru/translations/text-classification-tensorflow-neural-networks/> (21.11.2018)
4. Классификация предложений с помощью нейронных сетей без предварительной обработки [Электронный ресурс]. — Режим доступа: URL: <https://habr.com/company/meanotek/blog/256593/> (21.11.2018)
5. Классификация текста с помощью нейронной сети на Java [Электронный ресурс]. — Режим доступа: URL: <https://habr.com/post/332078/> (21.11.2018)

# ПЕРВИЧНЫЙ СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ОСНОВНЫХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ И РАДИАЦИОННЫХ ДАННЫХ ПО ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

К.А. Лемешонок, И.А. Ботыгин  
Томский политехнический университет  
kal9@tpu.ru

## Введение

В настоящее время прогнозирование и анализ метеорологических данных является актуальной проблемой, так как человек активно взаимодействует с окружающей средой [1, 2]. Существует множество различных ресурсов, предоставляющих хронологическую последовательность измерений различных метеорологических характеристик [3]. Одним из таких ресурсов является портал Томского Института мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, предоставляющий различные метеорологические и радиационные данные по Томской области.

Одним из наиболее востребованных направлений в обработке измерений является их статистический анализ [4].

В настоящей работе осуществлена разработка программного обеспечения для визуализации, первичной статистической обработки и частотно-временного анализа метеорологических и радиационных данных различных метеостанций Томской области.

## Описание алгоритма

Для мониторинга основных метеорологических и радиационных данных по Томской области спроектирована и реализована сеть аппаратно-программных пунктов наблюдения. Данная сеть включает в себя множество метеорологических станций, расположенных в Томской области. Этими пунктами наблюдения производится измерение следующих характеристик: уровень осадков, температура окружающей среды, атмосферное давление, скорость и направление ветра, влажность воздуха, поток фотоактивной радиации, влажность почвы и многие другие метеорологические параметры. Измерения происходят в автоматическом режиме и передаются на сервер хранения данных.

Обобщенная функциональная структура разработанного программного обеспечения включает в себя: пользовательский интерфейс, блок взаимодействия с сервером данных, блок обработки данных, блок экспорта/импорта данных.

Для реализации данного программного обеспечения был выбран язык Python. Выбор языка обусловлен широким выбором библиотек для статистической обработки данных, а также их визуализации.

Пользовательский интерфейс позволяет осуществить выборку необходимых данных для дальнейшей обработки и визуализации. В частности, предоставляется возможность указать дополнительные параметры выборки, такие как: станция,

серийный номер датчика, дата начала и окончания измерений, строить графики по различным характеристикам набора данных, масштабировать их, сдвигать по осям, а также сохранять на жестком диске в графическом формате PNG (рис. 1).

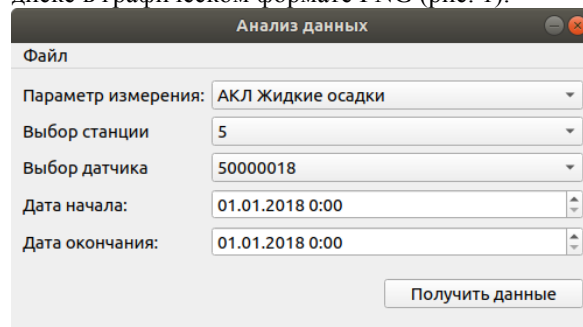


Рис. 3. Окно выбора параметров

При выборке необходимых данных, на основе указанных пользователем параметров, формируется запрос к серверу данных. Ответ сервера представляет собой набор данных в формате CSV, где строки – это текущие измерения метеорологических и радиационных данных.

Полученные от сервера данные преобразовываются в структуру, удобную для хранения и обработки.

После обработки данных перед пользователем появляется окно с выбором необходимого параметра для отображения. При выборе параметра происходит построение графика зависимости выбранной величины от времени, указанного в начальном окне выбора параметров (рис. 2).

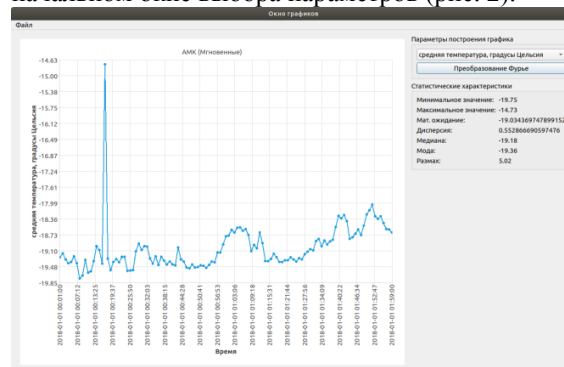


Рис. 4. Окно отображения характеристик

Первичная статистическая обработка включает в себя вычисление следующих характеристик: минимальное, максимальное, среднее значение, дисперсия, мода, медиана и размах исследуемого ряда наблюдений.

Практически все реальные физические сигналы, полученные с датчиков, изменяются во времени.

Наиболее популярным методом анализа частотных составляющих входного сигнала является преобразование Фурье [5]. В нашем случае для анализа ряда использовалось быстрое преобразование Фурье (FFT) – это алгоритм быстрого вычисления прямого дискретного преобразования Фурье.

Помимо этого, предоставляется возможность визуального отображения полученных коэффициентов для более детального анализа измерений (рис. 3).

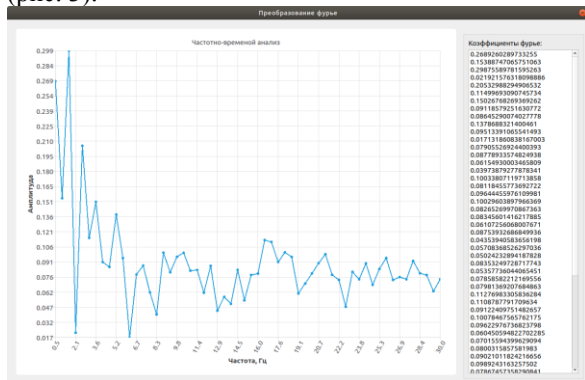


Рис. 5. Окно отображения результатов преобразования Фурье

Вычисление основных статистических характеристик осуществлялось с использованием пакетов numpy и SciPy. NumPy – это библиотека языка Python, добавляющая поддержку больших многомерных массивов и матриц, вместе с большой библиотекой высокоуровневых математических функций для операций с этими массивами. SciPy – библиотека для языка программирования Python с открытым исходным кодом, предназначенная для выполнения научных и инженерных расчетов. [6].

В целях обеспечения обработки измеряемых параметров наблюдений сторонними программными средствами реализован экспорт данных. Экспорт позволяет предоставить данные для использования и анализа с помощью сторонних приложений, а также использовать их в дальнейшем в разработанном программном обеспечении. Экспортируемый файл состоит из двух частей: метаданная, данные измерений. Метаданные содержат в себе название величины измерения, идентификатор станции и серийный номер датчика, с помощью которого производились измерения.

Также для обработки возможен ввод ранее экспортированных данных. Импорт данных является важной составляющей, так как производить запросы к серверу с целью загрузки данных за большой интервал времени задача трудоемкая и очень

затратная по времени. Поэтому за счет импорта ранее сохраненных данных указанный недостаток устраняется.

Для разработки и отладки программного обеспечения использовалась интегрированная среда разработки PyCharm.

## Заключение

В результате проделанной работы было разработано программное обеспечение, позволяющее динамически выгружать метеорологические данные по Томской области, производить их первичную обработку, структурировать, визуализировать для более наглядного представления, а также производить их первичный статистический и частотно-временной анализ.

## Список использованных источников

1. Воронин С.В., Ухабов С.С. Анализ эффективности существующей системы мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций (на примере Тверской области) // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России». 2015. №1. // URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-effektivnosti-suschestvuyushey-sistemy-monitoringa-i-prognozirovaniya-chrezvychaynyh-situatsiy-na-primere-tverskoy-oblasti> (дата обращения: 12.11.2018).
2. Борисова А. С. Методы анализа и прогноза климатических временных рядов // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2008. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metody-analiza-i-prognoza-klimaticheskikh-vremennyh-ryadov> (дата обращения: 12.11.2018).
3. National Centers for Environmental Information // URL: <https://www.ncdc.noaa.gov/> (дата обращения 10.11.2018)
4. Шорохова И.С., Кисляк Н.В., Мариев О.С. Статистические методы анализа: [учеб. пособие]. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2015. – 300 с.
5. Частотно-временной анализ нестационарных сигналов // Zetlab. URL: <https://zetlab.com/chastotno-vremennoy-analiz-nestatsionarnyih-signalov-v-programmnom-obespechenii-zetlav/> (дата обращения 13.11.2018)
6. SciPy.org // URL: <https://www.scipy.org/> (дата обращения 14.11.2018)

# КЛАСТЕРИЗАЦИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ МЕТОДОМ «К-СРЕДНИХ»

С.А. Леонтьева, А.Ю.Демин  
Руководитель: к.т.н. А.Ю. Демин  
Томский политехнический университет

## Введение

Стремительное развитие вычислительных мощностей и постоянное снижение их стоимости сделали возможным хранение больших объемов оцифрованных изображений. В настоящее время электронные коллекции изображений используются все чаще и чаще. Наиболее перспективные области применения баз данных изображений следующие [1]:

- криминалистика (хранение архивов визуальных доказательств);
- медицинская диагностика (определение наиболее точного диагноза путем сравнения с уже установленными диагнозами);
- журналистика и реклама (иллюстрация статей и рекламных проектов);
- интеллектуальная собственность (примером может служить процесс регистрации новых торговых марок предприятий).

В связи с многообразием отраслей использования коллекций оцифрованных изображений очевидна необходимость разработки эффективного механизма поиска информации в таких базах данных. На сегодняшний день наиболее распространенным является поиск изображений по текстовым описаниям [1]. Существенным недостатком этого метода является неоднозначность соответствия между визуальным содержанием и текстовым описанием изображения, которое является субъективным. Поэтому возникает проблема организации средств поиска изображений по визуальному содержанию.

Поиск изображений по визуальному содержанию [2] – набор технологий для извлечения из базы данных изображений, наиболее подобных заданному изображению-образцу по некоторому набору числовых значений характеристик сравниваемых изображений. Одной из самых простых и понятных характеристик является гистограмма изображения. Она характеризует, сколько пикселей каждого цвета встретилось в изображении (цветность изображения). По данной характеристике можно судить на сколько близки друг к другу изображения. Для расчета расстояния между объектами часто берут Евклидово расстояние:  $\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}$ , где  $n$  – количество пикселей,  $x$  и  $y$  – изображения между которыми находят расстояние.

По близости между изображениями можно разбить их на группы (кластеризовать изображения). Одним из методов кластеризации является метод «к-средних».

## Метод кластеризации «к-средних»

Метод «к-средних» кластерного анализа ставит себе целью разделить все имеющиеся наблюдения на  $k$  кластеров, при этом каждое наблюдение относится к тому кластеру, к центру которого оно ближе всего.

В качестве меры близости используется Евклидово расстояние.

Итак, рассмотрим ряд наблюдений

$$(x(x^{(1)}, x^{(2)}, \dots, x^{(m)}), x^{(j)} \in R^m).$$

Метод к-средних разделяет  $m$  наблюдений на  $k$  групп (или кластеров) ( $k \leq m$ )

$S = \{S_1, S_2, \dots, S_k\}$ , чтобы минимизировать суммарное квадратичное отклонение точек кластеров от центроидов этих кластеров:

$$\min \left[ \sum_{i=1}^k \sum_{x \in S_i} \|x^{(j)} - \mu_i\|^2 \right],$$

где

$$x^{(j)} \in R^n, \mu_i \in R^n$$

$\mu_i$  – центроид для кластера  $S_i$ .

Алгоритм метода сводится к следующему: если мера близости до центроида определена, то разбиение объектов на кластеры сводится к определению центроидов этих кластеров. Число кластеров  $k$  задается исследователем заранее.

Рассмотрим первоначальный набор  $k$  средних (центроидов)  $\mu_1, \dots, \mu_k$  в кластерах  $S_1, S_2, \dots, S_k$ . На первом этапе центроиды кластеров выбираются случайно или по определенному правилу (например, выбрать центроиды, максимизирующие начальные расстояния между кластерами).

Относим наблюдения к тем кластерам, чье среднее (центроид) к ним ближе всего. Каждое наблюдение принадлежит только к одному кластеру, даже если его можно отнести к двум и более кластерам.

Затем центроид каждого  $i$ -го кластера перевычисляется по следующему правилу:

$$\mu_i = \frac{1}{S_i} \sum_{x^{(j)} \in S_i} x^{(j)}.$$

Таким образом, алгоритм к-средних заключается в перевычислении на каждом шаге центроида для каждого кластера, полученного на предыдущем шаге.

Алгоритм останавливается, когда значения  $\mu_i$

не меняются:  $\mu_i^{шаг(T)} = \mu_i^{шаг(T+1)}$ .

Важно отметить что, неправильный выбор первоначального числа кластеров  $k$  может привести к некорректным результатам. Именно поэтому при использовании метода « $k$ -средних» важно сначала провести проверку подходящего числа кластеров для данного набора данных.

В ходе исследования разработана программа. Входными данными такой программы являются изображения, которые нужно разбить на кластеры и количество кластеров. Так же для корректной работы программы нужно указать количество загружаемых изображений.

Алгоритм полученной программы включает в себя следующие этапы.

Первым этапом в текстовые поля заносятся данные о количестве изображений и кластеров. Далее для каждого изображения строится гистограмма, на основе которых находится Евклидово расстояние между изображением и предполагаемым центром кластера. Далее выбирается, к какому кластеру ближе изображение, и пересчитывается центр кластера путем усреднения всех точек входящих в кластер. Если центры кластера изменились, то снова рассчитываем расстояние и формируем новые кластеры. Это продолжается до тех пор, пока центры кластеров не перестанут изменяться.

#### Результаты и обсуждения

Программа тестировалась на изображениях лиц людей. На рис. 1 представлены образцы этих изображений.



Рис. 1. Образцы изображений лиц.

Каждое лицо представлено двадцатью изображениями, полученными под разными ракурсами, с различной освещенностью и с различной мимикой лица.

На вход программе поступали 120 изображений и количество нужных кластеров равно 6. В результате программа безошибочно распределила изображения на кластеры.

Кроме того, программа была протестирована на изображениях предметов. На рис. 2 представлены образцы этих изображений.

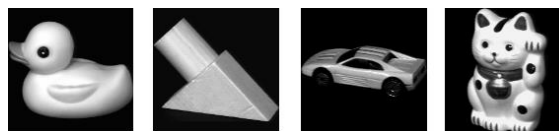


Рис. 2. Образы изображений предметов.

В данном случае только часть изображений была отнесена к правильным кластерам.

#### Заключение

В ходе проведения исследования были подтверждено:

- качество кластеризации методом « $k$ -средних» зависит от первоначального разбиения;
- в качестве метрики можно использовать Евклидово расстояние;
- число кластеров заранее не известно и выбирается исследователем заранее.

Следует отметить, что часто для качественной кластеризации изображений недостаточно только цветности изображения, нужно вводить дополнительные параметры.

#### Список использованных источников

1. Eakins J. P., Graham M. E. «A report to the JISC Technology Applications Programme», Institute for Image Data Research, University of Northumbria at Newcastle, Jan. 1999. 54 p.
2. Wang J. Z., Li J., Wiederhold G. «SIMPLiCITY: Semantics-Sensitive Integrated Matching for Picture Libraries», IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – Sept. 2001. – V. 23, № 9. – P. 947-963.
3. Башков Е.А., Вовк О.Л. Кластеризация изображений методом дейтограмм [Электронный ресурс] // Электронный архив Донецкого национального технического университета г. Донецк. 2003. С. 1-10. URL:<http://ea.donntu.org:8080/bitstream/123456789/5571/1/13.pdf>.

# ОБНАРУЖЕНИЕ ЛИНИЙ НА ЗАШУМЛЕННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ НА ОСНОВАНИИ ПРИМЕНЕНИЯ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ХАФА

В.А. Лобанова

Научный руководитель: Ю.А. Иванова  
Томский политехнический университет  
val17@tpu.ru

## Введение

Выделение объектов на изображении для их дальнейшей обработки может представлять собой сложность, если исходное изображение сильно зашумлено различного рода помехами. При данных обстоятельствах сначала необходимо применить к изображению ряд фильтров, только после этого появится возможность выделения объектов [1,2].

Поэтому целью работы являлось написание программного обеспечения, которое позволило бы находить линии на зашумленных изображениях на основании применения преобразования Хафа [3].

## Описание алгоритма

Для реализации алгоритма обнаружения линий на зашумленных изображениях на основе преобразования Хафа был применен объектно-ориентированный подход на языке высокого уровня C#. Программа была реализована при помощи среды разработки Microsoft Visual C# 2010 Express.

К обрабатываемому изображению были последовательно применены следующие преобразования:

- перевод в оттенки серого;
- нормализация изображения на единицу;
- применение сглаживающего фильтра;
- применение оператора Собеля;
- применение преобразования Хафа;
- выделение отрезков из найденных прямых.

Для регулирования результатов различных этапов обработки была реализована возможность изменения коэффициентов для применяемых фильтров.

В качестве сглаживающего фильтра был выбран фильтр Гаусса, и была предоставлена возможность регулирования диаметра и коэффициента сглаживания. Для применяемого оператора Собеля была предоставлена возможность регулирования порогового значения, при преодолении которого пиксель соотносится с границей объекта на изображении. Для применяемого преобразования Хафа была предоставлена возможность регулирования шага наклона искомым прямым и порогового значения, при преодолении которого прямая соотносится с искомой прямой. Для выделения отрезков из найденных прямых была предоставлена возможность регулирования минимального промежутка между соседними пикселями, при котором они считаются принадлежащими одному отрезку, и минимальной длины отрезка.

После применения преобразования Хафа начинается обработка найденных прямых.

Обработка каждой найденной прямой производится отдельно. Сначала вычисляются точки пересечения с границами изображения. После нахождения данных точек выбирается направление перебора точек прямой: если угол наклона  $\theta \in [-45^\circ; 45^\circ]$ , то перебор происходит вдоль оси Oy, иначе - Ox.

Для соблюдения минимального разрыва между отрезками заводится массив, размерностью в 2 раза больше минимального промежутка между соседними пикселями. Для каждой перебираемой точки в данном массиве хранятся её координаты и флаг проверки соответствия контуру объекта.

Текущий проверяемый диапазон точек сформирован следующим образом:

- точки, находящиеся слева от проверяемой;
- текущая проверяемая точка;
- точки, находящиеся справа от проверяемой.

Для контроля отрезков используются флаг начала/конца отрезка.

Если выполняется совокупность условий:

- текущий пиксель является контуром объекта,
- все пиксели слева от текущего не являются контурами объекта,
- справа от текущего есть хотя бы один пиксель, являющийся контуром объекта,
- флаг начала отрезка не установлен,

то считается, что найдено начало нового отрезка. В отдельный массив сохраняются координаты начала данного отрезка, и устанавливается флаг начала отрезка.

Если выполняется совокупность условий:

- текущий пиксель является контуром объекта,
- все пиксели справа от текущего не являются контурами объекта,
- слева от текущего есть хотя бы один пиксель, являющийся контуром объекта,
- установлен флаг начала отрезка,

то считается, что найден конец данного отрезка.

В отдельный массив сохраняются координаты конца отрезка, и флаг начала отрезка сбрасывается.

После нахождения отрезка, если его длина превышает минимальный заданный промежуток между соседними пикселями, то он заносится в список найденных отрезков.

Результат работы программы для зашумленного изображения представлен на рисунке 1, где последовательно расположены: изображение с переводом в оттенки серого и нормализацией изображения на единицу; изображение с применением сглаживающего фильтра; изображение с применением оператора Собеля; изображение с применением преобразования Хафа и выделением отрезков



из найденных прямых.

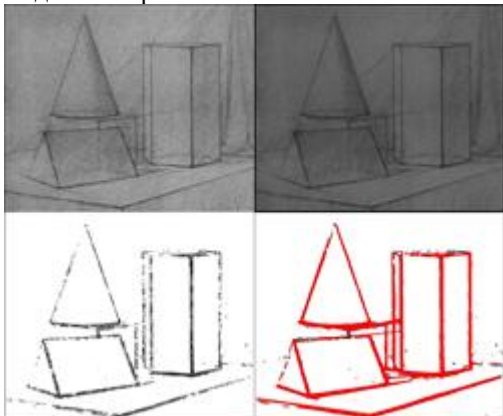


Рис. 1 Результат работы программы для зашумлённого изображения

Применение сглаживающего фильтра значительно уменьшило количество шумов на изображении. Однако остались выведенные отрезки, которые накладываются не на контуры объектов, а на оставшиеся шумы изображения.

Контуры объектов, границы которых представляют собой прерывистые линии, не были обнаружены, так как не было преодолено пороговое значение минимального разрыва между отрезками и/или минимальной длины отрезка.

#### Сравнение со средствами библиотеки OpenCV

Для сравнения разработанного алгоритма с уже существующими реализациями преобразования Хафа была реализована программа на языке высокого уровня C++ с использованием средств библиотеки OpenCV, подключённых к среде разработки Microsoft Visual C++ 2010 Express.

В данной программе были последовательно применены аналогичные функции библиотеки OpenCV. Однако выделение отрезков из найденных прямых является частью преобразования Хафа, что делает невозможным рассмотрение данного алгоритма. Сравнение можно провести только по результатам обработки изображений.

Результат работы программы для зашумлённого изображения с использованием средств библиотеки OpenCV представлен на рисунке 2, где последовательно расположены: изображение с переводом в оттенки серого и нормализацией изображения на единицу; изображение с применением сглаживающего фильтра; изображение с применением оператора Собеля; изображение с применением преобразования Хафа и выделением отрезков из найденных прямых.

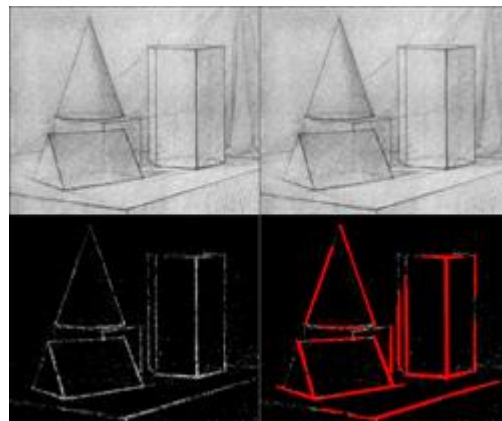


Рис. 2 Результат работы программы для зашумлённого изображения с использованием средств библиотеки OpenCV

Применение сглаживающего фильтра также уменьшило количество шумов на изображении. На изображении выводятся только те отрезки, которые накладываются на контуры объектов изображений.

Однако многие границы объектов были обнаружены не полностью и представляют собой прерывистые линии.

#### Заключение

В реализованной программе был применён разработанный алгоритм детектирования отрезков на основе преобразования Хафа, благодаря чему является возможным обнаружение контуров объектов на зашумлённых изображениях. Возможность изменения коэффициентов для применяемых фильтров позволяет вручную подбирать данные параметры для наилучшего результата обработки.

Сравнение результатов обработки одного изображения разработанной программой и средствами библиотеки OpenCV показывает, что удалось обнаружить те отрезки, что были пропущены функцией библиотеки OpenCV.

#### Список использованных источников

1. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. 3-е издание, исправленное и дополненное. - М.: Техносфера, 2012. - 1104 с.
2. Буй Т.Т.Ч. Анализ методов выделения краев на цифровых изображениях / Т.Т.Ч. Буй, В.Г. Спицын [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.tusur.ru/filearchive/reports-magazine/2010-2-2/221.pdf>.
3. Дегтярева А., Вежнев В. Преобразование Хафа. Компьютерная графика и мультимедиа. Выпуск №1(1)/2003.

# КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА СУШКИ ИЗОЛЯЦИОННЫХ ПАЛЬЦЕВ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ИНФРАКРАСНЫМ ЛАЗЕРОМ

И.О. Лобыцин

Научный руководитель: А.М. Худоногов, д.т.н., профессор кафедры «Электроподвижной состав»  
Иркутский государственный университет путей сообщения,  
Россия, г. Иркутск, Чернышевского 15  
lobycin@mail.ru

## Введение

Разнообразные физические процессы, одним из которых является и процесс сушки изоляции, можно описывать с помощью дифференциальных уравнений различного порядка с начальными и граничными условиями, называемыми условиями энергетического сопряжения исследуемого объекта с внешней средой [1].

Среди численных методов решения этих дифференциальных уравнений метод конечных элементов (МКЭ) является наиболее эффективным и универсальным. Метод привлекает, прежде всего, способностью решения задач сложного трехкомпонентного теплообмена при сушки изоляционного пальца щеткодержателя электродвигателя: терморadiационного, конвективного и кондуктивного (термоконтакт), а также учетом взаимного расположения ИК-лазера и самого изоляционного пальца.

Главным преимуществом метода является возможность разбиения на конечные элементы области любой формы – от простых до более сложных. Таким образом, появляется возможность расчета температурных полей соответствующих реальным, при сушки изоляции на опытном стенде с учетом его конструктивных особенностей.

## Основные этапы конечно-элементного моделирования сушки изоляции

а) дискретизация задачи, т.е. представление области определения в виде совокупности конечных элементов, взаимосвязанных в узловых точках. При этом границы внешних элементов аппроксимируют в совокупности границу области в целом;

б) получение матриц и векторов нагрузки элементов;

в) формирование глобальных матриц и глобального вектора нагрузки для всей области определения;

г) решение системы уравнений для узловых значений;

д) расчет любой другой функции, зависящей от узловых неизвестных.

Далее непосредственно рассмотрим МКЭ применительно к решению дифференциальных уравнений, описывающих процесс сушки полимерной изоляции пальца щеткодержателя тепловым излучением с помощью ИК-лазера [2].

## Процесс моделирования режимов ИК-энергоподвода в технологии сушки изоляции

Компьютерный анализ с использованием инженерных программных комплексов, в основе которых заложен МКЭ, начинается, в первую, очередь с создания твердотельной трёхмерной модели, соответствующей реальному объекту исследования. На рис. 1 представлен объект исследования и построена согласно чертёжной документации его твердотельная модель.



Рис. 1. Изоляционный палец электродвигателя и его твердотельная модель

Далее импортируем данную 3D модель в программный комплекс «MSC-Patran», предварительно выбрав в нем решатель тепловых задач «MSC Marc».

Следующим шагом является разбиение модели на конечно-элементную сетку рис. 2. С целью экономии времени при создании конечно-элементной сетки, в качестве типа конечного элемента был выбран тетраэдр, который используется при автоматическом разбиении. Чем больше количество элементов при разбиении сетки, тем точнее расчет.

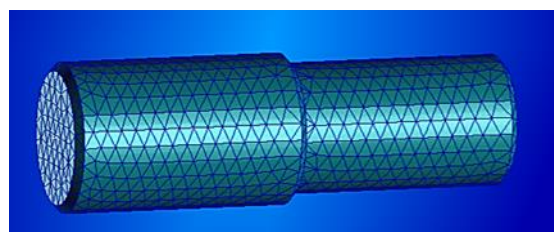


Рис. 2. Создание конечно-элементной сетки упрощённой модели изоляционного пальца  
Большинство задач анализа заключаются в

определении отклика созданной модели на некоторые воздействия, такие как сила, давление или тепловое излучение как в случае сушки пальцев. Эти воздействия называются нагрузками.

В качестве нагрузки использовалась температура нагрева ИК-лазера (3316 °С) и задание излучения между ИК-лазером и изоляционным пальцем электродвигателя [3].

По закону смещения Вина–Голицина известно, что температура нагрева ИК-лазера и длина волны, соответствующая максимуму спектра излучения при данной температуре, находятся в зависимости от уравнения.

$$\lambda_m \cdot T = 2,897 \cdot 10^{-3} \text{ мм} \cdot \text{К}$$

где  $\lambda_{max}$  – максимальная длина волны ИК-лазера, мм;

$T$  – температура излучения ИК-лазера, К.

Температура лазера задавалась исходя из условия его перемещения вдоль поверхности изоляционного пальца с изменением времени согласно графику на рис.3

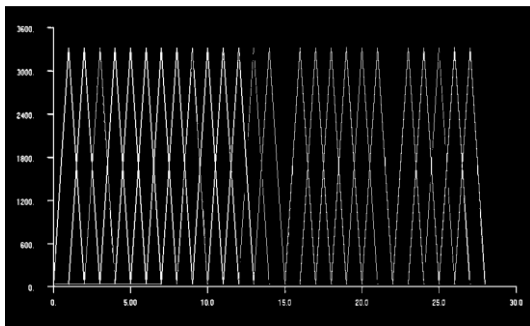


Рис. 3. Задание температуры нагрева ИК-лазера

Финальным этапом является анализ (расчет), созданной модели в установленном режиме, который в свою очередь соответствует непрерывному режиму ИК-энергоподвода. При этом необходимо так же учесть немаловажный параметр углового коэффициента модели, который позволит оценить отражающую способность объекта [4].

Следующий этап выполняется с использованием программного комплекса расчётчика «MSC Marc», в котором рассчитываются неизвестные температурные поля полимерной изоляции пальца электродвигателя. Далее результаты передаются в «Patran» и визуализируются в виде карт результатов. На рис. 4 представлены результаты расчетов на начальном этапе сушки, среднем промежуточном и конечном. Данный расчет представлен для оптимального расстояния между лазером и изоляционным пальцем 40 мм. Размерность температурных шкал представленных на всех дальнейших рисунках с конечно-элементными моделями – °С.

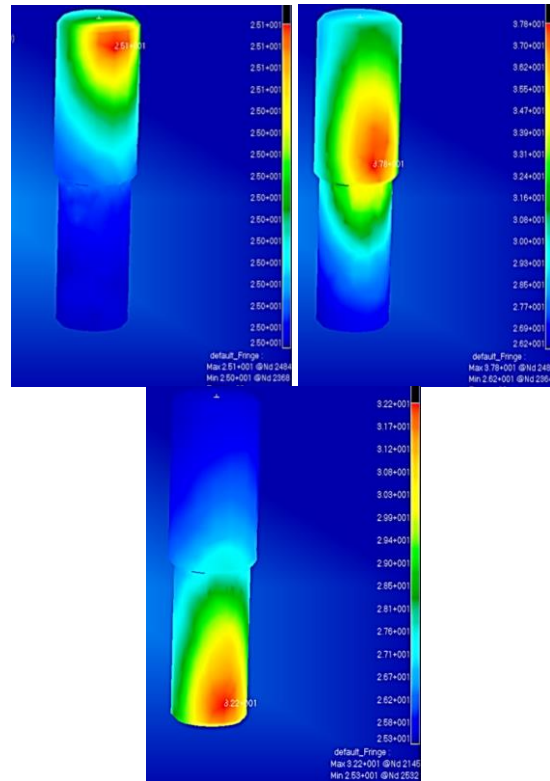


Рис. 3. Визуализация расчета температурных полей при моделировании процесса сушки изоляции пальца электродвигателей ИК-лазером

### Заключение

Таким образом, меняя в исходной модели различные значения параметров процесса сушки (температура нагрева ИК-лазера, взаимное расположение ИК-лазера и изоляционного пальца, время сушки, тип пропитываемого состава, тип пальца и т.д.), можно избежать трудоёмких и время затратных экспериментов при проектировании и изготовлении установок по сушке полимерной изоляции пальца электродвигателей.

### Список использованных источников

1. MSC Patran-Nastran. Новые возможности./ Гуменюк А.В. – Москва: MSC Software RUS, 2016. – 33 с.
2. Лобыцин И.О. Повышение надёжности изоляционных пальцев кронштейнов щёткодержателей электрических машин тягового подвижного состава / И.О. Лобыцин, Е.Ю. Дульский, А.А. Васильев // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2017 №4 (56). – С 218 – 224.
3. Инженерные расчёты механических конструкций в системе MSC. PATRAN-NASTRAN. Часть 1./ Рыбников Е.К., Володин С.В., Соболев Р.Ю., учеб. Пособие. – М., 2003г.130с.
4. Применение метода конечных элементов./ Сергерлинд Л. – Москва: МИР, 1979. – 389

# ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ АНАЛИЗА РЕЗУЛЬТАТОВ ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ С ЭНДОКРИНОПАТИЯМИ

И.А. Лызин, О.В. Марухина  
Томский политехнический университет  
i-lyzin@mail.ru

## Введение

Ожирение у детей и подростков является актуальной и весьма серьезной проблемой. Распространенность, которой возрастает: в развитых странах мира 25% подростков имеют избыточную массу тела, а 15% страдают ожирением. Избыточный вес и ожирение – это результат формирования аномальных или чрезмерных жировых отложений, которые могут наносить вред здоровью [1].

Целью данной работы была разработка информационной технологии, позволяющей комплексно анализировать результаты лечения детей с применением методов визуализации. В качестве инструмента решения поставленной задачи был выбран язык R, так как R является популярным инструментом для визуализации и анализа данных.

## Материалы и методы

Предметом исследования является массив данных предоставленный НИИ курортологии и физиотерапии г. Томска, в котором содержатся группы клинико-лабораторных показателей пациентов. Состояние каждого пациента оценивалось при поступлении на лечение и по окончании курса реабилитации на основании набора лабораторных данных и химического анализа крови. Пациенты – дети и подростки в возрасте от 6 до 17 лет, с избыточной массой тела и ожирением. В состав базы включены данные 276 пациентов, поделенных на 5 групп. Деление пациентов на группы осуществлялось в зависимости от способа лечения

Анализ выбросов – это важный этап в подготовке исходных данных к восстановлению позволяющий избежать отклонения восстановленных данных от разумных значений. Под "выбросом" понимается наблюдение, которое "слишком" велико или "слишком" мало по сравнению с большинством других имеющихся наблюдений. После исключения выбросов был получен пригодный массив данных для дальнейшего анализа.

Поскольку пропуски в данных являются повсеместным явлением, прежде чем перейти к восстановлению пропущенных данных и построению визуальных образов необходимо идентифицировать пропуски. Идентификация недостающих данных является единственным однозначным шагом. Решение о способе устранения пропущенных значений также будет зависеть от оценки того, какие процедуры приведут к самым надежным и точным результатам. Идентификация пропущенных значений обычно легко делается с использованием функций `is.na()` и `complete.cases()`. Анализ пропусков в исходных данных показал, что процент пропусков не превышает 15 в некоторых случаях 20

процентов. Следовательно, можно переходить к процессу восстановления.

Метод множественного восстановления пропущенных данных – это способ заполнения пропусков при помощи повторного моделирования. Множественное восстановление часто применяется для работы с пропущенными данными в сложных ситуациях.

Процесс восстановления пропусков включает в себя несколько этапов:

1. Функция `mice()` обрабатывает исходную таблицу данных с пропущенными значениями, а возвращает объект, содержащий несколько полных наборов данных (пять по умолчанию). Каждый такой полный набор данных получается при восстановлении пропущенных данных исходной таблицы. Все полные наборы данных отличаются друг от друга значениями пропусков, полученных в ходе процедуры Гиббса. Процедура Гиббса предполагает, что значения каждой переменной, содержащей пропуски, предсказываются по значениям остальных переменных. Этот процесс повторяется, пока значения для пропущенных данных не сойдутся: `mice(data, m)`;

2. Затем при помощи функции `with()` применяется статистическая модель (например, линейная): `with(imp, analysis)`;

3. Функция `pool()` производит построение полного набора данных: `pool(fit)` [2].

После восстановления пропусков в исходных наборах был получен полностью укомплектованный набор данных, который можно использовать для моделирования визуальных образов используя лица Чернова. Лица Чернова – это схема визуального представления мультивариативных данных в виде человеческого лица. Каждая часть лица: глаза, нос, рот – представляет собой значение определенной переменной, назначенной для этой части (всего 18) [3]. Основная идея использования лиц заключается в том, что люди легко распознают лица и без труда замечают небольшие изменения, для человека очень естественно смотреть на лица, легко делать сравнения и выявлять отклонения.

Так как количество показателей намного больше чем можно поместить в лица, необходимо подготовить восстановленные данные к построению визуальных образов. Подготовка данных предполагает определения наиболее информативных признаков из всего восстановленного набора данных. Информативность признаков была определена с использованием метода Кульбака. Данный метод предлагает в качестве оценки информативности меру расхождения между двумя классами ко-

торая называется дивергенцией [4]. В данном случае в качестве классов выступают показатели до и после лечения.

Для построения визуальных образов использовались следующие информативные признаки: ТМТ, NO, Гаркави, Каталаза, Лептин, ФНО, АПФ, ИЛ-4, окЛПНП, КК.

Анализируя результаты можно заметить по каким группам лечение было наиболее эффективным. Можно выделить группу 1, по этой группе заметны значительные изменения. Визуальные образы группы 2 и группы 5 практически не изменились, следовательно, можно сделать вывод, что лечение не оказало положительного результата.







№ группы	До лечения	После лечения
Группа 1		
Группа 2		
Группа 5		

Рис. 1. Визуальные образы

### Заключение

В результате выполнения работы, была разработана информационная технология анализа результатов лечения детей с эндокринопатиями.

С использованием разработанной информационной технологии было осуществлено восстановление пропусков в исходных наборах данных и проанализированы результаты лечения пациентов с использованием визуальных образов.

В рамках выполнения работы была построена структурная схема алгоритма информационной технологии и осуществлена её практическая реализация. Алгоритм информационной технологии представлен на рисунке 2.

Разработанная информационная технология имеет широкую сферу применения и может использоваться для комплексного анализа данных в различных медицинских учреждениях.

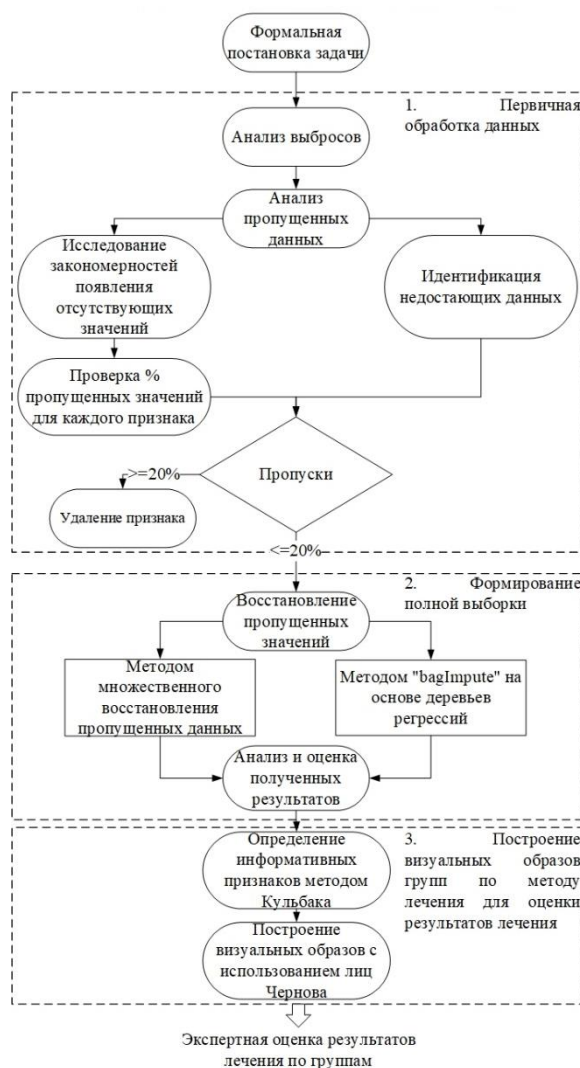


Рис. 2. Алгоритм ИТ анализа результатов лечения детей

Исследование выполнено при частичной финансовой поддержке РФФИ (проект 18-07-00543-а)

### Список использованных источников

1. Всемирная организация здравоохранения / Ожирение и избыточный вес [Электронный ресурс] – URL: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs/>.
2. Кабаков Р.И. R в действии. Анализ и визуализация данных в R / Метод множественного восстановления данных. – Москва: Из-во «ДМК Пресс», 2014. – 489 с.
3. Берестнева О.Г. Методы структурного анализа и визуализации экспериментальных данных в социальных и медицинских исследованиях / О.Г. Берестнева, И.А. Осадчая, А.Л. Бурцева. – Томск: Из-во ТПУ, 2014. – 17 с.
4. Гублер Е. В. Вычислительные методы анализа и распознавания патологических процессов. – Москва: Из-во «МЕДИЦИНА», 1978. – 198 с

# ЗАЩИТА КОРПОРАТИВНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ НА БАЗЕ РАСПОЗНАВАНИЯ КЛАВИАТУРНОГО ПОЧЕРКА ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ

С.С. Махонченко, Р.П. Затеев,  
Е.А. Кочегурова  
Томский политехнический университет  
makhonchenkoss@tpu.ru

## Введение

Современный мир не может существовать без компьютерных информационных систем, между которыми происходит непрерывное взаимодействие с целью передачи различной информации. Зачастую для получения этой информации пользователям требуется иметь персональные данные, с помощью которых происходит взаимодействие пользователя с какой-либо информационной системой. Где существует защита персональной информации, там всегда есть и кражи, утечки и взломы с целью получения этой информации.

По данным агентства InfoWatch в 2017 г. зарегистрировано 254 случая утечки конфиденциальной информации из коммерческих и некоммерческих компаний, а также государственных организаций, работающих в России, и 2131 случай в мире. В результате утечек скомпрометировано 5.8 млн записей, относящихся к персональным данным [1]. Анализ статистики по годам, показывает увеличение количества случаев утечек персональной информации с каждым годом, что говорит о том, что исследование методов и алгоритмов защиты информации является не только актуальной задачей, но и самой приоритетной в цифровом мире.

В рамках данного исследования предлагается усилить парольную аутентификацию пользователей дополнительным методом распознавания клавиатурного почерка для создания системы, обеспечивающей наиболее безопасное хранение персональной информации.

## Анализ существующих методов аутентификации

*Аутентификация* (англ. authentication, от греч. — реальный, истинный) — процесс проверки принадлежности субъекту прав доступа к информационным ресурсам системы в соответствии с предъявленным им идентификатором.

Существуют различные методы аутентификации:

1. парольная;
2. биометрическая;
3. двухфакторная (многофакторная);
4. аппаратная (аутентификация при помощи технических средств).

*Парольная* аутентификация является самым распространенным методом из-за простоты реализации и логической ясности принципов функционирования. Несмотря на существование множества угроз для данной схемы авторизации, она используется в большинстве информационных систем.

*Биометрическая* аутентификация использует для удостоверения личности людей их биометрические данные. Биометрические данные человека подразделяются на *физиологические* и *поведенческие*.

*Двухфакторная* аутентификация — это метод идентификации пользователя в каком-либо сервисе при помощи запроса аутентификационных данных двух разных типов.

Под *аппаратной* аутентификацией принято понимать аппаратно-программные системы идентификации и аутентификации или устройства ввода идентификационных признаков.

Одним из главных инструментов управления процессами, происходящими в организациях, является корпоративная информационная система, которая включает в себя инфраструктуру и информационные сервисы. Проблема контроля доступа к информации и разграничения полномочий пользователей — одна из основных проблем при работе с сетевой инфраструктурой в организациях, где человеческий фактор играет самую важную роль при несоблюдении предписанных правил хранения и доступа к персональной информации. В большинстве случаев в политике безопасности организации прописана информация о методах аутентификации и авторизации пользователей, а также распределены их полномочия согласно месту работы в организации и занимаемой должности.

## Анализ методов распознавания клавиатурного почерка

*Клавиатурный почерк* (КП) — набор динамических характеристик работы на клавиатуре, которые определяются следующими параметрами, благодаря которым можно верифицировать законного оператора [2]:

- скорость ввода - количество введенных символов, разделенное на время печатания;
- динамика ввода - характеризуется временем между нажатиями клавиш и временем их удержания;
- частота возникновения ошибок при вводе;
- использование клавиш - например, какие функциональные клавиши нажимаются для ввода заглавных букв.

На Рис. 1 изображены основные параметры клавиатурного почерка: время удержания клавиши (ВУК) и пауза между нажатиями клавиш.

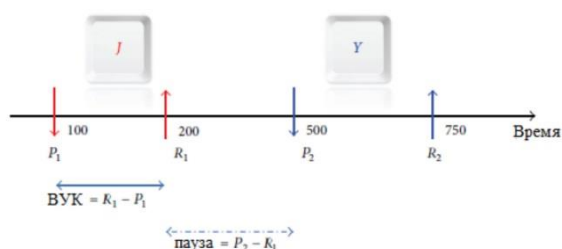


Рис. 1. Время удержания клавиш и пауза

Основные сложности при анализе клавиатурного почерка:

- разброс параметров клавиатурного почерка в зависимости от психофизического состояния пользователя;
- разброс параметров клавиатурного почерка в зависимости от используемой клавиатуры;
- необходимость сбора большого количества статистических данных для каждого исследования КП, отсутствие готовых баз данных с образцами КП.

Подходы к распознаванию пользователей на основе КП можно разделить на 3 основные группы [3]:

- на основе метрических расстояний;
- статистические методы;
- методы машинного обучения.

Самым популярным методом распознавания является оценка метрического расстояния и по частоте применения составляет 23% [4].

Использование статистических методов в задаче распознавания клавиатурного почерка актуально и сейчас. В эту группу входят Марковские модели, байесовские методы и методы, основанные на функции гауссовой плотности и взвешенной вероятности.

В 16% используется метод искусственных нейронных сетей, который относится к группе распознавания образов на основе машинного обучения. Считается, что данный метод более эффективен, чем статистические методы, но сложность использования метода, как классификатора КП, заключается в необходимости обучать метод на сетях, образцах подлинных и неподлинных пользователей.

Также, к этой группе распознавания КП принято относить следующие известные алгоритмы: дерево принятия решений, нечеткая логика и эволюционные вычисления.

*Дерево принятия решений* достаточно популярный метод из-за низкой вычислительной сложности. Однако, вследствие рекурсивности процедуры распознавания, эффективность метода достигается только при небольших множествах подлинных и неподлинных пользователей.

*Нечеткая логика* используется для моделирования задач с неоднозначными данными при помощи многозначной логики. Метод базируется на построении границ области принятия решений исходя из данных обучения с функциями принадлежности и нечеткими правилами. После того, как выделится пространство признаков, а также после вычисления значений принадлежности, необходимо произвести идентификацию категории, к которой относится исследуемый объект (шаблон).

*Эволюционные вычислительные методы*, построенные на идее естественного отбора, в задаче идентификации КП используют группу известных методов: генетические алгоритмы (ГА), алгоритмы роевого интеллекта и другие. Перечисленные алгоритмы осуществляют направленный поиск максимального совпадения анализируемых клавиатурных шаблонов повышая точность распознавания.

### Заключение

КП является одним из перспективных способов аутентификации, поскольку не существует людей с идентичным компьютерным ритмом. К тому же это самый низкозатратный способ аутентификации.

Для создания системы, идентифицирующей пользователя по КП, необходимо оценить методы распознавания в применении к данной задаче. Для сбора информации разработан вариант программного приложения с клиент-серверной технологией. Приложение протестировано, получены вполне удовлетворительные результаты по сбору и обработке первичной информации о клавиатурной динамике [3]. Сейчас ведутся работы по расширению функционала программного приложения для его использования внутри определенного сегмента корпоративной локальной сети Томского политехнического университета.

### Список использованных источников

1. Утечки данных. Россия. 2017 год. [Электронный ресурс] / Аналитический центр InfoWatch. - URL: [www.infowatch.ru/analytics](http://www.infowatch.ru/analytics) (дата обращения 16.11.2018).
2. Васильев В.И., Ложников П.С., Сулавко А.Е., Еременко А.В. Технологии скрытой биометрической идентификации пользователей компьютерных систем (обзор) // Вопросы защиты информации. 2015. № 3 (110). с. 37-47.
3. Kochegurova E. A., Gorokhova E.S., Mozgaleva A. I. Development of the Keystroke Dynamics Recognition System // Journal of Physics: Conference Series. 2017. v. 803 № 1. pp. 1-6.
4. Teh P. S., Teoh A.B., Yue S. A Survey of Keystroke Dynamics Biometrics // The Scientific World Journal. 2013. v. 2013. pp. 1-24.

# ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ВАСЮГАНСКОГО ЛЕСНИЧЕСТВА ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПУТНИКОВЫХ СНИМКОВ LANDSAT 8

К.А. Маслов  
доцент, к.т.н. О.С. Токарева  
Томский политехнический университет  
kam20@tpu.ru

## Введение

Растительный покров территорий нефтегазодобычи Западной Сибири подвержен негативному влиянию механических повреждений вследствие строительства объектов инфраструктуры нефтегазовой отрасли, аварийных разливов нефти и загрязнения атмосферы в результате сжигания попутного газа [1,2].

Большая часть разрабатываемых нефтегазовых месторождений Томской области находится на территории Васюганского лесничества в Каргасокском районе. Целью работы является оценка изменения состояния растительного покрова для участков территории Васюганского лесничества за период с 2013 г. по 2018 г., с использованием данных, получаемых с природоресурсных спутников Landsat.

## Объекты исследования

Исследуемая территория, расположение которой приведено на рис. 1, характеризуется слабой устойчивостью экосистем к внешним факторам, ландшафт территории определяется взаимопроникновением лесных и болотных выделов, преобладают темнохвойно-мелколиственные леса, сосновые леса и верховые болота [2].



Рис. 1. Расположение исследуемой территории: граница Васюганского лесничества (1), граница Каргасокского района (2), территория Томской области (3)

В настоящее время на территории Васюганского лесничества функционирует несколько нефтяных и газовых месторождений: Первомайское, Лонтыньяхское, Катъльгинское, Западно-Катъльгинское, Олень, Столбовое, Южно-Черемшанское, Поселковое. Анализ состояния растительного покрова проведен в зонах воздействия месторождений и за пределами этих зон. Для определения границ зон воздействия месторождений были построены буферные зоны радиусом 1.5 км вокруг объектов на их территории, к которым относятся кустовые площадки,

продуктопроводы и т.д.

## Методология исследования

Состояние растительного покрова оценивалось на основе значений вегетационного индекса NDVI – показателя количества фотосинтетически активной биомассы, рассчитываемого с использованием данных дистанционного зондирования Земли из космоса по формуле [3,4]:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED},$$

где NIR – отражение в ближней инфракрасной области спектра, RED – отражение в красной области спектра.

Вегетационный индекс NDVI широко используется при решении задач мониторинга и оценки состояния растительного покрова, в частности для оценки воздействия на растительный покров нефтегазодобывающего комплекса [1].

Изменение состояния растительного покрова оценивалось с помощью значений индекса dNDVI:

$$dNDVI = NDVI_{post} - NDVI_{pre},$$

где NDVI<sub>post</sub> – значение NDVI для снимка с более поздней датой съемки, NDVI<sub>pre</sub> – значение NDVI для снимка с ранней датой.

Индексы NDVI и dNDVI рассчитывались по данным мультиспектральных космических снимков со спутника Landsat 8 уровня обработки L2, загруженных с сайта Геологической Службы США (USGS), за 2013 г. и 2018 г. Коллекция уровня обработки L2 предлагает готовые для проведения исследования данные, прошедшие атмосферную коррекцию, что позволяет сравнивать состояние растительного покрова по космическим снимкам с разными датами съемки. Анализ проводился с использованием инструментария геоинформационной системы QGIS.

Значения индекса dNDVI были классифицированы по степени воздействия на растительный покров территории (табл. 1).



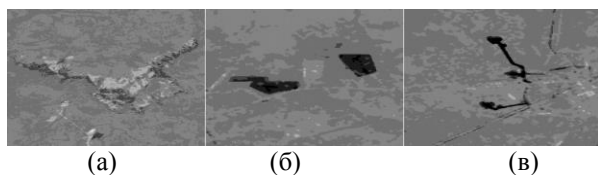


Рис. 2. Фрагменты карты dNDVI: для участка территории с гарью (а); для вырубок (б); для новых построенных объектов инфраструктуры (в)

Таблица 1. Классы значений dNDVI

Класс	Значения dNDVI	Цвет
Значительное ухудшение	$(-\infty; 0.4]$	Черный
Серьезное ухудшение	$(-0.4; -0.25]$	Темно-серый
Умеренное ухудшение	$(-0.25; -0.1]$	Средне-серый
Незначительные изменения	$(-0.1; 0.1]$	Светло-серый
Умеренное улучшение	$(0.1; 0.25]$	Средне-серый
Серьезное улучшение	$(0.25; 0.4]$	Темно-серый
Значительное улучшение	$(0.4; +\infty)$	Черный

Для анализа факторов воздействия на состояние растительного покрова исследуемых участков была выполнена классификация космического снимка 2018 г. с целью выделения пикселей, относящихся к объектам инфраструктуры, вырубкам леса и пострадавшим от лесных пожаров территориям с использованием алгоритма случайного леса.

### Результаты

На основе анализа полученной карты dNDVI проведена оценка изменения состояния растительного покрова и выявлены участки наиболее пострадавшие в результате воздействия различных антропогенных и природных факторов.

Фрагменты итоговой карты классификации, с обозначенными в соответствии с табл. 1 классами, приведены на рис. 2

Значительному ухудшению подверглось 0.24% территории зон воздействия объектов нефтегазодобычи (против 0.01% территории вне зон воздействия), серьезному ухудшению – 0.52% (против

0.04%), умеренному ухудшению – 1.15% территории (против 1.01%). Из чего можно сделать вывод, что территории зон нефтегазодобычи характеризуются наиболее негативным воздействием на растительный покров.

В результате проведенного анализа было выявлено, что в Васюганском лесничестве в зонах воздействия месторождений ухудшение состояния растительного покрова связано преимущественно с постройкой новых объектов инфраструктуры и вырубками леса. Вне зон воздействия объектов нефтегазодобычи основным негативным фактором воздействия являются лесные пожары. Значительные ухудшения растительного покрова вызваны в большей степени постройкой новых объектов инфраструктуры.

Полученные в данной работе результаты могут быть использованы для прогнозов дальнейшего изменения состояния растительного покрова на исследуемой территории [5] и планировании мероприятий по восстановлению растительного покрова на нарушенных участках и использованию лесных ресурсов.

### Список использованных источников

1. Kovalev A., Tokareva O. Using MODIS NDVI products for vegetation state monitoring on the oil production territory in Western Siberia // MATEC Web of Conferences. – 2016. – V. 48. – № 05003. – P. 1–4. URL: <https://doi.org/10.1051/matec-conf/20164805003> (дата обращения: 07.11.2018)
2. Методика оценки воздействия техногенного химического загрязнения атмосферы на лесоболотные комплексы в нефтедобывающих районах Западной Сибири / Полищук Ю.М., Токарева О.С. // Химия в интересах устойчивого развития. – 2002. – Т. 10. – № 5. – С. 659-668.
3. Черепанов А. С., Дружинина Е. Г. Спектральные свойства растительности и вегетационные индексы // Геоматика. – 2009. – № 3. – С. 28-32.
4. NDVI – теория и практика [Электронный ресурс] / Gis-Lab – URL: <http://gis-lab.info/qa/ndvi.html> (дата обращения: 13.11.2018)
5. Аэрокосмический мониторинг лесного покрова / Седых В.Н. – Новосибирск: Наука.Сиб.отд-ние, 1991. – 239

# АНАЛИЗ ДИНАМИКИ СОСТОЯНИЯ ХВОЙНЫХ ЛЕСОВ, ПОВРЕЖДЕННЫХ СИБИРСКИМ ШЕЛКОПРЯДОМ, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

К.А. Маслов  
доцент, к.т.н. О. С. Токарева  
Томский политехнический университет  
kam20@tpu.ru

## Введение

Лесной комплекс России вносит значительный вклад в экономику страны, являясь источником древесины и других ресурсов и выполняя важные средозащитные и средообразующие функции. В частности, леса – один из наиболее значимых активов Томской области [1].

Сибирский шелкопряд является опасным насекомым-вредителем в азиатской части России, оказывающим негативное влияние преимущественно на хвойные леса [2]. Очаги массового размножения ежегодно наносят существенный урон лесному хозяйству.

В данной работе приведен анализ изменения состояния лесов, поражённых шелкопрядом, с использованием данных дистанционного зондирования Земли на основании анализа динамики значений нормализованного относительного вегетационного индекса (NDVI) и нормализованного относительного водного индекса (NDWI).

## Объекты исследования

Объектами исследования являются три участка территории, поражённые гусеницами сибирского шелкопряда (рис. 1).

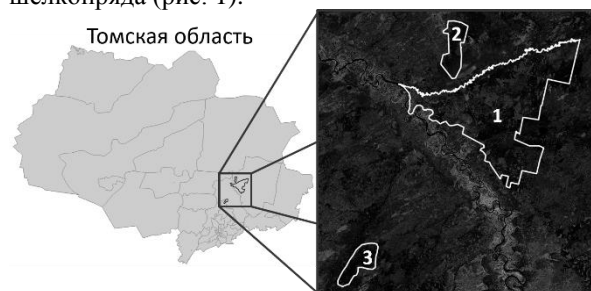


Рис. 1. Расположение исследуемых участков

Участки 1 и 2 расположены вблизи поселка Улу-Юл Первомайского района Томской области. Граница участка 1 была построена по данным Департамента лесного хозяйства [3], участка 2 – по данным Центра защиты леса Томской области. Участок 3 был выбран случайно в границах сцены космического снимка на территории Асиновского района Томской области. Все участки – местности, поражённые очагами размножения сибирского шелкопряда.

Участок 1 был обработан от гусениц сибирского шелкопряда весной 2017 г., участок 2 был обработан осенью 2017 г., участок 3 не подвергался обработке.

## Методология исследования

Для анализа состояния лесного покрова использовались значения вегетационных индексов NDVI и NDWI, отражающих количество фотосинтетически активной фитомассы и содержание влаги в растениях соответственно, рассчитываемых по формулам:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}, \quad NDWI = \frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR}$$

где NIR – отражение в ближней инфракрасной области спектра, RED – отражение в красной области, SWIR – отражение в коротковолновой инфракрасной области.

Анализируя значения NDVI и NDWI, можно говорить о состоянии лесного покрова [4,5].

Для анализа были использованы космические снимки со спутника Landsat 8 уровня обработки L2 за период с 2013 г. по 2018 г., позволяющие проследить динамику NDVI и NDWI в летние месяцы года и преимущественно не покрытые облачностью в исследуемых границах (даты съемки: 21.06.2013, 30.07.2013, 24.06.2014, 02.08.2014, 27.06.2015, 20.07.2015, 13.06.2016, 03.08.2017, 26.08.2017, 19.06.2018).

Для каждого снимка был произведен расчет NDVI и NDWI, далее из анализа были исключены области, покрытые облаками и не представляющие собой хвойный лес, путем формирования и применения масок облачности и масок хвойной растительности, после чего был произведен расчет средних значений NDVI и NDWI для каждого снимка в границах исследуемых участков.

Для обработки космических снимков использовалась свободно распространяемая геоинформационная система QGIS.

## Результаты

Результаты обработки снимков были представлены в виде графиков (рис. 2-4).

На рис. 2 представлен график изменения NDWI за август 2017 г. для участков 1 и 3. Для участка 1, подвергнутого обработке, изменение значения индекса оказалось незначительным. Для поражённого участка 3 изменение NDWI оказалось существенным, данный факт может быть использован в решении задачи раннего обнаружения участков леса, поражённых гусеницами сибирского шелкопряда.

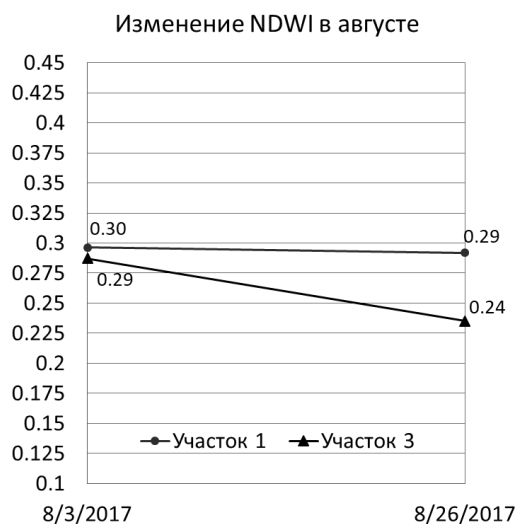


Рис. 2. Изменение среднего значения NDWI для участков 1 и 3 в августе 2017 г.

На рис. 3 представлен график изменения NDVI за период с 2013 г. по 2018 г. для участков 2 и 3. Участок 2 после обработки в 2017 г. показал увеличение значения NDVI в 2018 г., для необработанного участка 3 значение индекса продолжило уменьшаться в 2018 г.

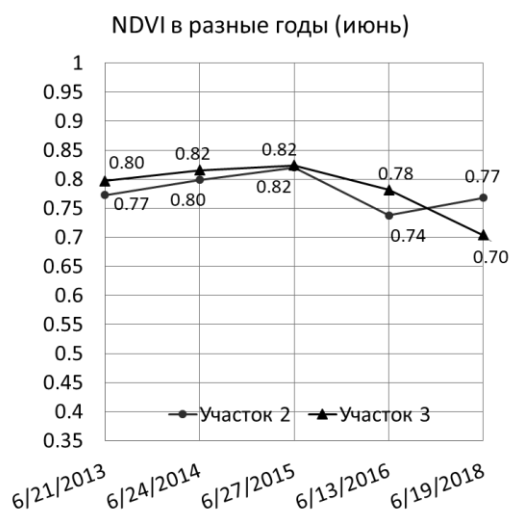


Рис. 3. Изменение среднего значения NDVI для участков 2 и 3

На рис. 4 представлен график изменения NDWI за период с 2013 г. по 2018 г. для участков 2 и 3. Необработанный участок 3 характеризуется значительным снижением значения NDWI в 2018 г., для обработанного участка 2 снижение значения индекса оказалось существенно меньше.

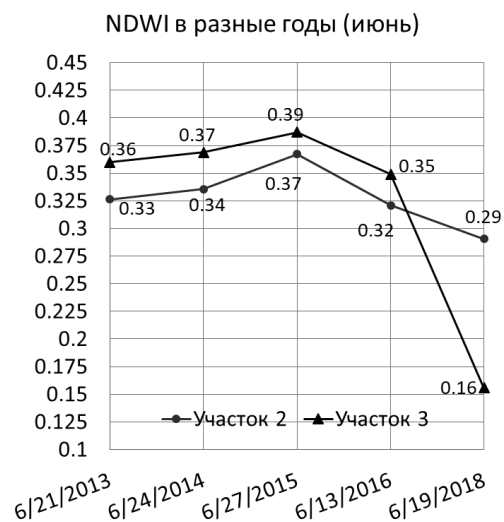


Рис. 4. Изменение среднего значения NDWI для участков 2 и 3

Полученные в данной работе результаты могут быть использованы в дальнейшем для решения задач автоматизированного экологического мониторинга. Было показано, что участки, прошедшие обработку от гусениц сибирского шелкопряда, показали улучшение динамики состояния хвойных лесов.

#### Список использованных источников

1. Зайцева Х. И., Зиновьева И. С. Роль и значение лесного комплекса в экономике РФ // Современные наукоемкие технологии. – 2014. – № 7-1. – С. 132-134.
2. Сибирский шелкопряд [Электронный ресурс] / Уральское отделение РАН – URL: <http://insects.botgard.uran.ru/node/6> (дата обращения: 11.11.2017).
3. Пандемия сибирского шелкопряда [Электронный ресурс] / Департамент лесного хозяйства Томской области – URL: <https://deples.tomsk.gov.ru/pandemija-sibirskogo-shelkopryada> (дата обращения: 05.10.2017).
4. NDVI – теория и практика [Электронный ресурс] / Gis-Lab – URL: <http://gis-lab.info/qa/ndvi.html> (дата обращения: 17.12.2017).
5. Князева С. В., Эйдлиня С. П., Жирин В. М. Дистанционная оценка изменения состояния лесных экосистем за 20-летний период после массового размножения сибирского шелкопряда // Аэрокосмические методы и геоинформационные технологии в лесоведении, лесном хозяйстве и экологии. – 2016. – Т. 6. – № 1. – С. 126-129.

# ИССЛЕДОВАНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ФОРМЫ СЕЙСМИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ

Ю.В. Матей

Томский политехнический университет  
yulya1246@mail.ru

## Введение

В настоящее время прирост сырьевой базы, как правило, связан с открытием и вовлечением в разработку залежей сложного геологического строения, имеющих высокую степень неоднородности фильтрационно-емкостных свойств. Здесь перед сейсмическими исследованиями ставится задача решения обратной динамической задачи – определения характеристик изучаемой толщи по наблюдаемому волновому полю. Точность данного решения влияет на эффективность геологоразведочных и доразведочных нефтегазопроисловых работ, прогноз распределения фильтрационно-емкостных свойств в межскважинном пространстве, объемы подсчитываемых геологических ресурсов и запасов и на принимаемые впоследствии управленческие решения. Наибольшей востребованностью при этом пользуется сейсмическая инверсия, являющаяся процессом преобразования сейсмических данных в количественное описание свойств пород, слагающих резервуар [1 - 2].

Принципиально важным для большинства инверсионных алгоритмов является вопрос об оценке формы сейсмического сигнала, который оказывает огромное влияние на результат инверсионных преобразований [3]. Если в какой-либо части площади характеристики используемого при сейсмической инверсии преобразования сейсмического сигнала не соответствуют по своим амплитудно-частотным и фазово-частотным характеристикам волновому полю, то позиционирование высоко- и низкоимпедансных границ может быть несоответствующим действительности [4,5].

Таким образом, актуальность разработки алгоритмов определения формы сейсмических сигналов, обладающих высокой степенью надежности и достоверности, не вызывает сомнений.

## Описание алгоритмов

Все алгоритмы определения параметров сейсмического сигнала можно подразделить на три основные категории:

- *детерминистические*: прямая регистрация характеристик сейсмического импульса при проведении полевых работ;

- *статистические*: для определения параметров сейсмического сигнала используются только данные сейсморазведки. Проблемным моментом является определение фазовых характеристик сигнала;

- *методы, использующие скважинную информацию* совместно с данными сейсмических съемок.

Указанный подход позволяет точно определять фазовые характеристики сейсмического сигнала вдоль ствола скважины. Однако полученный результат существенно зависит от качества коротажной информации.

Целью данной работы является исследование двух алгоритмов, относящихся к категории статистических алгоритмов, а именно алгоритма синфазного суммирования сейсмических трасс и алгоритма, основанного на расчете автокорреляционной функции (АКФ) сейсмической трассы.

Будем считать, что форма сигнала от трассы к трассе не изменяется, а полезный сигнал наблюдается на фоне интенсивного шума, имеющего нормальный закон распределения. Опираясь на выше сказанное, построим математическую модель сейсмической трассы в виде аддитивной суммы полезного сигнала и шума:

$$X(t) = S(t) + N(t), (1)$$

где  $S(t)$  – полезный сигнал;

$N(t)$  – помеха (шум).

В качестве полезного сигнала примем импульс с колокольной огибающей, описываемый выражением:

$$S(t) = a_0 * e^{-\beta^{2*}t^2} * \cos(\omega_0 * t + \psi), (2)$$

где  $a_0$  – амплитуда сигнала,  $\beta$  – коэффициент затухания,  $\omega_0$  – основная частота,  $\psi$  – начальная фаза.

Шум будем генерировать датчиком случайных чисел с нормальным законом распределения. В качестве критерия отношения сигнала к шуму примем отношение максимальной амплитуды сигнала к среднеквадратическому отклонению шума.

В качестве примера на рисунке 1 приведены чистый сигнал и аддитивная смесь сигнала с шумом при отношении сигнала к шуму, равным 3.

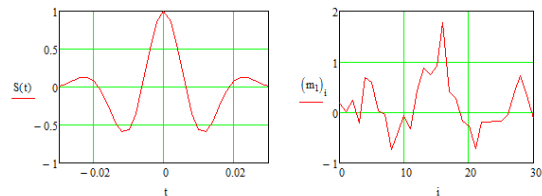


Рис. 1. а - Исходный сигнал, б - Смесь сигнала с шумом

Основная идея алгоритма синфазного суммирования состоит в последовательном накоплении участков сейсмотрасс, содержащих полезный сигнал. Применительно к нашей модели процесс накопления будет иметь вид:

$$\hat{S}(t) = \frac{\sum_{i=0}^n X_i(t)}{n}, (3)$$

где  $X(t)$  описывается выражением (1).

Аналитически не трудно показать, что процедура (2) позволяет увеличить отношение сигнала к шуму в корень из числа суммируемых трасс.

Общая схема второго алгоритма состоит из следующих этапов:

- вычисление АКФ для модели сейсмической трассы (1);
- определение АЧХ сигнала путем дискретного преобразования Фурье от АКФ;
- принятие допущения о виде ФЧХ сейсмического сигнала (минимально-фазовый, нуль-фазовый сигнал и т.д.);
- выполнение обратного ДПФ.

### Результаты вычислительного эксперимента

Исследования рассмотренных выше алгоритмов проводились путем вычислительного эксперимента на ЭВМ.

Результаты синфазного суммирования пятидесяти трасс представлены на рисунке 2.

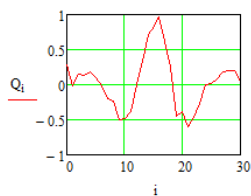


Рис. 2. Результат синфазного суммирования трасс

Из сопоставления рисунков 1 и 2 следует, что синфазное суммирование позволяет восстановить форму сейсмического импульса и тем точнее, чем больше число суммированных трасс. Однако, такой эффект достижим только в том случае, когда форма сигнала от трассы к трассе не изменяется. При изменении формы сигнала по латерали или наличии интерференции волн, данный алгоритм становится мало эффективным. Поэтому рассмотрим результаты моделирования второго алгоритма. На рисунке 3 представлена АКФ модели сейсмической трассы (1).

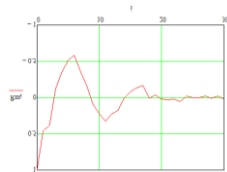


Рис. 3. АКФ модели сейсмической трассы

Нетрудно показать, что полученная АКФ (рис. 3.), дает возможность достаточно точно определить АЧХ сейсмического сигнала. Однако, получить хорошую оценку формы сигнала удастся только в том случае, если сделано верное предположение о форме ФЧХ, что на практике не всегда достижимо. Одним из путей повышения эффективности данного алгоритма является комплексирование с алгоритмом. Приведенном в работе [6].

### Заключение

Таким образом, проведенные исследования на модели сейсмической трассы показали, что рассмотренные алгоритмы в ряде практически важных случаев могут оказаться малоэффективными. Поэтому возникает необходимость в разработке новых статистических алгоритмов для оценки формы сейсмических сигналов, позволяющих получать надежные оценки в сложных сейсмогеологических условиях, когда форма сигнала при его распространении через геологическую среду существенно изменяется из-за наличия поглощения и дисперсии скорости.

### Список использованных источников

1. Курочкин А.Г., Борисенко Ю.Д., Калайдина В.Г. Инверсия сейсмической информации в параметры модели среды // Геофизика. Спецвыпуск «Технологии сейсморазведки». - 2003. №2. - С. 44-47.
2. Гогоненков Г.Н. Изучение детального строения осадочных толщ сейсморазведкой. М.: Недра, 1987. – 221 с.
3. Huang X., Kelkar M., Chopra A., Yang C.T. Wavelet sensitivity study on inversion using heuristic combinatorial algorithms // 65th SEG Annual International Meeting Expanded Abstracts. 1995. - Pp. 1088-1090.
4. Edgar J.A., Selvage J.I. Can thin beds be identified using statistical phase estimation? // First Break. 2011. - Vol. 29. - №3. - Pp. 55-65.
5. Brown A.R. Interpretation of Three-Dimensional Seismic Data. Tulsa : SEG, 2004.-6th.-541pp.
6. Kochegurov A.I., Kochegurova E.A., Kupina N.A. Detection accuracy of the temporary state of complex signals using phase-frequency tracking methods with equilibrium and non-equilibrium processing // Advances in Intelligent Systems and Computing. – 2015. –V. 342. – P. 27–36.

# РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ-АРХИВАТОРА НА ОСНОВЕ АЛГОРИТМА СЖАТИЯ ДАННЫХ БЕЗ ПОТЕРЬ

Э.Р. Муртазин

Научный руководитель: А.О. Савельев  
Томский политехнический университет  
erm2@tpu.ru

## Введение

Последние 10 лет явно прослеживается тенденция роста объема информации. В отчете исследовательской компании IDC (International Data Corporation), занимающейся изучением мирового рынка информационных технологий и телекоммуникаций, за 2017 год говорится, что объем сгенерированных данных в 2012 году составлял 2,9 зеттабайт, в 2016 году эта цифра возросла до 16 зеттабайт, и к 2025 году предполагается, что объем данных составит 163 зеттабайт [1]. Безусловно, не весь объем информации относится к полезной и требует обработки и анализа, однако объем полезной информации также растет. Именно поэтому возрастает потребность в более рациональном способе хранения и передачи данных. Алгоритмы сжатия данных, а также программы-архиваторы, способные производить сжатие, могут поспособствовать решению этой проблемы.

## Сжатие данных

Сжатие данных – это алгоритмическое преобразование данных, производимое с целью уменьшения занимаемого ими объема. Основано на устранении избыточности, содержащейся в исходных данных [2]. Простейшим примером избыточности является повторение в тексте фрагментов (например, слов естественного или машинного языка). Подобная избыточность обычно устраняется заменой повторяющейся последовательности ссылкой на уже закодированный фрагмент с указанием его длины.

Другой вид избыточности связан с тем, что некоторые значения в сжимаемых данных встречаются чаще других. Сокращение объема данных достигается за счёт замены часто встречающихся данных короткими кодовыми словами, а редких — длинными (энтропийное кодирование). Сжатие данных, не обладающих свойством избыточности принципиально невозможно без потерь.

## Метод сжатия без потерь

Метод сжатия без потерь реализуется следующим образом: исходных данных находят какую-либо закономерность и с учётом этой закономерности генерируют вторую последовательность, которая полностью описывает исходную. Например, для кодирования двоичных последовательностей, в которых много нулей и мало единиц, мы можем использовать следующую замену:

00 → 0  
01 → 10  
10 → 110

11 → 111

В данном случае исходная последовательность из шестнадцати бит:

00 01 00 00 11 10 00 00

преобразуется в последовательность из тринадцати бит:

0 10 0 0 111 110 0 0

Большинство алгоритмов сжатия без потерь работают в две стадии: на первой генерируется статистическая модель для входящих данных, вторая стадия отображает входящие данные в битовом представлении, используя модель для получения «вероятностных» (то есть часто встречаемых) данных, которые используются чаще, чем «невероятностные».

## Коэффициент сжатия

Коэффициент сжатия — основная характеристика алгоритма сжатия. Она определяется как отношение объема исходных несжатых данных к объёму сжатых данных:  $k = S_0/S_c$ , где  $k$  – коэффициент сжатия,  $S_0$  – объем исходных данных,  $S_c$  – объем сжатых данных.

## Разработка приложения

Итоговая программа разработана на основе кодирования длин серий, написана на языке C# и имеет следующую реализацию:

1) Исходный файл преобразуется в массив байтов.

2) Программа проходит по этому массиву, ищет повторяющиеся байты, а также считает количество их повторений.

3) Программа генерирует новый массив байт, в котором содержится количество повторений и сами байт.

В результате чего исходный массив, состоящий из девяти байт, например,

253 253 253 253 5 5 149 149 149

будет преобразован в массив состоящий из шести байт: 4 253 2 5 3 149

Разархивирование файла происходит путем восстановления исходной цепочки байтов.

Алгоритм кодирования длин серий эффективен для данных с большой избыточностью, однако почти бесполезен для малоизбыточных массивов байт.

## Пример работы приложения

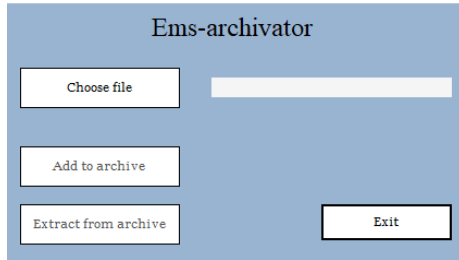


Рис. 1. Пользовательский интерфейс приложения

При попытке заархивировать файл с определенной избыточности данная программа архивирует файл с коэффициентом архивации  $k=2$ , при этом архиватор WinRAR заархивировал с  $k=3,6$ .

test-1.doc	Документ Micros...	22 КБ
test-1.ems	Файл "EMS"	11 КБ
test-1.rar	WinRAR archive	6 КБ

Рис. 2. Результаты сжатия избыточного .doc файла

Также, были проведены опыты с другими форматами файлов:

test-2.ems	Файл "EMS"	9 КБ
test-2.rar	WinRAR archive	4 КБ
test-2.xls	Лист Microsoft Ex...	25 КБ

Рис. 3. Результаты сжатия избыточного .xls файла

В данном случае  $k=2,7$ .

Однако, при попытке заархивировать малоизбыточный файл мы получаем коэффициент сжатия  $k=1,01$ , следовательно, в данном случае архивирование бесполезно. К слову, WinRAR хоть и показал больший коэффициент сжатия, однако мы можем наблюдать, что он также плохо справляется с малоизбыточными файлами и сжимает с  $k=1,11$ .

test-0.docx	Документ Micros...	96 КБ
test-0.ems	Файл "EMS"	95 КБ
test-0.rar	WinRAR archive	86 КБ

Рис. 4. Результаты сжатия малоизбыточного .doc файла



Рис. 5. Сравнение коэффициентов сжатия созданной программы и архиватора WinRAR

При разархивировании файла программа создает его копию с изначальным расширением и пометкой (new) в названии. Разархивированный файл идентичен исходному.

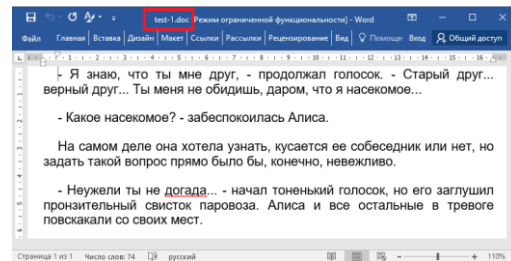


Рис. 6. Содержимое исходного файла

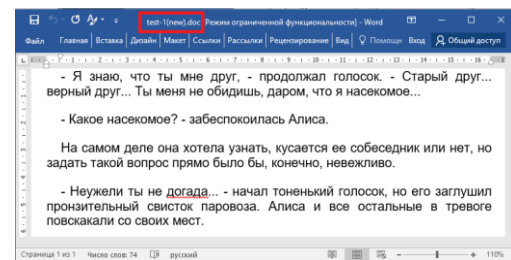


Рис. 7. Содержимое разархивированного файла

## Заключение

В результате проведенной работы, был изучен материал по сжатию данных, а также создана программа-архиватор, реализованная на основе алгоритма кодирования длин серий. Следующий этап разработки – усовершенствование программы, путем внедрения различных более совершенных методов сжатия данных, которые будут наиболее эффективны при работе с определенными типами данных. В конечном итоге планируется создать встраиваемую библиотеку для архивации, которая позволит разработчикам эффективнее использовать ресурсы памяти и минимизировать затраты на хранение редко используемых приложением данных - метаданных, файлов конфигураций и т.д.

## Список использованных источников

1. THE EVOLUTION OF DATA THROUGH 2025 [Электронный ресурс] / Сайт компании Seagate – URL: <https://www.seagate.com/files/www-content/our-story/trends/files/Seagate-WP-DataAge2025-March-2017.pdf> (дата обращения 12.10.2018).
2. Д. Сэломон. Сжатие данных, изображений и звука. / Дэвид Сэломон. – М.: Техносфера, 2004. – 368 с.
3. Ватолин Д., Ратушняк А., Смирнов М., Юкин В. Методы сжатия данных. Устройство архиваторов, сжатие изображений и видео. / под общ. ред. О. А. Голубев – М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2003. – 384 с.

## МОДЕЛЬ АСУ ГАЗООЧИСТНОЙ УСТАНОВКОЙ ФЕРРОСПЛАВНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Г.А. Мурзин, М.И. Четвергов

Руководители: к.т.н. О.А. Кравцова, С.В. Соколов

ГПОУ «Кузнецкий металлургический техникум», Новокузнецк  
kravtsova\_oa@kuz.ru

Внедрение автоматизированных системы управления технологическими процессами на металлургических предприятиях, как и любое серьезное преобразование на предприятии, является сложным процессом. Тем не менее, некоторые проблемы, возникающие при внедрении систем, достаточно хорошо изучены, формализованы и имеют эффективные методологии решения. Заблаговременное изучение этих проблем и подготовка к ним значительно облегчают процесс внедрения и повышают эффективность АСУ ТП. Первейшим этапом создания системы должно быть проведение работ по предпроектному обследованию, а именно, необходимо сформулировать обоснованные требования к новой системе, построить модель будущей системы «как должно быть», разработать техническое задание и по нему технический проект. Именно в данном направлении и выполняется наша работа.

**Цель работы:** разработка проекта автоматизированной системы управления газоочистными сооружениями ферросплавного производства (АСУ ТП «Газоочистка».)

Для решения поставленной цели были сформулированы следующие **задачи**:

- изучить особенности технологического процесса получения ферросплавов;
- изучить конструктивное строение агрегатов, применяемых в технологическом процессе газоочистки ферросплавного производства;
- описать назначение и цели функционирования проектируемой системы;
- описать характеристики проектируемой системы;
- определить перечень технических средств автоматизации, используемых в системе;
- разработать мнемосхему системы, с использование системы диспетчеризации;

В качестве **объекта исследования** выбрана автоматизированная система управления ходом технологического процесса газоочистки отходящих газов ферросплавного производства.

В работе используются следующие общенаучные **методы**:

- формализация — отображение количественных характеристик, характеризующих процесс функционирования системы;
- моделирование — разработка компьютерной модели изучаемой системы.

Формализация является одним из методов теоретического уровня, так же к этому уровню относятся: абстрагирование, идеализация, аксиоматика, обобщение и так далее.

Метод моделирования, используемый в рамках работы относится к экспериментально-теоретическому уровню, так же к нему относятся следующие методы: эксперимент, синтез, индукция и дедукция, анализ, гипотетический, логический.

Компьютерная модель системы разработана средствами SCADA – Genesis-32. Данный программный продукт относится к “условно свободному ПО”, т.е. в свободном доступе имеется версия, позволяющая бесперебойно работать ограниченный промежуток времени (2 часа), поэтому для использования данного ПО на производстве необходима лицензия (для работы ПО неограниченный промежуток времени).

В разрабатываемую АСУ ТП входят следующие подсистемы:

- подсистема хранения данных; Предназначена для хранения оперативных данных системы, данных для формирования статистических отчетов, логов событий системы.
- подсистема управления настройками системы, предназначена для ведения справочников настроек, используемых для обеспечения информационной совместимости компонентов системы;
- подсистема интеграции, обеспечивает следующие основные виды взаимодействия со смежными системами:
  - прием запросов от смежных систем, обработку полученных запросов и предоставление ответов на запросы;
  - передачу запросов в смежные системы и обработку полученных ответов.
- подсистема формирования отчетности, предназначена для создания форм регламентированной отчетности, настройки параметров и видов отчетов в различных форматах (включая графические), вывод подготовленных отчетных форм на печать.

АСУ ТП «Газоочистка» представлена в виде одноуровневой системы и реализована на базе программируемого контроллера, а визуализация технологического процесса на базе мнемосхем.

Для разрабатываемой системы определены следующие режимы функционирования:

- нормальный режим функционирования;
- аварийный режим функционирования.

Основным режимом функционирования системы является нормальный режим.

Аварийный режим функционирования системы характеризуется отказом одного или нескольких компонент программного и (или) технического обеспечения.



После того как определены типы контрольно-измерительных приборов, используемых в системе, и разработана функциональная схема системы была создана мнемосхема автоматизированной системы управления, рисунок 1.

**Инструкция диспетчера:** Запуск системы осуществляется нажатием кнопки. На рисунке 1 представлены основные контурами системы управления.

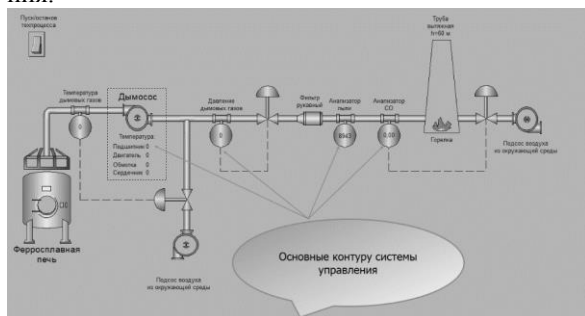


Рис. 1. Основные контуры системы

Контур проверки параметров дымососа. Производится контроль температуры отдельных компонентов дымососа. В случае превышения предельно допустимых температур необходимо провести охлаждение насоса.

Контур регулирования температуры отходящих газов, рисунок 2. При высоких значениях температуры отходящих газов происходит подсос атмосферного воздуха, данная процедура проводится для избежание прожигания рукавного фильтра.

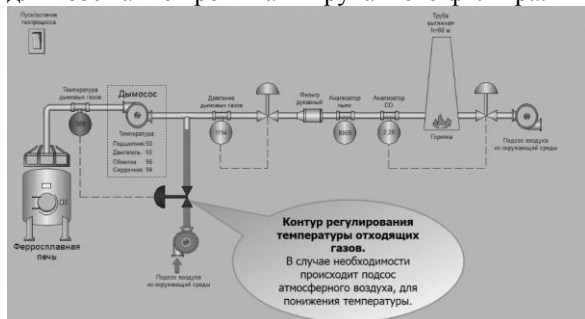


Рис. 2. Контур регулирования температуры

Контур регулирования давления отходящих газов, рисунок 3. Данный параметр контролируется для предотвращения порыва рукавного фильтра. В случае засорения данного фильтра производится остановка технологического процесса и очистка фильтра, после чего работа системы возобновляется.

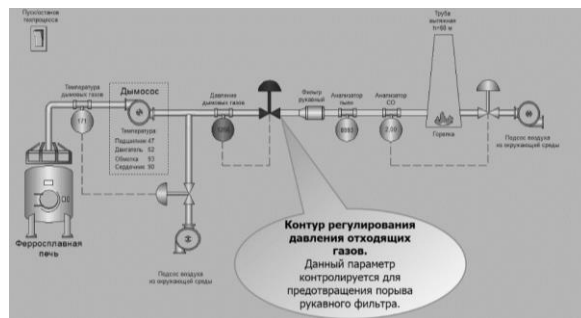


Рис. 3. Контур регулирования давления

Контур регулирования концентрации CO, рисунок 4. В случае превышения предельно допустимой концентрации CO в отходящих газах производится интенсификация процесса горения по средствам подсоса атмосферного воздуха.



Рис. 4. Контур регулирования CO

Контур регулирования концентрации пыли. В случае превышения предельно допустимой концентрации пыли в отходящих газах производится сигнализация технологическими персоналу о переполнении рукавного фильтра и необходимости его очистки.

В качестве результата мы получили функционирующую мнемосхему с отображением на ней всех основных узлов контроля и регулирования системы газоочистки ферросплавного производства.

В качестве прототипа была использована АСУ газоочистных сооружений Новокузнецкого ферросплавного завода. За основу было взято текстовое описание технологического процесса, все остальные элементы представленного проекта разработаны группой студентов Кузнецкого металлургического техникума под руководством преподавателей техникума.

#### Список использованных источников

1. Каталог приборов КИП и автоматики [Электронный ресурс] / Стелла - АСУТП, КИПиА, трубопроводная арматура. – URL: [www.ste.ru](http://www.ste.ru) (дата обращения 14.05.2018).
2. Каталог приборов КИП и автоматики фирмы МЕТРАН [Электронный ресурс] / Метран. – URL: [www.metran.ru](http://www.metran.ru) (дата обращения 14.05.2018).
3. Каталог микропроцессорной техники Siemens [Электронный ресурс] / Оборудование Siemens. – URL: [www.progressavtomatika.ru/oborudovanie.php](http://www.progressavtomatika.ru/oborudovanie.php) (дата обращения 26.05.2018).

# ВИЗУАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МУЛЬТИСЕНСОРНЫХ ДАННЫХ В ВИРТУАЛЬНОЙ СРЕДЕ

Ю.С. Петров, А.А. Захарова  
Томский политехнический университет  
pus-01@mail.ru, zaa@tpu.ru

Статья посвящена визуальному анализу мультисенсорных данных в виртуальной среде. В статье рассматривается возможность применения новейших технологий для взаимодействия с различными данными.

**Ключевые слова:** визуальный анализ, данные, виртуальная среда, виртуальная реальность, визуализация.

## Введение

По данным университета Беркли, ежегодный прирост информации в мире составляет 1 миллион терабайт (1 экзобайт).

Начиная с обычных пользовательских данных, таких как использование кредитной карты, разговор по телефону и т.п. и заканчивая специализированными массивами данных для определенных сфер, например, данные по колебаниям между балками на специализированном заводе. Делается это для того, чтобы можно было хранить и использовать эту информацию для различных целей. Она может содержать в себе скрытые знания, закономерности, статистику и потому, при соответствующем анализе, способна оказать влияние в различных областях человеческой деятельности [1].

## Анализ

Визуальный анализ данных, обычно, можно разделить на три этапа:

1. Беглый анализ - позволяет идентифицировать различные интересные различия, отклонения и сфокусироваться на одном или нескольких из них;
2. Увеличение и фильтрация - идентифицированные на предыдущем этапе шаблоны отфильтровываются и рассматриваются в большем масштабе;
3. Детализация по необходимости - если пользователю нужно получить дополнительную информацию, он может визуализировать более детальные данные [2].

Некоторые данные можно визуализировать обычными средствами визуализации, такими как:

1. графики
2. схемы
3. инфографика
4. 3D поверхности

Таких средств хватит для общего представления о данной информации людям, обладающим знаниями в данной области [3].

Обычный 2D визуализатор – график, таблица или инфографика, на котором можно показать зависимость одного параметра относительно другого по двум осям координат может быть не достаточно эффективным [4].

Одним из ярких примеров такой информации является звук. Звуковая дорожка – непрерывная линия, хранящая в себе информацию зависимости амплитуды сигнала от времени.



Рис. 1. Звуковая дорожка в FL Studio

Любой человек, связанный с звукозаписью, умеет манипулировать звуковой дорожкой на таймлайне и оперировать данными, связанными с ней. Таким образом, совместив возможности программ для редактирования аудиодорожек и представленные данные можно манипулировать и получать необходимую информацию.

3D среда может стать хорошим визуализатором информации. В ней есть минимальное количество измерений для предоставления и анализа информации – два и третье – для большего расширения поля взаимодействия.

3D графики, 3D поверхности и схемы уже давно служат для анализа и визуализации данных [5]. Можно ли использовать последние достижения в 3D технологиях для визуализации и анализе данных?

Возьмем обширное поле данных, допустим, в виде кривой, и сделаем на их основе 3D модель.

Чтобы получить минимальную необходимую информацию (минимумы, максимумы, отрезки взаимодействия) достаточно просто покрутить модель.

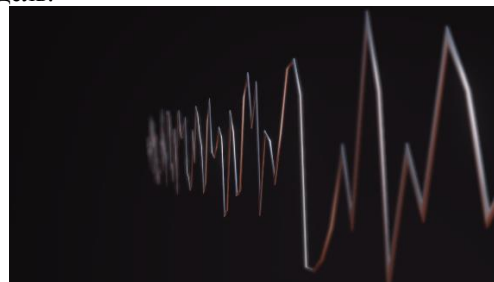


Рис. 2. Произвольный вид на кривую данных

Таким образом, просто меняя угол зрения в 3D пространстве мы получаем разные картины представления информации.

Имея кривую с третьей координатой мы можем увидеть ее параметры просто взглянув на нее в профиль.

Благодаря последним достижениям в технологиях виртуальной и дополненной реальности, используя обычный смартфон, можно посмотреть на смоделированные данные в виртуальной реальности, просто сидя на диване у себя дома. Это добавляет мобильности и экономит время, что является несомненным плюсом для любой работы, в том числе по обработке данных.

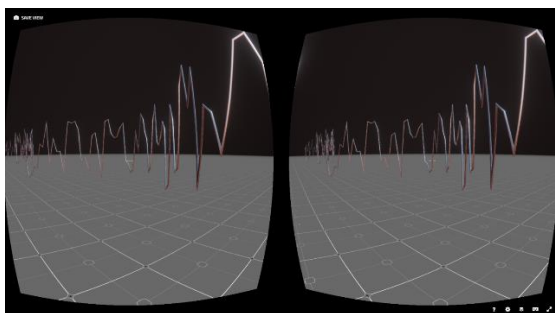


Рис. 3. Изображение в виртуальной реальности

Такая возможность становится доступной благодаря Sketchfab - веб-сервис для публикации интерактивных 3D-моделей в Интернет в режиме реального времени и их последующего просмотра без использования каких-либо сторонних программ [6].

И последняя развивающаяся технология, схожая с виртуальной реальностью – дополненная реальность.



Рис. 4. Дополненная реальность

Дополненная реальность позволяет, взглянув через экран смартфона, увидеть необходимую информацию в необходимом месте. Данную технологию активно используют Microsoft в своей разработке Microsoft HoloLens, Apple в своей технологии ARKit для техники с камерой и многие другие.

Таким образом, визуализация данных в виртуальной реальности является базой для создания проектов и решения задач различных отраслей. В зависимости от применения это может быть как комната виртуальной реальности, так и CadWall (многоканальная система 3D-стереоизображения высокого разрешения), а так же любая другая нестандартная система виртуальной реальности.

Сферы применения:

1. Промышленность: центры виртуальной реальности, иммерсионные центры, виртуальное прототипирование.
2. Дизайн и конструирование.
3. Нефтегазовая отрасль: 3D-сейсмика
4. Наука и образование.
5. Строительство и городское планирование: интерактивное виртуальное макетирование.
6. Тренажеры и симуляторы: центры профессиональной подготовки и обучения.
7. Медицина.

#### Заключение

Современные технологии виртуальной реальности и 3D-визуализации фактически

являются элементной базой для построения новых поколений мультимодальных человеко-компьютерных интерфейсов, которые могут позволить создать тренажеры, симуляторы, интерактивные обучающие виртуальные среды, виртуальные прототипы, цифровые планетарии, различные решения для рекламы, маркетинга и т.д.

Концепция использования визуализации данных технологиями виртуальной реальности для обучения и науки может помочь решить такие задачи как:

1. Интерактивная высококачественная визуализация для научных и образовательных целей, виртуальное моделирование и прототипирование различных процессов и объектов;
2. Создание интерактивных образовательных курсов и их последующая демонстрация для студентов и преподавателей в системах виртуальной реальности, обычных PC, 3D Internet ;
3. 3D-визуализация научных данных в реальном масштабе времени и высококачественная визуализация имитационного моделирования;
4. Презентации для руководства и лиц, принимающих решение;
5. Виртуальная обработка взаимодействия человека и различных технических устройств и систем;
6. Центр создания интерактивных виртуальных макетов, образовательных тренажеров и симуляторов.

Интерактивность дает большие возможности в анализировании информации, но виртуальная реальность и возможности 3D – это лишь фундамент для реализации идей и дальнейших исследований и требует дальнейшего изучения.

Работа выполнена при поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-41-700001 р\_а.

#### Список использованных источников

1. Методы и средства визуального анализа данных [Электронный ресурс] URL: <https://bourabai.ru/tpoi/visual.htm> (Дата обращения: 26.11.2017)
2. Средства визуализации данных [Электронный ресурс] URL: <http://parallel.uran.ru/book/export/html/238> (Дата обращения: 26.11.2017)
3. Масленников О.П., Мильман И.Е., Сафиуллин А.Э., Бондарев А.Е., Низаметдинов Ш.У., Пилюгин В.В. Интерактивный визуальный анализ многомерных данных/ГрафиКон'2014: 24-я Международная конференция по компьютерной графике и зрению: Ростов-на-Дону, Академия архитектуры и искусств ЮФУ Труды конференции. - С.51-54.
4. Захарова А.А., Вехтер Е.В., Шкляр А.В. Методика решения задач анализа данных при использовании аналитических визуальных моделей // Научная визуализация. – 2017. – Т. 9. – № 4. – С. 78-88.
5. Захарова А.А., Шкляр А.В. Метафоры визуализации // Научная визуализация. – 2013. – Т. 5. – № 2. – С. 16-24.
6. Веб-сервис для просмотра интерактивных моделей [Электронный ресурс] URL: <https://sketchfab.com> (Дата обращения: 17.12.2017)

# РАСПОЗНОВАНИЕ ОБРАЗОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПОРЯДКОВЫХ МЕР

Е.Ю. Погадаева

Томский политехнический университет

E-mail: eyk@tpu.ru

## Введение

Задача распознавания образов является основной для большинства интеллектуальных систем, т.к. представляет собой междисциплинарный вопрос, охватывающий разработки в области статистики, техники, искусственного интеллекта, информатики, психологии и физиологии, в связи с этим существует потребность в качественной интерпретации изображений. Различные методы распознавания образов, позволяют анализировать содержание изображения, идентифицировать его элементы и выявлять различные характеристики, такие как: цвет, размер, взаимное расположение.

В данной статье описаны основные подходы к распознаванию образов и рассмотрен метод распознавания, основанный на порядковых мерах. Основная идея, которого заключается в определении порядковых отношений между соседними пикселями или областями изображения, представляющими некоторую постоянную величину, характеризующую внутреннюю природу объекта.

## Классификация систем распознавания

На рисунке 1 представлена классификация систем распознавания.



Рис. 1. Классификация систем распознавания

В комбинированных системах распознавания объектов используется алгоритм вычисления оценок (АВО), предложенный Ю.И. Журавлевым [1].

## Алгоритм вычисления оценок

Данный алгоритм построен на нескольких основных принципах:

- основываясь на анализе оценок близости объекта к классам, принимается решение о классификации;

- вычисление оценок близости к классам базируется на учете близости или дальности объекта к эталону. Чем ближе объект к эталонному объекту данного класса, тем выше оценка близости объекта и дальше от эталонных объектов других классов;

- на основе расстояний и функции близости определяется близость распознаваемого объекта к эталонному.

Для того чтобы классифицировать объект с помощью АВО необходимо сначала построить вектор оценок объекта по заданным классам, далее на основании полученного вектора необходимо принять решение о принадлежности объекта тому или иному классу. Обычно объект заносят в класс с максимальной оценкой. Вычисление оценки объекта по классу основано на последовательном сравнении и вычислении меры сходства описания признаков объекта с описанием эталонных признаков объекта, относящихся этому классу или с описанием признаков объекта обучающей выборки. Вычисления меры сходства между классифицируемым объектом и эталонным основывается на сравнении различных значений комбинаций или фрагментов признаков двух объектов.

Модель АВО хорошо подходит для различных видов данных, но особый интерес представляется прежде всего для объектов нечисловой природы. В том числе и для теории распознавания образов, потому что в отличие от других алгоритмов АВО позволяет получить однозначное решение о принадлежности объекта распознавания к определенному классу.

## Расстояние Кемени

Один из перспективных способов реализации меры сходства состоит в использовании расстояния Кемени ( $d_{KS}$ ) между ранжированиями расположений пикселей [2]. Расстояние Кемени – это мера, представляющая собой ранжирование из нескольких альтернатив с учетом всех противоречий [3], [4]. Чем меньше расстояние, тем больше сходство между двумя ранжированиями одного и того же набора альтернатив. Рассмотрим набор альтернатив А, В, С, D. Два человека оценивают эти альтернативы с точки зрения своих предпочтений (Таблица 1).

Таблица 1. Пример ранжирования

	Человек 1	Человек 2
Более предпочтительны	А	В,С
-	В	Д
Менее предпочтительны	С,Д	А

Для вычисления  $d_{KS}$  рассмотрим каждую упорядоченную пару альтернатив (А, В), (А, С), ..., (D, С). Если человек 1 и человек 2 имеют одинаковое предпочтение между данной парой альтернатив, то эта пара принимает значение расстояния 0. Такими парами являются (В, D) и (D, В): оба человека счи-

тают В более предпочтительным, чем D. Если имеются противоположные предпочтения для пары альтернатив, эта пара характеризуется расстоянием равным 1. В эту категорию попадают пары (A, B), (A, C), (A, D), (B, A), (C, A) и (D, A). В остальных случаях у одного человека есть две альтернативы, равные по предпочтению, а у другого - нет. Каждый из этих случаев характеризуется расстоянием 1/2, как (C, D), (B, C), (D, C) и (C, B). Итогом для этого примера является:  $2 \cdot 0 + 4 \cdot 1/2 + 6 \cdot 1 = 8$ , где общее количество упорядоченных пар равно 12. Двухзначные ранжирования дали бы расстояние 0 и с четырьмя альтернативами, максимальное расстояние  $4 \cdot (4-1) = 12$  (для ранговых порядков A, B, C, D и D, C, B, A).

В контексте изображений расстояние Кемени является мерой между двумя изображениями одинакового размера. С помощью используемого  $d_{KS}$  сравнивается ранжирование каждой упорядоченной пары местоположений пикселей в одном изображении с его ранжированием в другом. Меньшие значения  $d_{KS}$  указывают на большее сходство. Если два изображения имеют одинаковое ранжирование между значениями во всех возможных упорядоченных парах расположения пикселей, то  $d_{KS}$  равно 0 (Рис. 2).



Рис. 2. Изображение с одинаковым ранжированием расположений пикселей

Особенно интересным является применение данного способа для поиска изображений на основе контента, где пространственное распределение интенсивности или цвета (подобно пространственной компоновке) может быть использовано в качестве дополнительной функции к тем, которые получены на основе глобальных характеристик. Например, запрос на поиск похожих изображений с голубым небом сверху и зеленой травой внизу можно сформулировать, используя пример такого изображения и  $d_{KS}$  как меру подобия. Для сравнения сходства изображений было разработано множество способов, но многие из них способны сравнивать только пространственную компоновку изображений.

Метрики на основе гистограмм неспособны захватывать пространственные характеристики, как

и метрики на основе текстур не могут воспринимать глобальные характеристики. Для сравнения общего подобия изображения, такого как распределение значений интенсивности по пространственной протяженности изображения, то есть определение более яркой или более темной части по сравнению с другими частями изображения, может рассматриваться как значение ранжирования[5].

Метрика, основанная на расстоянии Кемени не налагает жестких требований точного сопоставления значений, поскольку оно основано на относительном упорядочении рангов. Для распознавания изображений с изменением цвета и яркости между двумя изображениями такая гибкость крайне необходима. К тому же нечувствительность данного метода к точной интенсивности или цветовым значениям делает его инвариантным к общим изменениям яркости, освещенности, смещению цвета, к малым геометрическим искажениям объектов и делает эту метрику привлекательной, для многих существующих показателей сходства изображений.

### Заключение

В отличие от других методов АВО с использованием расстояния Кемени принципиально по-новому оперирует описаниями объектов. Поскольку не всегда известно, какие сочетания признаков наиболее информативны, то в данном методе степень сходства объектов вычисляется при сопоставлении всех возможных или определенных сочетаний признаков, входящих в описания объектов.

Теоретические возможности данного метода для задачи распознавания изображений не ниже возможностей любого другого алгоритма распознавания образов.

### Список использованных источников

1. Журавлев Ю.И., Никифоров В.В. Алгоритмы распознавания, основанные на вычислении оценок // Кибернетика. — 1971. — 1-11 с.
2. Дж. Кемени, Дж. Снелл. Кибернетическое моделирование. Некоторые приложения. — М.: Советское радио, 1972. — 1492 с.
3. Cook W.D., Kress M. Ordinal Information and Preference Structures: Decision Models and Applications. Englewood Cliffs, // NJ.: Prentice Hall, 1992.
4. Kemeny G., Snell L.J. Preference Ranking: An Axiomatic Approach, Math. Models in the Social Sciences // MIT Press, 1978.
5. Luo J., Eitz S.P., Gray R.T. Normalized Kemeny and Snell Distance: A Novel Metric for Quantitative Evaluation of Rank-Order Similarity of Images // IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell., Vol. 24, No. 8, 2002

# ВЛИЯНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КАМЕРЫ ПРИ ПОСТРОЕНИИ КАРТЫ ОКРУЖЕНИЯ ОБЪЕКТА НА ОСНОВЕ LSD-SLAM МЕТОДА

Е.А. Погадаев

А.С. Фадеев

Томский политехнический университет

eap1@tpu.ru

## Введение

В настоящее время наблюдается рост применения автономных подвижных объектов, в частности, беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) и автономных необитаемых подводных аппаратов (АНПА) в различных сферах человеческой деятельности. БПЛА способны выполнять автономные полеты, однако их собственная локализация зависит от глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС). Использование таких систем недостаточно в закрытых помещениях или в условиях помех по причине низкой точности позиционирования подвижного объекта. Использование SLAM (Simultaneous Localization And Mapping) методов решает задачу одновременного картографирования и локализации БПЛА в закрытых помещениях [1].

В данной статье рассматривается применение монокулярного LSD-SLAM метода (Large Scale Direct). Это обусловлено тем, что другие монокулярные SLAM методы использует только малую часть информации из изображений – признаки (например, ребра), что, в свою очередь снижает точность и надежность в слабо текстурированной обстановке и снижает плотность построенного ключевого кадра. Кроме того, LSD-SLAM метод выполняет построение карт имеющих высокую плотность точек [2].

## Описание экспериментальной установки

Платформа, на которой производился эксперимент, представляет собой персональный компьютер со следующими основными характеристиками: CPU – Intel Core i5, 3,0 GHz, 8 GB RAM, ОС Ubuntu, камера с разрешением 640x480 пикселей. Для тестирования были выбраны свободные реализации алгоритма LSD-SLAM для фреймворка Robot Operating System (ROS) без использования возможности ускорения параллельных вычислений (таких, как OpenCL или CUDA).

LSD-SLAM метод предлагает в качестве входных данных для составления модели местности использовать наиболее контрастные области изображения для получения карты глубины пространства. Метод основан на параллельной работе трех процедур: локализация, построение карты и оптимизация карты. Компонент локализации оценивает положение каждого нового кадра относительно текущего ключевого кадра. Компонент построения карты обрабатывает кадры с известным положением, либо производя очистку карты, либо создавая новый ключевой кадр. Компонент оптимизации карты занимается поиском циклов в графе ключевых кад-

ров и устранением эффекта плавающего масштаба. LSD-SLAM хранит карту окружающего пространства в виде графа ключевых кадров с привязанными к ним частичными картами глубины пространства [2].

Для стабильной и эффективной работы алгоритма необходимо следующее:

- максимально точная калибровка камеры и последующая ректификация изображения, широкий угол обзора камеры (не менее 80-90°);
- частота кадров в секунду не менее 30 (при угле обзора равном 90°);
- движения камеры не должны содержать повороты без переноса. Такое движение ломает алгоритм.

Под ректификацией изображения понимается определение ориентации и расположения камеры в пространстве по изображению, полученному с ее помощью.

В качестве симулятора используется пакет Gazebo 3D интегрированный в программную платформу ROS (Robot Operating System) [3].

Имитируемой технической базой является Parrot AR.Drone. AR.Drone снабжен следующими интересующими нас устройствами:

- фронтальная камера: максимальное разрешение видеосъемки 640x360 пикселей, частота кадров 30 кад/сек, диагональный угол обзора 92°
- нижняя камера: используется встроенным автopilотом для компенсации ветра и дрефта;
- ультразвуковой датчик высоты (работает в пределах 0.25 – 3 м);
- инерциальная навигационная система (акселерометр, гироскоп, магнетометр, барометр).

Все датчики интегрированы в единую систему [3].

В программной среде Gazebo выполнено построение модели окружающей среды для проведения экспериментов на примере модели улицы населенного пункта. Калибровка камеры выполнена встроенными средствами ROS.

## Экспериментальное исследование

БПЛА перемещается вдоль зданий, изображение с камеры передается на вычислительное устройство для обработки и построения карты окружения в виде графа ключевых кадров с привязанными к ним частичными картами глубины.

На рисунке 1 приведены изображения модели окружающей среды, получаемого изображения с БПЛА и результата работы LSD-SLAM метода. Для данного эксперимента скорость перемещения

БПЛА ограничена значением 2 м/с и количество кадров в секунду равно 30.

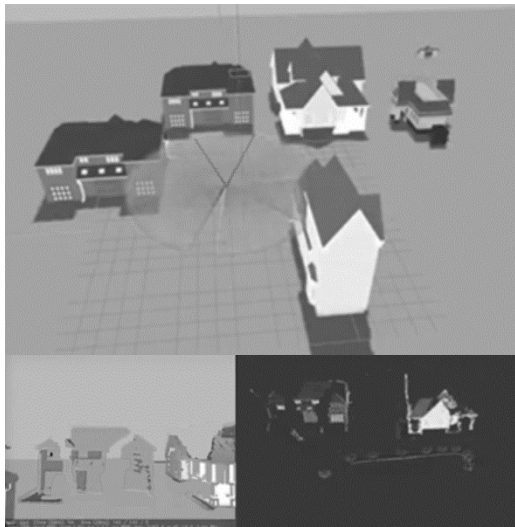


Рис. 1. Построение карты окружения

Выполненный эксперимент позволил оценить корректность построения плотной карты окружения. Анализ полученных результатов эксперимента показывает, что, с учетом выбранных исходных параметров, алгоритм LSD-SLAM метода работает не корректно. А именно, элементы карты окружения смещены по сравнению с их истинным положением, разрывы в стенах зданий, которые не соответствуют модели.

Связано это с неверным выделением характерных особенностей на изображении и формированием ключевых кадров. Решением является улучшение технических характеристик камеры, в первую очередь количества кадров в секунду и ее перекалибровка.

Существующая модель камеры на БПЛА заменена на модель с улучшенной характеристикой количества кадров в секунду равной 60, а также выполнена перекалибровка камеры для улучшения качества карты окружения. Скорость движения БПЛА ограничена значением 0,5 м/с. На рисунке 2 приведено изображения окружающей среды, получаемого изображения с БПЛА и результата работы LSD-SLAM алгоритма с учетом измененных параметров системы.

На основе анализа полученных результатов эксперимента был сделан вывод, что используемый тип камеры, а также ограниченная скорость движения БПЛА позволяет выполнять построение карты окружения в виде графа ключевых кадров с привязанными к ним частичными картами глубины, что позволяет строить карту препятствий. Карта окружения не содержит несуществующие разрывы в зданиях и ее элементы имеют корректные позиции

относительно друг друга. Кроме того, выбранные технические характеристики камеры позволили увеличить плотность построенной карты окружения.

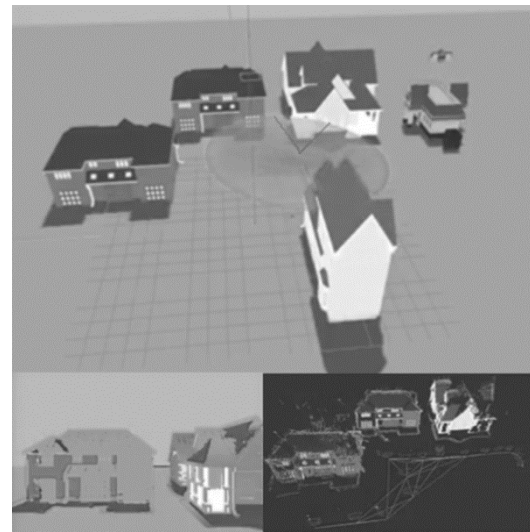


Рис. 2. Построение карты окружения с учетом улучшенных технических характеристик камеры

### Заключение

На основе анализа полученных результатов эксперимента можно сделать вывод, что точность калибровки и ректификации, а также используемой модели искажений напрямую влияет на качество получаемых карт. Изменение технических характеристик камеры, а именно, увеличение количества кадров в секунду до 60 в совокупности с ограничением скорости движения объекта до 0,5 м/с позволило выполнить построение карты окружающего пространства без искажений и с достаточной плотностью.

### Список использованных источников

1. Simultaneous Localisation and Mapping (SLAM): Part I The Essential Algorithms. [Электронный ресурс]. - URL: [http://www.cs.berkeley.edu/~pabbeel/cs287-fa09/readings/Durrant-Whyte\\_Bailey\\_SLAM-tutorial-I.pdf](http://www.cs.berkeley.edu/~pabbeel/cs287-fa09/readings/Durrant-Whyte_Bailey_SLAM-tutorial-I.pdf) (дата обращения: 07.08.2018)
2. Jakob Enge, Thomas Schops, Daniel Cremers LSD-SLAM: Large-Scale Direct Monocular SLAM, Computer Vision – ECCV 2014, 834-849
3. Sokolov M. et al. 3D modelling and simulation of a crawler robot in ROS/Gazebo //Proceedings of the 4th International Conference on Control, Mechatronics and Automation. – ACM, 2016. – С. 61-67.

# ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ТЕКСТОВ

Е.С. Попова

Научные руководители: В.Г. Спицын, Ю.А. Иванова

Томский политехнический университет

esp9@tpu.ru

## Введение

Задачи обработки естественных языков (natural language processing, NLP), находясь на пересечении computer science, искусственного интеллекта и лингвистики. Данная область становится все более актуальной в связи с постоянно растущим объемом информации в интернете и потребностью в ней ориентироваться, а с развитием голосовых интерфейсов и чат-ботов, NLP стала одной из самых важных технологий искусственного интеллекта.

Перечислим основные классы задач, где используются методы анализа текстов на естественных языках [1]:

### I. Анализ текста и информационный поиск.

1. Машинный перевод с одного языка на другой.
2. Системы, поддерживающие диалог с пользователем.
3. Поиск текстовой информации по запросу пользователя.
4. Извлечение информации из текстов. Извлечение фактов – переход от текстов к структурированной информации, перенос фактов в базу данных.
5. Вопросно-ответные системы. Поиск точного ответа на вопрос, а не документа как при поиске информации.
6. Автоматическое резюмирование. Построение краткого изложения текста.
7. Поиск близких текстов (документов). Выявление заимствований и плагиата.
8. Кластеризация и классификация текстов. Упорядочивание текстов по группам похожих документов или отнесение документа к предопределенному классу.
9. Контентный анализ: определение характеристик текста и автора, эмоциональной окраски текста, построение психолингвистического портрета автора.

### II. Синтез текстов. Автоматическая генерация текстов с заданными характеристиками.

На сегодняшний день помимо классических алгоритмов интеллектуального анализа текстов, большое распространение получили методы, основанные на глубоком обучении нейронных сетей (deep learning), которые предлагают гибкий, универсальный и обучаемый подход для представления мира как в виде визуальной, так и лингвистической информации.

## Предобработка текста

Предобработка текста позволяет уменьшить исходное пространство признаков, без потери полезной информации. Ниже приведены основные методы морфологической и синтаксической предобработки текста:

**Токенизация** – это самый первый шаг при обработке текста. Заключается в разбиении длинных строк текста в более мелкие: абзацы делим на предложения, предложения на слова.

**Нормализация** – для качественной обработки текст должен быть нормализованным. Все слова приводятся к одному регистру, удаляются знаки пунктуации, расшифровываются сокращения, числа приводятся к их текстовому написанию и т.д. Нормализация необходима для унификации методов обработки текста.

**Стэмминг** – это устранение приращков к корню, то есть отделение суффикса, приставки, окончания и приведение слова к основе.

**Лемматизация** – близка к стеммизации. Отличие в том, что лемматизация приводит слово к смысловой канонической форме слова (инфинитив для глагола, именительный падеж единственного числа – для существительных и прилагательных). Например: зафрахтованный – фрахтовать, ценами – цена, лучший – хороший.

**Удаление стоп-слов.** Стоп-слова – слова, которые не несут никакой смысловой нагрузки. Их еще называют шумовыми словами. Например, в английском языке это артикли, в русском – междометия, союзы, маты и т.д.

## Перевод текста в векторное представление

Векторное представление считается стартовой точкой для большинства NLP задач. Это метод сопоставления текстовому слову некоторого числового вектора фиксированной размерности. Векторное представление может строиться не только для слов, но и для произвольных объектов.

Так же векторы могут обладать разнообразными полезными свойствами, например, отражать семантическую близость между словами.

Способы получения векторных представлений:

- One-hot encoding
- SVD
- Topic modeling
- word2vec, GloVe, FastText, StarSpace

Рассмотрим подробнее технику векторного представления Word2vec от Google, которая пользуется популярностью, и часто используются для задач NLP.

**Word2Vec** – предназначена для статистической обработки больших массивов текстовой информации. W2V собирает статистику по совместному появлению слов в фразах, после чего методами



нейронных сетей решает задачу снижения размерности и выдает на выходе компактные векторные представления слов, в максимальной степени отражающие отношения этих слов в обрабатываемых текстах.

Для достижения лучшего результата Word2vec удаляет из набора данных бесполезные слова (или слова с большой частотой появления, в английском языке — a, the, of, then). Это поможет улучшить точность модели и сократить время на обучения.

### Сверточные нейронные сети для задачи классификации текстов

Одной из распространённых задач NLP является классификация (категоризация) текстов.

Примерами задач классификации текстов являются такие задачи, как фильтрация спама, анализ тональности, определение авторства и т.д.

Для решения данной задачи последнее время активно используются сверточные нейронные сети (convolutional neural network, CNN), которые исходя из недавно вышедшей статьи [2] от коллектива авторов из Intel и Carnegie-Mellon University подходят для этого даже лучше, чем рекуррентные нейронные сети (recurrent neural network, RNN), которые безраздельно властвовали в этой области на протяжении последних лет.

Далее опишем основные подходы использования сверточных нейронных сетей для задачи классификации текстов.

#### Посимвольный подход

Посимвольный подход для классификации текстов с помощью сверточных нейронных сетей был предложен в статье [4]. Опишем данный метод подробнее. Назовем алфавитом упорядоченный набор символов. Пусть выбранный алфавит состоит из  $m$  символов. Каждый символ алфавита в тексте закодирован с помощью  $1-m$ -кодировки. (т.е. каждому символу будет сопоставлен вектор длины  $m$  элемент которого равен единице, в позиции равной порядковому номеру символа в алфавите, и нулю во всех остальных позициях.)

Если в тексте встретится символ, который не вошел в алфавит, то необходимо закодировать его вектором длины  $m$  состоящим из одних нулей. Из текста выбираются первые  $l$  символов. Параметр  $l$  должен быть большим, чтобы в первых  $l$  символах содержалось достаточно информации для определения класса всего текста.

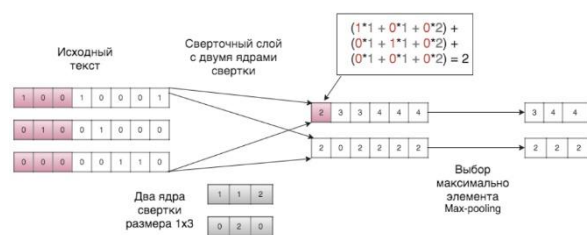


Рис. 1. Посимвольный подход

Далее полученные векторы составляются в матрицу размера  $m \times l$ , в которой в каждый столбец будет иметь не более одной единицы. Каждая строка

полученной матрицы используется как отдельная карта признаков. На вход сверточной нейронной сети подается  $m$  карт признаков размера  $1 \times l$  аналогично изображению. Архитектуру сети необходимо выбирать исходя из задачи. На рисунке 1 приведен пример посимвольного подхода для  $l = 6$ ,  $m = 3$ . В примере показан один сверточный и один субдискретизирующий слой.

#### Подход с использованием кодирования слов

В статье [3] описан подход, где каждому слову в тексте сопоставляется вектор фиксированной длины, затем из полученных векторов для каждого объекта выборки составляется матрица, которая аналогично изображениям подается на вход сверточной нейронной сети. На рисунке 2 приведен пример сверточной нейронной сети с использованием кодирования слов.

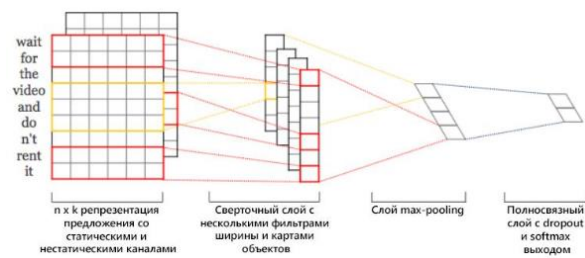


Рис. 2. Кодирование слов

#### Заключение

В результате проведенного исследования были выявлены основные группы задач NLP, рассмотрены методы предобработки и векторизации текстов. Так же в ходе исследования была изучена возможность применения сверточных нейронных сетей для задачи классификации текстов. Работа поддержана грантом РФФИ № 18-08-00977 А.

#### Список использованных источников

1. Федюшкин Н.А., Федосин С. А. Понятие, проблемы и разновидности интеллектуального анализа текста — Проблемы и достижения в науке и технике. Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции - № 3 - г. Омск, 2016 - 206 с.
2. Bai, S., Kolter, J. Z., & Koltun, V. (2018). An Empirical Evaluation of Generic Convolutional and Recurrent Networks for Sequence Modeling. arxiv.org/abs/1803.01271
3. Kim, Y. (2014). Convolutional Neural Networks for Sentence Classification. Proceedings of the 2014 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing (EMNLP 2014), 1746–1751.
4. Zhang, X. Character-level convolutional networks for text classification / Xiang Zhang, Junbo Zhao, Yann LeCun // In Advances in Neural Information Processing Systems. - 2015. - Feb. - 649-657pp.

# МОДЕЛИРОВАНИЕ КОМПРЕССОРНОЙ СТАНЦИИ И УСТАНОВКИ ОСУШКИ УГЛЕВОДОРОДНОГО ГАЗА В СРЕДЕ UNISIM

Б.В. Пушнов<sup>1</sup>, В.Ф. Самойленко<sup>2</sup>

Томский политехнический университет<sup>1</sup>, Сибирский федеральный университет<sup>2</sup>  
sfv.smol@mail.ru

## Введение

В современных условиях, когда скорость разработки проекта и его точность являются одними из основных критериев, для получения оптимального проектного решения необходимо применять современные моделирующие системы.

Целью данной работы является моделирование компрессорной станции и установки осушки углеводородного газа (УОГ) с применением программного комплекса “UniSim”.

## Выбор способа подготовки

В ООО «Газпром ВНИИГАЗ» и ПАО «ЮЖНИИГИПРОГАЗ» были разработаны варианты технологических схем низкотемпературной сепарации (НТС) с турбодетандерным агрегатом (ТДА) для осушки газов с низким содержанием тяжелых углеводородов, отличающиеся термобарическими условиями в низкотемпературном сепараторе: технология «высокого» давления [1] – при давлении выше давления на входе в головной участок магистрального газопровода (7,7 МПа); технология «среднего» давления [2] – при давлении ниже давления на входе в головной участок магистрального газопровода (5,5 – 6,3 МПа); технология «низкого» давления [3] – при давлении 3 – 5 МПа.

Наиболее предпочтительной считают технологию «среднего» давления, т.к. в технологии «высокого» давления при снижении давления в газопроводе возможно выпадение ретроградного конденсата, а использование технологии «низкого» давления для транспортировки газа по магистральному газопроводу требует ввода компрессорной станции после УОГ [4]. Однако унос жидкой фазы в технологии «среднего» давления является критическим, что требует снижения давления до уровня технологии «низкого» давления.

В технологии «низкого» давления полностью устраняется возможность выпадения ретроградного конденсата в газопроводе [4], что обеспечивает возможность транспортировки запланированного объема газа.

А в связи с низким давлением в газопроводе проекта после УОГ не требуется ввод компрессорной станции и оборудование КС и УОГ работает с более низким рабочим давлением.

Именно поэтому технология «низкого» давления будет иметь минимальные капитальные и эксплуатационные затраты и является наиболее оптимальным способом подготовки газа.

## Разработка технологических схем и расчет технологических параметров КС и УОГ

Результаты моделирования компрессорной

станции представлены на рисунке 1.

Смесь природного и попутного газов с температурой  $-7 - 28\text{ }^{\circ}\text{C}$  проходит сепаратор I ступени С-101/102, откуда газ поступает в I секцию газоперекачивающего агрегата ГПА-101/102, а конденсат – на установку дегазации ВМС.

Газ компримируется в I секции ГПА-101/102 до давления 1,86 МПа и с температурой  $119,4 - 156\text{ }^{\circ}\text{C}$  поступает в аппарат воздушного охлаждения (АВО) I ступени АВО-101/102, где охлаждается до  $25 - 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

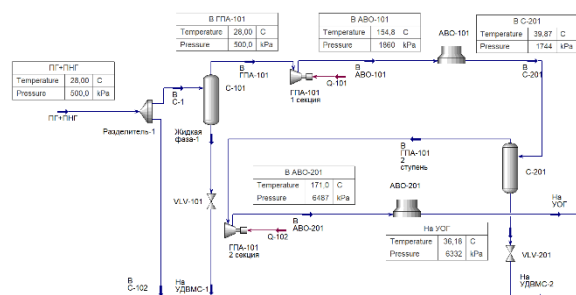


Рис. 1. Технологическая схема КС

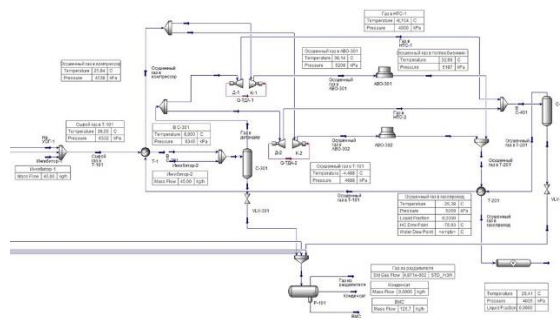


Рис. 2 Технологическая схема УОГ

Затем газ поступает в сепаратор II ступени С-201/202, откуда газ поступает во II секцию ГПА-101/102, а конденсат – на установку дегазации водометанольной смеси (ВМС).

Газ компримируется во II секции ГПА-101/102 до давления 6,48 МПа и с температурой  $160 - 171\text{ }^{\circ}\text{C}$  поступает в АВО II ступени АВО-201/202, где охлаждается до  $25 - 38\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

После охлаждения газ поступает на УОГ (рис. 2). В поток сырого газа перед теплообменником Т-101 впрыскивается 45 (в зимнее время – 110) кг/ч метанола.

Сырой газ проходит трубную часть теплообменника Т-101 и охлаждается до  $-2 - 8\text{ }^{\circ}\text{C}$  потоком товарного газа, а затем поступает в сепаратор С-301.

В промысловую секцию сепаратора впрыскивается 45 (в зимнее время – 0) кг/ч метанола.

Из сепаратора С-301 газ поступает в детандерную часть ТДА-101/102, а ВМС и конденсат – на установку дегазации ВМС.

### **Заключение**

В ходе анализа оптимальной для использования на месторождении была выбрана технология НТС с ТДА «низкого» давления» для обеспечения безгидратного и безконденсатного режима транспорта газа.

Для данной технологии были разработаны технологические схемы КС и УОГ, а также выполнен подбор и технологический расчет оборудования с применением программного комплекса “UniSim”.

### **Список использованных источников**

1. Кубанов А. Н. Особенности применения НТС для подготовки газа Бованенковского ГКМ //Газовая промышленность. – 1994. – №. 7. – С. 15.
2. Патент № 2088866 РФ Способ подготовки природного газа к транспорту/ А.Н. Кубанов, В.И. Елистратов, А.М. Сиротин, Е.Н. Туревский, Н.В. Михайлов, Л.Г. Чикалова; заявитель и патентообладатель ВНИИ природных газов и газовых технологий. – № 95106244/06; заявл. 21.04.95; опубл. 27.08.97.
3. Кубанов А.Н. Интенсификация промышленной низкотемпературной обработки природных газов на северных месторождениях: дис. ...канд. тех. наук / А.Н. Кубанов. – М., 1998.
4. Гриценко А.И., Истомин В.А. Сбор и промышленная подготовка газа на северных месторождениях России. – ОАО "Издательство "Недра", 1999. – 473 с.

# К ВОПРОСУ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ СГЛАЖИВАЮЩЕГО СПЛАЙНА

Е.Ю. Репина, Даньни У, Р.П. Затеев  
Е. А. Кочегурова  
Томский политехнический университет  
eyr4@tpu.ru

## Введение

Понятие "информация" стало одним из ключевых понятий нашего времени. При этом особую ценность представляет информация, полученная при работе с данными, поступающими в режиме реального времени (РРВ). После поступления текущие данные обрабатываются, и система выдает отклик еще до прибытия новой порции данных.

Обработанные данные используются в различных задачах интерпретации: фильтрации, прогнозирования, дифференцирования и др. При этом все данные содержат шум. Поэтому важную роль играет аппарат фильтрации и сглаживания данных, при помощи которого значительно повышается точность задачи интерпретации.

## Описание задачи

Одной из форм представления цифровых данных являются временные ряды. Сглаживание временных рядов лежит в основе многих прикладных задач.

Применение сплайна позволяет получить искомого гладкое решение [1]. Сглаживающий сплайн  $S(t)$  основан на оптимизации специального вида функционала и представлен для РРВ следующей формулой:

$$J(S) = (1 - \rho)(h\Delta t)^2 \int_{t_0}^{t_h} [S''(t)]^2 dt + \rho \sum_{j=0}^h [S(t_j) - y(t_j)]^2 \quad (1)$$

где  $\rho \in [0, 1]$  — весовой коэффициент, устанавливающий баланс между сглаживающими и интерполяционными свойствами сплайна  $S(t)$ ;

$\Delta t$  — интервал дискретизации наблюдаемого процесса;

$h$  — количество измерений внутри  $i$ -го звена сплайна, далее  $h = \text{const}$  для всех звеньев сплайна на интервале наблюдения данных.

Все параметры сплайна оказывают определенное влияние на его свойства. Наиболее значимый вклад в точность аппроксимации вносит параметр  $h$ . Современные методы оптимизации, включая биоинспирированные и другие метаэвристики, позволяют получить только постоянное значение параметра  $h$  для всего интервала наблюдения. Однако это приводит к повышению погрешности в конечном результате.

Одним из возможных способов разбиения временного ряда на сегменты с переменным параметром числом измерений  $h$  является кластерный анализ.

## Классификация алгоритмов кластеризации

Кластеризацией называют разбиение множества объектов на группы (кластеры).

Все алгоритмы кластеризации принято делить на иерархические и неиерархические (по данным, получаемым на выходе). Также, существует классификация алгоритмов кластеризации по принципам кластеризации: итеративные, плотностные, сетевые, модельные и концептуальные. Остановимся подробно на двух первых методах, как на самых распространенных.

Итеративные алгоритмы кластеризации — предполагают пошаговое перераспределение объектов между классами. Одним из популярных представителей данного семейства алгоритмов является алгоритм  $k$ -means. Основная идея данного алгоритма — пошаговая минимизация расстояний между объектами в кластерах до тех пор, пока это возможно. Главным недостатком алгоритма, применительно к РРВ, является необходимость заранее задавать желаемое количество кластеров, что недопустимо в РРВ.

Плотностные алгоритмы кластеризации — алгоритмы, определяющие кластер как группу объектов, расположенных кучно, т.е. так, чтобы в  $\epsilon$ -окрестности точки находилось минимально заданное число других объектов (соседей). Представителем этого класса алгоритмов кластеризации является алгоритмы DBScan, OPTICS.

## Описание алгоритма DBSCAN

Алгоритм DBScan (Density-based spatial clustering of applications with noise) допускает кластеризацию пространственных данных в присутствии шума. Алгоритм был предложен в 1996 году М. Эстером и его коллегами для разбиения данных на кластеры произвольной формы. Для работы алгоритма используются два входных параметра:  $\epsilon$  — окрестность, в которой будет требоваться наличие минимального количества объектов Minpts.

Было проведено исследование данного алгоритма в задаче оценки параметра  $h$  в условиях работы с данными с шумом, как и в случае реальных временных рядов в РРВ.

После реализации алгоритма DBScan в MATLAB, была проведена его апробация на модельных данных. В качестве тестовых примеров выбраны следующие функции:

$$f_1(t) = 10 \cdot \sin\left(\frac{2\pi \cdot i}{100}\right) \quad (2)$$

$$f_2(t) = \sin\left(\frac{\pi \cdot i}{20}\right) \cdot e^{0.02t} + 3 \quad (3)$$

На данные, подготовленные для указанных функций, был наложен шум  $\sigma_{\xi} = 10\%$  от разницы максимального и минимального значения функции.

Результаты кластеризации при варьировании параметров представлены в следующих таблицах 1 и 2.

Таблица 1. Результаты кластеризации для функции (2)

$\varepsilon$	Количество кластеров, шт	Процент выброса, %
$(0.1 - 2) \sigma_{\xi}$	0	100
$2.1 \sigma_{\xi}$	6	37,5
$2.2 \sigma_{\xi}$	4	12,5
$2.3 \sigma_{\xi}$	3	1
$(2.4 - 2.5) \sigma_{\xi}$	2-1	1

Таблица 2. Результаты кластеризации для функции (3)

$\varepsilon$	Количество кластеров, шт	Процент выброса, %
$(0.1 - 1.9) \sigma_{\xi}$	0	100
$2 \sigma_{\xi}$	9	40,5
$2.1 \sigma_{\xi}$	6	24
$2.2 \sigma_{\xi}$	3	17
$2.3 \sigma_{\xi}$	3	8
$(2.4 - 2.6) \sigma_{\xi}$	2	6-5
$2.7 \sigma_{\xi} - \dots$	1	1 - 2

Как видно из таблиц, в результатах присутствуют кластеры с неприемлемо большим числом данных внутри одного кластера и большое количество выбросов. Это значительно ухудшает качество кластеризации.

Анализ параметров алгоритма показал, что при малых окрестностях  $\varepsilon \in [0.1\sigma_{\xi}, 1.9\sigma_{\xi}]$  все данные воспринимаются алгоритмом, как выбросы (шум). При увеличении данного параметра  $\varepsilon > 2\sigma_{\xi}$  происходит уменьшение числа кластеров. Параметр  $Minpts$ , определяющий минимальное число соседей в группе, ограничен минимально возможным числом измерений для построения звена сплайна, и, следовательно, не может быть уменьшен. Увеличение этого параметра в задачах РРВ нелогично.

Результаты кластеризации при максимальном количестве кластеров представлены на следующих рисунках 1 и 2.

В целом графические результаты показывают, что алгоритм DBScan разбивает временной ряд логически правильно для построения звеньев

сплайна. Он неплохо выделяет фрагменты существенного изменения динамики, особенно для функции (2). Качество кластеризации можно было бы улучшить заданием верхней границы числа данных в кластере.

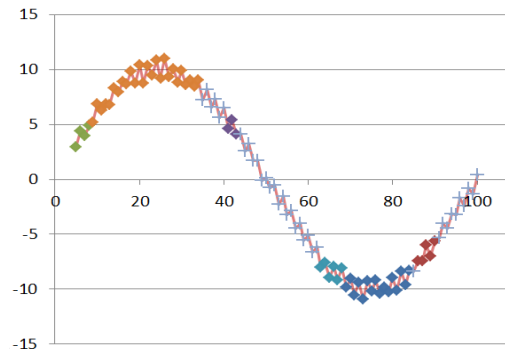


Рис. 1. Результат работы алгоритма DBScan для функции (2)

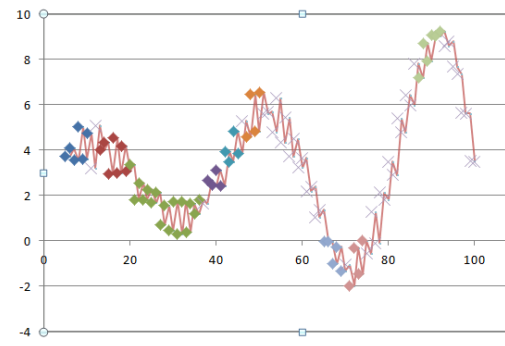


Рис. 2. Результат работы алгоритма DBScan для функции (3)

### Заключение

На данном этапе исследований получено невысокое качество использования алгоритма DBScan в задаче кластеризации временных рядов. Далее предполагается модернизация данного алгоритма введением ограничения на размер кластера.

### Список использованных источников

1. Кочегурова Е. А., Горохова Е. С. Текущее оценивание производной нестационарного процесса на основе рекуррентного сглаживающего сплайна// Автометрия. – 2016. - Т. 52.– № 3. – С. 79-85.
2. Плотностный алгоритм кластеризации пространственных данных с присутствием шума — DBSCAN. [Электронный ресурс] – URL: <https://habr.com/post/143151/> / (дата обращения 12.10.2018).
3. Carmela Iorio, Gianluca Frasso, AntonioD'Ambrosio Parsimonious time series clustering using P-splines // Expert Systems with Applications №52, 15 June 2016, Pages 26-38.

# ПРИМЕНЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ ПОСТРОЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО ПУТИ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ РОБОТА

И.А. Савостин, А.О. Трубаков  
Брянский государственных технический университет  
iansav7@gmail.com

## Введение

В XX веке бурное развитие претерпела электроника, а за ней — кибернетика, информатика, программирование. Расширялась элементная база, разрабатывались новые методики построения систем. В определённый момент люди смогли строить автоматические системы, действующие по заданным алгоритмам, позволяющие заменить людей в некоторых аспектах производства. Такие системы называли роботами.

Робототехника развивалась стремительными шагами, движимая запросами гражданской и военной промышленности, медицины. Исходя из этих запросов появилось множество классов роботов: промышленные, военные, строительные, медицинские, роботы-исследователи.

С тех пор как роботы, спроектированные для передвижения по локациям, получили возможность «видеть» мир вокруг себя с помощью датчиков и камер, а так же на основе этого строить модель окружающей обстановки, встала необходимость нахождения оптимального пути для перемещения робота из начальной точки в конечную.

## Описание проблемы

Как правило, вопрос с поиском пути встаёт у роботов, предназначенных для самостоятельного автоматического исследования локации, когда пропадает связь с роботами, управляемыми человеком в незнакомой локации, или когда задержка на передачу сигналов управления и реакцию оператора слишком высоки в контексте ситуации, в которой оказался робот.

В таких случаях робот, обычно, знает своё местоположение по координатам GPS и/или информации от инерционной навигационной системы. Так же робот знает желаемое положение и/или находится в режиме исследования, что подразумевает максимально продуктивный обход локации: необходимо затратить как можно меньше энергии, при этом, выбрать такой путь, следуя по которому будут максимально использованы возможности сенсоров. Целью обычно является нахождение такого положения, которое наиболее удовлетворяет условиям задачи, поставленной перед роботом.

При достаточных размерах локации задача поиска перебором требует огромных вычислительных затрат. Применение же классических формальных алгоритмов поиска пути или так же требует много времени на вычисления, или невозможно в условиях отсутствия четкой полной карты локации.

## Как бы человек решал данную задачу

Как бы сказали многие: «перебирая варианты в голове». Но это довольно общая фраза. Если попытаться разложить её на составные части, становится понятен примерный алгоритм:

1. Сгенерировать случайный путь.
2. Оценить его согласно модели окружающей среды, построенной в процессе мыслительной деятельности: учесть фактическую возможность проследовать по данному пути (нет ли непреодолимых препятствий), оценить затраты сил и времени, безопасность следования. Присвоить некоторую оценку.
3. Если есть время на обдумывание — перейти к пункту 1.
4. Выбрать лучший среди уже имеющихся вариантов, оценить возможность применения в данный момент. Если он не приводит к негативному сценарию развития событий, принять программу следования по пути к выполнению, если приводит — перейти к пункту 1.

Разумеется, всё это происходит крайне быстро, и мы не задумываемся явно над задачей, если быстрый анализ вариантов успеет отработать за относительно небольшое время. И только в противном случае нам приходится усиленно думать, как построить путь. Можно заметить, что работают как бы две аналитические системы: одна — быстрая и экономичная в плане затрат ресурсов, но не особо умная, другая — умная, но медленная и ресурсоёмкая. [1] Так как с древних времён человек неявно стремится экономить энергию, естественно, что в первую очередь будет активирована более экономичная система.

По сути, ситуация сводится к бесконечному неявному перебору дерева вариантов и оценки каждого на основе внутренней модели окружающей среды. При этом, заведомо провальные ветви автоматически отсекаются, что уменьшает пространство поиска.

## Предлагаемое решение проблемы

Задача поиска пути на большой локации является подвидом задач направленного поиска в достаточно большом пространстве вариантов. Как правило, размер пространства настолько велик, что традиционные алгоритмы не могут решить задачу в установленные временные рамки. Популярным способом решения подобных задач является применение эволюционных алгоритмов — эвристиче-

ских алгоритмов поиска, использующих принципы, аналогичные естественному отбору в природе. В частности, применительно к конкретной задаче, логично будет использовать генетическое программирование [2], где каждое действие робота будет представлять собой ген, а алгоритм действий для преодоления пути — генотип — вектор, составленный из генов. В начале работы алгоритма генерируется популяция особей со случайными генотипами. Далее, производится оценка фенотипов с помощью функции приспособленности, которая определяет, насколько особь успешно решает поставленную задачу. Применительно к роботам, функция должна ставить высшие оценки особям, которые в принципе смогли пройти в нужную точку, затратив при этом минимум ресурсов.

В такой постановке робот может перебирать варианты и оценивать каждый. При этом, если робот «понял», что некоторые пути в самом начале приводят к неблагоприятному исходу, они будут отсечены алгоритмом. Более того, будут отсечены целые поддеревья в графе всех возможных путей, что поспособствует оптимизации алгоритма. Дополнительной особенностью будет то, что можно варьировать оптимальностью решения в угоду времени поиска одного — а именно: после нахождения минимально корректного алгоритма действий, можно его улучшать, если есть на это время, а если нет — сразу действовать. Например, если роботу ничего не угрожает и есть время на оптимизацию — можно затратить его на это, если же скорость изменения условий окружающей среды такова, что необходимо быстро на них реагировать, выбирается стратегия принятия минимально приемлемых вариантов.

### Особенности работы подобной схемы

Как уже было сказано выше, человек использует модель окружающей среды для оценки своих предполагаемых действий. Соответственно, робот тоже должен уметь строить модель среды в памяти, чтобы оценивать пригодность алгоритма действий. При этом, он должен уметь это делать в динамике, руководствуясь показаниями датчиков и/или камер, постоянно дополнять модель, чтобы она максимально соответствовала окружающей действительности в конкретный момент времени.

Другим важным моментом является сама непрерывная природа нашего мира, которую необходимо как-то состыковать с дискретной природой компьютеров. Здесь полезным может оказаться подход, использованный в игре Minecraft [3]. А именно — разбиение мира на кубы фиксированного размера. Пространство квантуется с определённым шагом. Во-первых, в таком формате машине проще обрабатывать «пространство», а во-вторых, возникает возможность серьёзной оптимизации вычислений — использование кубов разного

размера. Например, если какая-то часть пространства «не интересна» в плане движения или действий, кубы, описывающие её можно сделать больше, понизив разрешение. Напротив, часть пространства, в которой лежит предполагаемый путь, можно описать в более высоком разрешении. Таким образом, части карты, которые не разведаны, непроходимы, или недоступны роботу в текущий момент времени, могут быть представлены огромными кубами.

Другим вариантом использования данного принципа является составление нескольких моделей в разном разрешении. Сначала можно работать с грубой моделью, выделяя наиболее важные участки, а затем рассматривать их в деталях. Данный подход напоминает те самые «быструю» и «медленную» аналитические системы в мозге человека.

В таком режиме можно регулировать время обработки в зависимости от вычислительной мощности компьютера, на котором ведётся поиск, а так же доступного для данной процедуры времени — если скорость робота относительно высока, нет смысла работать на высоких разрешениях.

Другим вариантом оптимизации является обработка только той части карты, вероятность оказаться в которой у робота выше всего. Например, если робот движется с большой скоростью, логично наиболее тщательно анализировать пространство впереди робота. Это напоминает эффект уменьшения угла обзора у человека при повышении скорости его движения.

### Заключение

В данной статье проанализирован принцип применения генетического программирования к решению задачи поиска оптимального пути перемещения робота. Описана основная концепция, особенности применения, возможные пути оптимизации. Данный материал является заделом для исследований, результатом которых может стать реализация программной системы, управляющей реальным роботом-исследователем.

### Список использованных источников

1. Канеман Д. Думай медленно... решай быстро. — М.: АСТ, 2013. — 625 с.
2. В. Р. Данилов, С. И. Николенко, А. А. Шалыто. Технология генетического программирования для генерации автоматов управления системами со сложным поведением. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [http://is.ifmo.ru/download/danilov\\_bachelor.pdf](http://is.ifmo.ru/download/danilov_bachelor.pdf)
3. Minecraft. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://minecraft.net/ru-ru/>

# РАЗРАБОТКА ЧАТ-БОТА ДЛЯ ПЛАТФОРМЫ TWITCH.TV

В.А. Щукин

Научный руководитель: А.О. Савельев

Томский политехнический университет

vas74@tpu.ru

## Введение

К 2018-му году уже более 1,8 млрд. людей используют мессенджеры [1]. Данные сервисы дали толчок к развитию целой отрасли в разработке программного обеспечения – чат-ботам. Во многих случаях удобнее автоматизировать общение с пользователем, что снижает потребность в человеческих ресурсах и позволяет обрабатывать десятки тысяч запросов в сутки, используя всего одну программу. Такие «собеседники», имитирующие поведение человека, называются чат-ботами и становятся все более универсальным решением для огромного спектра задач. Посредством текста или голоса, чат-бот может принимать заказы на доставку продуктов, создавать электронную очередь, осуществлять контроль сообщений (фильтрация спама), быть когнитивным ассистентом.

## Описание предметной области

Стриминговая платформа Twitch.tv – мировой лидер по предоставлению услуг прямой трансляции пользователям через сеть Интернет. За трансляцией может наблюдать неограниченное число зрителей (во время масштабных спортивных событий данные цифры достигают сотен тысяч). При просмотре трансляции у пользователей есть возможность использовать чат. Автоматизация общения с людьми в чате и внедрение ботов – один из векторов развития данной платформы и сообщества, т.к. благодаря данным программам человек, ведущий эфир, не вынужден отвлекаться и многократно отвечать на похожие запросы пользователей. Наиболее популярные функции чат-ботов: модерация сообщений, предоставление дополнительной информации (время эфира, краткая информация о ведущем). Для взаимодействия программы с серверами Twitch, платформа предоставляет открытый для разработчиков API – TwitchLib. Данный API представляет собой фреймворк для языка C# и находится в открытом доступе – достаточно загрузить данный фреймворк через модуль Nuget в среде MS Visual Studio.

## Постановка задачи

Разработка чат-бота для стримингового сервиса Twitch, позволяющего автоматизировать ответ на ряд частых вопросов пользователей и разнообразить развлекательный контент трансляции. Индивидуальность чат-бота заключается в спектре выполняемых задач. Для данного проекта поставлены следующие функциональные требования к конечному продукту:

- Ответ на приветствия пользователей в чате;

- Отправка по команде статьи из новостной RSS ленты сайта, указанного в файле конфигурации (по умолчанию – Habr.com);

Список нефункциональных требований:

- В конце краткого содержания статьи содержится короткая ссылка на источник;
- Необходимо форматирование текста новости по тегам;
- Консольное приложение с отправкой отчетов о процессах авторизации и отправки сообщения в консоль;
- Ответ на запрос содержит имя пользователя, отправившего этот запрос;

После анализа технологий, требующихся для реализации продукта, была создана следующая схема разработки:

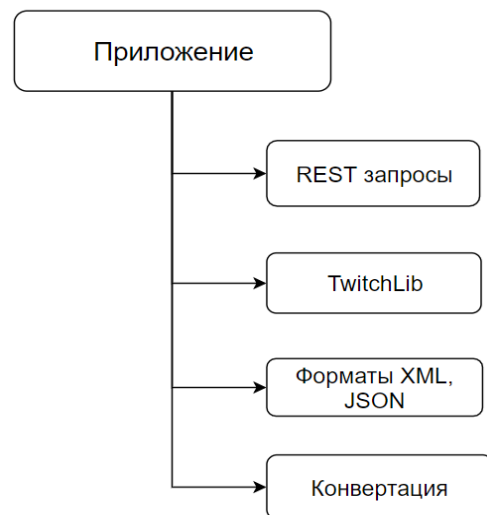


Рис. 2. Диаграмма используемых приложением технологий

## Разработка приложения

Для программной реализации используется библиотека TwitchLib, находящаяся в открытом доступе, документация к которой располагается на сайте dev.twitch.tv [2]. Для использования данной библиотеки необходимо зарегистрировать приложение в системе dev.twitch, что позволяет получить уникальные токен и client-id для соединения с сервером.

Изучение документации TwitchLib позволило определить необходимые для разработки компоненты библиотеки, в числе которых классы: TwitchClient, ConnectionCredentials. После успешного соединения с сервером, приложение обрабатывает все поступающие от пользователей сообщения и в случае наличия команды вызывает её обработчик.



## REST запросы, short URL

На начальном этапе создания бота было обнаружено, что у каждого отправляемого в чат сообщения существует лимит символов в размере 500. Одно из нефункциональных требований предусматривает, что в конце краткого описания статьи будет прилагаться ссылка на источник, однако полный URL страницы часто занимает большое количество символов. Решение данной проблемы – использование API сайта to.click [3], который позволяет с помощью REST запросов отправлять исходный URL на сервер и получать его короткий аналог для вставки в сообщение. Данная процедура позволяет сэкономить десятки символов и сделать результат визуально легким для восприятия. После сокращения ссылки, приложение делает повторную проверку длины сообщения. В случае выхода за лимит, последнее слово заменяется троеточием. Согласно описанным решениям, была создана диаграмма классов:

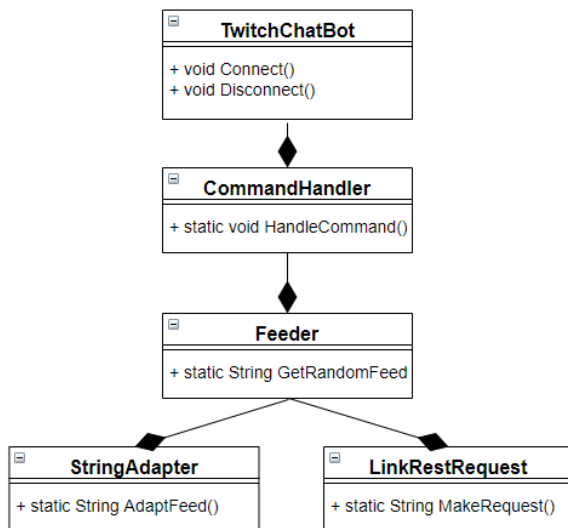


Рис. 2. Диаграмма классов

Ответ сервер to.click присылает в формате JSON и для него требуется конвертация. Самым популярным решением по работе с JSON форматом на языке C# является фреймворк от Newtonsoft. Данный пакет позволяет десериализовать файл в объект. Так как структура класса известна и не меняется со временем, при десериализации и работе с объектом используется класс dynamic (соответствие типов проверяется на этапе выполнения, а не компиляции).

Новость извлекается из RSS ленты сайта (по

умолчанию – Habr.com), данные предоставляются в формате XML. Файл данного формата содержит большое количество служебных символов, поэтому при обработке полученных данных строка фильтруется с помощью регулярных выражений (класс Regex).

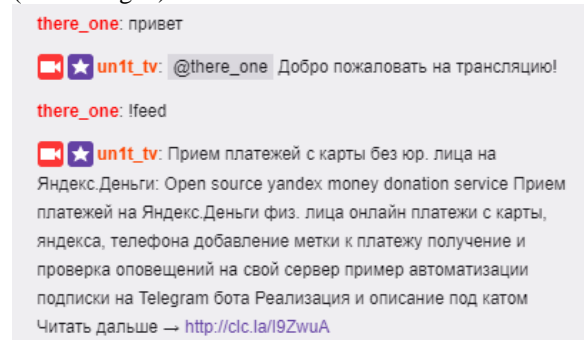


Рис. 3. Пример работы приложения

## Заключение

В результате проведенной работы, была решена задача автоматизации приветствия пользователей в чате трансляции на платформе Twitch.tv, программный продукт нашел практическое применение и был протестирован в реальных условиях. Изучены механизмы обмена данными между сервером и клиентом и работа с форматами XML, JSON. Следующий этап разработки – реализация алгоритма идентификации спам-ботов среди других пользователей на основе алгоритма Байеса.

## Список использованных источников

1. Что такое чат-боты и зачем они нужны? [Электронный ресурс] / Новостной ресурс informБИОРО. – URL: <https://informburo.kz/cards/chto-takoe-chat-boty-i-zachem-oni-nuzhny.html> (дата обращения 12.09.2018).
2. Twitch Developer Documentation [Электронный ресурс] / Twitch Developers Web-site – URL: <https://dev.twitch.tv/docs/> (дата обращения 26.08.2018).
3. Описание методов API [Электронный ресурс] / API документация сервиса to.click – URL: <https://to-click.gitbooks.io/api-ru/content/opisanie-metodov-api.html> (дата обращения 28.08.2018).
4. JObjectParse Method [Электронный ресурс] / Документация фреймворка Newtonsoft – URL: <https://www.newtonsoft.com/json/help/html/> (дата обращения 29.08.2018).

# ГЕНЕРАЦИЯ ТРАЕКТОРИЙ ДЛЯ ЗАДАЧ МОДЕЛИРОВАНИЯ СФЗ

И.К. Шарков, Е.А. Желудков  
Ю.Б. Сениченков

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ)  
shark2.1@mail.ru

## Введение

В задачах получения оценки защищенности на охраняемых объектах применяют методики компьютерного моделирования проникновения нарушителя. Такое моделирование производится за счет различных программных комплексов. Одним из таких комплексов является комплекс проектирования и имитационного моделирования систем физической защиты (СФЗ) «АКИМ» (ООО «Комплексные системы»), разрабатываемый с использованием моделей, создаваемых при помощи ООМ в Rand Model Designer [1].

ПАК «АКИМ» служит для создания чертежей СФЗ и последующего имитационного моделирования атак различных нарушителей по разным направлениям с учётом сложной структуры СФЗ, а так же действий службы безопасности объекта (операторов и охранников).

Актуальной задачей для ПАК «АКИМ», является задача построения траекторий движения охранников и нарушителей по разным направлениям (из заданных пользователем или случайных позиций). Движение осуществляется в условиях различных преодолимых и непреодолимых для каждого препятствий. Препятствия формируются как структурой СФЗ, так и инфраструктурой и рельефом объекта. При этом способ и алгоритм построения траекторий должен быть таким, чтобы удовлетворять ряду условий: достаточное качество траекторий (длина и характер пути), не ограничивать быстродействие ПАК и удовлетворять разумным пределам ресурсоёмкости счета программы-прокладчика.

## Цель проведенной работы

Создать единую утилиту, которая позволит испытывать алгоритмы в идентичных условиях. Испытать и сравнить эвристический алгоритм «Polaris» генератора траекторий движения с алгоритмами, применяемыми для прокладки траекторий в аналогичных задачах. Определить достоинства и недостатки испытанных алгоритмов.

Все сравниваемые алгоритмы реализованы в одинаковых условиях при помощи одного языка программирования (C#). Использовались одинаковые наборы карт с препятствиями, содержащие в себе данные о проницаемости и координатах вершин полигонов препятствий. Сравнительный анализ характера траекторий проводится с помощью визуальной и параметрической оценки: внешний вид, длина и скорость генерации.

## Теоретическая и постановочная часть

Траектории движения охранника и различных моделей нарушителя различаются своим характером, но если обезличить перемещающийся субъект, то становится очевидным общий характер поведения. Сравнительный результат представлен в таблице 1.

Таблица 1. Обобщенный характер движения охранника и нарушителя

Нарушитель	Охранник
Огибание всех непреодолимых или избегаемых субъектом для преодоления препятствий (стены зданий, известные зоны обнаружения и т.п.) по короткому или приближенному к короткому пути.	
Двигается к своей цели проникновения на объекте или иному аттрактору.	Двигается к указанной координате или видимому нарушителю.
Преодоление некоторых препятствий насковзь. Набор препятствий определяется возможностями субъекта.	

Иными словами, алгоритм движения охранника и различных моделей нарушителей различается только в восприятии препятствий, описанных начальным условием, но в обоих случаях руководствуется поиском наиболее кратчайшего пути от точки старта к цели. Потому целесообразно рассматривать единый алгоритм генерации путей с различными методами выборки препятствий.

Все исследованные алгоритмы должны помочь определить границы их применения и целесообразность их комбинирования в различных условиях карт объектов.

Основными конкурирующими алгоритмами, которые применяются для создания траекторий при моделировании охраняемых объектов [2], были выбраны современные алгоритмы поиска пути на плоской сетке (графе) [3]: Jump Point Search (JPS), как современная оптимизация A\* [4], и алгоритм Ли [5], как часто применимый в задачах трассировки маршрутов на планарных графах. Особенностью этих алгоритмов является то, что они зависят от сетки графа.

Разработанный эвристический алгоритм «Polaris», используемый в «АКИМ», не использует графов, а является методом поиска пути с эвристическим подходом исследования карты. Каждый шаг алгоритма выполняет поиск ближайшего препятствия на пути, а затем определяет возможные маршруты преодоления. После получения путей

через встреченные субъектом препятствия на карте проводится минимум одна фильтрация траектории с добавлением случайных точек. Это необходимо с целью сокращения видимых друг другу участков траектории до линии среза. Алгоритм позволяет проводить фильтрацию многократно. Чем больше число фильтраций, тем короче траектория, но дольше выполняется счет.

Подробнее об особенностях выбранных алгоритмов, условиях проведения испытаний на различных картах СФЗ и результатах сравнительного анализа можно будет прочесть в статье, которая опубликуется в ближайшем будущем. Здесь же будет приведен краткий обзор результатов и выводы о применимости алгоритмов на разных картах препятствий.

### Результаты

В разработанной утилите генератора траекторий созданы условия для интерпретации карт с препятствиями на плоскости. После выполнения расчетов по выбранному алгоритму обратно возвращается вектор координат траектории движения.

Внешний вид и характер траекторий, созданных разными алгоритмами можно посмотреть на рисунке 1.



Рис. 1. Зависимость характера траектории от выбранного алгоритма. Слева направо: JPS, алгоритм Ли и эвристический алгоритм «Polaris»

Если обратиться к рис. 1, то следует отметить различие траекторий, созданных алгоритмам. Длина траектории составила 65.7, 76.1 и 61.3 метра соответственно. Чем больше масштаб карт с препятствиями, тем больше эта разница.

Для испытаний использовались карты разной сложности и масштабов. Некоторые из результатов приведены в таблице 2. Обозначения в таблице:  $t_1$  – время построения одной траектории от заданных точек старта и финиша,  $L$  – длина и  $t_{1000}$  – время генерации тысячи случайных траекторий с периметра карты до финиша.

Таблица 2. Результаты генерации траекторий на разных картах СФЗ

Карт а:	Малая простая			Малая сложная.		
	$t_1$	$L$	$t_{1000}$	$t_1$	$L$	$t_{1000}$
JPS	0,00 2	144	0,8	7	64	33
Ли	0,00 6	170	0,78	34	74.3	58
Polaris	0,00 2	154	0,1	92	62	48
	Средняя сложная			Крупн. хаотичная		
JPS	1,55	134 3	$4 \cdot 10^3$	17.3 9	162 2	-
Ли	105, 4	167 7	>700 0	27.8	181 8	-
Polaris	0.16 7	134 0	44.19	0,29 2	155 3	48,6 7

$t_1$  – время построения одной траектории от заданных точек старта и финиша,  $L$  – длина и  $t_{1000}$  – время генерации тысячи случайных траекторий с периметра карты до финиша

### Выводы

При разумном ограничении времени счета и ресурсов памяти не всегда удается получить наиболее короткую траекторию с помощью алгоритмов поиска пути на графах. JPS хорошо справляются с картами препятствий малых размеров и простой структуры.

Алгоритм «Polaris», не смотря на отставание в быстродействии от JPS на малых картах, качественнее и быстрее справляется с картами средних и крупных масштабов с различными наборами препятствий. Чем больше препятствий и сложнее их структура, тем выгоднее применять разработанный алгоритм.

Длина траекторий, полученных «Polaris», практически всегда короче, чем у алгоритмов-конкурентов, как и время при массовой генерации траекторий (за счет высокой степени распараллеливаемости счетных процессов).

### Список использованных источников

1. Шарков И.К. Применение ООМ при создании моделей систем защиты периметра. // "КОМОД-2017". [Электронный ресурс]. URL: <http://dcn.icc.spbstu.ru/index.php?id=377&L=2%252527%2522> (дата обращения: 01.10.2018).
2. Шанаев Г.Ф., Леус А.В. Системы защиты периметра. – М.: Секьюрити Фокус, 2011. – С. 256.
3. Delling D.; Sanders P.; Schultes D.; Wagner D. Engineering route planning algorithms. // *Algorithmics of Large and Complex Networks: Design, Analysis, and Simulation*. Springer. – 2009. P. 117.
4. Harabor D., Grastien A. The JPS Pathfinding System. // 26th National Conference on Artificial Intelligence. - 2012. AAAI.
5. Lee C.Y. An Algorithm for Path Connections and Its Applications. // *IRE Transactions on Electronic Computers* - №2 - 1961. - P. 364—365.

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ УСИЛИТЕЛЕЙ С ПРЕДЕЛЬНО МАЛЫМИ НЕЛИНЕЙНЫМИ ИСКАЖЕНИЯМИ

А.П. Шишмарева, Ю.К. Рыбин  
Томский политехнический университет  
shishmareva.555@yandex.ru

## Введение

В настоящее время в науке и производстве средств измерений возникла потребность в усилителях с высокими метрологическими характеристиками: точным и стабильным коэффициентом усиления, малыми нелинейными искажениями и др. Такие усилители необходимы в измерительных системах для усиления сигналов с датчиков физических величин, при усилении звука, при построении генераторов и фильтров электрических сигналов, которые применяются в самых различных областях.

Одной из важных качественных характеристик усилителя является его линейность, а наиболее значимым параметром, характеризующим линейность усилителя, является коэффициент нелинейных искажений [1]. Он показывает отношение среднеквадратического значения напряжений высших гармоник к среднеквадратическому значению всего сигнала. При проектировании усилителей коэффициент нелинейных искажений стремятся сделать минимальным.

Целью данной работы является разработка усилителя с предельно малыми нелинейными искажениями.

## Проектирование усилителя

Добиться минимальных искажений можно следующими путями:

- применением линейных режимов работы активных элементов усилителей;
- построением усилителей по многоканальной структурной схеме для компенсации высших гармоник.
- введением глубокой отрицательной обратной связи (ООС).

Для разработки усилителя предложена структура, представленная на рисунке 1, в которой реализованы все перечисленные пути, позволяющие улучшить метрологические характеристики, а именно, линейаризация режимов работы, построение усилителя по двухканальной схеме и введение общей отрицательной обратной связи позволяют добиться высокой линейности амплитудной характеристики и снижения нелинейных искажений. Причём при введении отрицательной обратной связи (ООС) улучшение линейности и уменьшение искажений пропорционально глубине обратной связи.

Основной проблемой при создании усилителей с глубокой отрицательной обратной связью является проблема устойчивости [2].

ООС вводит усилитель в линейный режим. Усилитель с глубокой ООС работает таким образом, что между его входами поддерживается почти

нулевая разность потенциалов для уменьшения погрешности коэффициента усиления.

## Моделирование усилителя

На рисунке 1 изображена блок-схема усилителя генератора ГС-50 состоящая из двух каналов [3]. Первый низкочастотный канал, выполненный на ОУ  $U1$ . Этот канал обеспечивает большой коэффициент усиления, начиная с низких частот и малое напряжение смещение нуля. Он содержит операционный усилитель (ОУ), выходной сигнал которого, через разделительные цепи из конденсаторов  $C3$ ,  $C4$  и резисторов  $R3$ ,  $R4$  поступает на два параллельных усилителя мощности на транзисторах верхней части усилителя  $Q2$ ,  $Q4$ ,  $Q6$  и нижней части усилителя на транзисторах  $Q3$ ,  $Q5$ ,  $Q7$ . На выходных транзисторах  $Q6$  и  $Q7$ , включенных по схеме повторителя, сигналы суммируются, образуя выходной сигнал усилителя. Введение параллельной структуры в усилитель позволяет уменьшить нелинейные искажения за счёт компенсации четных гармоник в составе сигнала.

Второй высокочастотный канал, выполнен на полевом транзисторе  $Q1$  по схеме повторителя [4]. Выходной сигнал с повторителя через разделительные цепи из конденсаторов  $C1$  и  $C2$  усиливается усилителями мощности на тех же транзисторах верхней и нижней части первого канала усилителя. Второй канал на более широкополосном повторителе служит для улучшения частотных свойств и повышения устойчивости, и, тем самым, увеличения запаса по фазе, для устранения возможного самовозбуждения.

Выход усилителя подключен к нагрузке и резистору  $R2$  цепи обратной связи из резисторов  $R1$  и  $R2$ .

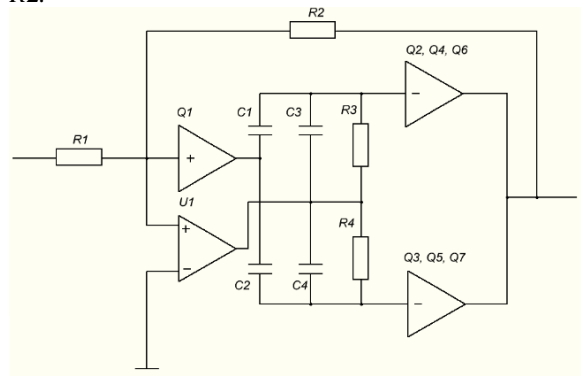


Рис. 1. Блок-схема усилителя генератора ГС-50

## Исследование частотных характеристик усилителя

Для моделирования характеристик выбран программный пакет *MathCad* [5]. С его помощью созданы математические модели каналов усилителя.

Частотные характеристики представлены формулами (1, 2). Формула (1) представляет зависимость коэффициента усиления от частоты сигнала первого канала ОУ и на транзисторах, а формула (2) всего усилителя с учётом второго канала. По этим формулам построены графики АЧХ (рис. 2) и ФЧХ (рис. 3). Для их построения заданы коэффициент усиления ОУ и их постоянные времени в виде частот единичного усиления каскадов.

$$K_1(f) = \frac{-K_{op}}{1 + \frac{i \cdot (2 \cdot \pi \cdot f)}{f_{op}}} \cdot \frac{1}{1 + \frac{i \cdot (2 \cdot \pi \cdot f)}{f_o}}, \quad (1)$$

$$K_2(f) = \left[ \frac{-K_{op}}{1 + \frac{i \cdot (2 \cdot \pi \cdot f)}{f_{op}}} \right] \left[ \frac{1}{1 + \frac{i \cdot (2 \cdot \pi \cdot f)}{f_{pt}}} \right] \cdot \frac{1}{1 + \frac{i \cdot (2 \cdot \pi \cdot f)}{f_o}}. \quad (2)$$

где  $K_{op} = 1000$  - коэффициент усиления ОУ;  $i = \sqrt{-1}$  - мнимая единица;  $f_{pt} = 500$  МГц – постоянная времени полевого транзистора Q1;  $f_o = 10$  МГц – частота единичного усиления усилителя мощности;  $f_{op} = 6350$  Гц – частота единичного усиления ОУ.

На рисунке 2 показаны ЛАЧХ одноканального усилителя, содержащего ОУ с усилителем мощности и двухканального усилителя.

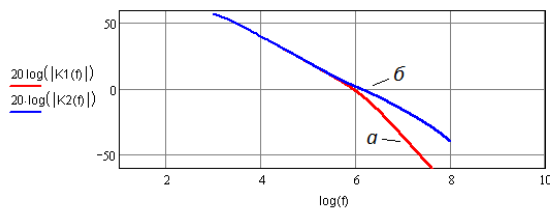


Рис. 2. ЛАЧХ усилителя первого и второго каналов: а) одноканальный усилитель; б) двухканальный усилитель

Для оценки устойчивости построены соответствующие каналом ФЧХ по формулам (3,4).

$$\psi_1(f) = \frac{180}{\pi} \cdot \arg(K_1(f)), \quad (3)$$

$$\psi_2(f) = \frac{180}{\pi} \cdot \arg(K_2(f)). \quad (4)$$

На рисунке 3 показаны ФЧХ одноканального усилителя и двухканального усилителя.

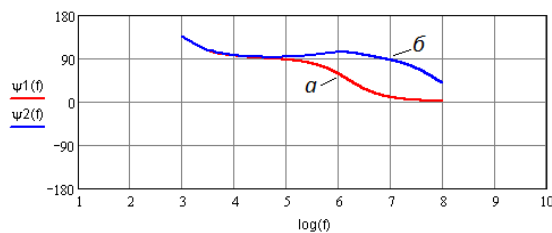


Рис. 3. ФЧХ усилителя: а) одноканальный усилитель; б) двухканальный усилитель

Устойчивость усилителя с ООС определяется запасом по фазе до  $0^\circ$  на частоте, на которой глубина обратной связи уменьшается до 1(0дБ). Для данного усилителя этот запас определяется на частоте 1 МГц (см. рис. 2). На рисунке 3, видно, что при одноканальной схеме (линия а) запас по фазе составляет  $\psi_2(f) = 180^\circ - 103^\circ = 77^\circ$ . Это значение меньше чем такой же запас по фазе в двухканальной (линия б) схеме  $\psi_1(f) = 180^\circ - 58^\circ = 122^\circ$ . Следовательно, введение второго канала, увеличивает запас по фазе и уменьшает опасность самовозбуждения при смене нагрузки усилителя, напряжения питания и т. д.

### Заключение

Для уменьшения нелинейных искажений необходимо увеличивать глубину отрицательной обратной связи.

В связи с тем, что в одноканальной схеме добиться этого невозможно из-за опасности самовозбуждения при частоте единичного усиления, необходимо применять двухканальную структуру для увеличения глубины обратной связи.

Добавление двухканального усилителя повышает запас по фазе.

В результате экспериментального исследования получены следующие метрологические характеристики в диапазоне частот от 10 Гц до 100 кГц: коэффициент нелинейных искажений менее 0,001 % при частоте 1 кГц, и 0,01% при частоте 100 кГц; при уровне выходного напряжения 10 В среднеквадратического значения.

### Список использованных источников

- ГОСТ 8.009-84 ГСИ. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений. – Переиздание; введ. 10. 04.2018. – М.: Изд-во стандартов, 2018. - 27 с.
- Боде Г.В. Теория цепей и проектирование усилителей с обратной связью / Г.В. Боде. – М.: Москва, 1948. – 643 с.
- Генератор сигналов прецизионный ГС-50: Техническое описание и инструкция по эксплуатации. – М.: Научно-производственный центр «Поликом» Томского научно технологического парка, 1991. – 84 с.
- Рыбин Ю.К., Будейкин В.П., Чуфистов В.И. RC-генератор с малыми нелинейными искажениями // Измерительная техника. -1984. - № 4. – С. 39 – 41.
- Mathcad [Электронный ресурс]. – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Mathcad> (дата обращения 12.10.2018).

# РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА КОММУТАЦИИ МЕЖДУ УЗЛАМИ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ-ВЕЩЕЙ»

А. Скопченко

Томский политехнический университет

skop@tpu.ru

## Введение

На сегодняшний день существует большое количество задач, которые требуют высокопроизводительных вычислений, и с каждым днем их становится больше [1-3].

Современная концепция «интернет вещей» однозначно базируется на сети физических предметов, взаимодействующих с внешней средой и друг с другом. Важным компонентом в таких взаимодействиях являются технологии их коммуникации.

Данное исследование направлено на разработку способа коммутации (обмен данными) между компонентами сети «интернет вещей», не имеющих статических идентификаторов.

Для экспериментально-программной отладки разрабатываемого алгоритма коммутации, в качестве базовой инфраструктуры сети «интернет вещей» была выбрана инфраструктура информационно-вычислительного кластера на базе персональных компьютеров. Разрабатываемое программное обеспечение позволяет решить задачи обмена данными между компонентами кластера в ограниченных условиях (когда нет прямого доступа к узлам кластера).

## Исследование способов коммутации

Формирование инфраструктуры модельного кластера для проектирования алгоритма коммутации – достаточно трудоемкая задача. Одной из проблем, связанных с разработкой такого кластера, является выбор того, как именно будет работать кластер, а конкретнее, как будет реализована взаимодействие между его узлами. Так ли необходим центральный узел (узел управления), должен ли каждый узел выступать как узел управления и как компонент сети «интернет вещей» одновременно, должны ли узлы видеть «напрямую» другие узлы кластера или это необязательно. Необходимо ли, чтобы узлы имели возможность посылать запросы к узлу управления или они выступают только в роли ведомого (выполняют команду и возвращают результат).

В данном случае можно использовать два варианта коммутации, в зависимости от требований разработчика, но при этом имеющие схожий принцип работы. Первый вариант – это использование сервера коммутации для работы. Основное требование к серверу коммутации (в дальнейшем сервер-посредник) – это его видимость для всех компонентов кластера. Сервер-посредник, хранит таблицу коммутации с узлами, количество подключенных узлов, полную информацию об узлах (емкость жесткого диска, количество ядер процессора, объем доступной оперативной памяти и др.). В

связи с этим, другим узлам кластера не обязательно «видеть» друг друга и узел управления для выполнения своей работы. Сервер-посредник периодически опрашивает подключенные узлы – «живы» ли они. Это позволяет ему редактировать таблицу коммутации и держать её актуальной на текущий момент времени.

Если в процессе работы возникает ситуация, когда узел получил команду и внезапно «исчез», сервер-посредник возвращает ответ серверу, что данный узел недоступен и его последняя команда транслируется на другой свободный узел.

Второй вариант – это использование одной локальной сети, когда все участники кластера «видят» друг друга. В таком случае сервер-посредник хранит не только таблицу коммутации и полную информацию об узлах. В этом случае его можно использовать и как хранилище для некоторых данных и т.п., что позволит разгрузить узел управления и освободить его ресурсы для другой работы.

## Разработка алгоритма коммутации

На основе анализа различных программных решений по организации распределенных вычислительных систем был выбран оптимальный алгоритм коммутации между узлами сети «интернет вещей». Инфраструктура данного алгоритма представлена на рисунке. В данную инфраструктуру входит множество устройств (персональные компьютеры, мобильные телефоны, маршрутизаторы и др.) на базе различных операционных систем (Windows, Linux, OSX и др.). Взаимодействие между узлами, осуществляется через сервер-посредник, он сообщает узлу управления и узлу, которому требуется подключение, ip-адрес и порт, по которому производить передачу данных. Необходимо отметить, что взаимодействие в вычислительном кластере, реализовано на основе сокетного интерфейса.

Основные этапы работы вычислительного кластера при коммутации представлены ниже:

1. Запуск узла управления и сбор информации.
2. Передача информации серверу-посреднику.
3. Ожидание подключения узлов.
4. Запуск узла.
5. Сбор информации о системе.
6. Передача xml-описания серверу-посреднику.
7. Получение каналов связи с узлом управления от сервера посредника.
8. Узел входит в состояние ожидания команд.

9. Сервер-посредник передает узлу управления информацию, о подключенных узлах.
10. Принятие данных об узлах узлом управления.
11. Узел управления заполняет информацию об узле.
12. Узел управления переходит в ожидание команд для узлов и получение запросов от узлов.
13. При подключение нового узла выполняются шаги 4-12.

### Заключение

Проведенные модельные исследования по разработке алгоритма коммутации между узлами сети «интернет-вещей» показали, что разработанный алгоритм коммутации между узлами сети, обладает определенными преимуществами:

- Простота использования.
- Универсальность, а именно: любой сторонний разработчик может дополнить его необходимыми программными модулями.

### Список использованных источников

Проектирование инфраструктуры и реализация распределенного информационно-вычислительного кластера на базе персональных компьютеров. URL: <http://earchive.tpu.ru/handle/11683/40967> (дата обращения 23.11.2018)

1. Распределенные вычислительные системы / Г.И. Радченко. – Челябинск.: Фотохудожник, 2012. -184с
2. Введение в грид технологии / Радченко Г.И., Демичев А.П., Ильин В.А., Крюков А.П. и др. М.: НИИЯФ МГУ, 2007. -87с
3. Hyperic SIGAR. URL: <https://github.com/hyperic/sigar> (дата обращения 20.08.2017).
4. Java Architecture for XML Binding. URL: <https://docs.oracle.com/javase/8/docs/tech-notes/guides/xml/jaxb/> (дата обращения 05.09.2017).
5. Увеличение вычислительной мощности распределенных вычислительных систем с помощью грид-систем из персональных компьютеров. URL: [http://desktopgrid.ru/articles/increasing\\_computing\\_power.pdf](http://desktopgrid.ru/articles/increasing_computing_power.pdf) (дата обращения 21.01.2018)

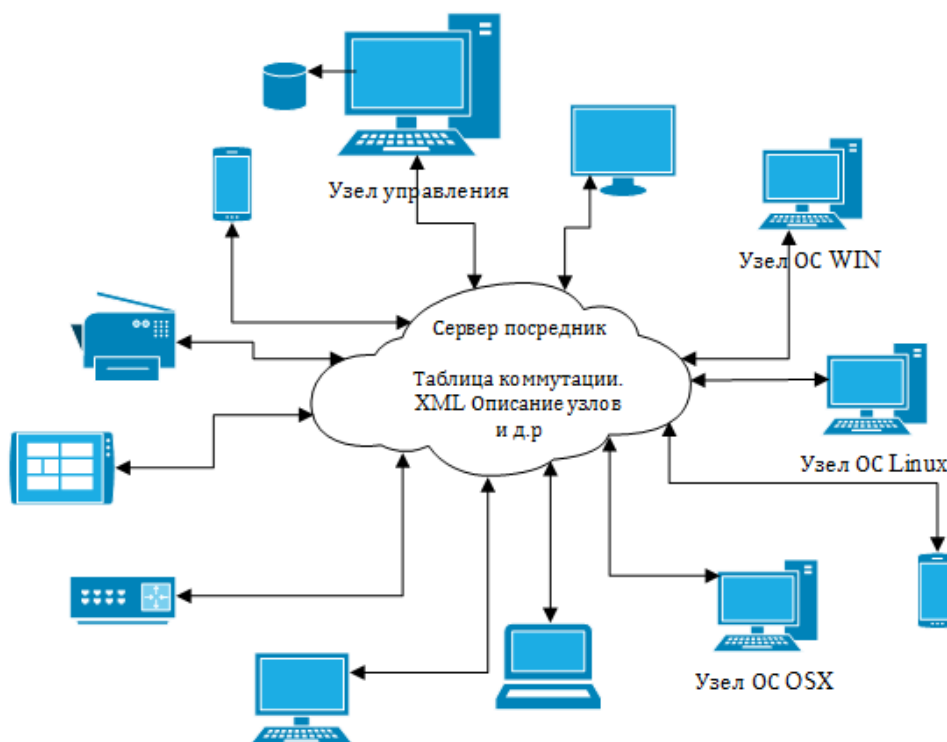


Рис. 1. Архитектура модельного вычислительного кластера

# ОБЗОР МЕТОДОВ АНАЛИЗА АНОМАЛИЙ В БОЛЬШИХ ДАННЫХ

В.А. Овсянников, С.М. Старолетов  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова  
ovsyannikov\_vladimir@mail.ru

## Введение

Интеллектуальный анализ данных, именуемый также Data mining, используется для выделения ранее неизвестной, значимой информации из большого объема данных в целях дальнейшего поиска закономерностей в этих данных. В связи с постоянным увеличением этих объемов, а также возрастанием значимости результатов их анализа актуальнее становится и вопрос идентификации имеющихся в этих данных аномалий. Результаты анализа без исключения аномальных экземпляров данных могут дать необъективное представление.

Обнаружение аномалий являет собой поиск в потоках данных непредвиденных значений (паттернов) [1]. Аномалия (отклонение, ошибка, выброс или исключение) – это *отклонение* системы от стандартного (ожидаемого) поведения. Они могут возникать в данных различной природы и структуры в результате технических сбоев, ошибок при передаче, преднамеренных взломов, аварий, и т.д. В настоящее время существует ряд методов и алгоритмов для поиска аномалий в различных типах данных, и данная работа посвящена их анализу.

## Виды аномалий

Аномалии в данных могут быть отнесены к одному из трех основных типов [1].

*Точечные* аномалии возникают в ситуации, когда отдельный экземпляр данных может рассматриваться как аномальный по отношению к остальным экземплярам данным. Данный вид аномалий является наиболее простым для распознавания. Большинство существующих методов создано для распознавания точечных аномалий.

*Контекстные* аномалии (данный вид аномалий также называется условным) наблюдаются, если экземпляр данных является аномальным лишь в определенном контексте. При определении аномалий данного типа основным инструментом является выделение контекстных и поведенческих атрибутов.

- *Контекстные* атрибуты используются для определения контекста (окружения) каждого экземпляра. Во временных рядах контекстным атрибутом является время, которое определяет положение экземпляра в последовательности экземпляров. Контекстным атрибутом также может быть положение в пространстве, другие свойства или их более сложные комбинации.
- *Поведенческие* атрибуты определяют не контекстные характеристики, относящиеся к конкретному экземпляру данных.

Аномальное поведение экземпляра определяется посредством выделения значений поведенческих атрибутов исходя из конкретного контекста. Таким образом, экземпляр данных может быть контекстной аномалией при данных условиях, но при таких же поведенческих атрибутах считаться нормальным в другом контексте данных. При обнаружении контекстных аномалий это свойство является ключевым в разделении контекстных и поведенческих атрибутов.

*Коллективные* аномалии возникают, когда последовательность связанных экземпляров данных (например, участок временного ряда) является аномальной по отношению к целому набору данных. Отдельный экземпляр данных в такой последовательности может не являться отклонением по отношению к соседям, однако, совместное появление таких экземпляров является коллективной аномалией.

В то время как точечные или контекстные аномалии могут наблюдаться в любом наборе данных, коллективные наблюдаются только в тех наборах, где данные связаны между собой.

Следует отметить, что коллективные и точечные аномалии также могут являться и контекстными.

## Некоторые методы распознавания аномалий

*Классификация* основана на предположении о том, что нормальное поведение системы может определяться одним или несколькими классами. Таким образом, экземпляр, который не подошёл под определение ни одного класса может считаться отклонением. Поиск аномалий проходит в два этапа: обучение и распознавание. Сначала классификатор обучается на заданном массиве маркированных входных данных. Далее определяется принадлежность к одному из известных классов. В случае отсутствия принадлежности к какому-либо классу или неочевидности этого определения экземпляр помечается, как аномальный.

Наиболее распространёнными механизмами реализации распознавания аномалий с помощью классификации являются: нейронные сети, Байесовы сети, метод опорных векторов и метод на основе правил [1, 2, 3, 4].

- Метод обнаружения аномалий на основе нейронных сетей включает два этапа. Первый: нейронная сеть обучается распознаванию классов нормального поведения на тренировочной выборке. Второй: каждый экземпляр поступает в качестве входного сигнала нейронной сети. Система, основанная на нейронных сетях, может распознавать как один, так и несколько



классов нормального поведения. Вопрос адекватного поиска аномальных поведений нейронными сетями открыт, поскольку сеть по определению всегда возвращает один из классов поведения, соответственно, ненормальное поведение будет определено как один из классов нормального поведения (что некорректно), либо требуется создание классов ненормальных поведений и обучение сети на их образцах, в этом случае мы теряем возможность получения ненормальных поведений неизвестных ранее классов.

- Байесовская сеть (или Байесова сеть) — графовая вероятностная модель, представляющая собой множество переменных и их вероятностных зависимостей по Байесу. Например, байесовская сеть может быть использована для вычисления вероятности того, чем пациент болен по наличию или отсутствию ряда симптомов, основываясь на данных о зависимости между симптомами и болезнями.

Формально, байесовская сеть — это направленный ациклический граф, каждой вершине которого соответствует случайная переменная, а дуги графа кодируют отношения условной независимости между этими переменными. Если переменные байесовской сети являются дискретными случайными величинами, то такая сеть называется дискретной байесовской сетью. Байесовская сеть, в которой дуги помимо отношений условной независимости кодируют также отношения причинности, называют причинно-следственными байесовскими сетями.

При статистическом анализе исследуется процесс, строится его профиль (модель), который затем сравнивается с реальным поведением. Если разница реального и предполагаемого поведения системы, определяемая заданной функцией, выше установленного порога, делается вывод о наличии аномалий (отклонений). Принимается предположение о том, что нормальное поведение системы будет находиться в зоне высокой вероятности, а выбросы — в зоне низкой. Данный подход удобен тем, что он не требует заранее определенных знаний о видах аномалий. Однако, сложности могут возникнуть при определении точного статистического распределения и порога [3].

Следующим перспективным методом является поиск аномалий на основе модели иерархической временной памяти (*Hierarchical Temporal Memory* — *HTM*). Данную модель в 2004 году предложил Джеф Хоккинс в своей книге «Об интеллекте» [5]. Аномалия при этом определяется, когда образуется некоторое количество клеток, которые были в состоянии предсказания, но не перешли в активное состояние. Данный подход близок к моделированию поведения человеческого мозга (модель память-предсказание-корректировка предсказания). В работе [6] данный метод был проанализирован

и опробован для поиска аномалий в скорости по полученным данным автомобиля через CAN-шину. На рисунке представлен результат поиска аномалий в скорости автомобиля с режимом ускорением в ПО Numenta HTM Studio.

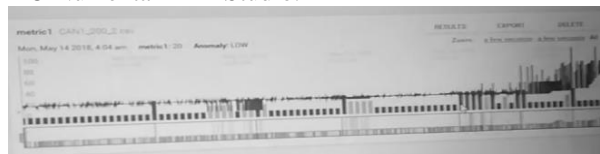


Рис. 1. Поиск аномалий методом HTM

Однако, поиск аномалий осуществляется только в одной серии данных, в то время как интересен прежде всего поиск композитных аномалий (например, по скорости автомобиля, скорости вращения каждого колеса, включенной передачи и т.д.).

### Заключение

В статье проанализированы методы поиска аномалий. В настоящее время готовых решений их поиска нет. Каждое решение имеет свои минусы, плюсы и сферу применения. В дальнейшей работе будет сделан упор на анализ гибридных методов поиска композитных аномалий в нескольких сериях меняющихся данных большого размера.

### Список использованных источников

1. V. Chandola, A. Banerjee, V. Kumar, “Anomaly detection: A survey”, *ACM Computing Surveys*, vol. 41(3), 2009, pp. 1–58.
2. S. Hawkins, H. He, G. J. Williams and R. A. Baxter, “Outlier detection using replicator neural networks”, 4th International Conference on Data Warehousing and Knowledge Discovery. Springer-Verlag, 2002, pp. 170 – 180.
3. S. Ghosh, A. Pal, A. Nag, S. Sadhu and R. Pati, “Network anomaly detection using a fuzzy rule-based classifier”, *Computer, Communication and Electrical Technology*, 2017, pp. 61 -65.
4. S. Erfani, Sarah, M. Baktashmotlagh, S. Rajasegarar, S. Karunasekera and C. Leckie, “A randomised nonlinear approach to large-scale anomaly detection”, 29th AAAI Conference on Artificial Intelligence, 2015, pp. 25–30, Hyatt Regency in Austin, Texas.
5. Джефф Хоккинс. Об интеллекте. — Москва: Издательство Вильямс, 2007. — С. 240. — ISBN 978-5-8459-1139-1.
6. Овсянников В.А., Старолетов С.М. Разработка системы анализа аномалий в больших данных (BigData) на основе кортикальных алгоритмов. XV Всероссийская научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых "Наука и молодежь - 2018". Секция «Информационные технологии». Подсекция «Программная инженерия». / Алт. гос. техн. ун-т им. И.И.Ползунова. — Барнаул: изд-во АлтГТУ, 2018. — с. 180-186. Режим доступа — <http://edu.secna.ru/media/f/pi2018v1.pdf>

# TOWARDS PROBLEMS OF CYBER-PHYSICAL SYSTEMS VERIFICATION WHILE DESIGNING THEM WITH THE MODEL-DRIVEN APPROACH

Sergey Staroletov  
Polzunov Altai State Technical University  
serg\_soft@mail.ru

## Introduction

A Cyber-Physical System (CPS) is a system that runs over continuous time and combines mathematical computations and changes of modes or states, and each state can model some real process. These systems are modeled as Hybrid Automata and the Dynamic Logic has been created for describing it mathematically [1].

CPSs firstly should be modeled by physicists and mathematicians because they should describe real processes. After the models have been created, engineers should divide system functionality into some logical states because of different equations usually needed to describe the process during evaluation of system parameters, so as the result we will get a Hybrid Automaton for the system.

Currently, CPSs can be implemented in code as programs that change the variables according to pre-coded solutions of differential equations for the model, or programs that solve the equations numerically during the runtime. Another variant for it — is to use the Model-Driven approach (MDD, stands for Model-Driven developing) to design the system not in the code but by creating some diagrams (schemes), which can be executable or the code can be generated from them automatically.

In the article, the problem of proving safety properties of CPSs that are being created with the MDD approach is described.

## Model-Driven Developing of Cyber-Physical Systems

MDD is a way to create a system starting from drawing some diagrams and then execute it (simulate the system) or generate the code from it. The main advantages are:

- engineers can see the graphical model and move through it;
- no code and model distinctions after changing any one of two parts;
- possible ways to generate a code for different languages and purposes (for example, for simulation it or for implementation it in a real controller);
- the system can be created by engineers who know how to describe physical processes but don't know any programming language.

So, it is the preferable way now to involve a large number of engineers to CPSs implementation process.

## Cyber-Physical Systems engineering tools

Currently a lot of industrial engineers use Matlab Simulink, for example images in [2] were generated by simulation mode with this tool. Simulink offers to create CPSs by using a representation very close to control theory notations. But it lacks for creating control automata in a graphical way and some portions of the system are still creating by writing a code in Matlab special language.

A free academic-based tool to create such systems by construction it from small actors in different layers of abstraction is Ptolemy by Berkeley [3]. It offers to describe systems as multi-layer agents that communicate with input/output ports and each agent can have combinations of actors and other agents. Actors could be plotting tools, mathematical operations, differentials and others. Layers can be automata or state charts and each layer is controlling by a controller, which can be discrete or continues time. The Ptolemy is very extensible so user can implement own actors based on pre-defined interfaces and export the whole system or an actor as a Java class.

## Modeling a sample system in different layers with Ptolemy

Consider to a car stopping model which models a car moving with a deceleration. The negative acceleration is calculated based on observation to a given obstacle with the school physical law “moving with constant acceleration”. In Fig.1 a top layer model and modeling results are shown. It just plots two model parameters — the position and the slowdown of the velocity.

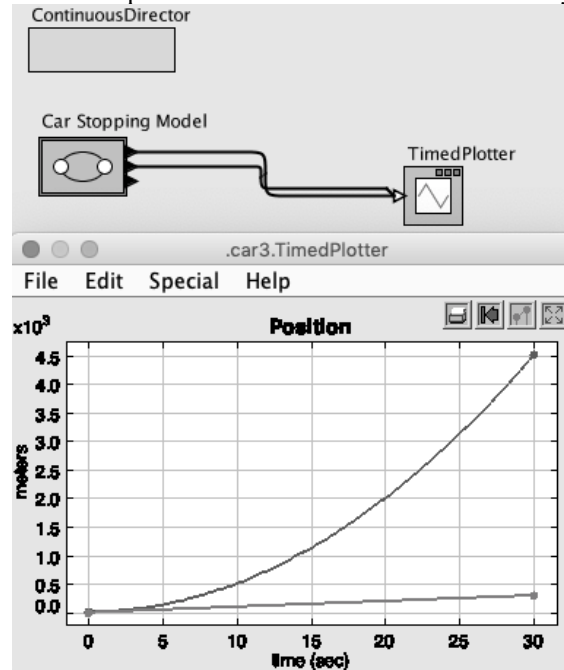


Fig 1. A top level CPS model and a simulation result

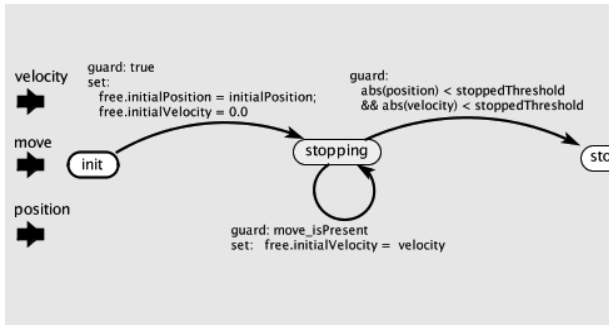


Fig 2. A CPS model inside

In Fig 2. the model is shown inside as an automaton with 3 states — *init*, *stopping* and *stop*, where *stopping* — is a Hybrid state that is the subject to further decomposition.

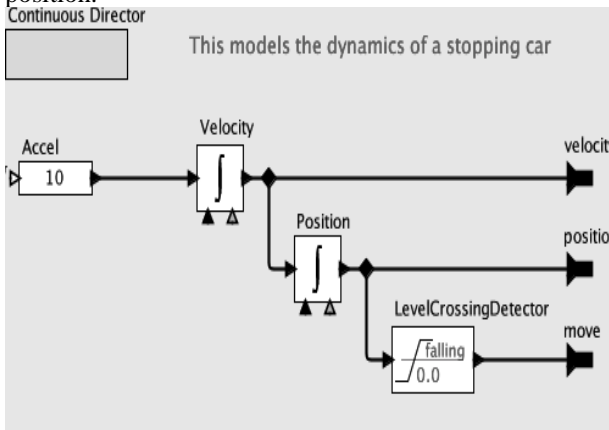


Fig 3. Stopping state refinement

In Fig 3. the stopping physical model is actually implemented. It means that the first derivative of the position is the velocity, the second derivative of the position is the acceleration. So, the system is modeling near to the real process description and that simulation required no code writing.

### Verification problem

For the sample system, the safety property could be formulated as “*the car position should be less the position of the obstacle*”. One who looks to the graph in Fig.1 could say that for the system variables this safety property holds, and it was proved by the simulation. But the simulation is only a process of quality assurance very similar to testing, that is undecidable in general. For example, the graph can miss very fast function changes due to a small grid size, so for safety reliable systems, we need a mathematical way to prove the system properties. That way is a formal model verification [4].

The method to help engineers using it — is to integrate the verification process into the tool which is being used for designing CPSs with the MDD approach. In this way, engineers can use it without actually getting some knowledge about internal methods.

As shown in some presentations, Matlab Simulink has included verification and validation tools for a created model with it. But they are not formal verification techniques. Currently, the tool is a closed- source and a closed-architecture program, so it is unknown whether possible or not to implement additional model

checkers here. The Ptolemy tool has included a model converter [5] to use with some Model-Checkers [6], but now it can convert only discrete time actors. Generation continues time actors checkers for the CPSs, in theory, is possible since the tool is extensible. But the question is: what backend should be used actually to verify the models?

### A proposed solution

Because CPSs need the Dynamic Logic to model the equations on the continuous time, it is hard to verify such systems with ordinal verification tools. Of course, it is possible to apply methods like Model-Checking here and the author now is able to prove some properties of some not difficult CPSs (it is the subject of outgoing papers), by implementing the floating-point operations in model languages, but the more general way is needed here.

In papers [7] and [8] a graphical way to easily specify and verify the systems has been proposed. The subject of the further research is to extend the control-flow graph approach to convert the existing engineering notations to an intermediate representation and then automatically create Hybrid automata, proof obligation and verify them by the KeYmaera theorem prover or other possible methods.

### References

1. A. Platzer, Logical Foundations of Cyber-Physical Systems. Springer, 2018.
2. Schulte, Horst. "Integrated Fault Reconstruction and Fault-Tolerant Control of Nonlinear Systems in TS-Form." *2018 IEEE International Conference on Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE)*. IEEE, 2018.
3. Davis II, J., et al. Overview of the Ptolemy project. Vol. 99. ERL Technical Report UCB/ERL, 1999.
4. Staroletov, Sergey. Basics of Software Testing and Verification [in Russian]. Lanbook, Saint Petersburg, 2018. –344 pages. ISBN 978-5-8114-3041-3. <https://lanbook.com/catalog/informatika/osnovy-testirovaniya-i-verifikatsii-programmnogo-obespecheniya/>
5. Cheng, Chih-Hong, Teale Fristoe, and Edward A. Lee. "Applied verification: The Ptolemy approach." (2008).
6. Clarke Jr, Edmund M., et al. Model checking. Cyber-Physical Systems, 2018.
7. Baar Thomas, and Sergey Staroletov. "Making Verification in KeYmaera Easier—A Graphical Approach for Better Usability." 9th Workshop PSSV: proceedings/Edited by Nikolay Shilov, Vladimir Zakharov.—Yaroslavl: Yaroslavl State University, 2018.—98 pages.—(9th Workshop “Program Semantics, Specification and Verification: Theory and Applications” dedicated to the memory of BA Trakhtenbrot, MI Dekhtyar, and MK Valiev, Yaroslavl, Russia, June 21-22, 2018). 2018.
8. T. Baar and S. Staroletov, “A control flow graph based approach to make the verification of cyber-physical systems using KeYmaera easier,” *Modeling and Analysis of Information Systems*. 2018;25(5), pp. 465–480.

# ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНИКИ BACKJUMPING В МАССИВНО-ПАРАЛЛЕЛЬНОМ ВАРИАНТЕ ТАБЛИЧНОГО АЛГОРИТМА ДЛЯ ДЕСКРИПЦИОННОЙ ЛОГИКИ SHIQ

А.А. Ступников

Тюменский государственный университет  
saarus72@gmail.com

## Введение

Для решения проблемы слабой структурированности и формализации, создаваемой людьми информации в сентябре 1998 года сэр Тим Бернерс-Ли, создатель (вместе с Робертом Кайо) Всемирной паутины, предложил [1] концепцию семантической паутины — всеобщей семантической сети онтологий, в качестве аппарата для хранения и обработки которых предлагается и используется математический аппарат дескрипционных логик (ДЛ).

Практические задачи ДЛ (самая частая — проверка следования одного концепта из другого) обыкновенно переформулировываются в задачу определения (не)выполнимости онтологии, или возможности построения её модели [2], для решения которой в 90-е годы был предложен [3] так называемый табличный алгоритм в различных модификациях, предлагающий список правил вывода для построения модели (более точно — дерева) онтологии, обладающего свойствами полноты и непротиворечивости; построение дерева начинается с одного узла, к которому относится сложный концепт, содержащий в себе информацию обо всех правилах онтологии, раскрытие которого до атомарных концептов в общем случае влечёт возникновение других узлов, связанных друг с другом ролями и обладающими своими наборами концептов.

## Существующие оптимизации

В силу высокой вычислительной сложности табличного алгоритма неоднократно предпринимались попытки его оптимизации, например, введение параллельного выполнения необходимых для алгоритма вычислений. Так, в [4] для ДЛ SHN предлагается использование менеджера задач, работающего с пулом заданий, однако преимущества от его использования практически исчезают с ростом числа потоков выполнения вследствие затрат на использование менеджера и неравномерной заполненности пула заданий.

В предлагаемом автором варианте табличного алгоритма параллельно выполняются в первую очередь не неопределённые (т.е.  $\sqcup$ , *choose*,  $\leq$ ), а определённые правила вывода (т.е.  $\sqcap$ ,  $\exists$ ,  $\forall$ ,  $\forall_+$ ,  $\geq$ ), что избавляет от необходимости вводить очередь задач и позволяет эффективно использовать массивно-параллельные процессоры, например, графические карты. Поскольку никакое определённое правило вывода не влечёт изменений, способных испортить предпосылку другого правила вывода (только добавление нового концепта узла для правил  $\sqcap$ ,  $\forall$ ,  $\forall_+$  и добавление s-потомка для правил  $\exists$ ,

$\geq$ ), все определённые правила допустимо выполнять в любой последовательности, в том числе одновременно.

В то же время, как показано в [5], применение оптимизационных техник также позволяет значительно сократить время выполнения. Представляется разумным использовать их и в предлагаемом алгоритме.

Вероятно, самой выгодной оптимизационной техникой является обратный прыжок (*backjumping*). Как указано в [6], концепты помечаются указанием на точку ветвления, от которой они зависят. Концепт  $C \in L(x)$  зависит от точки ветвления, если  $C$  или был добавлен в  $L(x)$  в этой точке ветвления, или концепт  $C \in L(x)$  зависит от другого концепта  $D \in L(y)$ , зависящего от этой точки ветвления. Концепт  $C \in L(x)$  зависит от концепта  $D \in L(y)$  в том случае, если концепт  $C$  был добавлен в  $L(x)$  вследствие применения определённого правила вывода, использующего  $D \in L(y)$ . Например, если  $A \in L(x)$  получено в результате раскрытия описания концепта  $(A \sqcup B) \in L(x)$ , то  $A \in L(x)$  зависит от  $(A \sqcup B) \in L(x)$ . При обнаружении противоречия концептов можно использовать множество зависимостей этих концептов для определения последней точки ветвления, раскрытие других веток которой может помочь избежать противоречия, чтобы алгоритм мог перепрыгнуть обратно (*backjump*) через промежуточные точки ветвления без раскрытия их других веток.

## Реализация *backjumping*

Для обеспечения работоспособности обратного прыжка предлагаемый параллельный алгоритм должен добавлять информацию о зависимостях концептов от точек ветвления как тогда, когда обрабатывает определённое правило — в этом случае для появившихся концептов копируется множество зависимостей их «родительских» концептов, — так и тогда, когда правило неопределённое — и тогда возможно создавать фиктивный узел и действовать с ним как с новой версией оригинального узла:

Для обеспечения корректности дерева при параллельной работе после каждого создания фиктивной копии узла предлагается создавать фиктивное задание на копирование концептов и связей, а на оригинальный узел добавлять пометку о ненужности выполнения; в таком случае достаточно, чтобы эти концепты и связи были созданы в результате применения определённых правил вывода, а оригинальный узел обрабатывался только одним

неопределённым правилом в каждый момент времени.

Если алгоритм встречает противоречие, он дожидается окончания работы всех потоков и после этого удаляет все узлы выше по дереву, пока не встречает фиктивный узел, созданный в результате применения неопределённого правила, другой выбор в котором изменил бы создаваемый противоречивый концепт.

Даже в случае внесения изменений в дерево другими потоками после обнаружения противоречия оно останется корректной моделью онтологии. Действительно, если эти изменения затрагивают удаляемую часть дерева, они автоматически отменяются, в противном случае они не зависят от удаляемой части и, следовательно, не связаны с обнаруженным противоречием. Таким образом, в плане обнаружения и ликвидации противоречий алгоритм с техникой backjumping не требует дополнительных условий на синхронизацию потоков и отслеживание внутренней последовательности изменений дерева. Введения множества зависимостей, технически представленной предлагаемой структурой фиктивных узлов, достаточно для обеспечения корректного параллельного выполнения.

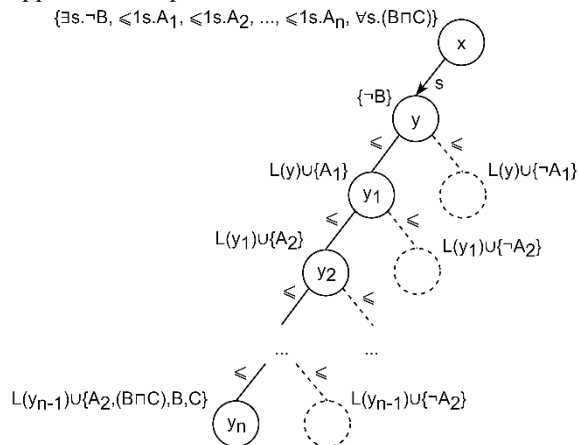


Рис. 1. Пример работы техники backjumping в предлагаемом алгоритме вывода

Рассмотрим проиллюстрированный на рисунке 1 пример применения техники backjumping для узла  $x$  со сложным концептом  $L(x) = \{ \exists s. \neg B, \leq 1s.A_1, \leq 1s.A_2, \dots, \leq 1s.A_n, \forall s.(B \sqcap C) \}$ . Предположим, в первую очередь алгоритмом будет обработан концепт  $\exists s. \neg B$ , в результате чего будет создан новый узел  $y$  с  $L(y) = \{ \neg B \}$ . После алгоритм будет обрабатывать  $n$  неопределённых правил « $\leq$ », в результате применения которых будут последовательно созданы  $n$  фиктивных узлов с концептами  $A_i$  или  $\neg A_i$  соответственно. Наконец, применив определённое правило  $\forall s.(B \sqcap C)$  к последнему узлу  $y_n$ , то есть добавив к нему концепт ВПС и раскрыв его до  $B$  и  $C$ , алгоритм натолкнётся на противоречие, поскольку для одного узла декларируется принадлежность к несовместным концептам  $\neg B$  и  $B$ , в попытках избавиться от которой алгоритм дойдёт до

указанного в множестве зависимостей концептов  $\neg B$  и  $B$  узла  $x$ , пропустив все  $n$  фиктивных узлов и не проверяя другие альтернативы для соответствующих им правил, поскольку противоречие не зависит от них.

При этом указанный в [6] пример  $L(x) = \{ (C_1 \sqcup D_1), \dots, (C_n \sqcup D_n), \exists R.(C \sqcap D), \forall R. \neg C \}$  не обязан приводить к неперемennomu раскрытию  $n$  дизъюнкций до обработки концептов под кванторами, поскольку, согласно предложенному параллельному алгоритму, определённые правила выполняются в первую очередь, а обеспечение необходимости блокирования бесконечных веток дерева возможно при произвольном порядке раскрытия концептов.

### Заключение

Применение техники обратного прыжка (backjumping) в рассматриваемом варианте параллельном алгоритме вывода дескрипционной логики SHIQ подходит предлагаемой концепции массовой параллельности и представляет высоко оценённые в тематической литературе возможности по оптимизации выполнения.

### Список использованных источников

1. Tim Berners-Lee, James Hendler, Ora Lassila. The Semantic Web. 2001. Перевод: Семантическая Сеть. Переводчик: Евгений Золин. // Домашняя страница Евгения Золина. 2004. URL: [http://lpcs.math.msu.su/~zolin/sw/semantic\\_web\\_rus.html](http://lpcs.math.msu.su/~zolin/sw/semantic_web_rus.html) (дата обращения: 20.11.2018)
2. Uli Sattler et al. (I can't get no) satisfiability // Ontogenesis — a Knowledge Blog about building, using and maintaining ontologies. 2013. URL: <http://ontogenesis.knowledgeblog.org/1329> (дата обращения: 20.11.2018)
3. Manfred Schmidt-Schauß and Gert Smolka. Attributive concept descriptions with complements. Artificial Intelligence, 48(1):1–26, 1991.
4. Thorsten Liebig and Felix Müller. Parallelizing tableaux-based description logic reasoning. In Robert Meersman, Zahir Tari, and Pilar Herrero, editors, Proceedings of OTM Workshops 2007, Part II, volume 4806 of LNCS, pages 1135–1144. Springer, 2007.
5. Franz Baader, Ian Horrocks, and Ulrike Sattler: Chapter 3 Description Logics. In Frank van Harmelen, Vladimir Lifschitz, and Bruce Porter, editors, Handbook of Knowledge Representation. Elsevier, 2007.
6. Horrocks I., Patel-Schneider P.F. Optimising propositional modal satisfiability for description logic subsumption. In: Calmet J., Plaza J. (eds) Artificial Intelligence and Symbolic Computation. AISC 1998. Lecture Notes in Computer Science, vol 1476. Springer, Berlin, Heidelberg, 1998.

# ИССЛЕДОВАНИЕ ЛИНЕЙНОЙ ВЗАИМОСВЯЗИ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА ОСНОВЕ КОЭФФИЦИЕНТА КОРРЕЛЯЦИИ ПИРСОНА

К.Д. Сухих, И.А. Ботыгин  
Томский политехнический университет  
kds7@tpu.ru

## Введение

На сегодняшний день стремительно развиваются технологии обработки метеорологических данных, помогая прогнозировать климатические изменения. Одним из широко используемых инструментов анализа метеорологических данных является вероятностно-статистический подход. В рамках этого подхода достаточно эффективным средством исследования метеорологических рядов наблюдений является корреляционная теория.

В данной работе в качестве метода исследования взаимосвязи основных метеорологических параметров был выбран корреляционный анализ, который использовался для выявления их статистической зависимости за установленный промежуток времени на данных по Томской области.

## Корреляция Пирсона

Для выявления меры корреляции между двумя метеорологическими параметрами был использован коэффициент корреляции Пирсона. Заметим, что данный подход позволяет определить лишь наличие линейной взаимосвязи между исследуемыми параметрами.

На входные метеоданные были наложены следующие ограничения:

- показатели должны быть измерены в количественной шкале;
- на вход должно подаваться не более двух типов метеоданных – исследовалась только парная корреляция.

Расчет коэффициента корреляции Пирсона для выборки наблюдений для пар переменных (x, y) производится по следующей формуле:

$$r_{xy} = \frac{\sum(d_x \times d_y)}{\sqrt{(\sum d_x^2 \times \sum d_y^2)}}$$

Отметим свойства коэффициента корреляции [1]:

- коэффициент измеряется в интервале от -1 до +1;
- положительный коэффициент показывает, как одна переменная увеличивается по мере того, как увеличивается другая;
- отрицательный коэффициент показывает, как одна переменная уменьшается по мере того, как увеличивается другая;
- корреляция между величинами не обязательно означает соотношение причины и следствия;
- величина коэффициента будет обоснована только в диапазоне значений выборки;
- коэффициент корреляции безразмерен.

## Используемые библиотеки Python

Для подсчета коэффициента корреляции Пирсона была использована библиотека `scipy` Python, из которой была выбрана функция `scipy.stats.linregress()`, которая вычисляет регрессию наименьших квадратов для двух наборов измерений. На выходе функция возвращает несколько параметров, например: наклон линии регрессии и необходимый нам коэффициент корреляции Пирсона.

Для вывода диаграммы рассеяния и построения графиков была использована библиотека `matplotlib.pyplot.plot`.

Для анализа входных данных была использована библиотека `pandas`.

Для визуализации статистических данных была использована библиотека `seaborn`.

Для математических вычислений была использована библиотека `numpy`.

## Реализация программы

Для реализации программы был выбран язык высокого уровня Python, написание программы проводилось в онлайн среде Colaboratory от Google. Данная среда была выбрана по нескольким важным параметрам:

1. Возможность запуска программы на любых устройствах с доступом в интернет;
2. Простой и понятный интерфейс;
3. Множество встроенных библиотек, которые не нужно дополнительно устанавливать.

В качестве входных данных был использован ресурс, который за указанный период времени предоставляет информацию о метеорологических и радиационных данных по Томской области [2]. Изображение используемого ресурса представлено на рисунке 1.

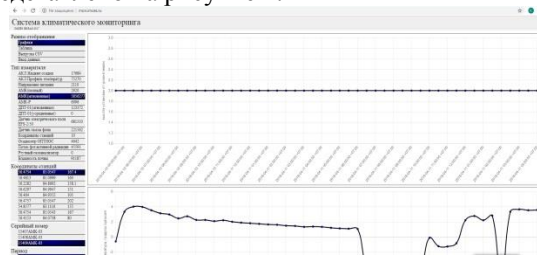


Рис. 1. Изображение сайта «Система климатического мониторинга»

В качестве регистратора была выбрана ультразвуковая метеостанция. С данного ресурса за период с 10.04.2018 по 11.04.2018 были получены следующие метеорологические параметры:

1. Время измерения.
2. Индекс группы на момент измерения.

3. Серийный номер.
4. Высота установки от уровня земли, м.
5. Средняя температура, градусы Цельсия.
6. Средняя скорость горизонтального ветра, м/с.
7. Среднее направление горизонтального ветра, градусы.
8. Минимальная скорость мгновенного горизонтального ветра, м/с.
9. Максимальная скорость мгновенного горизонтального ветра, м/с.
10. Средняя скорость вертикального ветра, м/с.
11. Атмосферное давление, мм. рт. ст.
12. Относительная влажность воздуха, %.
13. Температура точки росы, градусы Цельсия.
14. Упругость (давление) водяного пара, гПа.
15. Абсолютная влажность, г/м<sup>3</sup>.
16. Плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>.
17. Скорость звука в воздухе, м/с.

В частности, коэффициент корреляции Пирсона рассчитывался для следующих двух пар параметров: «средней скорости вертикального ветра» и «температуры» за сутки, и для «атмосферного давления» и «температуры» также за сутки.

Первый шаг программы – загрузка текстового файла с метео данными, и, по разделителю «;», реструктуризация на столбцы по значениям.

Далее были рассчитаны коэффициенты корреляции Пирсона для двух указанных выше пар значений. Диаграммы рассеяния, построенные по значениям коэффициентов и периодам, за которые коэффициент рассчитывался, представлены на рисунке 2 и рисунке 3.

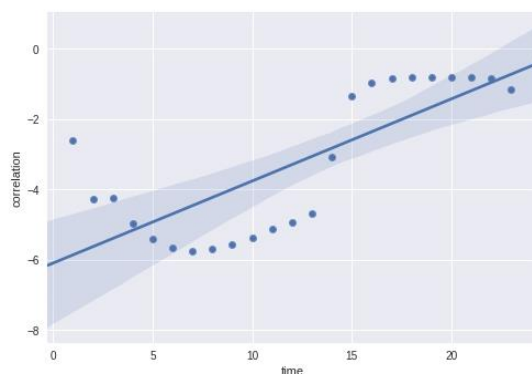


Рис. 2. Диаграмма рассеяния коэффициента корреляции для температуры и атмосферного давления (на оси x показано время в часах, по оси y – коэффициент корреляции)

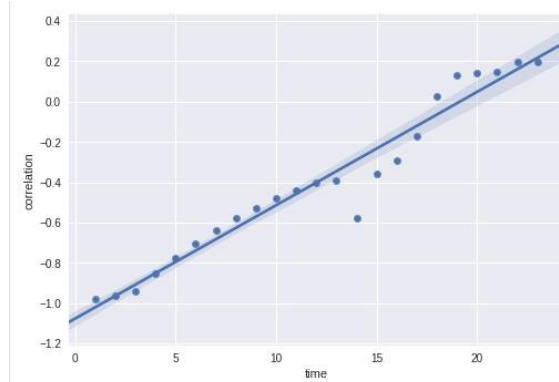


Рис. 3. Диаграмма рассеяния коэффициента корреляции для температуры и средней скорости вертикального ветра (на оси x показано время в часах, по оси y – коэффициент корреляции)

Следующий шаг – построение графиков корреляционных зависимостей параметров. На рисунке 4 изображен пример такого графика.

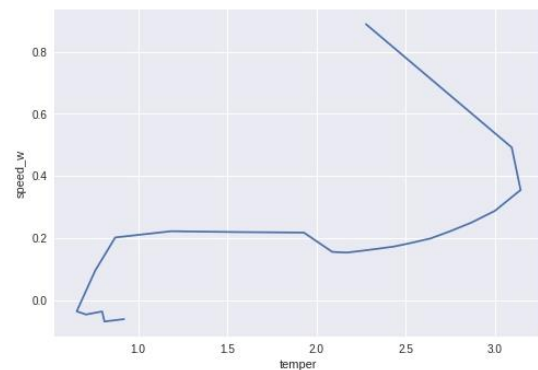


Рис. 4. График корреляционной зависимости средней скорости ветра и температуры за сутки

### Заключение

В результате проделанной работы была написана программа на Python, которая рассчитывает коэффициент корреляции Пирсона для заданных метеорологических параметров за определенный период и строит графики корреляционной зависимости этих параметров.

Данная программа может быть расширена для дальнейших исследований метеорологических данных.

### Список использованных источников

1. Коэффициент корреляции // Портал знаний. URL <http://statistica.ru/theory/koeffitsient-korrelyatsii/> (дата обращения: 20.11.2018).
2. Система климатического контроля // IMCES SB RAS. URL <http://mon.imces.ru> (дата обращения: 19.11.2018).
3. Matplotlib // Учебники. URL <https://matplotlib.org/tutorials/index.html> (дата обращения: 20.11.2018).
4. Scipy.stats.linregress // Scipy.org. URL <https://docs.scipy.org/doc/scipy/reference/generated/scipy.stats.linregress.html#scipy.stats.linregress> (дата обращения: 20.11.2018).

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УЧЕТА И АНАЛИЗА РЕЗУЛЬТАТОВ АДАПТАЦИИ И МОТИВАЦИИ ШКОЛЬНИКОВ

Е.В. Телипенко, А.Р. Антонов

Юргинский технологический институт (филиал)  
Томского политехнического университета  
telipenko@tpu.ru

## Введение

В настоящее время в каждой школе проводится психологическая диагностика учащихся, которая направлена, в первую очередь, на изучение степени и особенностей приспособления детей к новой социальной ситуации. Она проводится в начале учебного года и в конце наряду с педагогическими наблюдениями.

Объемы информации, которые нужно собрать и проанализировать с последующей подготовкой и выдачей рекомендаций, являются очень большими и требуют автоматизации.

Поэтому целью нашей работы являлось проектирование информационной системы для организации работы педагога-психолога с учащимися в виде проведения анкетирования и качественной обработки их результатов, с целью своевременного выявления и устранения проблем.

## Постановка задачи

Деятельность педагога-психолога заключается в формировании плана проведения мероприятий по оценке адаптации учащихся 1-х, 5-х и 10-х классов, потому что именно этот контингент переходит на новый этап обучения, в связи с чем могут возникнуть различные проблемы, которые способны привести к дезадаптации и снижению успеваемости.

ПЛАН ПРОВЕДЕНИЯ ТЕСТИРОВАНИЙ  
В ПЕРИОД АДАПТАЦИИ УЧАЩИХСЯ 1-Х, 5-Х, 10-Х КЛАССОВ

№ п/п	Возраст ребенка	Предмет исследования	Цель	Сроки проведения	Диагностический инструментарий	Ответственный за проведение	Вид, форма отчетности
1.	Младший школьный возраст 1 класс	Диагностика школьной мотивации и адаптации	Определение уровня социально-психологической адаптации, мотивации учения	Сентябрь-октябрь; апрель-май	-Методика Н.Г.Лукашовой «Что мне нравится в школе»; - Схема экспертной оценки адаптации ребенка к школе (для учителей и родителей) О.Л.Сokolova, О.В.Сорокина, В.И.Чиркова; -Психолого-педагогическая оценка готовности Семяго.	Педагог-психолог, учитель начальных классов	Справка
2.	Младший подростковый возраст 5 класс	Адаптация, мотивация	Определение уровня социально-психологической адаптации и мотивации	Сентябрь-октябрь; апрель-май	«Социометрия» авт. Морено; - Тест тревожности Т.Фидельмич; -Методика изучения учебной мотивации М.И.Лукашова, Н.В.Калинина; -Анкета «Как определить состояние психологического климата в классе» Федоренко Л.Г.;	Педагог-психолог	Справка
3.	Юношеский возраст 10 класс	Адаптация, мотивация	Определение уровня социально-психологической адаптации и мотивации	Сентябрь-октябрь; апрель-май	«Социометрия» авт. Морено; - Изучение мотивации обучения старше подростков М.И.Лукашова, Н.В.Калинина; - Анкета «Как определить состояние психологического климата в классе» Федоренко Л.Г.;	Педагог-психолог	Справка

Педагог-психолог  
Директор

ФНО  
ФНО

Рис. 1. План мероприятий

Педагог-психолог составляет план проведения тестирования, зам. директора по учебной работе

его утверждает. Затем, согласно плана, психолог проводит тестирование, обрабатывает результаты, подводит итоги и выдает рекомендации по устранению выявленных проблем. По результатам тестирования составляется отчет для зам. директора по учебной работе, на основе которого он может принять решение о необходимости внесения изменений в учебный процесс.

Анкета для оценки уровня школьной мотивации Н. Лукашовой

ФНО учащегося Иванов Сергей Иванович

Класс 1Б

Вопрос	Ответ 1	Ответ 2	Ответ 3
1. Тебе нравится в школе?	не очень	нравится	не нравится
2. Утром, когда ты просыпаешься, ты всегда с радостью идешь в школу или тебе часто хочется остаться дома?	чаще хочется остаться дома	бывает по-разному	иду с радостью
3. Если бы учитель сказал, что завтра в школу не обязательно приходить всем ученикам, что желающие могут остаться дома, ты пошел бы в школу или остался дома?	не знаю	остался бы дома	пошел бы в школу
4. Тебе нравится, когда у вас отменяют какие-нибудь уроки?	не нравится	бывает по-разному	нравится
5. Ты хотел бы, чтобы тебе не задавали домашних заданий?	хотел бы	не хотел бы	не знаю
6. Ты хотел бы, чтобы в школе остались одни перемены?	не знаю	не хотел бы	хотел бы
7. Ты часто рассказываешь о школе родителям?	часто	редко	не рассказываю
8. Ты хотел бы, чтобы у тебя был менее строгий учитель?	точно не знаю	хотел бы	не хотел бы
9. У тебя в классе много друзей?	мало	много	нет друзей
10. Тебе нравятся твои одноклассники?	нравятся	не очень	не нравятся

### Ключ

Количество баллов, которые можно получить за каждый из трех ответов на вопросы анкеты.

№ вопроса	оценка за 1-й ответ	оценка за 2-й ответ	оценка за 3-й ответ
1	1	3	0
2	0	1	3
3	1	0	3
4	3	1	0
5	0	3	1
6	1	3	0
7	3	1	0
8	1	0	3
9	1	3	0
10	3	1	0

Рис. 2. Пример анкеты

Схема документооборота представлена на рисунке 2.

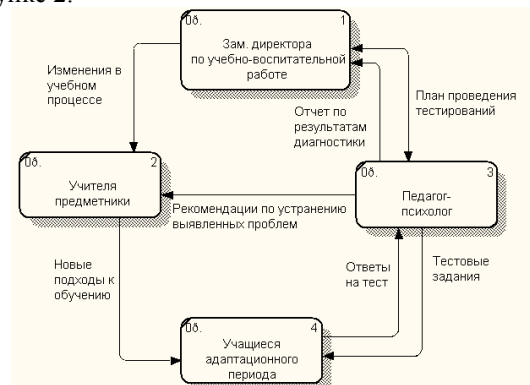


Рис. 2. Схема документооборота

Таким образом, проектируемая система должна обеспечить выполнение следующих функций: 1) учет обучающихся; 2) анкетирование обучающихся в период адаптации; 3) анализ результатов



адаптации и подготовка рекомендаций. Функциональная модель представлена на рисунке 3.

### Описание входной и выходной информации

Входной информацией для проектируемой системы будет: информация об учениках; информация о сроках анкетирования; информация о тестах; информация об ответственных за проведение анкетирования; информация о предмете исследования; вопросы тестов; ответы учащихся; критерии оценки.

В результате своей работы система будет выдавать следующую выходную информацию:

1. Общий отчет по результатам диагностики учащихся адаптационного периода. Отчет предназначен для вывода информации об итоговом уровне адаптации учащихся школы, находящихся в адаптационном периоде.

2. Отчет по результатам диагностики. Отчет предназначен для вывода информации о результатах диагностики отдельного класса.

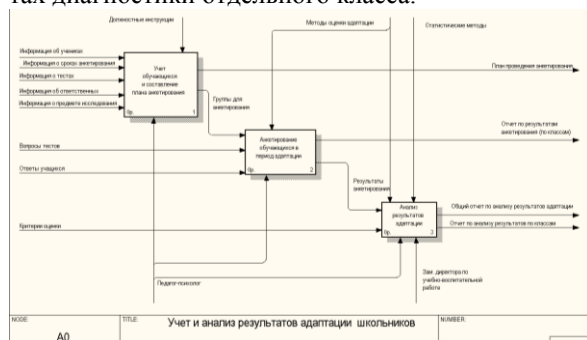


Рис. 3. Функциональная модель

3. Отчет о динамике результатов диагностики учащихся. Отчет предназначен для вывода информации о динамике изменения показателей адаптации текущего учебного года по сравнению с предыдущим.

Общий отчет по результатам диагностики учащихся адаптационного периода за 1 полугодие \_\_\_\_\_ года

Сводная таблица результатов диагностики

Итоговые уровни адаптации	Основные этапы диагностики		
	По окончании 1-го класса, %	При переходе из начальных классов школы в средние, %	При переходе из средних классов в старшие, %
Очень высокий	12	15	17
Высокий	48	51	45
Нормальный	37	33	36
Сниженный	2	1	2
Низкий	1	0	0

Педагог-психолог

ФИО

Рис. 4. Макет общего отчета по результатам диагностики

### Отчет о динамике результатов диагностики учащихся 1-х классов

Итоговые уровни адаптации	1 полугодие 2016	1 полугодие 2017	%	2 полугодие 2016	2 полугодие 2017	%
Очень высокий	11	11	0	10	12	+20
Высокий	41	43	+4,9	45	48	+6,7
Нормальный	40	41	+2,5	42	37	-11,9
Сниженный	6	4	-33,3	4	2	-50
Низкий	2	1	-50	1	1	0

Педагог-психолог

ФИО

Дата

Рис. 5. Макет отчета о динамике результатов диагностики учащихся 1-х классов

### Заключение

В результате выполнения работы был проведен анализ предметной области; изучены первичные документы, технология работы с ними; изучены обобщающие документы (отчеты) формируемые в результате выполнения работы по диагностике учащихся, технология работы с ними; составлен перечень процессов для автоматизации.

Планируется разработка информационной системы на платформе 1С: Предприятие 8. При создании системы будет предусмотрена возможность хранения данных об обучающихся и результатах диагностики. В системе будет сформирован механизм отчетности, что позволит по запросу пользователя получать необходимый отчет, для представления руководителю и принятия управленческого решения.

### Список использованных источников

- Коблик Е. Г. Первый раз в пятый класс: Программа адаптации детей к средней школе. – М.: Генезис, 2003. – 122 с.
- Иванова Е. И. Оценка уровня адаптации учащихся 5 класса в МБОУ «2-Жемконская СОШ» // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2016. – Т. 19. – С. 284–288. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://e-koncept.ru/2016/56302.htm>, свободный (дата обращения 19.11.2018г.).
- Похилько А.Ф., Горбачев И.В. CASE-технология моделирования процессов с использованием средств BPWin и ERWin // Учебное пособие. — Ульяновск: УлГТУ, 2008. — 120 с.

# СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ЗАДЕРЖКИ ЗАЖИГАНИЯ ДИСПЕРГИРОВАННЫХ ТВЕРДЫХ ТОПЛИВ

А.А. Толокольников, А.В. Губин, С.А. Янковский  
Томский политехнический университет  
anton.tolokolnikov1@gmail.com

## Введение

Современные тенденции развития энергетической промышленности [1] направлены на увеличение доли выработки электрической и тепловой энергии путем использования возобновляемых источников энергии. Однако, устойчивая стоимость традиционных энергоносителей (газ, уголь, нефть) позволит сохранить им значительную долю в мировом балансе [2]. Применение биомассы, как иницирующей добавки в составе топливной смеси на основе традиционных углей является перспективным направлением развития энергетики в целом. Для стран, обладающих значительными лесными ресурсами, применение отходов лесопромышленных комплексов и применение лесных горючих материалов, является значительным энергетическим потенциалом на длительную перспективу [3].

С точки зрения развития угольной энергетики, совместное сжигание биомассы с углем [4] позволит снизить выбросы оксидов азота и серы, а также летучей золы, образующихся при сжигании твердых топлив.

Условия и характеристики зажигания смесевых топлив на основе широко распространённых углей и диспергированных отходов лесопиления (с содержанием древесной компоненты до 50 %) требуют углубленных исследований.

## Подготовка топлива

Формирование смесевых топливных гранул актуально с точки зрения совместной утилизации мелкодисперсных угольных шламов и диспергированных отходов лесопромышленных производств.

Приготовление таких топлив осуществлялось методом холодного прессования под усилием гидравлического ручного пресса. Метод холодного прессования исключает затраты энергии на предварительную осушку твердых топливных смесей, их подогрев или дополнительное спекание. Твердотопливные смеси в различных концентрациях помещались в матрицу со сквозным отверстием диаметром 8 мм. Прессование осуществлялось пуансоном соответствующего диаметра, закрепленным на гидравлическом механизме пресса, давление осуществлялось с усилием 2 тонны метрической системой единиц.

## Методика экспериментальных исследований

Методика экспериментальных исследований по изучению характеристик зажигания твердых смесевых топлив включает в себя экспериментальный стенд, подразумевающий собой слоевое сжигание топлива в печи в условиях интенсивного радиационного нагрева.

Для осуществления данной задачи предварительно сформированные топливные гранулы помещались в разогретую печь (диапазон температур от 600 °С до 800 °С с шагом 100 °С, колебания температуры внутри печи не превышали 1 – 2 °С). Размещение топливной гранулы в камере сгорания печи должно производиться без значительных температурных потерь.

Первичный экспериментальный стенд, принципиальная схема которого представлена на рисунке 1, включал в себя трубчатую печь на подвижной платформе с закрепленной с одной стороны подставкой для размещения высокочастотной видеокамеры для видеофиксации процесса задержки зажигания топливной гранулы.

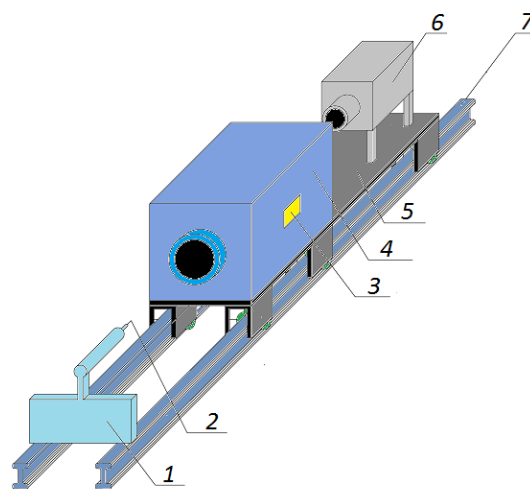


Рис. 1. Первичная экспериментальная установка по определению времен задержки зажигания смесевых топлив. 1 – Фиксатор; 2 – Образец; 3 – Табло управления; 4 – Высокотемпературная печь 5 – Подвижная площадка; 6 – Высокоскоростная камера, 7 – Пути для передвижения подвижной площадки

С противоположной стороны печи установлен держатель, на который помещалась топливная гранула. Посредством ручного перемещения подвижной платформы с печью на держатель с топливной навеской, производилась видеофиксация момента воспламенения топлива. Задержкой зажигания являлось время от попадания пластинки с топливной

гранулой в фокус камеры до появления свечения, характеризующего процесс воспламенения.

В процессе экспериментальных исследований на данном стенде выявлен значительный вклад конвективного теплообмена горячего воздуха с окружающей средой в камере сгорания в момент движения печи, что приводило к падению температуры и увеличению задержки зажигания топливной гранулы.

Для решения данной проблемы, процесс подачи топлива в камеру сгорания оптимизирован посредством использования автоматического координатного механизма.

Доработанный экспериментальный стенд, представленный на рисунке 2, который представляет собой установленную на неподвижной платформе терморегулируемую печь и автоматическое координатное устройство, закрепленное на специализированной модульной раме. Также на данной раме закреплена высокоскоростная камера.

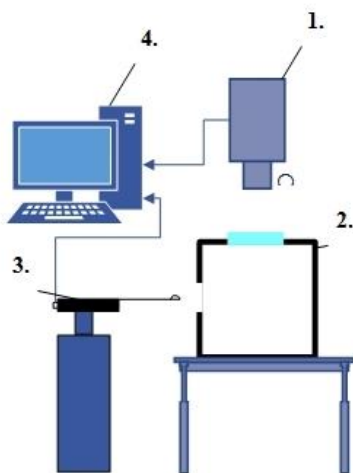


Рис. 2. Экспериментальная установка по определению времен задержки зажигания смесевых топлив с координатным устройством.

- 1 – Скоростная видеокамера, 2 – Регулируемая по температуре камера сгорания,
- 3 – Платформа координатного механизма для подачи навески топлива в камеру сгорания. 4 – Персональный компьютер

Координатное устройство помещает держатель с топливной гранулой в камеру сгорания. Устройство представляет собой систему платформ, приводимых в движение посредством специализированного программного обеспечения, установленного на персональном компьютере (рисунке 3).

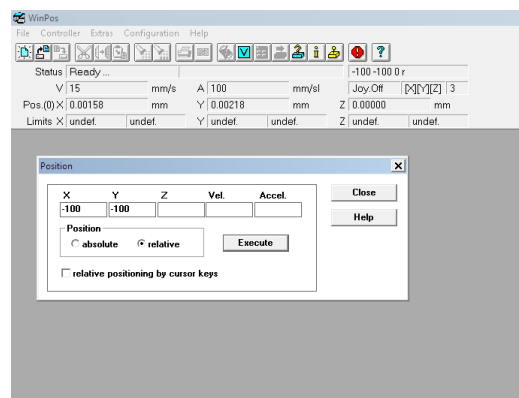


Рис. 3. Интерфейс программы

Данный метод исключает конвективную составляющую теплообмена нагретого в камере сгорания воздуха, так как печь неподвижна. Дополнительными преимуществами данного метода являются:

1. Повышение точности обработки результатов. Так как координатное устройство движется с равномерной скоростью, что позволяет достаточно точно определить момент появления в фокусе камеры топливной гранулы;
2. Ускорение процесса проведения экспериментальных исследований;
3. Возможность проведения экспериментальных исследований усилиями одного человека;

#### Заключение

Оптимизация подачи топлива с помощью автоматизированного координатного устройства позволяет проводить высокоточные экспериментальные исследования задержки зажигания твердых топливных смесей в режиме интенсивного радиационного нагрева без отвода тепла из камеры сгорания потоками воздуха.

#### Список использованных источников

1. World-Energy-Issues-Monitor / Registered in England and Wales // Published by the World Energy Council 2017.
2. Супранов В. М., Изюмов М. А., Росляков П. В. Исследование возможности работы котла ТПЕ-208 энергоблока № 1 Смоленской ГРЭС на не-проектных углях // Теплоэнергетика. — 2011. — № 1. — С. 44–54.
3. Рыбников А.И., Гецов Л.Б., Можайская Н.В., Пигрова Г.Д., Дашунин Н.В. Оценка экономической эффективности внедрения энергосберегающих технологий в сфере теплоснабжения. // Теплоэнергетика. — 2012. — № 3. — С. 70–78.
4. Янковский С.А. Эффективность применения композитных топлив из угля и древесины в промышленной энергетике / Янковский С.А., Кузнецов Г.В. // Научно-технические ведомости СПбПУ. Естественные и инженерные науки. — 2017. Т. 23. - №3. — С. 29 – 36.

# РАСПОЗНАВАНИЕ ЭМОЦИЙ ИЗ РЕЧЕВОГО СИГНАЛА

В.В. Видман, А.Я. Видман, В.М. Саклаков, И.С. Ванюшин  
Научный руководитель – к.т.н. С. В. Аксенов  
Томский политехнический университет,  
vvv23@tpu.ru

## Введение

Речь является одним из основных и естественных способов общения между людьми [1]. Речь становится более выразительной и эффективной благодаря эмоциям. Они выражаются разными способами, такими как смех, крик, плач и другие эмоции, используемые людьми для выражения своих чувств. Обнаружение эмоций иногда даже для людей представляет трудности, а для машин это и вовсе непростая задача. Из этого следует, что существует потребность в системах распознавания эмоций, которые помогут сделать взаимодействие человека с компьютером более легким.

Распознавание речевых эмоций – это извлечение эмоционального состояния, говорящего из его речи. Основная цель распознавания эмоций – сделать человеко-машинный интерфейс более удобным. Применение этой технологии можно найти и в других сферах, например, в маркетинге, для определения отношения человека к товару. Также автоматические системы распознавания речевых эмоций можно применить в детекторах лжи, в сфере развлечения или диагностике психического здоровья, а также в Call-центрах [2]. В настоящее время уже предложены различные системы для распознавания в этих областях. Исследователи используют различные методы и классификаторы для определения эмоций. А именно: скрытая Марковская модель (HMM), Гауссовская модель смещения (GMM), метод опорных векторов (SVM), искусственная нейронная сеть (ANN). Исследование с использованием характеристик тональности и энергии и классификатора HMM было выполнено в исследовании Björn Schuller-a [3], где достигнутая точность составила 86%.

## База данных

Базы данных играют важную роль для автоматического распознавания эмоций, поскольку статистические методы изучаются на примерах. Базы данных, используемые для обучения содержат как специально подготовленные, так и реальные примеры проявления эмоций. По мере увеличения естественности базы данных сложность также возрастает. Таким образом, в начале исследования проводились по автоматическому распознаванию вокальных эмоций, эти исследования начались в середине 90-х годов, Наполнение базы начиналось с актерской речи и теперь смещается в сторону более реалистичных данных.

Наиболее популярными примерами базы данных являются Берлинская база данных эмоциональной речи [4], в которую вошли 5 мужчин и 5 женщин-актрис, а также датская эмоциональная

речевая база (DES). Русская база данных состоит из десяти произносимых предложений от 61 говорящего (12 мужчин 49 женщин) возрастной группы от 16 до 28 лет, выражающих шесть эмоций: счастье, грусть, сердитость, страх, нейтральные эмоции и отвращение. Два примера баз данных на реальной речи это первая немецкая Aibo база эмоций людей [4] которые не знали, что их эмоции записываются. Вторая база создана call-центром Devillers и др. [5]. Она также получена из живых записей и является примером реальной эмоциональной базы данных.

## Система распознавания речевых эмоций

Для систем распознавания речевых эмоций в качестве входных данных берутся образцы речи. Первое, что нужно сделать с образцами – убрать шум. Далее извлекаются нужные признаки. Извлеченные признаки передаются классификатору, который определяет эмоции и выводит их значение.

Распознавание речевых эмоций состоит из нескольких шагов, показанных на рисунке 1.



Рис. 1. Система распознавания речевых эмоций

## Предобработка

Предварительная обработка необходима, когда стандартная база данных не используется. Целью предварительной обработки является повышение высоких частот сигнала и получение плоского частотного спектра сигналов и частотных характеристик. С помощью оконной функции Хэмминга и прямоугольное окна мы получаем речевые фреймы.

## Извлечение и выбор компонентов

Выделение и выбор признаков – важный шаг в системе распознавания эмоций. После извлечения эмоций нужно решить, какие функции должны быть выбраны соответствующим образом.

Главным образом выделяются такие характеристики как тональность, изменение тональности,

скорость произношения и другие спектральные характеристики. Как правило все исследователи используют одни и те же характеристики, но в разном сочетании.

### Классификатор

После извлечения признаков и выбора основных, следующим шагом является выбор подходящего классификатора. Классификатор также вносит свой вклад в точность распознавания эмоций. Существует ряд классификаторов, самые популярные это HMM, GMM, ANN, SVM и т. д. Сочетая классификаторы можно получить гибридную модель. Каждый из классификаторов имеет некоторые плюсы и минусы по сравнению с другим. Ниже приведены некоторые из наиболее часто используемых классификаторов:

1. Скрытая Марковская модель (Hidden Markow model) широко используется в литературе, но для её использования требуются большие вычислительные мощности. Точность вычислений эмоций в ассоциативной осцилляторной среде на примере распознавания русских слов достигла 79-90%. Данная точность распознавания была получена при использовании модели для определения низкоуровневых характеристик: тональности и энергии речевого сигнала [6].

2. GMM (Generalized Method of Moments) весьма эффективны при моделировании мульти модальных распределений, потому что требования к обучению и тестированию для GMM являются менее строгими. GMM подходят, когда доступно большое количество векторов признаков. GMM работает эффективно для спектральных характеристик. GMM относятся к числу хорошо проработанных методов функции плотности вероятности и кластеризации [7].

3. Искусственная нейронная сеть (ANN) также широко используется для распознавания эмоций в речи. Используется трехслойная (два скрытых и один выходной) нейронная сеть. Скрытые слои имели по 10 узлов каждый. Общий показатель распознавания около 85%. Наиболее узнаваемой эмоцией был гнев с точностью 98%, тогда как страх был наименее узнаваем с точностью 81% [8].

4. Другой популярный метод – метод опорных векторов (SVM). SVM создает гиперплоскость в высоком или бесконечном пространстве для классификации. Расстояние до ближайших тренировочных данных лучше, чем расстояние до гиперплоскости. Общая точность 94,2% достигается с помощью изолированного SVM [9].

### Заключение

В данной работе отображен краткий обзор на тему распознавания речевых эмоций. Для реализа-

ции алгоритма по распознаванию эмоций возможно использование различных методов и классификаторов, а также разных баз данных. Все методы показывают различный уровень точности распознавания эмоций, но, по мнению автора, важным фактором является то, какие данные нужно обрабатывать. Скорость и точность распознавания зависит как от входных данных, которые нужно распознать, так и от базы данных, используемой для обучения классификатора.

### Список использованных источников

1. Засецкова Е.Н. Речевые эмоции: реклама и правила риторики // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Лингвистика. – 2011.– № 1. – С. 79-80
2. ДИТ Аналитика [Электронный ресурс] / Применение передовых технологий в работе контакт-центра. – URL: [https://moscowanalytics.ru/index/research/call\\_center](https://moscowanalytics.ru/index/research/call_center) (дата обращения 12.11.2018)
3. Schuller B., Rigoll G., Lang M., Hidden Markov Model Based Speech Emotion Recognition, – 2003 – IEEE ICASSP, 1-3 pp.
4. Burkhardt, F., Paeschke, A., Rolfes, M., Sendmeier, W.F., Weiss, B.: A database of German emotional speech, In: Proceedings of Interspeech 2005, Lisbon, Portugal.
5. Devillers, L., Vidrascu, L., Lamel, L.: Challenges in real-life emotion annotation and machine learning based detection – 2005– Neural Networks, 18(4), 407–422 pp.
6. Огнев И.В., Парамонов П.А. Распознавание речи методами скрытых Марковских моделей в ассоциативной осцилляторной среде // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. – 2013. – № 3(27). – С. 115-126
7. Томашенко Н.А., Хохлов Ю.Ю., Ларшер Э., Эстев Я., Матвеев Ю.Н. Использование в системах автоматического распознавания речи GMM-моделей для адаптации акустических моделей, построенных на основе искусственных нейронных сетей // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2016. –Т. 16– № 6– С. 1063-1072
8. Киселев В.В Автоматическое определение эмоций по речи // Образовательные технологии. – 2012. – № 3. – С. 85-89
9. Aastha Joshi Speech Emotion Recognition Using Combined Features of HMM & SVM Algorithm / International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering, – 2016.–vol. 3– № 8– 387-393 pp.

# РАЗРАБОТКА ОНТОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ВЕБ-СЕРВИСА РЕКОМЕНДАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ ОНЛАЙН-КИНОТЕАТРА

В.М. Яровая  
И.Ю. Шполянская

Ростовский государственный экономический университет (РИНХ)

yarovaya.vm@mail.ru

## Аннотация

В данной работе описываются принципы создания онтологической модели веб-сервиса рекомендательной системы для пользователей онлайн-кинотеатра. Знания предметной области предлагается вынести в онтологию кинотеатра. Создаваемая модель позволит пользователям выразить свои предпочтения и получить в соответствии с ними рекомендации по выбору фильмов.

**Ключевые слова:** онлайн-кинотеатр, веб-сервис, онтология, рекомендательная система

## Введение

Развитие интернет-технологий обусловило создание и распространение Web-ориентированных CRM-систем, целью которых становится сбор информации на сайте о действиях пользователей в целях выявления их предпочтений при использовании веб-ресурса [1]. Всё большей популярностью пользуются онлайн-сервисы, в том числе онлайн-кинотеатры. Пользователи всё больше отдают предпочтение просмотру фильмов, в режиме онлайн, не выходя из дома, самостоятельно выбирая жанр фильма, режиссера, состав актеров, страну, год выпуска и т.д. Для создания базы знаний онлайн-кинотеатра была разработана онтологическая модель веб-сервиса рекомендательной системы для пользователей онлайн-кинотеатра. Веб-сервис осуществляет сбор на сайте и формирование данных о клиентах и их предпочтениях относительно различных групп предлагаемых фильмов. Система осуществляет структурирование этих данных, чтобы определить конкретные группы клиентов с однотипными информационными запросами и предпочтениями, чтобы выдать им соответствующие рекомендации.

## Онтологическая модель веб-сервиса рекомендательной системы

Онтологическая модель позволяет оптимальным образом структурировать контент с описаниями продукции онлайн-кинотеатра, что обеспечивает пользователю возможность выбора фильмов по своим предпочтениям. Система, в свою очередь, определит рейтинги просматриваемых фильмов и создаст список рекомендаций для будущих пользователей, и сможет сделать подборку фильмов для конкретного пользователя по его предыдущим запросам.

Онтология позволяет дать детальную формализацию некоторой области знаний с помощью концептуальной схемы [2].

Для построения онтологической модели использовался редактор онтологий Protege 4.2, с помощью которого можно создавать, редактировать, объединять, расширять, просматривать, адаптировать онтологии под различные форматы данных (XML, RDF, OWL, текстовый и др.). Классы OWL интерпретируются как множества, элементами которых являются индивиды. Процесс создания онтологической модели начинается с выделения основных классов предметной области и обозначений отношений между ними. В качестве основных выступают такие классы, как «Актеры», «Жанры», «Каталог», «Пользователь», «Режиссер», «Страна» и «Фильмы». Все они связаны между собой и используют информацию друг о друге. Некоторые классы содержат подклассы. Например, класс «Жанры» содержит подклассы «Комедия», «Драма» и др.. Данные подклассы группируют фильмы в соответствии с предпочтениями пользователей, что обеспечивает более четкую выдачу им рекомендаций. Класс «Пользователь» содержит всю необходимую информацию о зарегистрированных пользователях сайта, такую как имя и фамилия пользователя, номер банковской карты, которая может понадобиться для оформления подписки, e-мэйл, пароль, дата рождения, ID пользователя и ID фильма, которого он посмотрел.

Данные о фильме хранятся в классе Cinema, и представлены свойствами DataProperty: hasDescription (описание фильма), hasIDActor (ID актера), hasIDCatalog (ID каталога), hasIDCountry (ID страны), hasIDGenre (ID жанра), hasIDProducer (ID продюсера), hasYear (год выпуска). Информация из разных классов связывается с помощью свойств Object Property. Свойство «hasGenre» связывает класс «Жанры» и «Фильмы».

Индивиды – это конкретные элементы какой-либо категории. Например, индивидами класса «Каталог» являются «Мультфильм», «Полнометражный фильм» и «Сериал». С помощью аксиом устанавливаются конкретные факты. Например, индивид класса «Пользователь» представлен как «Пользователь\_1»; данный экземпляр связан свойством «hasCatalog» с экземпляром «Полнометражный\_фильм», определенным в классе «Каталог» и т.д. Свойства Datatype Property описывают связи между индивидом и значениями данных. Например, на рис. 1 описано содержание класса «Пользователь» и экземпляра «Пользователь\_1».

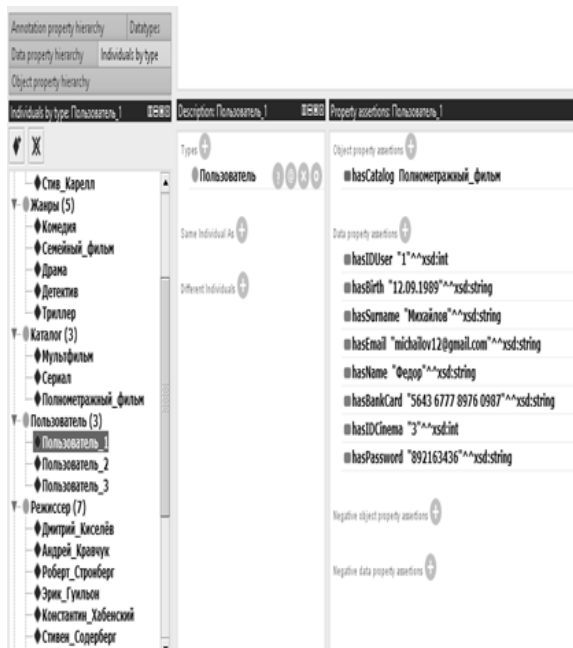


Рис. 1. Пример аксиомы и свойств Data Property

На рисунке 2 представлен фрагмент графа связей классов и их индивидов онлайн-кинотеатра на примере фильма «Собибор».

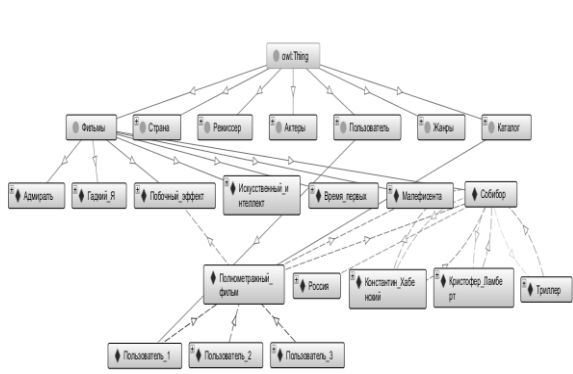


Рис. 2 Общий граф связей классов онтологической модели

На рис. 3 представлен результат SPARQL-запроса, в котором главной задачей было выяснить, в фильмах каких жанров снимался актер Константин Хабенский.

SPARQL — язык запросов к данным, представленным по модели RDF, а также протокол для передачи этих запросов и ответов на них.

В качестве хранилища данных используется Jena Fuseki Web Server, в котором хранится база знаний в виде RDF утверждений. Основа RDF это

данные, которые представлены в виде утверждений – триплетов субъект-предикат-объект, описывающих направленную связь от субъекта к объекту.

Для идентификации субъектов и предикатов используется идентификатор Uniform Resource Identifier (URI), являющийся обобщением понятия URL.



Рис. 3. SPARQL-запрос и его результат

### Заключение

В ходе исследования была разработана онтология, которая отражает все существенные отношения между субъектами, позволяет формировать список рекомендуемых конкретному пользователю фильмов, исходя из просмотренных фильмов и выставленных рейтингов.

### Список использованных источников

1. Шполянская И.Ю. Архитектура адаптивной Web-ориентированной системы взаимодействия с клиентами, основанной на технологиях Web Mining // Прикладная информатика. 2017. № 2 (68). С. 5-12
2. Онтологии и тезаурусы: модели, инструменты, приложения: учебное пособие / Б.В. Добров, В.В. Иванов, Н.В. Лукашевич, В.Д. Соловьев. М.: Интернет-Университет Информационных технологий; Бинум. Лаборатория знаний, 2009. 173 с.

# РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА РАБОТЫ БЕСПРОВОДНОГО КОСТЮМА ЗАХВАТА ДВИЖЕНИЯ НА БАЗЕ 9-ТИ ОСЕВЫХ СЕНСОРОВ

И.Е. Забродин, О.П. Жамкоцян  
Томский политехнический университет  
zabr.din@gmail.com, ogrepo@mail.ru

## Введение

Системы захвата движения (Motion Capture Systems) в настоящее время используются во многих областях человеческой деятельности. Первые подобные системы использовались в индустрии развлечений для захвата движений актеров с целью создания реалистичных моделей в видеоиграх или переноса модели актера кино в цифровое пространство для создания спецэффектов в фильме. Несмотря на то, что такого рода применение до сих пор является основой существования рынка систем захвата движения, они используются так же и, например, при проведении научных исследований, в медицине, промышленности и спорте.

Использование систем захвата движения в медицине в основном обусловлено необходимостью создавать реалистичные модели человеческого тела и измерять их движения с высокой точностью. На текущий момент существует ряд исследований, доказывающих эффективность таких методик наблюдения за человеческим телом [1].

В спорте подобные системы применяются для получения точной информации о движении спортсмена с целью создания цифровой модели для анализа, выявления ошибок и развития техники выполнения упражнений.

Анализ моделей объектов, полученных с помощью систем захвата движения, используется в научных исследованиях для работы с частицами и процессами, наблюдение за которыми невозможно или затруднено в естественной среде. Типичными примерами являются анализ очень быстрого динамического процесса, анализ вибраций, расчет и анализ 3D траектории объекта и другие.

## Анализ предметной области

На текущий момент широкое распространение получили механические, акустические, магнитные и оптические системы захвата движения.

В акустической системе набор акустических приемников принимает звуки из звуковых передатчиков, расположенных на объекте (актере). Для определения положения в пространстве каждого передатчика выполняется триангуляция рассчитанных расстояний между излучателем и каждым из приемников. Очевидным недостатком такой системы является наличие помех от источников шума и ограничение на количество датчиков.

Магнитные системы обладают достаточно высокой точностью и быстродействием для захвата простых движений объекта. Принцип их работы основан на изменении положения маркеров (магнитов) по отношению к принимающему устройству. Такие системы относительно дешевы, но при

этом имеют ряд недостатков, связанных с возможностью интерференций в магнитном поле, вызванных различными магнитными конструкциями и приводящих к появлению помех.

Говоря об оптических системах, следует сказать, что они на текущий момент наиболее удобны в использовании, но вместе с тем и самые дорогие, что обуславливается использованием камер высокого разрешения и сложного программного обеспечения. Носимое актерами оборудование при этом очень простое, не сковывает движения и представляет собой специальные метки, отслеживаемые камерами [2].

В механических системах используются расположенные на теле человека датчики, фиксирующие пространственное положение конкретной точки. Такие системы достаточно просты в разработке, но проводные варианты слишком громоздки для моделирования быстропротекающих процессов, а беспроводные системы достаточно дороги вследствие своей малой распространенности.

Целью данной работы является создание беспроводного аналога системы на основе носимых датчиков, простой в разработке и обслуживании, и при этом являющейся дешевой альтернативой крупным коммерческим проектам, решающим подобные задачи. Независимыми разработчиками уже предпринимались попытки реализовать подобный проект [3]. В данной работе планируется создать костюм, максимально приближенный к западным аналогам и не уступающий им в областях применения. Это становится возможным, благодаря развивающемуся рынку микроэлектроники, упрощения работы с контроллерами и оптимизации программного обеспечения для работы с такими системами.

## Алгоритм работы системы

Основу данной системы составляют датчики MPU-9250, каждый из которых представляет собой гироскоп, акселерометр и магнитометр [4]. На текущий момент это один из самых миниатюрных в мире девятиосевых сенсоров. Это говорит о высокой производительности микросхемы, что было обеспечено применением технологии CMOS MEMS. Состоит корпус модуля из двух мельчайших кристаллов, один из которых отвечает за гироскоп и акселерометр, а другой за магнитометр. Данные с них обрабатываются встроенным сигнальным процессором DMP с помощью алгоритмов Motion Fusion и передаются по интерфейсам I2C или SPI. Для получения достоверной 3D-модели объекта необходимо разместить порядка 20



датчиков на движущихся частях тела, суставах, конечностях и т.д. В качестве контроллера используется плата Arduino UNO, так же размещаемая на теле предполагаемого объекта. Схема подключения контроллера к MPU представлена на рисунке 1.

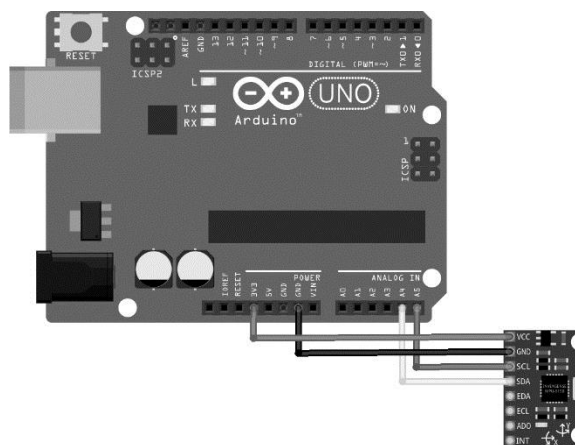


Рис. 1. Подключение датчика к плате Arduino UNO

К Arduino UNO так же подключается передатчик, использующий протокол UDP, что позволяет считывать данные прямо через беспроводное сетевое соединение, например, стационарного ПК.

Проблема работы с множеством датчиков заключается в том, что они выпускаются производителем поименованными, при чем эти идентификаторы могут быть одинаковыми. Изменить программное обеспечение датчика не представляется возможным, но возможно подключить его через дополнительный микроконтроллер, тем самым искусственно подменив источник сигнала, что позволит точно определить, с какого конкретно датчика приходят данные. В качестве такого промежуточного контроллера было решено использовать ATMEGA328P-PU, 8-битные микроконтроллеры на базе Atmel picoPower AVR RISC с возможностью считывания во время записи. Для моделирования объектов можно использовать один из множества доступных на текущий момент 3D-редакторов или, например, среду разработки компьютерных игр Unity 3D, представляющую широкий спектр возможностей по обработке трехмерных моделей.

На данный момент разработан тестовый стенд, состоящий из одного датчика и контроллера, подключенного через WI-FI модуль к персональному

компьютеру; создан проект на базе Unity 3D, в котором реализованы функции доступа к данным с датчика. В качестве дальнейшего развития проекта планируется создать систему из нескольких датчиков, закрепленных на объекте, и получить изображение контуров объекта в различных состояниях на экране ПК.

## Заключение

Таким образом, можно сказать, что при текущем развитии рынка микроэлектроники возможно создание беспроводных дешевых систем захвата движения, не уступающих современным аналогам, используемым в крупных организациях, индустрии кино и видео игр.

## Список использованных источников

1. Зарипов Р.С., Шевелев А.В., Воронцова О.И. Использование системы захвата движения (мосар) для определения объема движения в суставах верхних конечностей // Исследования молодых ученых – вклад в инновационное развитие России: Доклады молодых ученых в рамках программы «Участник молодежного научно-инновационного конкурса» («УМ-НИК»), г. Астрахань, 13-15 мая 2015 г. – Астрахань: Изд-во Нижневолжский экоцентр, 2015. – С. 30-31.
2. Князь В.А. Оптическая система захвата движения для анализа и визуализации трехмерных процессов // Юбилейная 25-я международная конференция "GRAPHICON2015" АНО научного общества «ГРАФИКОН» института физико-технической информатики: Труды Юбилейной 25-й Международной научной конференции, г. Протвино, 22-25 сентября 2015 г. – Протвино: Изд-во Автономная некоммерческая организация "Институт физико-технической информатики", 2015. – С. 232-236.
3. Как я делал костюм захвата движений [Электронный ресурс] / Блог об информационных технологиях Хабрахабр. – URL: <https://habr.com/post/392353/> (дата обращения 18.11.2018).
4. MPU-9250 Nine-Axis (Gyro + Accelerometer + Compass) MEMS MotionTracking™ Device [Электронный ресурс] / Официальный сайт компании TDK InvenSense. – URL: <https://www.invensense.com/products/motion-tracking/9-axis/mpu-9250/> (дата обращения 18.11.2018).

# ПРИМЕНЕНИЕ СВЕРТОЧНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ ТЕКСТОВ ПРИ ИЗВЛЕЧЕНИИ ПРИЗНАКОВ НА УРОВНЕ СИМВОЛОВ

В.Г. Журавлев  
 Научный руководитель: В. Г. Спицын  
 Томский политехнический университет  
 vgz2@tpu.ru

## Введение

Классификация текстов является одной из ключевых тем машинной обработки естественного языка, целью которой является определение принадлежности текстового документа к одному из ранее определённых классов. Задача понимания текста, написанного на естественном языке, предполагает определение явных или неявных признаков отдельных элементов текста, таких как слова, фразы, предложения и параграфы, с целью выделения тех или иных свойств текста [1].

Диапазон исследований, проводимых в рамках темы классификации текстов, варьируется от поиска наилучших текстовых признаков, до выбора наиболее подходящих классификаторов в рамках машинного обучения [2].

В последние годы, всё большую популярность набирает применение свёрточных нейронных сетей, в таких областях, как компьютерное зрение, распознавание голоса, а также обработка текстовой информации [3].

## Описание алгоритма

Свёрточная нейронная сеть представляет собой технологию глубокого обучения, основанную на работе зрительной коры головного мозга млекопитающих. Идея свёрточных нейронных сетей заключается в применении свёрточных слоёв (англ. convolution) и слоёв подвыборки (англ. subsampling). При этом наиболее важную роль играет операция свёртки, заключающаяся в поэлементном умножении каждого фрагмента изображения на ядро свёртки, суммировании и записи результата в соответствующую позицию выходного изображения (рис. 1). Тем не менее, применение свёрточной нейронной сети продемонстрировало свою эффективность и в других областях, таких как обработка и классификация текстовой информации.

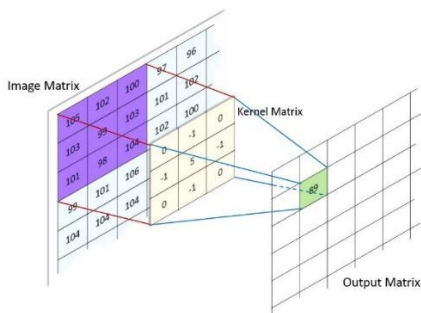


Рис. 1. Операция свёртки изображения  
 Архитектура свёрточной нейронной сети, описанная в [1], включает в себя шесть слоёв свёртки, три из которых используют слои подвыборки, а также

три полносвязных слоя, один из которых является выходным (табл. 1, 2) (рис. 2).

Таблица 1. Свёрточные слои нейронной сети

Layer	Large Feature	Small Feature	Kernel	Pool
1	1024	256	7	3
2	1024	256	7	3
3	1024	256	3	-
4	1024	256	3	-
5	1024	256	3	-
6	1024	256	3	3

Таблица 2. Полносвязные слои нейронной сети

Layer	Output Units Large	Output Units Small
7	2048	1024
8	2048	1024
9	4	4

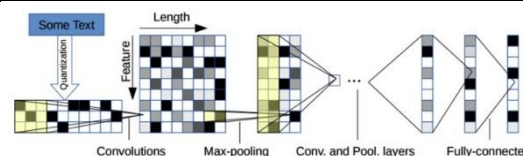


Рис. 2. Визуальное представление модели нейронной сети

Одной из проблем, возникающих в ходе решения задачи классификации текстов, является представление текстовой информации в форме, пригодной для использования нейронной сетью. Извлечение признаков из текста может осуществляться на уровне отдельных слов [4]. При этом могут применяться такие технологии, как one-hot кодировка, предполагающая использование векторов фиксированной длины, а также word2vec – технология от Google, позволяющая получить векторное представление слов на основе статистической информации об их использовании [5].

Однако, это приводит к появлению проблемы «out-of-vocabulary», при которой нейронная сеть не способна корректно обработать слово, которое не вошло в словарь на этапе обучения сети. Решение проблемы можно увидеть в обработке текстовой информации на уровне отдельных символов, при которой каждому символу из заранее определенного набора соответствует целочисленный индекс.

Обучение с учителем предполагает использование того или иного набора данных. В качестве такого набора данных может быть применён AG's News Topic Classification Dataset, который представляет собой коллекцию из более чем одного миллиона газетных заголовков новостей, каждый

из которых может быть отнесён к одному из четырёх предопределённых классов (World, Sports, Business, Sci/Tech).

### Тестирование алгоритма поиска

Для проверки работы приведенной архитектуры нейронной сети был использован фреймворк машинного обучения Keras, основанный на фреймворке Tensorflow от Google. Набор данных, применяемых для обучения свёрточной нейронной сети, включает в себя 120000 обучающих и 7600 проверочных примеров.

В целях улучшения качества обучения был применён оптимизационный алгоритм Adam. Функция потерь представляет собой categorical cross-entropy. В целях ускорения процесса обучения была использована видеокарта NVIDIA GeForce GTX 1050 Ti.

Обучение длилось в течении 10 эпох. В конечном итоге, на одной из эпох обучения удалось добиться точности, равной 89,87% на тестовой выборке. Иными словами, ошибка сети на приведенном наборе данных составила 10,13%, что сравнимо с показателями, приведёнными в [1] (рис. 3).

Model	AG
BoW	11.19
BoW TFIDF	10.36
ngrams	7.96
ngrams TFIDF	<b>7.64</b>
Bag-of-means	<b>16.91</b>
LSTM	13.94
Lg. w2v Conv.	9.92
Sm. w2v Conv.	11.35
Lg. w2v Conv. Th.	9.91
Sm. w2v Conv. Th.	10.88
Lg. Lk. Conv.	8.55
Sm. Lk. Conv.	10.87
Lg. Lk. Conv. Th.	8.93
Sm. Lk. Conv. Th.	9.12
Lg. Full Conv.	9.85
Sm. Full Conv.	11.59
Lg. Full Conv. Th.	9.51
Sm. Full Conv. Th.	10.89
Lg. Conv.	12.82
Sm. Conv.	15.65
Lg. Conv. Th.	13.39
Sm. Conv. Th.	14.80

Рис. 3. Показатели ошибки сети на тестовом наборе данных AG News

На рисунке 4 можно увидеть динамику изменения значения функции потерь, на рисунке 5 – динамику изменения точности (ассурагу) на тестовой выборке.

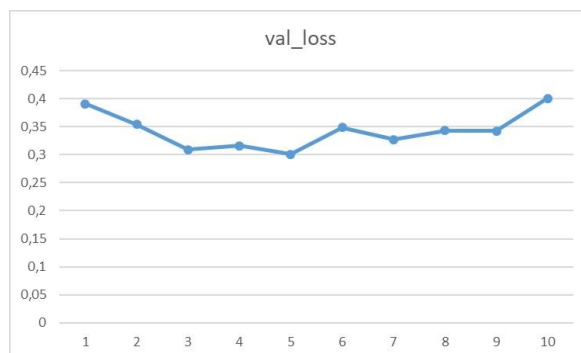


Рис. 4. Изменение значения функции потерь val\_loss в ходе обучения



Рис. 5. Изменение значения точности val\_acc в ходе обучения

### Заключение

В результате выполнения работы, был проведён анализ методов векторизации текста, исследованы возможные проблемы и пути их решения.

Осуществлена успешная реализация модели свёрточной нейронной сети для задачи классификации текста на основе набора данных AG's News.

Подтверждено, что подобная архитектура нейронной сети позволяет добиться высокой точности классификации, достигающей 89,87 % на тестовой выборке. Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18-08-00977 А.

### Список использованных источников

1. Zhang, X. Character-level convolutional networks for text classification / Xiang Zhang, Junbo Zhao, Yann LeCun // In Advances in Neural Information Processing Systems. 2015.Feb. 649 - 657 p.
2. LeCun, X. Z. Y. Text understanding from scratch / Xiang Zhang Yann LeCun // Computer Science Department. 2016.
3. Krizhevsky, A. Imagenet classification with deep convolutional neural networks / Alex Krizhevsky, Ilya Sutskever, Geoffrey E. Hinton // NIPS.2012.1106 -1114 p.
4. Kim, Y. Convolutional neural networks for sentence classification / Yoon Kim // IEMNLP. 2014.Sep. 1746 -1751 p.
5. Mikolov, Tomas; et al. "Efficient Estimation of Word Representations in Vector-Space".arXiv:1301.3781.

# АНАЛИЗ СОЦИАЛЬНЫХ ДАННЫХ С ПОМОЩЬЮ ТЕХНОЛОГИЙ BIG DATA

Н.И. Журбич, П.А. Зяблецев  
Томский политехнический университет  
niz1@tpu.ru, paz4@tpu.ru

## Введение

Социальные данные – самое ценное сырье XXI века, новая нефть, которая неиссякаема, считает исследователь, автор новой книги «Big Data. Вся технология в одной книге» Андреас Вайгенд [1]. Однако, как и нефть социальные данные требуют обработки до того, чтобы извлечь из них полезную информацию. Данный вопрос как никогда актуален в эпоху информационных технологий, так как объемы этих данных растут в геометрической прогрессии. Данная статья посвящена вопросу применения анализа социальных данных в разных сферах деятельности и способы анализа и обработки этих данных.

## Области использования социальных данных (персональных данных)

Персональные данные (ПД) или личные данные — любые сведения, относящиеся к прямо или косвенно определенному, или определяемому физическому лицу (субъекту персональных данных), которые предоставляются другому физическому или юридическому лицу либо лицам [2].

Под социальными данными в свою очередь понимается совокупность персональных данных большого количества людей. Специалистам в области Data Science важны не личные данные конкретного человека, а большие объемы этих данных для анализа и построения общей модели поведения группы людей.

Источниками социальных данных являются:

- Данные из социальных сетей.
- Данные интернет провайдеров (посещаемые сайты, покупки в интернете, скачиваемый контент и т.д.).
- Данные о физической активности пользователя (сбор информации с носимых устройств и устройств контроля жизнедеятельности).
- Данные из государственных систем.

Наличие большого количества источников позволяет обеспечивать поддержку информации в актуальном состоянии, а также накапливать набор данных о человеке или группе людей за определенный промежуток времени.

Одним из самых перспективных ресурсов для анализа персональных данных являются социальные сети. Во-первых, поведение людей в социальных сетях более открыто в сравнении с реальной жизни, где каждому необходимо подстраиваться под социальные нормы. Во-вторых, практически каждый человек зарегистрирован и пользуется той или иной социальной сетью. Многие крупные компании понимают важность информации в социальных сетях и требуют указать ссылку на них при приеме на работу.

Развитие технологий обработки больших данных привело к тому, что в настоящее время появился интерес к использованию различных данных пользователя из социальных сетей. Использование такого рода данных помогает решить следующие задачи:

- борьба с мошенничеством,
- целевой маркетинг (реклама товаров и услуг),
- управление брендом,
- формирование новых каналов сбыта (анализ покупательской способности отдельного региона).

Основная область применения социальных данных это маркетинг. В первую очередь, анализ данных покупателей/клиентов позволяет делать рекламу более направленной и соответственно более эффективной в соотношении цена/качество. Использование технологий больших данных позволяет предлагать каждому клиенту (пользователю) индивидуальный набор товаров или услуг, основанный на его предпочтениях. В начале прошлого века торговые компании тоже пытались выявить предпочтения людей в зависимости от их региона проживания, социального статуса и т.п., чтобы сделать предложения определенной группе людей, которая с большой вероятностью им заинтересуется. Тогда вычислительные мощности не позволяли производить такое количество операций, как сейчас. Более того, не существовало таких технологий, с помощью которых возможно было выявлять индивидуальные предпочтения каждого человека или делить людей на различные группы и кластеры. На сегодня данная область развивается настолько стремительно, что способствует улучшению технологий обработки данных.

Следующей сферой применения анализа пользовательских данных является борьба с мошенничеством. Во-первых, финансовые организации стремятся минимизировать свои убытки путем сокращения рискованных операций. Поэтому, выявление неблагонадежных заемщиков является одной из ключевых задач для кредитных организаций. Анализ данных о клиенте банка помогает формировать для него наиболее выгодные предложения исходя из индивидуальных потребностей, а также использовать информацию о клиенте для оценки платежеспособности человека. Это позволит уменьшать процентную ставку по кредиту надежным заемщикам.

Помимо прикладных отраслей анализ пользовательских данных может использоваться для различных научных исследований, связанных с психологией. С помощью анализа социальных сетей стало проще проводить эксперименты (например, определять зависимости между психологическим

портретом личности и его предпочтениями в музыке, литературе, кинематографе и т.д.). Это позволяет проводить психологические исследования с большей точностью, так как люди ведут себя по-другому, если знают, что за ними наблюдают.

### **Методы интеллектуального анализа данных**

Работа с большими наборами данных дает возможность создавать обобщенные результаты анализа данных по группам и сопоставления этих данных. В настоящее время существует много различных инструментов и методов для анализа и обработки больших данных.

Ниже приведены несколько методов, которые используются для интеллектуального анализа данных:

- Ассоциация;
- Классификация;
- Кластеризация;
- Прогнозирование;
- Последовательные модели;
- Деревья решений

Ассоциация – простое сопоставление двух или более элементов, в большинстве случаев одного и того же типа [3]. Данный метод позволяет создавать рекомендации пользователям на основе их поведения на сайте, благодаря тому, что выявлены связи различных товаров между собой. Например, при покупке нового телефона 90% клиентов приобретают различные аксессуары к нему.

Классификация используется для получения представления о типе клиентов, товаров или объектов, описывая несколько атрибутов для определения необходимого класса. Например, покупателей можно классифицировать по возрасту и социальной группе, что в свою очередь позволит более эффективно взаимодействовать с каждой группой людей.

Метод кластеризации используется для получения структурированного заключения, которое позволяет определить наиболее часто встречающиеся значения. Для этого необходимо сгруппировать отдельные элементы данных, исследуя один или более атрибутов класса. Кластеризация полезна при определении различной информации, так как она коррелируется с другими примерами, где можно увидеть, как диапазоны различных величин согласуются между собой.

Прогнозирование чаще всего применяется для выявления случаев мошенничества, прогнозирования прибыли компании и предсказания отказа компонентов той или иной системы. В комбинации с

другими методами интеллектуального анализа данных прогнозирование помогает анализировать определенные тенденции, классифицировать различные параметры, сопоставлять их с другими моделями и отношениями.

Метод последовательных моделей является одним из самых популярных и применяется для анализа долгосрочных данных. Данные модели позволяют проследить определенные тенденции или регулярные повторения определенных действий в конкретный промежуток времени.

Дерево решений связано с большинством других методов (классификация и прогнозирование). Чаще всего деревья решений применяются для отбора данных, либо для поддержки выбора некоторых данных в рамках модели.

Все вышеперечисленные методы существуют только в комбинации между собой, так как на практике очень редко применяются по отдельности.

### **Заключение**

В результате обзора областей применения социальных данных выявлено: интеллектуальный анализ данных активно развивается и постепенно входит в различные сферы повседневной жизни, такие как: системы поиска, облачные вычисления, социальные и информационные сети, биология и медицина, разработка ПО, мобильные и беспроводные технологии.

Также сделан вывод о том, что все рассматриваемые методы интеллектуального анализа данных существуют только в комбинации между собой, по отдельности данные методы не имеют практической пользы и некорректно отображают текущую ситуацию.

### **Список использованных источников**

1. Андреас Вайгенд. Big Data. Вся технология в одной книге. «Издательство «Эксмо», 2018 – 480 с.
2. Федеральный закон РФ от 27 июля 2006 года № 152-ФЗ «О персональных данных»
3. Методы интеллектуального анализа данных [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.ibm.com/developerworks/ru/library/ba-data-mining-techniques/index.html> (дата обращения 05.11.2018).
4. Замятин А.В. Интеллектуальный анализ данных: учеб. пособие. – Томск: Издательский Дом Томского государственного университета, 2016. – 120 с.

# РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АЛГОРИТМИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ УЧЕБНОГО РОБОТОТЕХНИЧЕСКОГО СТЕНДА

С.В. Зуева  
А.С. Беляев

Томский политехнический университет  
glaciemsz@gmail.com

## Введение

В России, как и во всем мире происходит расширение рынка робототехники. Большая часть рынка роботов приходится на использование промышленных роботов. По данным инновационного центра «Сколково» в России в 2016 году был достигнут уровень продаж в 294 312 единиц проданных роботов. По прогнозам на 2018-2020 годы использование роботов будет расти с 1 828 тыс. единиц до 3053 тыс. единиц. По подсчетам, это составляет примерно 14% ежегодного прироста. [1]

Темпы роста робототехнического парка предполагают, подготовку квалифицированных кадров, которые смогут поддерживать в надлежащем состоянии, обслуживать и управлять роботами. Увеличения эффективности обучения специалистов можно добиться с помощью программ, имитирующих работу робота в виртуальном пространстве. Симуляторы, созданные в виртуальных средах, помогут будущему специалисту научиться обращаться и программировать промышленного робота, прежде чем он столкнется с ним в реальной работе.

Целью данной работы является разработка программно-алгоритмического комплекса управления для учебного робототехнического стенда для отделения автоматизации и робототехники инженерной школы информационных технологий и робототехники Томского политехнического университета.

## Разработка программно-алгоритмического комплекса управления

Разработка программно-алгоритмического комплекса управления роботом-манипулятором потребовала решения задач кинематики, электротехники, моделирования и некоторых других.

Отработка движения робота в заданную точку была создана с помощью решения прямой и обратной задач кинематики. [2,3]

Реализация движения робота в заданную точку потребовала создания математической модели двигателя с учетом его реальных характеристик, а также системы управления по трем контурам: по току, по положению и по скорости, поскольку данные характеристики обеспечивают стабильную работу двигателя. Для этого в программном пакете «MatLab» была создана математическая модель двигателя постоянного тока и получены параметры для настройки ПИД-регуляторов, входящих в трехконтурную систему управления. Настройка производилась помощью инструмента «Response Optimization» в программном пакете «MatLab». [4]

Визуализация работы робота-манипулятора создавалась с помощью средств 3D-САПР «Autodesk Inventor». В «Autodesk Inventor» были выполнены

твердотельные модели частей манипулятора: основания, звеньев и захвата – с учетом массы и размеров. Параметры деталей учитывались при переносе и использовании моделей в блоках библиотеки «Simscape» «Simulink».

Сборка модели представлена на рисунке 2.

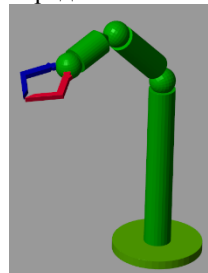


Рис. 1. Сборка модели робота-манипулятора

Таким образом физическая составляющая комплекса управления манипулятором выполняется с помощью программных средств «Simulink» «MatLab». В блоках «Simulink» задаются начало координат, сила притяжения, усилия для вращения сочленений манипулятора и другие физические параметры, которые позволяют приблизить модель к реальному объекту.

Программа, создающая программно-алгоритмический комплекс управления, основывалась на механической модели робота-манипулятора [5], представленной на рисунке 2.

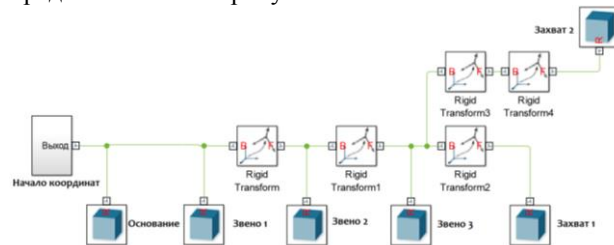


Рис. 2. Программа, реализующая механическую модель робота-манипулятора

Она включает в себя объединенную работу математической модели двигателя и его системы управления, блоков создающих твердотельную модель робота-манипулятора, блоков, обрабатывающих повороты звеньев манипулятора, согласно физическим законам, и записанного в скрипт решения обратной задачи кинематики.

Часть программы, реализующая работу второго звена представлена на рисунке 3.

Взаимодействие пользователя с комплексом управления осуществляется посредством интерфейса программного пакета «MatLab».

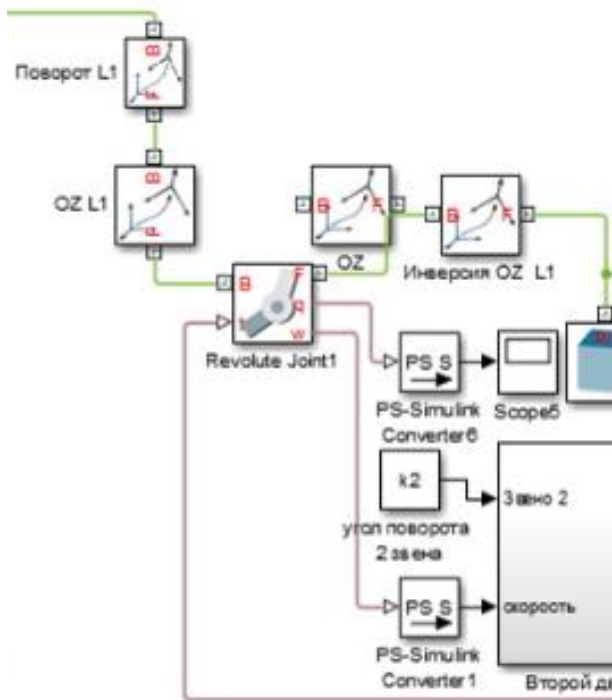


Рис. 3. Часть программы, реализующая движение второго звена робота-манипулятора

#### Заключение

Созданный программно-алгоритмический комплекс управления дает возможность получить визуализированное движение модели робота согласно параметрам, которые задает пользователь. Полученная динамическая трехмерная модель отражает действие физических сил на манипулятора, позволяет менять силу их воздействия и задавать необходимые параметры и усилия для проведения опытов и наблюдений.

На данном этапе комплекс управления может использоваться студентами в изучении таких дис-

циплин, как «Основы мехатроники и робототехники» и «Теория автоматического управления», с целью понимания процессов, происходящих в электродвигателе, настройки ПИД-регуляторов и изучения кинематики робота-манипулятора.

В будущем полученные результаты будут использованы для усовершенствования программно-алгоритмического комплекса управления, для расширения его функционала, а также для апробации на реальном робототехническом стенде.

#### Список использованных источников

1. Sk Skolkovo [Электронный ресурс] – URL: <http://sk.ru> (дата обращения: 20.04.2018).
2. Зуева С. В. Использование Microsoft visual studio для решения прямой и обратной задач кинематики / С. В. Зуева, А. С. Беляев // Технологии Microsoft в теории и практике программирования: сборник трудов XIII Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, г.Томск, 22-23 марта 2016 г. — Томск: Изд-во ТПУ, 2016. — С. 45-47.
3. Chelnokov Yu. N. Biquaternion Solution of the Kinematic Control Problem for the Motion of a Rigid Body and Its Application to the Solution of Inverse Problems of Robot-Manipulator Kinematics. *Mechanics of Solids [Izv. RAN. Mehanika tverdogo tela]*, 2013, vol. 48, no. 1. pp. 31-46.
4. Крейг, Джон Дж.. Введение в робототехнику: механика и управление: пер. с англ. / Д. Дж. Крейг. — Ижевск; Москва: Институт компьютерных исследований, 2013. — С. 200-213.
5. Зуева С. В. Создание 3D модели манипулятора в MatLab Simulink / С. В. Зуева, А. С. Беляев // Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов XV Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, 04-07 декабря 2017 г., г. Томск. — Томск: Изд-во ТПУ, 2017. — С. 104-105.

# ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГРУППЫ РИСКА СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

П.А. Зяблицев  
Томский политехнический университет  
paz4@tpu.ru

## Введение

В настоящее время существует несколько способов определения риска возникновения сердечно-сосудистых заболеваний. Первая группа методов – это обследование в медицинских учреждениях, но стоит отметить что мало кто из нас обратится в поликлинику при отсутствии боли или явного дискомфорта, а ишемическая болезнь сердца может проходить без каких-либо признаков. Другие методы анализа риска основаны на эмпирических данных проспективных исследований за большими группами людей. Благодаря таким исследованиям было обосновано понятие суммарного риска и разработана таблица оценки риска сердечно-сосудистых заболеваний SCORE. Однако на данный момент данная таблица имеет много недостатков и важной задачей является создание системы оценки группы риска сердечно-сосудистых заболеваний с высокой точностью. Для решения данной задачи было решено применить методы интеллектуального анализа данных.

## Интеллектуальный анализ данных

Интеллектуальный анализ данных – это совокупность математических моделей, численных методов, программных средств и информационных технологий, обеспечивающих обнаружение в эмпирических данных доступной для интерпретации информации и синтез на основе этой информации ранее неизвестных, нетривиальных и практически полезных для достижения определенных целей знаний. [1]

Процесс интеллектуального анализа данных состоит из следующих этапов:

1. Сбор данных
2. Подготовка данных (фильтрация, дополнение, кодирование)
3. Использование методов анализ данных
4. Верификация результата (проверка полученных закономерностей и моделей)
5. Применение полученной модели для прогнозирования.

Рассмотрим каждый этап более подробно:

Первый этап подразумевает собой сбор данных различного формата из различных источников: структурированных (базы данных) и не структурированных (социальные сети, текстовые файлы, веб-сайты). Эти данные объединяются в витрины данных или хранилища данных, с которыми в дальнейшем мы уже можем работать. Даже если у нас есть реляционная база данных и данные из других источников нас не интересуют рекомендуется перенести информацию из БД в хранилище данных, так

как аналитические запросы к оперативной БД будут занимать слишком много серверного времени, блокирую таблицы.

Этап подготовки данных для анализа является крайне важным, и большая ошибка относиться к нему небрежно. Так как если мы имеем данные низкого качества на входе, то, вероятнее всего, и результат будет такого же качества. Под качеством данных подразумевается их полнота, точность, своевременность и возможность интерпретации. На данном этапе необходимо изучить данные на предмет пропуска значений, дублирования, шумов и выбросов. Для улучшения качества данных следует исключить объекты с пропущенными значениями из обработки, убрать дублирование, исключить данные с крайними значениями. Этот этап занимает много времени и сил, но его необходимость неоспорима.

На третьем этапе мы используем методы анализа данных. Это может быть машинное обучение, применение деревьев решений, искусственных нейронных сетей, корреляционный и регрессионный анализ, многомерный анализ данных (технология OLAP) и многие другие. После этого этапа мы получаем модель, которая прогнозирует значение на основе исходных данных или распределяет данные на категории, классы или кластеры.

На этапе проверки мы определяем достаточную ли прогнозную точность имеет наша модель и удовлетворяет ли нашим ожиданиям.

И на последнем этапе мы используем нашу модель уже непосредственно для наших целей, будь то улучшение бизнес процесса, прогнозирование заболевания или предсказание природных катастроф.

## Применение методов анализа для выявления риска возникновения сердечно-сосудистых заболеваний.

На первом этапе мы имеем данные из Томского регистра острого инфаркта миокарда, которые ведутся с 1984 года (всего учтено около 50 000 случаев, в том числе более 25 000 подтвержденных случаев острого инфаркта миокарда). Данные представляют собой файлы Excel с данными о больных. Всего имеется более 50 тысяч записей с более чем 100 различными параметрами.

Наиболее важный и трудоемкий этап – это подготовка данных. Наш исходный файл Excel представляет собой список пациентов и большое количество их параметров (209 столбцов в таблице). Для построения хранилища данных нам нужны не все параметры, этой таблицы, а лишь те, которые



позволят вычислять суммарный риск возникновения серьезных сердечно-сосудистых случаев, а также смерти от сердечно-сосудистых заболеваний. Некоторые подмножества столбцов требуют свертки в отдельные атрибуты. Полезные данные из таблицы Excel будут перенесены в таблицу реляционной БД, так как в дальнейшем с ней проще работать с помощью запросов SQL и далее на основе этой таблицы создавать хранилище данных.

Из 209 проанализированных столбцов были выбраны 12, а именно: ID пациента, ID случая, социальное положение, возраст, стенокардия, артериальная гипертензия, сахарный диабет, курение, приступ произошел вовремя, индекс массы тела, фермент сыворотки крови, дата смерти.

Для переноса полезных данных из таблицы Excel в БД необходимо создать пакет переноса данных. С помощью SQL Server Data Tools for Visual Studio 2012 создается проект пакета переноса данных SSIS (SQL Server Integration Services).

Данные являются достаточно сырыми после переноса. Например, в файле Excel нет как такого столбца как возраст, но есть год рождения и дата приема, на основании которых мы можем определить возраст. Помимо этого, нужно провести работу по форматированию всех параметров к нужным типам данных (в исходном файле типы самые разные и не соответствуют нашим задачам).

После этого можно создавать хранилище данных по схеме звезда, это необходимо для дальнейшего анализа данных с помощью технологии OLAP. Структура хранилища представлена на рисунке 1.

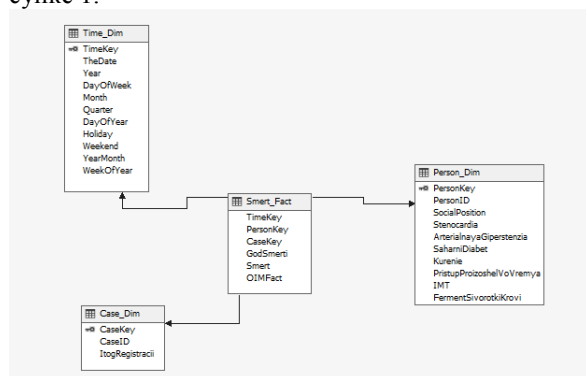


Рис. 1. Структура хранилища данных

После создания хранилища данных в SQL Server нужно заполнить его данными из нашей БД. Для этого будем использовать пакет по переносу данных из нашей БД в хранилище данных.

Таким образом после запуска пакета наше хранилище данных заполнится. Можно приступать к созданию «куба данных».

Создание куба будет происходить с помощью ПО «SQL Server Data Tools», с помощью которого мы создавали пакеты SSIS. Только теперь в создании проекта нам нужно выбрать «Проект интеллектуального анализа данных и многомерных данных служб Analysis Services».

Создание такого куба данных позволяет получать быстрые отчеты по различным выборкам, это позволит понять и проанализировать зависимости между различными параметрами.

На данном этапе интеллектуальный анализ не завершен, планируется применить методы машинного обучения для предсказания сердечно-сосудистых заболеваний. Тем не менее применение технологии OLAP позволяет произвести предварительный анализ данных и сравнение всех возможных вариантов.

### Заключение

В результате выполнения данной работы было спроектировано хранилище данных для последующей обработки этих данных технологией OLAP. Данные из громоздких и неудобных для обработки файлов Excel были перенесены в хранилище данных со всеми необходимыми конвертациями. Был создан «OLAP-куб», который позволяет получать отчеты о всех зависимостях между атрибутами в режиме реального времени. Данная работа является одним из важнейших этапов по созданию системы оценки группы риска сердечно-сосудистых заболеваний. Данный этап имеет практическую пользу для аналитиков. Эксперт может проверять различные теории в режиме реального времени, все данные можно вращать и получать необходимые «срезы» и «разрезы». Благодаря созданию «куба» появляется возможность проанализировать данные РОИМ Томской области и на основании этих данных сделать вывод о наиболее опасных факторах риска и их сочетаниях.

### Список использованных источников

1. Дюк В., Самойленко А. Data Mining: учебный курс (+CD-ROM). 2001 г. Издательство: Питер. Серия: Учебный курс. – 368 с.
2. Введение в многомерный анализ. [Электронный ресурс]. – URL: <https://habrahabr.ru/post/126810/> (Дата обращения 11.10.18г.)
3. Difference Between Data Mining and OLAP. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.differencebetween.com/difference-between-data-mining-and-vs-olap> (Дата обращения 15.09.18г)

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ OLAP ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЕ ГРУППЫ РИСКА ОСТРОГО ИНФАРКТА МИОКАРДА

П.А. Зяблецев

Научный руководитель: доцент ОИТ ИШИТР, к.т.н. И.Л. Чудинов  
Томский политехнический университет  
raz4@tpu.ru

## Введение

В настоящее время заболевания сердечно-сосудистой системы являются очень распространенными. Ежегодно от болезней сердца умирают около 17 миллионов человек, что составляет примерно 29% всех летальных случаев [1]. Если посмотреть на статистику в России, то в 2016 году доля смертей от болезней системы кровообращения составляет 47,8% из них 53,3% ИБС (13% смертей от ИБС составляет инфаркт миокарда) [2]. Наиболее распространенным и опасным сердечно-сосудистым заболеванием (ССЗ) является острый инфаркт миокарда (ОИМ), который обычно возникает с развитием острого коронарного симптома (ОКС) так называемого в обиходе сердечного приступа.

Поэтому изучение этой области и вопрос об эффективном выявлении групп риска возникновения ОКС является актуальным.

## Проблемы выявления группы риска

Одна из причин высокой смертности от ОИМ – отсутствие эффективных мер по первичной (до проявления симптомов ССЗ) и вторичной (после выявленного ОКС, в том числе ОИМ) профилактике сердечно-сосудистых осложнений, которые обеспечивают своевременное выявление и коррекцию факторов риска (ФР).

Первичная профилактика базируется на статистическом анализе зафиксированных случаях ОКС, в том числе ОИМ вплоть до смертельных случаев. Наиболее распространенным вариантом представления результатов таких исследований является следующая таблица (рисунок 1)

Данная шкала риска «SCORE» разработана экспертами Европейского общества кардиологов на основании данных проспективных исследований, проведенных в 12 странах Европы, в том числе в России (ГНИЦ ПМ), с участием более 205 тысяч больных. Исследования начались с конца 70-х годов и продолжались 27 лет. Рассматривался десятилетний риск развития смертельных случаев всех заболеваний, которые связаны с атеросклерозом. При расчете суммарного риска учитывались два немодифицируемых (пол, возраст) и три модифицируемых ФР (статус курения, систолическое АД, общий ХС).

Данная методика определения риска имеет существенные недостатки:

1) Оценка является приблизительной в связи с тем, что собраны данные из различных регионов из неконтролируемых источников.

2) В данной оценке фигурирует лишь вероятность смерти в 10 летний период, не учитывается вероятность возникновения не фатальных осложнений, а данный фактор очень важен при анализе рисков

3) Состав факторов риска и степень их влияния на возникновение серьезных сердечно - сосудистых случаев (СССС) может меняться со временем и регионом проживания человека. Диаграмма учитывает лишь 5 факторов. Изменить состав факторов невозможно. В то время как со временем отношение к наиболее важным факторам меняется (например, индекс массы тела, сопутствующие заболевания, регион проживания, ранее перенесенные СССС и др.)

4) «Визуально - ручной» способ определения оценки риска СССС при котором затруднен оперативный анализ оценки риска при целевых изменения значений факторов (снижение веса, прекращение курения и т.п.)

Созданию информационной системы с аналогичными функциями, но лишенной перечисленных недостатков и посвящена настоящая работа. Основная особенность – ориентация на региональный аспект исходных данных и в частности на данные Томского регистра острого инфаркта миокарда, который ведется с 1984 года (всего учтено около 50 000 случаев ОКС, в том числе более 25 000 подтвержденных случаев острого инфаркта миокарда).

В ряде исследований показано, что прогноз развития и течения сердечно-сосудистых заболеваний значительно хуже при сочетании нескольких, даже умеренно выраженных ФР по сравнению с одним высоким ФР.

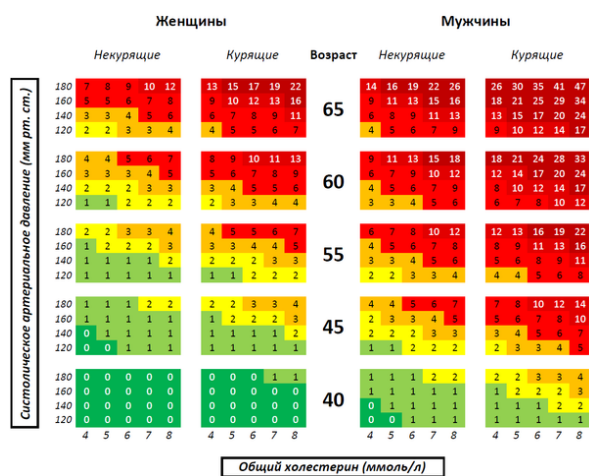


Рис. 1. Шкала SCORE

Если человек сможет оценить опасность возникновения ОКС (в том числе ОИМ) и предпринять необходимые меры для снижения этой вероятности, то это может спасти множество жизней. По статистике около половины пациентов, перенесших ОИМ, умирают в течении последующих трех лет. Часть людей после инфаркта или инсульта не могут вернуться к полноценной жизни из-за их серьезных последствий. Поэтому эффективность профилактических мер по предотвращению ССЗ невозможно переоценить.

### Пути решения проблемы

Для анализа всех факторов, которые могут влиять на риск возникновения ОКС и ОИМ целесообразно использовать OLAP технологию. Определенные группы риска традиционно базируется на выполнении запросов к базе данных случаев ОКС. Типовая структура запроса – это определение числа случаев ОКС определенного типа (в том числе смертельных от ОИМ) для фиксированных значений параметров, влияние которых на возникновение случая ОКС необходимо определить. Например, систолическое давление, возраст, пол, наличие пристрастия к курению, уровень холестерина, наличие атеросклероза и т.д. Более детальный чем в SCORE анализ (более детальные интервалы и увеличение числа параметров) требует выполнения нереально большого числа запросов равного сочетанию чисел возможных значений каждого из учитываемых параметров.

Если для повышения точности интервалы делать более детальными и учитывать другие не менее важные параметры, такие как индекс массы тела, регион, сахарный диабет, атмосферное давление и другие, то количество запросов будет увеличиваться в геометрической прогрессии. Таким образом число запросов при организации хранения и реализации запросов традиционным способом (РМД и SQL) становятся не реальными. Именно это обуславливает необходимость применения OLAP технологии для определения групп риска ОКС. Основная идея OLAP заключается в предварительной обработке статистических данных (в нашем случае о фактах ОКС) путем создания так называемого «куба»

Пример «куба» OLAP для трех параметров (давление, возраст, уровень холестерина) приведен на рисунке 2. В каждой ячейке храниться количество смертей от ОИМ на 1000 человек (мера куба) для конкретных значений (интервалов значений) давления, возраста и уровня холестерина. Наглядно изобразить «кубы» для более чем трех параметров не представляется возможным.

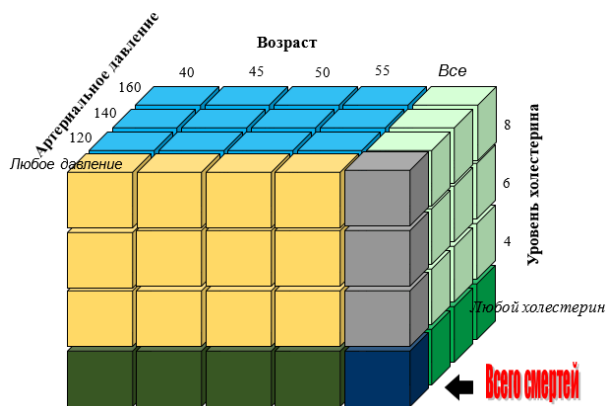


Рис. 2. Пример OLAP-куба нашей предметной области

Для построения «куба» вначале создается специальным образом организованное хранилище данных по выбранному множеству параметров (атрибутов) исходных статистических данных, а «кубы по любой комбинации параметров формируются из хранилища эффективным способом. Из «куба», используя инструмент OLAP, можно оперативно получить таблицы, иллюстрирующие зависимости между значениями любых параметров.

### Заключение

Определение группы риска ОИМ можно определить на основе статистических данных о реальных случаях ОКС, например, на основе Томского регистра ОИМ. Применение традиционного подхода (РМД и SQL) к определению статистических зависимостей между параметрами, зафиксированными в регистре случаев ОКС практически невозможно. Использование технологии OLAP позволяет значительно повысить эффективность статистической обработки для выявления групп риска ОИМ за счет специальной организации хранения исходных статистических данных (хранилища и «кубы») и инструментария OLAP для «куба»

### Список использованных источников

1. Сердечно-сосудистые заболевания – основная причина смертности на Земле [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.kardi.ru/ru/index/Article?Id=14&ViewType=view> (Дата обращения: 22.10.2018г.)
2. Здравоохранение в России. 2017: Стат.сб./Росстат. - М., 2017. – 170 с. ISBN 978-5-89476-448
3. OLAP Council. [Электронный ресурс]. – URL: [www.olapcouncil.org](http://www.olapcouncil.org) (Дата обращения 01.11.18г.)

# ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ГЕОСТАТИСТИКИ В ФАКТОРНО-РЕГРЕССИОННОМ ПРОГНОЗИРОВАНИИ ПОРИСТОСТИ КОЛЛЕКТОРОВ ПО СЕЙСМИЧЕСКИМ АТРИБУТАМ

Амани Мануга Марк М.  
Научный руководитель: О.В. Стукач  
Томский политехнический университет  
mangouam@yahoo.fr

## Введение

Современная геостатистика – это широкий спектр статистических моделей и инструментов для представления, обработки и анализа пространственно распределённой информации [1].

Прогноз фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС) коллекторов нефти и газа по анализу сейсмических атрибутов – это сложный технологический процесс. Он разбивается на три этапа: на первом проводится извлечение значений сейсмических атрибутов в точках скважин; на втором – поиск корреляционных связей между извлечёнными значениями и скважинными параметрами; на третьем – получение и анализ карт, показавших лучшие статистические связи с искомыми геологическими параметрами. Очевидно, что самыми трудоёмкими этапами, представляющими собой большей частью однотипные, но многочисленные операции, являются первые два, которые и необходимо оптимизировать за счёт автоматизации. И только третий этап требует максимальной задействованности непосредственно самого интерпретатора.

Существует несколько подходов к анализу и обработке пространственно-распределённых данных, который можно условно разделить на три класса: 1) детерминистические модели – это линейная интерполяция, 2) геостатистика – модели, базирующиеся на статистической интерпретации данных, 3) алгоритмы, основанные на обучении.

Атрибутный анализ проводился в специализированном программном комплексе Petrel (2014) компании Schlumberger. Атрибутный анализ сейсмической записи выполняется с целью прогноза эффективных параметров, например, пористость пласта по площади в межскважинном пространстве. По данным сейсморазведки вычисляется большое количество кинематических и динамических параметров (75 атрибутов) сейсмического волнового поля. Далее устанавливается регрессионная зависимость между ФЕС: пористость пласта и значениями сейсмических атрибутов в точках скважин, и на этой основе осуществляется прогноз ФЕС пласта в межскважинном пространстве.

## Корреляционный анализ

Для выявления переменных, в наибольшей степени влияющих на пористость коллектора, проводится корреляционный анализ, и рассчитываются коэффициенты корреляции. Расчёты выполнялись в пакете Statistica 8.0 [2]. В результате было выявлено

множество значимых переменных, причём коэффициенты корреляции близки по значению. Возможно есть много ложных корреляций.

## Факторный анализ

Факторный анализ проводился для выявления близких групп переменных, значимо влияющих на пористость [3]. Этот метод позволил проследить значимость корреляционных связей между отдельными параметрами – факторами. Поскольку значений сейсмических атрибутов очень много (порядка 80), анализ корреляционных связей между ними позволил высветить основную информацию о взаимной связи переменных. Применение пакета Statistica при выполнении факторного анализа позволило получить весьма наглядную картину связей между сейсмическими атрибутами и пористостью (Рис. 1). Это график факторных нагрузок, который показывает объединение переменных по факторам, где корреляции наибольшие.

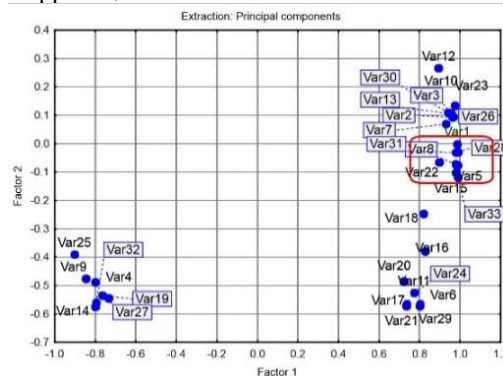


Рис. 1. График факторных нагрузок

В нашем случае наиболее близки к переменной Var1 (пористость) пять переменных, что вместе образует главный фактор. Другие факторы, влияющие на пористость, менее значимы, хотя полностью исключать их влияние нельзя.

## Регрессионная модель

Для прогноза значений пористости был проведен регрессионный анализ, который является одним из наиболее распространённых методов обработки экспериментальных данных при изучении зависимостей во многих областях, в том числе геологии [4]. Целью было определение аналитического выражения, в котором изменение пористости, в нашем случае зависимой переменной или результативного признака у обусловлено влиянием одной или нескольких независимых величин (факторов)  $x_1, x_2, x_n$ . Множество всех прочих факторов, также оказывающих влияние на пористость, при-

нимается за постоянные значения и неопределённый фактор. Для разведочного анализа выберем построение трёхмерных графиков. В качестве примера приведём типичную картину (см. Рис. 2).

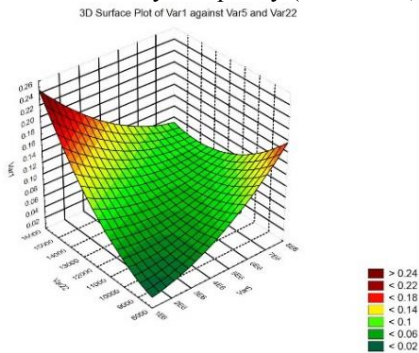


Рис. 2. График зависимости переменной Var1 от Var28 и Var30 (пример)

Зависимость переменной  $y$  (Var1) от Var28 и Var31 не является сильно нелинейной. Поэтому можно попытаться найти модель в виде  $y=b_0+b_1*v_1+b_2*v_2+\dots+b_n*v_n$  (уравнение плоскости). В программе Statistica 8.0 было найдено уравнение для наилучшей регрессионной модели, и с найденными коэффициентами оно имеет вид:  $y=0,0145+0,5088*v_{28}$  (Рис 3). Уравнение объясняет 97,71 % вариации зависимой переменной. В адекватности полученной математической модели можно убедиться по анализу остатков.

#### Оценка фактической адекватности модели

Базовой информацией стали значения пористости коллекторов трещиноватого типа по девяти скважинам. По кубам атрибутов в интервале продуктивного пласта были рассчитаны значения атрибутов. Обнаружена довольно тесная связь пористости коллекторов трещиноватого типа с атрибутом Var28 по уравнению регрессии, что дало нам основание пересчитать карты атрибутов в карту прогноза пористости (см. Рис. 3).

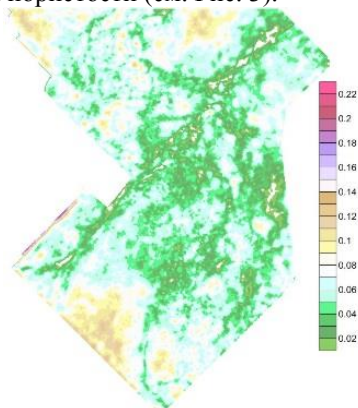


Рис. 3. Карта пористости продуктивного пласта, построенная с применением наилучшей регрессионной модели

Согласие зависимости прогнозной карты пористости от Var28 с фактическими данными по скважинам составляет 94,79 %. Эти результаты говорят об адекватности регрессионной модели (см. Рис. 4).

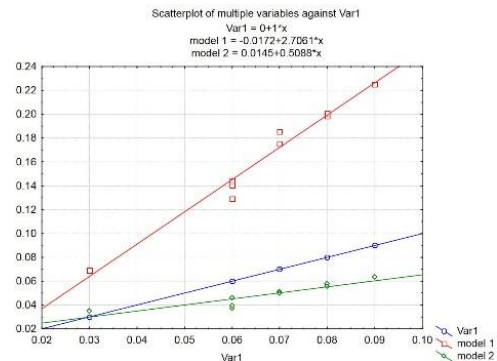


Рис. 4. Регрессионные модели распределения пористости

#### Заключение

Мы выполнили прогноз пористости пород в межскважинном пространстве. Эти данные важны как для адекватного построения трехмерной геологической модели, так и сами по себе в качестве информационного обеспечения принятия решения о местоположении точек бурения новых скважин. Анализ сейсмических атрибутов очень важен при поисковых и разведочных работах, так как результаты анализа атрибутов позволяют дать подробную оценку характеристик резервуара.

В результате применения факторного анализа была подтверждена гипотеза о том, что выявление скрытых коррелированных факторов не позволяет прояснить взаимосвязь между пористостью и сейсмическими атрибутами. Тем не менее, факторный анализ позволил определить наиболее значимые сейсмические атрибуты. С увеличением числа факторов существенно возрастают трудности их физической интерпретации, и это требует дополнительных исследований.

#### Список использованных источников

1. Волкова М.С. Стохастическое моделирование на основе многоточечной статистики с применением сейсмических атрибутов в качестве обучающих образов // Геофизика. 2015. № 6. С. 68–73.
2. Стукач О.В. Программный комплекс Statistica в решении задач управления качеством. - Томск: Изд-во ТПУ, 2011. - <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2011/m426.pdf>.
3. Ершов И.А., Стукач О.В. Использование корректного нормирования статистических данных в кластерном анализе // Современные технологии поддержки принятия решений в экономике: сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. г. Юрга, 19-20 ноября 2015 г. - Издательство ТПУ, Томск, 2015. - С. 32-34. - <http://www.lib.tpu.ru/fulltext/c/2015/C79/010.pdf>
4. Кочумеев В.А., Мирманов А.Б., Стукач О.В. Изучение проблемных ситуаций в разработке перспективных геофизических информационно-измерительных систем // Вестник науки Сибири. - Т. 4. - № 3. - 2012. - С. 99-102. - ISSN 2226-0064. - <http://sjs.tpu.ru/journal/article/view/361>

# ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТЕПЛОПЕРЕНОСА В ЗАМКНУТОЙ ПОЛОСТИ ЗА СЧЁТ ВВЕДЕНИЯ ПОРИСТОЙ ВСТАВКИ ПО ПЕРИМЕТРУ ИСТОЧНИКА

М.С. Астанина

Научный руководитель: д.ф.-м.н., доцент М.А. Шеремет  
Томский государственный университет  
astanina.marina@bk.ru

## Введение

Современный уровень развития промышленности и приборостроения ставит новые задачи в области разработки систем охлаждения источников энергии. Исследования в этом направлении позволяют предсказывать работу электронных устройств с источниками энергии и увеличивать их срок службы. Особый практический интерес имеют задачи с переменными теплофизическими свойствами рабочей среды [1].

## Постановка задачи

В представленной работе исследуется процесс охлаждения теплопроводного тепловыделяющего источника энергии в замкнутой частично пористой полости (рис. 1).

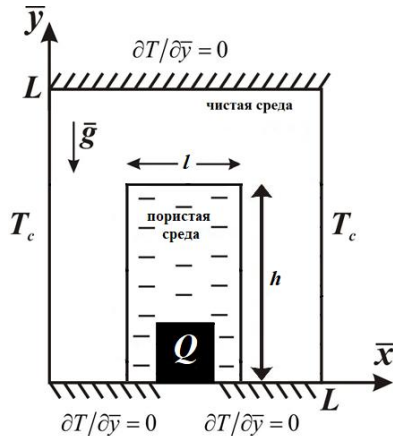


Рис 1. Область решения задачи

Рассматривается случай квадратной области ( $L = H$ ). Горизонтальные стенки полости теплоизолированы, вертикальные границы поддерживаются при постоянной температуре охлаждения. В качестве рабочей жидкости рассматривается ньютоновская несжимаемая теплопроводная жидкость (по характеристикам – вода). Считается, что рабочая среда удовлетворяет приближению Буссинеска, а её вязкость зависит от температуры по экспоненциальному закону:  $\mu = \mu_0 \exp\left(-C \frac{T - T_0}{\Delta T}\right)$ .

Сила тяжести направлена вертикально вниз по оси  $y$ . Режим течения и теплопереноса в полости является ламинарным. Тепловыделяющий элемент располагается на нижней стенке; около него находится пористая вставка высоты  $h$  и длины  $l$ . Пористый слой изотропен и проницаем для воды. При этом

температура жидкости и твердого скелета считаются равными и моделирование ведется в рамках тепловой равновесной модели.

## Математическая модель

Теплоперенос в полости за счёт естественной конвекции описывается системами дифференциальных уравнений в безразмерных преобразованных переменных «функция тока – завихренность – температура», составленными отдельно для чистой среды, твердого скелета и источника энергии:

- для чистой среды

$$\frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial y^2} = -\omega$$

$$\frac{\partial \omega}{\partial \tau} + u \frac{\partial \omega}{\partial x} + v \frac{\partial \omega}{\partial y} = \sqrt{Pr} \left( \frac{\partial^2 (\mu \omega)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 (\mu \omega)}{\partial y^2} \right) +$$

$$\frac{\partial \theta}{\partial x} + 2 \sqrt{Pr} \left[ \frac{\partial^2 \mu}{\partial x^2} \frac{\partial u}{\partial y} - \frac{\partial^2 \mu}{\partial y^2} \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial^2 \mu}{\partial x \partial y} \left( \frac{\partial v}{\partial y} - \frac{\partial u}{\partial x} \right) \right]$$

$$\frac{\partial \theta}{\partial \tau} + u \frac{\partial \theta}{\partial x} + v \frac{\partial \theta}{\partial y} = \frac{1}{\sqrt{Ra \cdot Pr}} \left( \frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial y^2} \right)$$

- для пористой среды [2]

$$\frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial y^2} = -\omega$$

$$\varepsilon \frac{\partial \omega}{\partial \tau} + u \frac{\partial \omega}{\partial x} + v \frac{\partial \omega}{\partial y} =$$

$$= \varepsilon \sqrt{Pr} \left( \frac{\partial^2 (\mu \omega)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 (\mu \omega)}{\partial y^2} - \varepsilon \frac{\mu \omega}{Da} \right) + \varepsilon^2 \frac{\partial \theta}{\partial x} +$$

$$+ 2 \varepsilon \sqrt{Pr} \left[ \frac{\varepsilon u}{2Da} \frac{\partial \mu}{\partial y} - \frac{\varepsilon v}{2Da} \frac{\partial \mu}{\partial x} + \frac{\partial^2 \mu}{\partial x^2} \frac{\partial u}{\partial y} - \frac{\partial^2 \mu}{\partial y^2} \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial^2 \mu}{\partial x \partial y} \left( \frac{\partial v}{\partial y} - \frac{\partial u}{\partial x} \right) \right]$$

$$\eta \frac{\partial \theta}{\partial \tau} + u \frac{\partial \theta}{\partial x} + v \frac{\partial \theta}{\partial y} = \frac{\alpha_{pm} / \alpha_f}{\sqrt{Ra \cdot Pr}} \left( \frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial y^2} \right)$$

- для источника энергии

$$\frac{\partial \theta}{\partial \tau} = \frac{\alpha_{hs} / \alpha_f}{\sqrt{Ra \cdot Pr}} \left( \frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial y^2} + Os \right)$$

Здесь  $x, y$  – безразмерные декартовы координаты;  $u, v$  – безразмерные составляющие скорости в проекции на оси;  $\theta$  – безразмерная температура;  $\Psi$  – безразмерная функция тока;  $\omega$  – безразмерная завихрённость скорости,  $Pr = \frac{\mu_0}{\rho a}$  –

число Прандтля,  $Da = \frac{K}{L^2}$  – число Дарси,

$Ra = \frac{\rho g \beta \Delta T L^3}{\alpha \mu_0}$  – число Рэлея,  $Os = \frac{QL^2}{\lambda_{hs} \Delta T}$  –

число Остроградского,  $\mu = \exp(-C\theta)$  – безразмерная вязкость.

Граничные условия для рассматриваемой системы уравнений запишем в безразмерном виде:

$\tau = 0$ :

$$\psi = \omega = \theta = 0 \quad \text{на } 0 \leq x \leq 1 \text{ и } 0 \leq y \leq 1$$

$\tau > 0$ :

$$\psi = 0, \quad \omega = -\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2}, \quad \theta = 0 \quad \text{на } x = 0 \text{ и } 0 \leq y \leq 1$$

$$\psi = 0, \quad \omega = -\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2}, \quad \theta = 0 \quad \text{на } x = 1 \text{ и } 0 \leq y \leq 1$$

$$\psi = 0, \quad \omega = -\frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2}, \quad \frac{\partial \theta}{\partial y} = 0 \quad \text{на } y = 0, 1 \text{ и } 0 < x < 1$$

на источнике энергии:

$$\psi = 0, \quad \omega = -\frac{\partial^2 \psi}{\partial n^2}, \quad \begin{cases} \theta_{hs} = \theta_{pm} \\ \lambda_{hs} \frac{\partial \theta_{hs}}{\partial n} = \frac{\partial \theta_{pm}}{\partial n} \end{cases}$$

на горизонтальной границе раздела сред:

$$\begin{cases} \psi_{pm} = \psi_f \\ \frac{\partial \psi_{pm}}{\partial y} = \frac{\partial \psi_f}{\partial y} \end{cases} \begin{cases} \omega_{pm} = \omega_f \\ \frac{\partial \omega_{pm}}{\partial y} = \frac{\partial \omega_f}{\partial y} \end{cases} \begin{cases} \theta_{pm} = \theta_f \\ \lambda_{pm} \frac{\partial \theta_{pm}}{\partial y} = \frac{\partial \theta_f}{\partial y} \end{cases}$$

на вертикальной границе раздела сред:

$$\begin{cases} \psi_{pm} = \psi_f \\ \frac{\partial \psi_{pm}}{\partial x} = \frac{\partial \psi_f}{\partial x} \end{cases} \begin{cases} \omega_{pm} = \omega_f \\ \frac{\partial \omega_{pm}}{\partial x} = \frac{\partial \omega_f}{\partial x} \end{cases} \begin{cases} \theta_{pm} = \theta_f \\ \lambda_{pm} \frac{\partial \theta_{pm}}{\partial x} = \frac{\partial \theta_f}{\partial x} \end{cases}$$

Полученные уравнения с соответствующими начальными и граничными условиями решались методом конечных разностей на равномерной сетке. Для численного решения уравнений парабо-

лического типа использовалась локально-одномерная схема Самарского, позволяющая плоскую задачу свести к системе одномерных задач [3]. Дискретизация уравнения Пуассона проводилась на основе формул симметричной аппроксимации вторых производных. Далее полученное разностное уравнение разрешалось методом последовательной верхней релаксации. Численный метод был опробован ранее на ряде модельных задач и подтвердил работоспособность.

## Результаты

Исследование было произведено для большого диапазона изменения определяющих параметров. При рассмотрении задачи пассивного охлаждения источника в данной постановке наибольшее влияние на теплоперенос имеет число Остроградского, параметр изменения вязкости  $C$ , размеры и пористость твёрдого скелета. Описание результатов производилось по распределениям изолиний функции тока и температуры в полости, а также по среднему числу Нуссельта и средней температуре в источнике. Результаты показали, что варьирование теплофизических свойств рабочей жидкости и изменение пористости и размеров пористой вставки позволяет интенсифицировать теплоперенос в полости и улучшить теплоотвод от источника.

## Заключение

В работе было проведено численное моделирование системы пассивного охлаждения тепловыделяющего источника при наличии пористой вставки и жидкости с переменной вязкостью. Теплоперенос в данном случае происходит за счёт естественной конвекции. Исходя из полученных результатов можно отметить, что пористая вставка и использование рабочих жидкостей с различными свойствами являются хорошими инструментами для улучшения характеристик системы охлаждения.

Работа выполнена при финансовой поддержке Совета по грантам Президента РФ для молодых российских ученых (грант МД-2819.2017.8).

## Список использованных источников

1. Alim, M.A., Alam, S., Miraj, M. Effects of volumetric heat source and temperature dependent viscosity on natural convection flow along a wavy surface. – *Procedia Engineering*. – 2014. – Vol. 90. – P. 383–388.
2. Sheremet, M.A., Trifonova, T.A. Unsteady conjugate natural convection in a vertical cylinder containing a horizontal porous layer: Darcy model and Brinkman-extended Darcy model. – *Transport in Porous Media*. – 2014. – Vol. 101. – P. 437–463.
3. Самарский А.А. Теория разностных схем. – М.: Наука, 1977. – 656 с.

# ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНИМОСТИ АЛГОРИТМОВ КЛАСТЕРИЗАЦИИ AFFINITY PROPAGATION, DBSCAN К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ ПОИСКА ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ-ЭКСПЕРТОВ В СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ

Д.А. Виноградова  
Томский политехнический университет  
dak38@tpu.ru

## Введение

Высокий уровень вовлеченности современного человека в социальные сети приводит к колоссальному скоплению различных данных в социальных сетях, анализ которых позволяет решать различные задачи, в том числе социологические и маркетинговые.

С целью повышения эффективности анализа таких данных необходимо определять множество пользователей, рассматриваемых в качестве лидеров общественного мнения в заданной предметной области. Подобная задача описана в [1] как задача KPP POS (Key Players Problem Positive).

Во многих случаях необходимо опираться на группу экспертов без учета значимости каждого из них, для выделения которой применяется кластерный анализ.

Данная работа содержит исследование применения алгоритмов кластеризации данных DBSCAN, Affinity propagation (в дальнейшем: AP) и Fast Affinity Propagation (в дальнейшем: FAP) к задаче идентификации группы наиболее значимых пользователей-экспертов в социальных сетях в заданной предметной области (в дальнейшем: рассматриваемая задача).

## Описание алгоритмов кластеризации

Выбор данных алгоритмов объясняется сравнительно низкой ошибкой кластеризации, по сравнению с другими методами, например, с известным методом кластеризации k-means [Jain et al., 1999], способностью находить схожие объекты, даже если эти объекты не удовлетворяют неравенству треугольника. Также методы самостоятельно определяют количество кластеров. Алгоритм FAP рассмотрен, как алгоритм, представляющий более быструю версию алгоритма AP.

### 1. DBSCAN

DBSCAN – это алгоритм, основанный на плотности распределения точек данных [2].

*Входные данные алгоритма:* множество объектов  $X$ , для которых задана метрическая функция расстояния  $\rho$ , а также  $\varepsilon$  - максимальное расстояние между соседними объектами, и  $\text{minPts}$  - минимальное количество соседних объектов, необходимых для образования кластера.

*Пошаговая инструкция:*

1. Выбираем необработанный объект  $p$ .
2. Отмечаем объект  $p$  как обработанный.
3. Находим соседние объекты в  $\varepsilon$ -окрестности объекта  $p$ .
4. Сравниваем количество соседних объектов с  $\text{MinPts}$ , определяя, достаточно ли у  $p$  соседей, чтобы образовать кластер.

Если достаточно, то создаём новый кластер и запускаем поиск в ширину из данного объекта по другим не посещённым объектам, находя все объекты кластера.

Если недостаточно, то отмечаем  $p$  шумом.

5. Если присутствуют необработанные объекты, то возвращаемся к шагу 1.

### 2. AP

AP выделяет среди объектов «образцы» - exemplar - и формирует кластеры вокруг них.

*Входные данные алгоритма:* метрическая функция схожести  $s$ , количественно определяющая сходство между двумя точками.

*Пошаговая инструкция*

1. Матрицы  $r$  (матрица ответственности) и  $a$  (матрица доступности) инициализируются ко всем нулям.
2. Выполнять этот шаг заданное  $T$  количество раз:
  - 2.1. Обновить матрицу  $r$  следующим образом:

$$r[i, j] = (1 - \lambda)\rho[i, j] + \lambda r[i, j], \quad (1)$$

где  $\rho[i, j]$  - распространяемая ответственность, которая вычисляется по выражению:

$$\rho[i, j] = \begin{cases} s[i, j] - \max_{k \neq j} \{a[i, k] + s[i, k]\} & (i \neq j) \\ s[i, j] - \max_{k \neq j} \{s[i, k]\} & (i = j) \end{cases} \quad (2)$$

- 2.2. Обновить матрицу  $a$  следующим образом:

$$a[i, j] = (1 - \lambda)\gamma[i, j] + \lambda a[i, j] \quad (3)$$

где  $\gamma[i, j]$  - распространяемая доступность, которая вычисляется по следующему выражению:

$$\gamma[i, j] = \begin{cases} \min(0, r[j, j] + \sum_{k \neq i, j} \max(0, r[k, j])) & (i \neq j) \\ \sum_{k \neq i, j} \max(0, r[k, j]) & (i = j) \end{cases} \quad (4)$$

$\lambda$  - коэффициент затухания, введенный во избежание численных колебаний

3. Вычислить образцы. Образцами считаются точки, удовлетворяющие условию:

$$r(i, i) + a(i, i) > 0 \quad (5)$$

4. Вычислить образец для каждой точки: найти образец, с которым точка максимально похожа.

Для описания алгоритма использовались в основном источники [3] и [4].

### 3. FAP

Рассмотрена одна из версий FAP, которая представлена в источнике [4].

*Входные данные алгоритма* такие же, как у AP.

*Пошаговая инструкция*

1. Для каждой пары точек данных вычислить по следующим определениям верхние/нижние ограничивающие оценки  $\underline{a}$ ,  $\bar{r}$  и  $\bar{a}$ :



$$\underline{a}[i, j] = \begin{cases} \min(0, r[j, j]) & (i \neq j) \\ 0 & (i = j) \end{cases} \quad (6)$$

$$\bar{r}[i, j] = \begin{cases} s[i, j] - \max_{k \neq j} (\underline{a}[i, k] + s[i, k]) & (i \neq j) \\ s[i, j] - \max_{k \neq j} (s[i, k]) & (i = j) \end{cases} \quad (7)$$

$$\bar{a}[i, j] = \begin{cases} \min(0, \bar{r}[j, j] + \sum_{k \neq i, j} \max(0, \bar{r}[k, j])) & (i \neq j) \\ \sum_{k \neq i, j} \max(0, \bar{r}[k, j]) & (i = j) \end{cases} \quad (8)$$

2. Соединить все пары точек, для которых истинно следующее условие:

$$\begin{cases} \bar{r}[i, j] \geq 0 \\ \bar{a}[i, j] + s[i, j] \geq \max_{k \neq j} (\underline{a}[i, k] + s[i, k]) \end{cases} \quad (9)$$

3. Для всех соединенных пар точек применить 1 и 2 шага классического AP.

4. Для всех несоединенных пар точек применить следующие выражения:

$$r[i, j] = \rho[i, j] \quad (10)$$

$$a[i, j] = \gamma[i, j] \quad (11)$$

5. Выполнить 3 и 4 шага классического AP.

### Результаты кластеризации

В качестве объектов взяты данные идентификации пользователей-экспертов из социальной сети с хештегом #westworld из источника [5]. Данные имеют 1077 точек.

Алгоритм DBSCAN не является эффективным алгоритмом кластеризации для решения рассматриваемой задачи, так как данный алгоритм исключает самые непохожие на других объекты, которые часто являются лучшими экспертами. Но, если указать, что у объектов не должно быть соседей чтобы образовать кластер, то ни один объект не должен быть признан «шумом», и все объекты должны быть распределены по кластерам.

Анализируя полученные в процессе исследования результаты алгоритма DBSCAN, можно подчеркнуть, что при minPts равной 0, алгоритм не считает ни одну из точек шумом и не отбрасывает их, что дает в рамках решения рассматриваемой задачи нужные результаты. Однако алгоритм становится не устойчивым и время от времени все равно чистит часть выборки, считая точки шумом. Время выполнения DBSCAN очень мало: 0.983 секунды.

В дальнейших исследованиях применимости DBSCAN для кластеризации в рассматриваемой задаче нужно рассмотреть упрощенную версию алгоритма без удаления шума. Также необходимо рассмотреть вариант применения DBSCAN на выборке не содержащий точек, похожие на шум.

На рисунке 1 показаны результаты AP. Время выполнения AP равно 10720.607 секунд. В рамке на рисунке 1 показан фрагмент результата FAP, который отличен от результатов AP. Время выполнения FAP равно 5608.823 секунды.

Сравнивая AP и FAP можно сосчитать, что FAP работает быстрее AP на 5111.784 секунд, что почти в 2 раза быстрее.

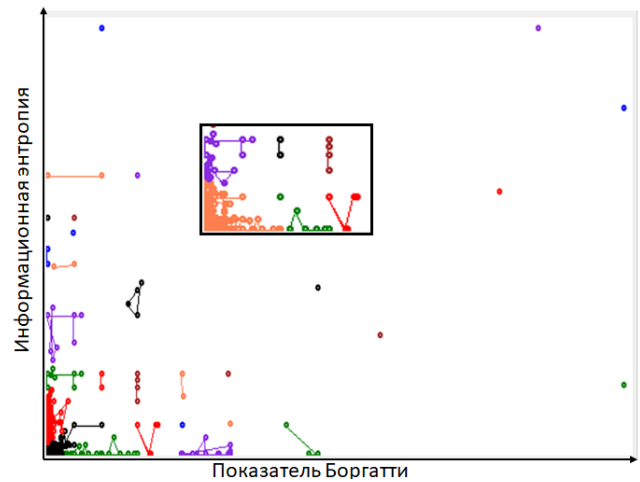


Рис. 1 - Результаты AP и FAP

Результаты FAP практически совпадают с результатами AP. Различие видны лишь на участках выборки плотного скопления точек.

### Заключение

Алгоритм DBSCAN может применяться для решения рассматриваемой задачи при условиях, что у алгоритма указано, что точка не должна иметь соседей для того, чтобы попасть в кластер. Однако DBSCAN очень неустойчив в таких условиях и иногда срабатывает некорректно для решения рассматриваемой задачи.

AP однозначно можно применять для кластеризации в данной задаче, но время выполнения этого алгоритма очень велико. В ходе сравнения применения алгоритмов AP и FAP, можно сказать, что FAP работает в 2 раза быстрее, при этом результаты кластеризации практически совпадают с результатами AP. Различие можно увидеть лишь в области плотного скопления точек.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект №17-07-00034 А).

### Список использованных источников

1. Ortiz-Arroyo D. Discovering Sets of Key Players in Social Networks // Computational Social Networks Analysis. – 2010 – С. 27-47.
2. DBSCAN [Электронный ресурс] Wikipedia, Режим доступа: <https://en.wikipedia.org/wiki/DBSCAN>, свободный (дата обращения: 27.05.2018)
3. Интересные алгоритмы кластеризации, часть первая: Affinity propagation [Электронный ресурс] habrahabr, Режим доступа: <https://habrahabr.ru/post/321216/>, свободный (дата обращения: 27.05.2018)
4. Yasuhiro Fujiwara, Go Irie, Tomoe Kitahara Fast Algorithm for Affinity Propagation // Proceedings of the Twenty-Second International Joint Conference on Artificial Intelligence, С 2238 – 2243.
5. Поиск экспертов в социальной сети Twitter [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://socgraph.tpu.ru/ProcessTwData>, свободный (дата обращения 18.11.2018)

# ОБРАБОТКА ПОКАЗАНИЙ ТЕПЛОСЧЁТЧИКОВ СТАТИСТИЧЕСКИМИ ИНСТРУМЕНТАМИ В ПРОГРАММЕ STATISTICA

П.А. Зорин

Научный руководитель: О.В. Стукач, д.т.н., профессор ИШИТР  
Томский политехнический университет  
raz8@tpu.ru

## Введение

Объем накопленных данных с теплосчётчиков, установленных в городе Томске, можно отнести к категории Больших данных. В настоящее время проведение анализа современными статистическими инструментами таких данных не является обязательным в сложившихся отраслевых стандартах и программном обеспечении. Потребителем такой информации могут быть сами конечные пользователи – жители и собственники многоквартирных жилых домов, которые на основании полученных выводов могут принять управленческие решения для организации первоочередных мероприятий по повышению энергоэффективности домов.

## Описание алгоритма

Для анализа использованы среднесуточные показания теплосчётчиков за период с 1 декабря 2013 года до 30 сентября 2017 года. Архивы были дополнены данными среднесуточных температур наружного воздуха за измеряемый период. В первую очередь была произведена очистка данных от некорректных показаний, обусловленных либо нарушением технологического режима, либо неисправностью прибора учёта.

Схемы и типы нагрузки, попадающие под учёт теплосчётчика, варьируются. Например, под учёт может попадать отопление жилого дома с горячим водоснабжением, как открытого, так и закрытого типа. Некоторые теплосчётчики, при этом, учитывают только отопление. Распределение количества узлов учёта по типам нагрузки показано в таблице 1. Чтобы привести данные к единому виду, необходимо вычислить тепло, затраченное на нужды ГВС и вычесть его из показаний прибора по формуле 1. Необходимо отметить, что вычисление  $Q_{ГВС}$  производится расчётным методом, так как фактический учёт не ведётся.

$$Q_{\text{отопление}} = Q_{\text{приборное}} - Q_{\text{ГВС}} \quad (1)$$

Таблица 1. Распределение узлов учёта по типам нагрузки

Тип нагрузки под учётом	Количество узлов учёта
Отопление	108
Отопление+ГВС (открытая схема)	481
Отопление+ГВС (закрытая схема)	484

Далее, дома необходимо разбить на группы по

признакам. Это можно сделать вручную по фактическим признакам: этажность, материал стен, площадь. Но мы будем использовать инструменты кластерного анализа в пакете Statistica. Уже внутри полученных групп произведём дальнейшую обработку данных сравнением затрат на отопление у каждого дома внутри группы. Для этого для каждого дома найдены линейные коэффициенты регрессии, моделирующие поведение дома. Сравнивая коэффициенты уравнения можно ранжировать дома по шкале энергоэффективности.

## Тестирование алгоритма группировки домов

При разбиении на группы гетерогенного множества домов с помощью кластерного анализа нужно учесть, что характеристики «схема учёта» и «материал стен» являются номинальными и не могут быть преобразованы в количественные или порядковые. Поэтому будут использованы количественные характеристики «Площадь дома», «Удельная тепловая характеристика» и порядковая характеристика «Этажность».

Для нахождения кластеров был использован метод Уорда. В этом методе в качестве целевой функции применяют внутригрупповую сумму квадратов отклонений, которая есть не что иное, как сумма квадратов расстояний между каждой точкой (объектом) и средней по кластеру, содержащему этот объект. На каждом шаге объединяются такие два кластера, которые приводят к минимальному увеличению целевой функции, т.е. внутригрупповой суммы квадратов отклонений.

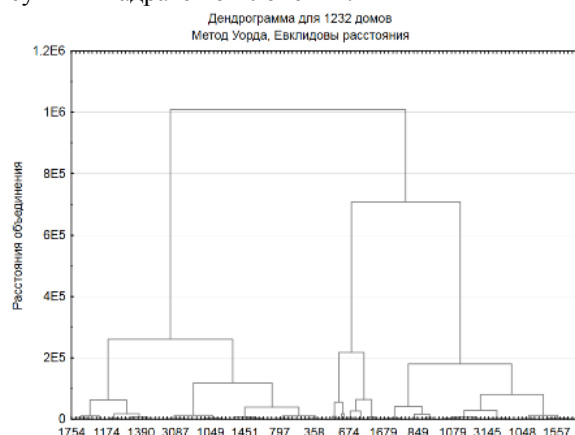


Рис. 1. Дендрограмма разбиения на кластеры

После оценки дендрограммы, приведённой на рисунке 1 было выбрано оптимальное количество кластеров – 4. Кластеры были найдены методом  $k$ -средних, затем были построены графики координат центров для каждого кластера, представленного на

рисунке 2.

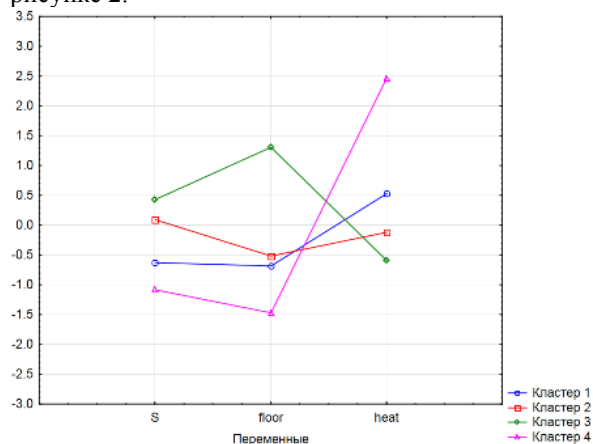


Рис. 2. Графики координат центров кластеров

Анализируя график координат центров необходимо отметить, что центры разных кластеров существенно различаются для каждой переменной (S - площадь, floor - этажность, heat - удельная тепловая характеристика), зафиксировав индивидуальные свойства каждого кластера.

### Критерии качественной оценки энергоэффективности домов

Для получения математических моделей домов, имеющих сходные характеристики и входящих в один кластер, были вычислены коэффициенты теплоотдачи для каждого случая измерения:

$$G = \frac{0,001 * P}{(T_{вн} - T_{нар}) * S} \cdot \frac{Вт}{м^2 * Gr} \quad (2)$$

Где: P – потребленное тепло за сутки по данным теплосчётчика, пересчитанное в кВт;

$T_{вн}$  – температура комфорта внутри жилых помещений, взята в виде константы 24° C;

$T_{нар}$  – среднесуточная температура наружного воздуха в данные сутки.

Далее, использованы данные теплосчётчиков двух похожих домов, вошедших в кластер №1, характеристики приведены в таблице 2.

Таблица 2. Описание характеристик домов

№	Адрес	Материал	S, м <sup>2</sup>	Этажность	Число измерений
1	Вершинина 24/2	Кирпич	1226.4	4	827
2	Кузнецова 28	кирпич	1242.6	3	691

Для примера построены диаграммы рассеяния на рисунках 3 и 4 зависимости G от теплового напора с получением коэффициентов регрессии вида:

$$f(x) = a * x + b \quad (3)$$

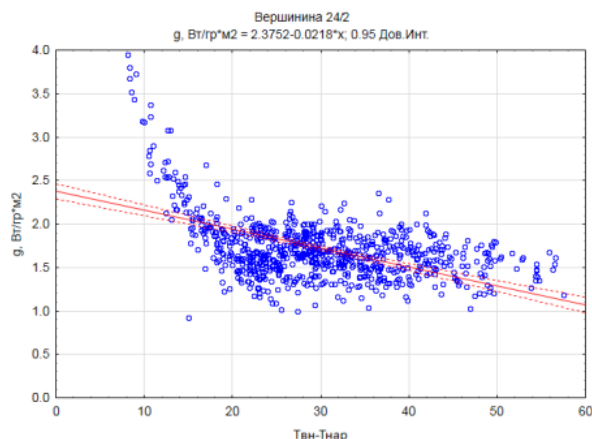


Рис. 3. Диаграмма рассеяния для дома №1

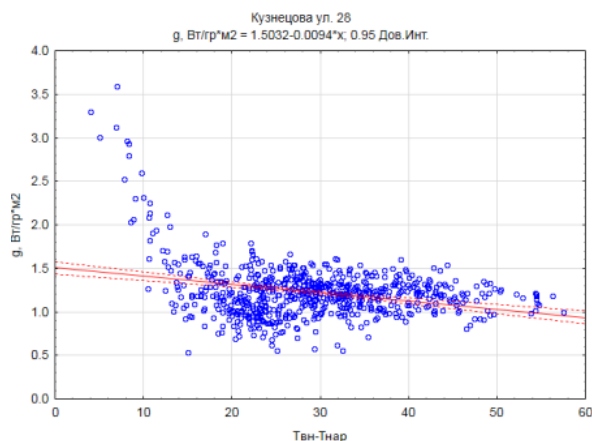


Рис. 4. Диаграмма рассеяния для дома №2

### Заключение

Анализируя полученные математические модели энергоэффективности двух домов, можно понять, что, несмотря на схожесть их свойств - площадь и материал стен, ведут они себя по-разному, дом Кузнецова ул. 28 более эффективен, чем дом Вершинина 24/2. На основе моделей по группам можно найти дома наиболее энергоэффективные. Простейшее обследование позволит сделать выводы для принятия решений о повышении энергоэффективности для остальных домов.

### Список использованных источников

1. Ершов И.А., Стукач О.В. Использование корректного нормирования статистических данных в кластерном анализе // Современные технологии поддержки принятия решений в экономике: сб. тр. Всерос. научно-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. г. Юрга, 19-20 ноября 2015 г. - ТПУ, 2015. - С. 32-34.
2. Стукач О.В. Программный комплекс STATIS-TICA в решении задач управления качеством – ТПУ, 2014 – 163 с.
3. Халафян А.А. Статистический анализ данных. – М.: Бином, 2005. – 512 с.

# МЕТРИКИ ОЦЕНКИ КЛАССИФИКАТОРОВ В ЗАДАЧАХ МЕДИЦИНСКОЙ ДИАГНОСТИКИ

П.В. Дудченко

Томский политехнический университет

pv.dudchenko@gmail.com

## Введение

В настоящее время методы машинного обучения (Machine Learning, ML) активно используются для решения научных и производственных задач. Классификация – одна из групп алгоритмов ML. Наиболее популярной метрикой для оценки эффективности работы классификационного алгоритма является точность (Accuracy). Но на несбалансированных наборах данных данная метрика часто не показательна и даже ошибочна. Особенно остро этот вопрос стоит в медицинских задачах, когда, например, необходимо предсказать летальный исход.

В данной работе мы рассматриваем метрики качества алгоритмов классификации, применяемые в исследованиях связанных с применением алгоритмов ML в задачах медицинской диагностики.

## Метрики качества алгоритмов классификации

Мы отобрали релевантные публикации по запросам «Artificial Intelligence in Cardiology», «Decision Support System in Cardiology», «Expert System for Diagnosis Cardiovascular Disease» в двух библиографических базах PubMed и Web of Science. Рассматривались только научные работы, написанные на английском языке и опубликованные в период 2011 по 2018г. Всего таким критериям отвечало 700 работ. После исключения повторяющихся статей для дальнейшего рассмотрения осталось 437 работ. Проанализировав названия, было удалено еще 370 исследований, не связанных с предметом, 67 тезисов были отобраны, и 26 статей были исключены из окончательного списка. В итоге к рассмотрению было получено 41 исследование. Мы не можем здесь привести ссылки на эти работы из-за жестких ограничений на объем данной публикации. Из рассмотренных работ мы выписали все используемые метрики и методики оценки классификационных алгоритмов и приводим их далее.

## Матрица ошибок

Как правило, результаты решения проблемы двоичной классификации помечены как положительные и негативные. Эти решения могут быть представлены в матрице ошибок (Confusion Matrix) (рис. 1), которая содержит 4 ячейки.

- Верно-положительные (TP), объекты, которые были классифицированы как положительные и действительно являются положительными (принадлежащими к данному классу);

- Верно-отрицательные (TN) объекты, которые были классифицированы как отрицательные и

действительно отрицательные (не принадлежат к данному классу);

- Ложно-положительные (FP) объекты, которые были классифицированы как положительные, но фактически отрицательные;

- Ложно-отрицательный (FN) объекты, которые были классифицированы как отрицательные, но фактически положительные;

Категория i		Экспертная оценка	
		Положительная	Отрицательная
Оценка системы	Положительная	TP	FP
	Отрицательная	FN	TN

Рис 1. Матрица ошибок

На основе матрицы ошибок и её значений, рассчитываются различные метрики классификационной способности алгоритма. Следующие метрики чаще всего были указаны в проанализированных нами работах: Accuracy, Точность (precision), Полнота (recall), F-мера (F-measure), Специфичность, Площадь под кривой ошибок (AUC ROC).

**Accuracy** – широко используемая и легкая для понимания метрика. Это отношение всех правильных прогнозов к общему числу всех предсказанных образцов. В ряде задач accuracy может являться неинформативной. Например, предположим, что только 3% всех пациентов имеют некоторые заболевания. Создадим алгоритм, который будет помечать всех пациентов, как здоровых. В итоге он будет ошибочным только в 3 случаях из 100. Accuracy будет равно 0,97 или 97% и это высокая оценка, но на самом деле алгоритм ничего не делает и абсолютно бесполезен.

$$\text{Accuracy} = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}$$

**Точность (precision)** - это доля прогнозируемых положительных результатов, которые являются действительно верно-положительными результатами для всех положительно предсказанных объектов. Другими словами, точность дает нам ответ на вопрос «Из всех объектов, которые классифицированы как принадлежащие классу, сколько на самом деле принадлежит ему?»

$$\text{Точность} = \frac{TP}{TP + FP}$$

**Полнота (recall)** – пропорция всех верно-положительно предсказанных объектов к общему количеству действительно положительных. То есть, полнота показывает сколько образцов из всех положительных примеров были классифицированы правильно. Чем выше значение полноты, тем меньше положительных примеров пропущено в классификации.

$$\text{Полнота} = \frac{TP}{TP + FN}$$

Исследователи в своих работах часто используют такую метрику, как **чувствительность (sensitivity)**. На самом деле чувствительность и полнота оценивают одно и то же, различие в наименовании возникло из-за принадлежности этих терминов к разным областям науки. Так же встречаются названия **True positive rate** или **TPR** (оценка верно положительных) и **Probability of detection** (вероятность выявления).

**F-мера** – взвешенное гармоническое среднее полноты и точности. Этот показатель демонстрирует, как много случаев прогнозируется моделью правильно, и сколько истинных экземпляров модель не пропустит. F-мера объединяет в себе информацию о полноте и точности используемой модели.

$$F - \text{мера} = 2 * \frac{\text{точность} * \text{полнота}}{\text{точность} + \text{полнота}}$$

**Специфичность** – отношение между верно классифицированных негативных экземпляров к числу всех негативных экземпляров.

$$\text{Специфичность} = \frac{TN}{TN + FP}$$

Другой информативной и обобщающей метрикой является **площадь под кривой ошибок**, что буквально означает площадь под ROC-кривой (Receiver Operating Characteristic, рабочая характеристика приёмника) (рис. 2).

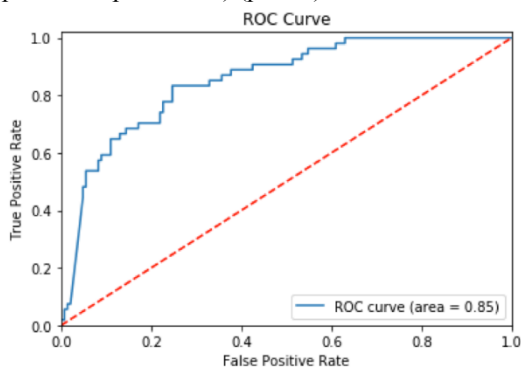


Рис. 2. Пример ROC-кривой

Чтобы получить данную кривую, необходимо вычислить две метрики, которые также получены из матрицы ошибок: уровень верно-положительных предсказанных экземпляров (True Positive Rate, TPR), что тождественно полноте, и уровень ложно-положительных (False Positive Rate, FPR). В свою очередь, FPR – доля негативных объектов, которые по ошибке были классифицированы как положительные, ко всем фактическим негативным. Чем выше FPR, тем больше негативных экземпляров классифицируются не верно.

$$FPR = \frac{FP}{FP + TN}$$

Для объединения FPR и TPR в одну метрику, необходимо вычислить эти метрики, а затем построить их на одном графике с осями FPR и TPR.

Результирующая кривая представляет собой кривую ROC, а площадь под кривой является метрикой AUC ROC (рис. 2).

Таблица 1 демонстрирует насколько часто использовались указанные метрики в рассмотренных работах.

Таблица 1. Частота использования метрик в рассмотренных работах

Метрика	Количество публикаций
AucROC	29
Полнота, чувствительность	25
Специфичность	22
Ассурасу	18
F-мера	6
Точность	5

### Заключение

Наиболее популярным показателем эффективности работы классификаторов в рассмотренных статьях AUC ROC. В то же время, она является самой комплексной и информативной. Полнота и специфичность так же используются часто, потому что эти показатели вычисляются для построения кривой ROC. Ассурасу активно применяется в исследованиях, но, как правило, не существует сама по себе, а идет в сочетании с другими метриками. В большинстве случаев показатели качества: полнота, точность и F-мера также приводятся вместе для получения более полной картины о классифицирующей способности классификатора.

### Список использованных источников

1. Ohsaki M. et al. Confusion-matrix-based kernel logistic regression for imbalanced data classification //IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering. – 2017. – Т. 29. – №. 9. – С. 1806-1819.
2. Hastie T. Friedman 2009: T. Hastie, R. Tibshirani, and J. Friedman. The Elements of Statistical Learning. – 2009.
3. Dudchenko A., Kopanitsa G. Decision Support Systems in Cardiology: A Systematic Review //Studies in health technology and informatics. – 2017. – Т. 237. – С. 209-214.
4. Zhu W. et al. Sensitivity, specificity, accuracy, associated confidence interval and ROC analysis with practical SAS implementations //NESUG proceedings: health care and life sciences, Baltimore, Maryland. – 2010. – Т. 19. – С. 67.
5. Flach P. A. The geometry of ROC space: understanding machine learning metrics through ROC isometrics //Proceedings of the 20th International Conference on Machine Learning (ICML-03). – 2003. – С. 19

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛГОРИТМА ОБРАБОТКИ НАВИГАЦИОННЫХ ДАННЫХ ДЛЯ МИНИМИЗАЦИИ НАГРУЗКИ БАЗЫ ДАННЫХ

А.О. Игумнов, Л.О. Игумнов  
Томский политехнический университет  
loi1@tpu.ru

На 2018 год, все существующие системы диспетчерского управления и мониторинга транспорта оборудованы технологией контроля местоположения автомобилей. Каждый автомобиль, находящийся в области применения системы управления, включает в себя оборудование в виде датчика положения и передатчика координат. Существует множество систем позиционирования: системы позиционирования с использованием пассивных радиочастотных идентификаторов (RFID); системы позиционирования с использованием активных RFID; WiFi позиционирование; позиционирование в сотовых сетях; спутниковая система навигации.

Благодаря неограниченной площади применения, а также высокой точности позиционирования, наибольшую актуальность в определении координат транспортного средства имеют датчики спутниковой навигации GPS/ГЛОНАСС. Спутниковая связь обеспечивает непрерывную передачу данных о положении транспортного средства и передает данные подключенному в системе управления приемному оборудованию. Интервал получения данных приемником по протоколу NMEA варьируется от 1 до 15 раз в секунду, в зависимости от полноты получаемых навигационных данных. Для того, чтобы понизить временной интервал получения данных, приемники подключаются к терминалу, который обеспечивает прореживание данных перед посылкой. Технология прореживания данных может осуществляться либо по времени получения, либо по непосредственному положению транспортного средства, но стоит заметить, что для системы мониторинга положения нецелесообразно отправлять данные координат реже, чем раз в минуту. При большом количестве транспортных средств, подключенных к системе мониторинга, сервер будет принимать информацию о координатах местоположения несколько раз в секунду. Непрерывное сохранение всех точек координат требует повышенной вычислительной мощности и оказывает повышенную нагрузку на сервер. Такая нагрузка может приводить к длительным блокировкам базы данных системы управления и нуждается в разработке алгоритма, который позволил бы снизить нагрузку на базу данных.

Обычный алгоритм сохранения навигационных данных, можно представить в виде следующей последовательности:

- передатчик, оборудованный в автомобиле посылает данные о положении на сервер;
- сервер, используя эти данные, формирует объект точки для сохранения в базе;

- ORM формирует запрос и сохраняет данные в базу;

Для снижения нагрузки на базу данных необходимо обеспечить прореживание транзакций, обращенных к базе данных. Такое прореживание можно реализовать, введя дополнительный модуль обеспечивающий обработку данных на сервере и, после преобразования данных в объект для сохранения, будет обеспечиваться передача данных в дополнительный модуль обработки вместо передачи в ORM.

Дополнительный модуль содержит буфер точек, в который поступают все передаваемые прибором автомобиля точки координат. Все поступающие точки кладутся в буфер, а не сохраняются немедленно. Для сохранения данных запускается отдельный поток, который с заданным временным интервалом осуществляет изъятие всех точек из буфера, тем самым очищая его. Буфер освобождается для последующего заполнения, а точки из него отправляются на сохранение в ORM. Таким образом, сохранение точек координат положения транспортного средства будет вызываться не чаще чем в определенный заданный временной интервал.

Интервал сохранения точек следует подбирать исходя из таких критериев как важность и актуальность получаемых навигационных данных и может варьироваться от 1 до 3 секунд. Например, для осуществления мониторинга специализированного городского транспорта наиболее важное значение имеет общее соблюдение конкретным транспортным средством своего маршрута, нежели наиболее актуальное положение транспорта в момент времени. В случае же систем мониторинга пассажирского городского транспорта решающее значение имеет положение транспортного средства и как следствие важно постоянное обновление данных по мере поступления точек.

Важно учитывать, что все сохраняемые объекты точек преобразуются в SQL запрос и в зависимости от вида используемой СУБД нужно отдельно отслеживать заполнение буфера в соответствии с введенными ограничениями конкретной СУБД на одновременное внесение данных. Отсюда следует, что по мере поступления данных на сервер, должна осуществляться проверка буфера на его наполненность. Если в результате проверки, в буфере будет находиться установленное ограничение СУБД количество записей, таймер сохранения будет обнуляться и накопленные объекты точек будут передаваться в ORM для последующего сохранения [2].

Основным преимуществом в использовании дополнительного буфера обработки с применением

отложенного сохранения является возможность избежать полной блокировки таблицы навигационных данных и снизить общую нагрузку на сервер базы данных. Также, введение дополнительного буфера позволяет реализовывать в работе системы управления мониторингом вспомогательный механизм программных транзакций [3,4]. Дополнительно, может применяться модуль взаимодействия с буфером точек, для отслеживания последнего актуального положения все транспортных средств.

При проектировании крупномасштабных распределённых систем баз данных, также используется распределённая система управления базой данных. За запись данных в СУБД отвечают отдельные программные компоненты, которые масштабируются на некоторое количество аппаратного обеспечения. Вспомогательный механизм программных транзакций оборачивает сохранение получаемых точек в собственную транзакцию, которая при срабатывании условий отложенного сохранения выделяет еще одну транзакцию, направленную на другую, по аппаратному положению базы данных.

По мере увеличения отслеживаемых в системе управления транспортных средств, увеличивается и количество принимаемых сервером навигационных точек, поступающих за единицу времени -  $g$ . Отдельное сохранение каждой полученной точки приводит к возникновению временной блокировки базы данных, что в большинстве случаев затрудняет работу системы управления мониторингом. Чем больше данных в виде точек поступает на сервер, тем существеннее становятся задержки для следующих данных -  $t$ . При учете интервала сохранения -  $i$  и лимита единовременной записи в базе данных -  $I$ , модуль отложенного сохранения точек позволит снизить общее время блокировки БД от  $(g*t)/i$  до  $((g/I)*t)$  раз. Помимо прочего, встроенный вспомогательный модуль транзакций, будет способствовать сокращению временных издержек при

значениях  $g$  превышающих допустимые нормы для одного сервера СУБД.

Введение дополнительного модуля в алгоритм сохранения навигационных данных позволит существенно снизить нагрузку на базу данных, при работе с большим количеством поступающих навигационных данных. Также сохранение нескольких навигационных точек единовременно положительно скажется на снижении нагрузки на клиентском ПО при отображении местоположения транспорта на карте, благодаря снижению количества оповещений о смене положения транспортного средства.

#### Список использованных источников

- 1) Feng T., Wu Q., Zhang H. Key parameters generation of the navigation data of GPS Simulator //arXiv preprint arXiv:1402.2056. – 2014.
- 2) Sridhar K. T., Sakkeer M. A. Optimizing Database Load and Extract for Big Data Era //Database Systems for Advanced Applications. – Springer International Publishing, 2014. – С. 503-512.
- 3) Cheung A. et al. Using Program Analysis to Improve Database Applications //IEEE Data Eng. Bull. – 2014. – Т. 37. – №. 1. – С. 48-59.
- 4) Manegold S., Boncz P. A., Kersten M. L. Optimizing database architecture for the new bottleneck: memory access //The VLDB Journal—The International Journal on Very Large Data Bases. – 2000. – Т. 9. – №. 3. – С. 231-246.
- 5) Cheung A., Solar-Lezama A., Madden S. Optimizing database-backed applications with query synthesis //ACM SIGPLAN Notices. – 2013. – Т. 48. – №. 6. – С. 3-14.

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕЛИЧИНЫ РАДИАЦИОННОГО РАЗОГРЕВА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ НЕЙТРОННО-ТРАНСМУТАЦИОННОГО ЛЕГИРОВАНИЯ КРЕМНИЯ НА РЕАКТОРЕ ИРТ-Т

Н.В. Смольников, И.И. Лебедев, М.Н. Аникин  
А.Г. Наймушин

Томский политехнический университет  
nvs38@tpu.ru

## Введение

Компьютерное моделирование играет важную роль в научных исследованиях благодаря возможности создания модели объекта и условий эксперимента полностью соответствующих действительности, что позволяет получать результаты, свидетельствующие о возможности и необходимости реализации эксперимента.

Для исследований, осуществляемых на базе исследовательских реакторов, компьютерное моделирование особенно важно в связи опасностью ядерно-радиационной опасностью и сложностью экспериментов.

В данной работе представлено использование программ для расчета плотностей потоков нейтронов и гамма-квантов на образцах кремния при его облучении в горизонтальном экспериментальном канале реактора ИРТ-Т и трехмерного моделирования контейнера для определения градиентов температур, возникающих в процессе облучения и охлаждения.

## Программное обеспечение исследования

Нейтронно-физический расчет ядерного реактора возможно осуществить в пакете программы MCU-PTR, производящий расчет дифференциальных уравнений переноса излучения методом Монте-Карло, что позволяет проводить численное моделирование взаимодействия излучения с веществом. Это дает возможность получать результаты с погрешностью до 5% при достаточно большом количестве серий. MCU-PTR позволяет создавать модели объектов в трехмерном пространстве с учетом их материального состава и специфики геометрии.

Градиент температур в образце, формирующийся в процессе облучения и охлаждения было решено продемонстрировать в программе Solidworks, включающий в себя создание 3D-модели и решения физических задач.

## Создание расчетной модели

Помимо расчета, включающего большое количество серий, необходимо создание геометрии максимально соответствующей действительности, что является отдельной задачей. На рисунке 1 представлена текущая активная зона реактора ИРТ-Т.

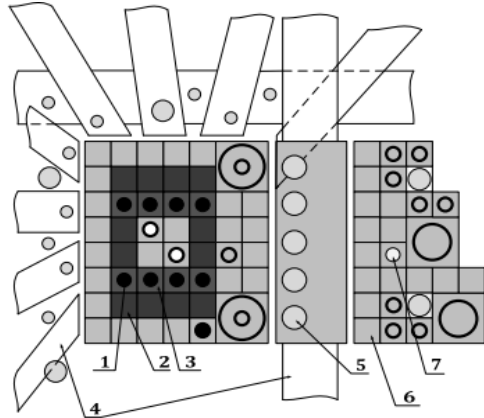


Рис. 1. Картограмма активной зоны реактора ИРТ-Т: 1—органы регулирования; 2– 8-ми трубные ТВС; 3– 6-ти трубные ТВС; 4– горизонтальные экспериментальные каналы; 5 – вертикальные экспериментальные каналы; 6–бериллиевые блоки; 7– экспериментальный канал с водой.

Как можно видеть, активная зона реактора содержит множество элементов, которые необходимо было учесть при создании расчетной модели, включая все экспериментальные каналы. На рисунке 2 представлена расчётная модель активная зона реактора ИРТ-Т.

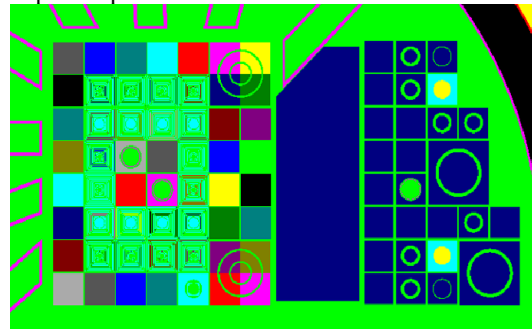


Рис. 2. Расчетная модель активной зоны реактора ИРТ-Т, созданная в MCU-PTR

Созданная модель полностью соответствует текущей модели реактора ИРТ-Т, что дает возможность получать результаты, по которым можно судить о качестве исследований.

## Расчет энерговыделения

В экспериментальном горизонтальном канале расчетной модели реактора вдоль активной зоны были размещены образцы кремния для расчета плотностей потоков нейтронов и гамма-квантов, необходимых дальнейшего определения величины



энерговыделения. На рисунке 3 представлено суммарное распределение энерговыделения от гамма-квантов и нейтронов на образцах.

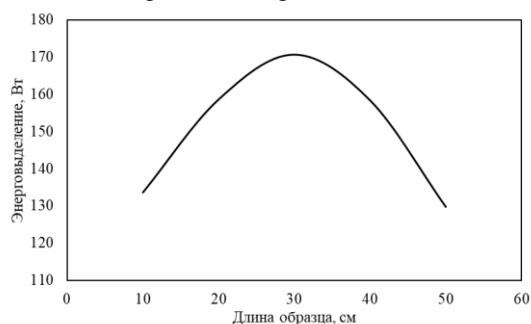


Рис. 3. Распределение энерговыделения по длине образца

Как можно видеть форма распределения имеет форму косинуса, следовательно, наибольшее значение величины энерговыделения находится по центру относительно активной зоны, что соответствует действительности. Суммарное энерговыделение во всем образце составляет 752 Вт.

#### Моделирование процесса охлаждения образцов в процессе облучения

Исходя из реальной конструкции контейнера для облучения кремния и размеров экспериментального канала в программе Solidworks была создана 3D-модель для оценки градиентов температур в образцах. На рисунке 4 представлена созданная модель контейнера с образцом.

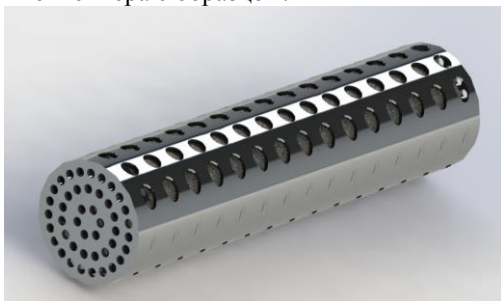


Рис. 4. Модель контейнера для облучения

Для решения физической задачи были заданы граничные условия: давление, объемный расход воздуха, температура среды и материалов. В качестве источника тепла был задан образец кремния. Чтобы воссоздать максимально приближенные условия к реальности, моделируется прокачка воздуха из экспериментального канала с расходом 150 м<sup>3</sup>/ч. На рисунке 5 представлено сечение контейнера с распределением температур в твердых телах в процессе облучения и охлаждения.

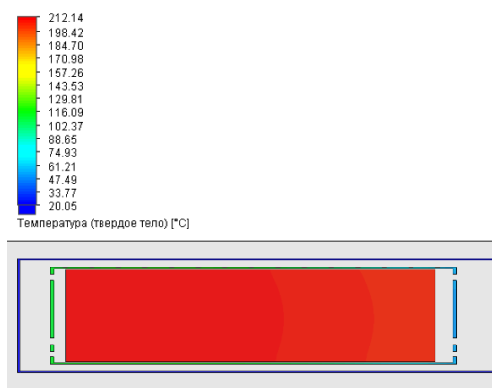


Рис. 5. Распределение температур в твердых телах при охлаждении

Как можно видеть, температура образца находится в диапазоне 200-212 °C при максимальной температуре воздуха в зазорах между образцом и контейнером 120 °C. Средняя и максимальная скорости воздуха, зафиксированные в процессе расчета составляют 2,3 м/с и 5,6 м/с соответственно. К сожалению, в настоящее время не имеется экспериментально зафиксированных значений температур при охлаждении, поэтому нельзя точно судить о точности полученных значений.

#### Заключение

По полученным данным можно сказать, что MCU-PTR позволяет производить моделирования нейтронно-физических расчетов для различных задач с заданной точностью, так как полученные значения плотностей потоков нейтронов и гамма-квантов, использованных при расчете тепловыделения имеют отклонение от экспериментальных до 7%.

Для установления погрешности определения температур в твердых телах и скорости движения воздуха в процессе облучения и охлаждения, полученных при решении физической задачи в Solidworks, необходимо проводить эксперимент с использованием термопар. Однако, как можно видеть из рисунка 5, функции программы позволяют визуально оценить распределение температур в процессе исследования.

#### Список использованных источников

1. Нейтронно-физические параметры исследовательского ядерного реактора ИРТ-Т / Варлачев В.А., Головацкий А.В., Емец Е.Г., Солодовников Е.С., Усов Ю.П., Худолеев П.Н. // Известия вузов. Физика. – 2012. – т. 55. – №11/2. – С. 39–44.
2. Гуревич М.И., Шкаровский Д.А. Расчет переноса нейтронов методом МонтеКарло по программе MCU: Учебное пособие. М.: НИЯУ МИФИ. – 154 с.
3. Алямовский А.А. SolidWorks Simulation. Как решать практические задачи. — СПб.: БХВ-Петербург, 2012. — 448 с.

# РАЗРАБОТКА ВИРТУАЛЬНОЙ СРЕДЫ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ УЧЕБНЫХ И ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Д.Д. Исунц

Томский политехнический университет

ddi2@tpu.ru

## Введение

В настоящее время развитие информационной эпохи заставляет систему образования решать задачу формирования новых основ информационной культуры будущих специалистов. Сейчас, благодаря глобальной информатизации общества, компьютеры в сфере образования встречаются не только на курсе «Информатики», но и во всех других дисциплинах, что влияет на компьютерную и информационную грамотность обучающихся.

Для решения данной задачи отлично подойдет такой информационный ресурс, как виртуальные лаборатории. В данных лабораториях студенты смогут выполнять работы с установками, которых нет в их образовательном учреждении (по различным причинам, как финансовым, так и к примеру, при нехватке места для размещения установок), или же которые являются особо опасными для здоровья (например, моделирование виртуальной среды при работе с реактором), или повторно выполнить работу виртуально, после появления вопросов при реальном выполнении задания в лаборатории.

Целью проекта является создание виртуальных лабораторных комплексов по нескольким дисциплинам, позволяющих проводить лабораторные работы в рамках курса. Данное решение позволит повысить навыки самообучения у студентов, выполняющих работу.

## Описание проекта

Пользователь, с помощью созданного интерфейса управления, передвигается персонажем (студентом) по виртуальной среде (лаборатории). В сцене также присутствуют необходимые лабораторные установки, измерительные приборы и вспомогательный помощник (преподаватель).

Виртуальная среда для каждой дисциплины создается на основе моделирования реальной лабораторной аудитории. Дизайнеры проекта, посредством снимков лаборатории, создают и масштабируют все объекты, присутствующие в кабинете и необходимые для выполнения различных работ.

Рассмотрим пример реализации одной из работ по дисциплине «Общая энергетика» (Рис. 1).



Рис. 1. Снимок экрана программы. Лаборатория

Данная среда смоделирована по реальному учебному кабинету, в котором проводится данная лабораторная работа. В лаборатории реализован монитор, на котором студенту сначала необходимо ознакомиться с теоретическим материалом. После чего, преподаватель (в виде робота-дрона) приглашает пользователя к лабораторной установке (Рис. 2).

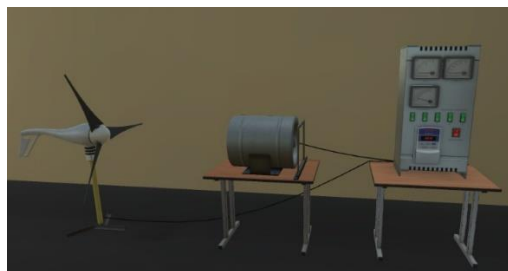


Рис. 2. Снимок экрана программы. Лабораторная установка

Студент, следуя указаниям дрона-преподавателя, выполняет все этапы лабораторной работы. Показатели приборов взяты из отчетов студентов, выполняющих эти работы в реальной лаборатории и сверены с преподавателями, проверяющими их.

В процессе выполнения задания, студент может подойти к проектору с теорией и во вкладке «Результаты» увидеть автоматически-заполняющуюся таблицу с полученными показателями прибора. В конце лабораторной работы можно сохранить полученный результат в виде Excel документа.

Реализованный дрон-преподаватель следует за студентом по всей аудитории, озвучивая шаги лабораторной работы (для каждой работы записываются аудиодорожки). С ним можно поговорить, попросив повторить следующий этап. Также на корпусе робота установлен небольшой монитор с подсказками (в виде шагов лабораторной работы), которым необходимо следовать пользователю для выполнения работы. В ситуациях, когда студент делает что-то не по порядку (к примеру, посреди работы установки пытается резко выключить сеть и т.п.), преподаватель останавливает его, озвучивая что конкретно студент делает не так.

Для большего погружения в лабораторную среду, присутствуют элементы интерактивного взаимодействия с объектами в аудитории. Например, студент может включить (выключить) свет, передвигать и садиться на различные стулья, открывать (закрывать) шкафчики, доставая из них различные приборы и объекты.

## Реализация проекта

Для реализации было принято решение работать со средой разработки Unity 3D. Данная среда позволяет настроить физику объектов, подключить написанные скрипты, описывающие логику программы, а также импортировать текстуры и модели, созданные дизайнерами в различных средах трёхмерного моделирования (таких как Blender, 3ds MAX и другие).

Был написан игровой движок (на языке программирования C#), описывающий логику взаимодействия персонажа с виртуальной средой и описывающий интерфейс управления самим персонажем. Таким образом, при появлении новой задачи по реализации виртуальной лаборатории, основной движок остается неизменным. Меняются лишь лабораторные установки, описывается логика и физика их работы, на проекторе появляется необходимая теория, заменяются звуковые файлы, озвучиваемые дроном на необходимые по данной работе. Также в некоторых проектах пользователю сначала необходимо пройти небольшое тестирование, прежде чем он получит допуск к выполнению работы.

Также для каждой новой лабораторной работы создается необходимая анимация, описывающая реальные явления. Несложная анимация, такая как вращение объектов, движение стрелок измерительных приборов и тому подобное, создаются внутри среды Unity 3D. Сложная же анимация, такая как парообразование, переливание жидкостей создаются в ранее названных приложениях 3D-моделирования.

Конечная сборка проекта обычно представлена в виде WebGL ресурса (позволяющем открывать приложение в интернет-браузере). Данный метод сборки удобен для размещения виртуальных лабораторных работ в различных системах образовательных электронных ресурсов, например, Moodle. При этом, с помощью WebGL можно открывать данный проект с любого устройства, что делает его более кроссплатформенным, так как всё что необходимо для запуска, это наличие интернет-соединения и минимальных системных требований у устройства. Пример запуска реализованного объекта в браузере приведен на рисунке 3.

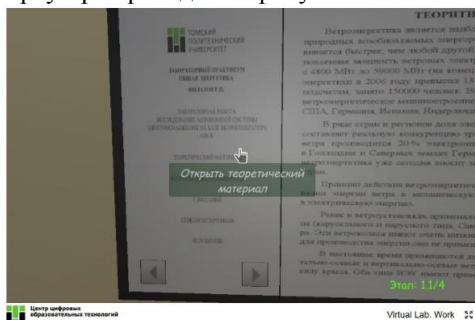


Рис. 3. Запуск приложения в браузере Mozilla Firefox с ПК

## Развитие проекта

В перспективах проекта, одной из главных целей является создание интерфейса управления не только с помощью контроллеров клавиатура + мышь, но и с помощью датчиков Lip Motion (датчики слежения за костями кистей рук пользователя) и шлемов виртуальной реальности. Данный движок заставит пользователей более естественно и глубоко погрузиться в лабораторную среду, а также позволит им более наглядно взаимодействовать с лабораторными установками.

## Заключение

В результате реализации данного проекта, было разработано несколько виртуальных лабораторий, в которых пользователь может выполнять необходимые по курсу дисциплины работы.

В будущем планируется улучшение созданного движка, добавление системы управления с помощью датчиков Lip Motion и шлемов виртуальной реальности, что позволит пользователю более естественно почувствовать себя в лабораторной среде.

Данные лаборатории помогут студентам, посредством индивидуальной работы с установкой, более подробно ознакомиться со всеми процессами и явлениями. Всё это ведёт к улучшению способов самообразования, к чему стремятся ведущие образовательные учреждения мира.

## Список использованных источников

1. Ромин Е. Создание трехмерной модели местности в Unity 3D [Электронный ресурс] – URL: [http://brainy.pro/ru/blog-ru/51-terrain\\_editor\\_ru](http://brainy.pro/ru/blog-ru/51-terrain_editor_ru) (дата обращения 24.10.2018).
2. Куприянов М. Дидактический инструментарий новых образовательных технологий – М. Куприянов.: Высшее образование в России. - 2001. - № 3.
3. Afanasyev, A.N., Voit, N.N., Kanev, D.S., Gulshin, V.A. Modeling of virtual simulators based on automata approach. Radio Eng, 2015. – с .5.

# ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПО ОБРАБОТКЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДВУМЕРНОГО МЕДИАННОГО ФИЛЬТРА

А.С. Козлова, А.Ю. Демин, И.А. Ботыгин  
Томский политехнический университет  
Ask93@tpu.ru

## Введение

Актуальностью задачи цифровой обработки является совершенствование существующих методов фильтрации, а также разработка новых методов [1].

В настоящее время цифровая обработка стала важной целью для реализации новых систем, например, в видеовещании – для повышения качества видеосвязи. Применение цифровой фильтрации решает множество проблем таких как: подавление шумов, различных помех, выделение краев и т.д [2].

В данной работе рассмотрен один из популярных фильтров обработки изображений – медианный фильтр.

## Медианная фильтрация

Медианная фильтрация – метод нелинейной обработки сигналов, разработанный Дж. Тьюки [3]. Стоит отметить, что медианная фильтрация - метод эвристической обработки. Поэтому, алгоритм не будет являться математическим решением какой-то строго сформулированной задачи. Ввиду этого, большое внимание исследователи уделяют анализу эффективности обработки изображений на его основе и сравнению с другими методами.

Существует множество видов медианного фильтра. Одним из его видов является одномерный медианный фильтр. Одномерный медианный фильтр состоит из скользящего окна, которое покрывает нечетное число элементов изображения. Центральный элемент заменяется медианой всех элементов изображения в окне. Для каждого положения окна выделенные в нем отступы ранжируются по возрастанию или убыванию значений. Медианной дискретной последовательности  $a_1, a_2, \dots, a_N$  для нечетного  $N$  является тот ее элемент, для которого существуют  $\frac{(N-1)}{2}$  элементов, меньших или равных ему по величине, и  $\frac{(N-1)}{2}$  элементов, больших или равных ему по величине.

Возможности анализа действия медианного фильтра ограничены. Можно показать, что медиана произведения постоянной  $K$  и последовательности  $f(j)$  равна:

$$\text{med}\{Kf(j)\} = K \text{med}\{f(j)\} \quad (1)$$

Медиана суммы постоянной  $K$  и последовательности равна

$$\text{med}\{K + f(j)\} = K + \text{med}\{f(j)\} \quad (2)$$

Алгоритм фильтрации имеет выраженную выборку для элементов массива с немонотонной составляющей последовательности чисел в пределах окна наблюдения и наиболее результативно исключает одиночные выбросы, отрицательные и поло-

жительные, попавшие на края наблюдения. С учетом ранжирования (коэффициента локального окна наблюдения) медианные фильтры отлично подавляют шумы, а также при оптимально выбранном окне наблюдения могут сохранять без искажений резкие границы объектов, подавляя некоррелированные и слабо коррелированные помехи и мало-размерные детали. Для сравнения при аналогичных условиях алгоритмы линейной фильтрации «смазывают» резкие границы и контуры объектов [4, 5].

Возможны и другие возможности применения медианного фильтра для подавления шумов. Одна из таких возможностей заключается в использовании фильтрации до тех пор, пока она приносит больше пользы, чем вреда. Вторая возможность применения состоит в том, что фильтр будет реализован с использованием фиксированной или изменяемой ширины окна. Несомненно, что двумерный медианный фильтр с окном размера  $L \times L$  обеспечивает лучшее подавление шума, чем последовательный одномерный медианный фильтр  $L \times 1$ .

Во многих случаях медианная фильтрация, в конечном итоге, более действенна по сравнению с линейными фильтрами. Это объясняется тем, что при удалении шума, например, типа «соль и перец», очистка сигнала от импульсных шумов происходит с сохранением значений на краях окна наблюдения. Заметим, что процедуры линейной обработки подходят лучше при гауссовом распределении шума.

## Реализация фильтра

В основу реализации медианного фильтра были положены формулы (1) и (2). Медианная фильтрация была выполнена в трех вариациях и в трех модификациях: двумерная фильтрация с параметром отступа 3, 5, 7 и раздельно по осям  $X$  и  $Y$  с параметром отступа 3,5,7.

Алгоритм медианного фильтра был реализован в среде программирования Microsoft Visual Studio 2015 на языке C# с использованием элемента управления Windows Forms.

Пользователю предлагается выбрать зашумленное изображение во вкладке «File - Open». После этого пользователь может выбрать одну из шести предложенных вариаций медианного фильтра (с учетом параметров отступа). После обработки изображения пользователь может сохранить отфильтрованное изображение в стандартных графических форматах, перейдя во вкладку «File – Save us».

Пример реализации разработанного интерфейса представлен на рисунке 1.



Рис. 1. Фрагмент интерфейса приложения

Анализируя отфильтрованные изображения, полученные в результате использования двумерного медианного фильтра, которые представлены на рисунке 2, можно сделать вывод, что полностью все шумы были убраны после первого применения медианного фильтра с коэффициентом 3. Последующее использование фильтра размывает изображение, делая его хуже.

### Заключение

В результате реализации программного обеспечения для обработки изображений с использованием медианного фильтра можно сделать вывод, что разработанный фильтр справляется со своей задачей по улучшению изображения.

К достоинствам разработанного медианного фильтра можно отнести:

1. Простая структура программной реализации фильтра.

Недостатками медианного фильтра являются:

1. При увеличении размера окна фильтра происходит размытие изображения;

2. Подавление белого и гауссового шума менее эффективно, чем у линейных фильтров;

3. Эффективность медианного фильтра достаточно чувствительна к степени зашумленности обрабатываемого изображения – сильно зашумленные изображения фильтруются плохо.

### Список использованных источников

1. Лоцманов А.А. Разработка и исследование структур адаптивных систем нелинейных и рекурсивных цифровых фильтров на основе метода наименьших квадратов для повышения показателей качества различных радиотехнических устройств: Диссертация. – Рязань: Изд-во: РГРТУ, 2004. – 182с.

2. Приоров А.Л. Обработка изображений двумерными нерекурсивными цифровыми фильтрами: Диссертация. – Ярославль: Изд-во ЯрГУ, 2010. – 538с.

3. Волосюк В.К., Кравченко. В.Ф. Статистическая теория радиотехнических систем дистанционного зондирования и радиолокации. – М: Физматлит, 2008. – 704 с.

4. Грузман И.С., Киричук В.С., Косых В.П., Перетягин Г.И., Спектор А.А. Цифровая обработка изображений в информационных системах: Учебное пособие. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2002. – 352 с.

5. Медианная фильтрация // URL: [https://ru.bmstu.wiki/index.php?title=Медианная\\_фильтрация](https://ru.bmstu.wiki/index.php?title=Медианная_фильтрация) (дата обращения: 08.11.2018).

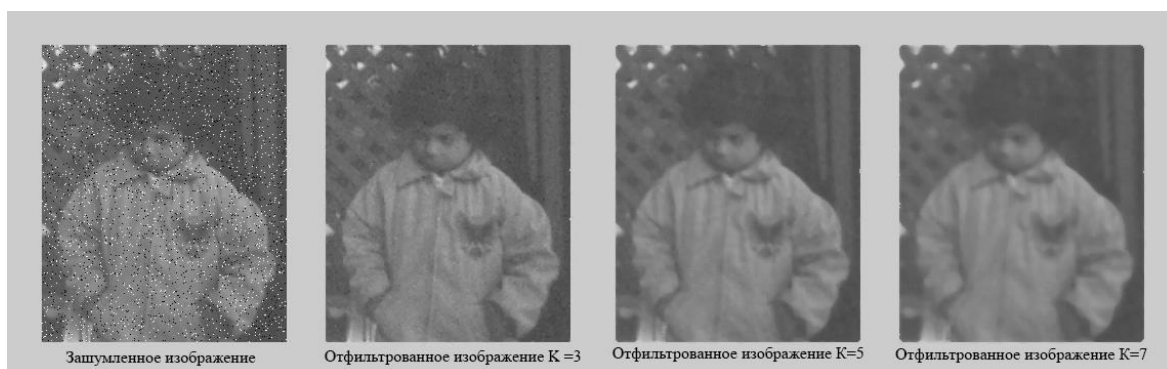


Рис. 2. Результат работы фильтра

# ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ГЕОХИМИЧЕСКОГО И ГЕОФИЗИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ

А.А. Липатникова, Е.В. Дьячков, Е.В. Обходская  
Научный руководитель: к.т.н., доцент А.В. Обходский  
Томский государственный университет  
lenaobx@yandex.ru

## Введение

Распространенной проблемой, возникающей при создании специализированных информационных систем обработки данных, является обеспечение сохранности быстрорастущих наборов разнородных данных. При дистанционном мониторинге месторождений углеводородов, который осуществляется с помощью специализированных авиационных лидаров, на выходе приборов образуется интенсивный поток разнородных данных. Для обеспечения эффективности их структурирования могут применяться реляционные базы данных. Актуальность применения технологий баз данных для построения информационной системы мониторинга месторождений углеводородов обусловлена рядом причин: ресурсы хранения данных децентрализованы, потоки сохраняемых данных неоднородны во времени, низкая степень защиты распределенных данных и сложность управления распределенными потоками информации, высокие затраты на специализированные технические средства, которые используются для поддержания рабочего режима информационной системы в целом. В таких условиях особую актуальность приобретают масштабируемые решения на основе распределенных баз данных.

При создании информационных систем геохимического и геофизического мониторинга месторождений углеводородов (далее - GEOSpectra) применяются специализированные алгоритмы обработки данных спектрометрии, от скорости и точности выполнения которых зависит достоверность предоставляемых пользователям данных [2].

## Структура информационной системы

Схема структурная комплекса технических средств для функционирования информационной системы представлена на рисунке 1.



Рис. 1. Структура комплекса технических средств информационной системы

Система хранения данных (СХД) была построена с применением NAS-архитектуры хранения данных, обеспечивающей работу системы по принципу сетевого хранилища и масштабирование ресурсов памяти.

При работе с СХД пользователю предоставляется выбор между сохранением данных в базе и чтением данных из базы с последующим отображением.

Доступ пользователей к геохимическим и геофизическим данным осуществляется через Web-сервер при помощи набора сетевых протоколов HTTP.

Система хранения данных реализует функции, которые позволяют Web-ориентированному приложению:

- осуществлять поиск данных по набору задаваемых пользователем атрибутов;
- загружать данные из базы в рабочую область приложения с проведением их обработки;
- записывать данные геохимического и геофизического мониторинга с помощью приложения в базу.

Задача проектирования логической структуры базы данных состояла в определении состава таблиц и атрибутов (полей) таблиц базы данных. Для каждого поля были определены тип, название и сформировано его содержание (рисунок 2). Для минимизации объема отдельных таблиц, каждому полю было присвоено уникальное обозначение. Обозначения выбирались с учетом сохранения логической связи с названиями полей. Например, поле «Deposit name» обозначено символами «DEP\_NAME», полю «Measurement ID» присвоено обозначение «MEASURE\_ID» и так далее.

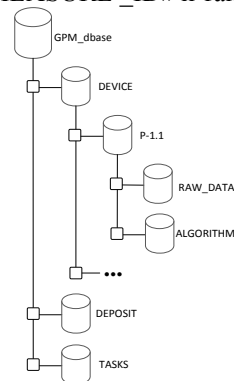


Рис. 2. Физическая структура базы данных информационной системы

### Обработка данных в информационной системе

Для реализации функций обработки данных в информационной системе геохимического и геофизического мониторинга месторождений углеводородов разработано программное обеспечение, обеспечивающее анализ спектров, получаемых с лидарных комплексов.

Основным назначением этого программного обеспечения является обработка спектров комбинационного рассеяния (СКР) с помощью алгоритмов нейронной сети, которая предварительно проходила обучение. Суть алгоритмов обработки СКР заключается в сравнении их со спектрами уже известных на сегодняшний день месторождений, которые хранятся в базе данных и на которых обучается ИНС. Результатом работы программного обеспечения является выходной набор данных, содержащий список известных месторождений и степень схожести спектров каждого из них с обрабатываемым спектром.

Данные, полученные с лидарных комплексов, сохраняются в базе данных информационной системы, расположенной на сервере хранения данных (СХД). Пользователь в автоматическом режиме формирует набор спектров, подлежащих обработке с привязкой к карте анализируемой местности.

В процессе работы пользователь выбирает, какие действия необходимо выполнить: анализ местности с использованием параметров уже обученной нейронной сети или переобучение сети. В первом случае пользователю необходимо загрузить файл с входными данными, во втором – выбрать параметры обучения и загрузить файлы с обучающей выборкой.

После обучения нейронной сети все входные файлы содержащие спектры импортируются в рабочий каталог программы функционирующей в системе обработки данных. Каждый спектр обрабатывается нейронной сетью с настроенными значениями весов и в результате выходным нейронам присваивается определённое значение от 0 до 1, по которым можно судить о степени схожести обрабатываемого спектра со спектром действующего месторождения, использованного при обучении. Пример содержания выходного набора данных приведён на рисунке 4.

```
Месторождение 1 - 78,45 %
Месторождение 2 - 4,54 %
Месторождение 3 - 0,51 %
...
```

Рис. 4. Пример содержания файла с результатом работы ПО

После обработки результаты передаются пользователю и отображаются на карте с привязкой по координатам местности, где осуществлялось измерение исходных спектров лидарами.

В результате геохимического обследования территории делается вывод о перспективности местности в части нефтегазоносности и принимается решение о проведении микросейсмических исследова-

ний для подтверждения достоверности гипотезы. Количество значений в спектрах, полученных с лидарных комплексов и объем сохраняемых в базе данных, зависит от выбранной в настройках лидара частоты испускания зондирующих импульсов.

Исследование эффективности алгоритма обработки данных проводилось путем подачи на вход зашумленного СКР месторождения № 1, был получен результат, отображённый на рисунке 5.

```
Server: got connection from 92.68.215
Device count: 1
Using device: GeForce GTX 1070
-----
Network: 320x160x3
Activation functions: 2 1 2
Training on: GPU
Algorithm: Batch
Desired Error: 0.001000
Max epochs: 100000
Epochs between reports: 1000
Learning rate: 0.400000
Momentum: 0.000000
Shuffle: ON
Error function: LINEAR
-----
Training complete.
Accuracy: 1
Values of output neurons: 0.890095 0.000139207 0.00941809
Ideal: 1 0 0
Time: 2.25172
```

Рис. 5. Результат тестирования алгоритма обработки данных

Из результатов эксперимента можно сделать вывод о том, что обрабатываемый спектр на 89 % совпадает с месторождением № 1, т.к. при совпадении на 100 % ему должен соответствовать вектор выходных значений (1 0 0). На практике такой результат даёт повод для дополнительной проверки участка местности как с помощью лидара так методом сейсморазведки.

### Заключение

В ходе работы была разработана и реализована информационная система геохимического и геофизического мониторинга месторождений углеводородов. Разработано Web-ориентированное программное обеспечение, позволяющее пользователям сохранять результаты геохимических и геофизических измерений, а также задавать параметры для доступа к необходимой информации. Для проведения экспериментов использовалась вычислительная задача, состоящая из определения степени схожести обрабатываемого спектра на эталонные спектры уже действующих месторождений. Результаты исследований свидетельствуют об эффективности применения технологии баз данных и алгоритмов нейронных сетей для построения систем геохимического и геофизического мониторинга месторождений углеводородов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, уникальный идентификатор работ (проекта) RFMEFI57817X0237.

### Список использованных источников

1. Ларионцева Е. А. Эволюция структур управления данными [Текст] // Наука и образование. – 2011. – № 11. – С. 1–3.
2. Бузников А. А., Гришканич, А. С. Дистанционное зондирование окружающей среды [Текст]. – СПб: Издательство СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2015. – 48 с.

# МЕТОДИКА РЕКОНСТРУКЦИИ ФОНЕМ ГОЛОСА ЧЕЛОВЕКА

Лань Г.

Научный руководитель – Фадеев А.С.  
Томский политехнический университет  
lanber@tpu.ru

## 1. Введение

С повсеместным использованием цифровой техники высокую актуальность приобрела задача распознавания речи человека с целью управления устройствами с помощью голосовых команд. Традиционно [1, 2, 3] задача распознавания голоса декомпозируется на три подзадачи: идентификация отдельных звуков букв и слов, идентификация отдельно голоса человека на фоне звучания других голосов и общего шума, идентификация эмоций и интонационной окраски речи.

Целью настоящей работы является формирование аналитического описания фонем на основе связанных параметров, которое позволит проводить исследование динамических свойств речи человека, осуществлять моделирование и синтез звуков, букв, слов и предложений человеческой речи.

## 2. Анализ формант человеческой речи

Слово состоит из одного или нескольких слогов, которые в свою очередь состоят из одной или нескольких фонем [4]. В настоящей работе анализируется отрезок времени, в течение которого фонема становится квазистационарной. На протяжении этого времени фонема почти неизменна, как и ее спектральные составляющие.

Для синтеза квазистационарной части фонем было предложено декомпозировать звук выдержки фонемы на отдельные простые компоненты частотного спектра – форманты [4, 5], получить их аналитическое описание и исчерпывающий перечень параметров, позволяющих создать математическую модель для синтеза процесса выдержки каждой форманты и звука фонемы в целом.

Векторы параметров формант были представлены в виде параметрической матрицы:

$$M_F = \begin{pmatrix} F_1 & F_2 & F_3 & \dots & F_N \\ P_1 & P_2 & P_3 & \dots & P_M \end{pmatrix}, \quad (1)$$

где  $F_i$  – вектор параметров  $i$ -ой форманты,  $M_F$  – матрица параметров фонемы.

Для анализа фонемы и ее формант использовались амплитудно-частотные характеристики (АЧХ), представляющие собой спектр сигнала. АЧХ были получены применением быстрого преобразования Фурье (БПФ) к исходной последовательности заранее дискретизированного сигнала.

На рисунке 1 представлена АЧХ фонемы «А». На рисунке показано, что основная энергия звука сконцентрирована в диапазоне 100–1500 Гц, а наибольшей амплитудой обладает шестая

форманта, имеющая частоту 1251 Гц. Более высокочастотные гармоники, частоты выше 1500 Гц, имеют меньшую амплитуду, фактически они едва различимы на фоне шума. В виду малой амплитуды, такими частотами можно в дальнейшем пренебречь.

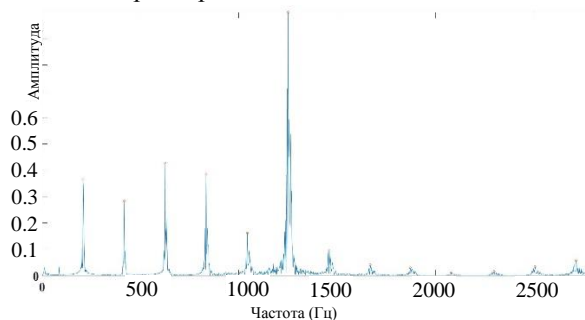


Рис. 1. Спектр фонемы буквы «А».

Для реконструкции отдельных формант был предложен метод параметрического описания формант речи человека на основе полученных АЧХ. Определено два параметра, однозначно характеризующих статические свойства формант в процессе выдержки: амплитуда и частота.

$$F_i = (A_i \quad v_i), \quad (2)$$

Где  $A_i$  – значение амплитуды  $i$ -ой форманты;  $v_i$  – значение частоты  $i$ -ой форманты.

В частотном распределении (рисунок 1) имеется несколько пиков – один такой пик соответствует одной форманте. Соответственно точка экстремума пика характеризуется двумя величинами: амплитудой  $A$  и частотой  $v$ .

Анализ АЧХ и полученных параметров позволил выделить отличительные особенности формант гласных букв.

## 3. Синтез фонем

Для реализации возможности оценки качества описанного метода, была предложена модель реконструкции фонем речи человека по полученным параметрическим матрицам:

Где  $A_i \cdot \sin(2\pi v_i t)$  – формантная компонента (форманта) сигнала;  $A_i$  – значение амплитуды;  $v_i$  – значение частоты форманты;  $t$  – время.

В таблице 1 приведены матрицы параметров

$$f(t) = \sum_{i=1}^N A_i \cdot \sin(2\pi v_i t), \quad (3)$$

двух гласных букв алфавита «О» и «А». Форманты буквы «О» обладают следующими характеристиками: номера основных формант – 2, 3, 4; диапазон частот распределения энергии – 80–1200 Гц.



Таблица 1. Значения параметров формант гласных букв

	«О»		«А»	
	$A_i$	$\nu_i$	$A_i$	$\nu_i$
$F_1$	0,0474	87	0,3645	208
$F_2$	0,9109	224	0,2842	417
$F_3$	0,6099	447	0,4272	625
$F_4$	1	671	0,3857	833
$F_5$	0,0765	905	0,1626	1043
$F_6$	0,0209	1118	1	1251
$F_7$	-	-	0,0959	1459
$F_8$	-	-	0,0417	1668
$F_9$	-	-	0,0304	1871

Оценка параметрической матрицы, значения которой определены эмпирически, происходит путем сравнения синтезированного по данным параметрам сигнала с оригинальным. На рисунке 2 представлены АЧХ оригинальной и синтезированной фонем.

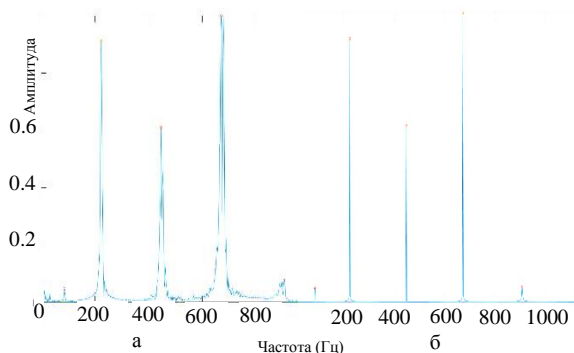


Рис. 2. Спектры оригинальной (а) и синтезированной (б) фонем буквы «О».

Набор параметров значений матриц зависит от свойств фонемы. Так, для реалистичной реконструкции звукозаписи гласной буквы «О» применена матрица, состоящая из восемнадцати числовых параметров, описывающих девять значимых формант. Для построения более точной модели, необходимо учитывать все значимые форманты фонемы. Другим условием точности сравнения оригинального и синтезированного сигнала является равная продолжительность звучания сигналов.

## Заключение

В настоящей статье предлагается метод получения связанных параметров, описывающих амплитудно-частотные свойства отдельных формант гласных букв. В процессе получения значений параметрических векторов формант показана возможность декомпозиции сигнала на отдельные гармоники для относительного изолированного описания динамики их АЧХ, дальнейшего модерирования сигнала на их основе и оценки качества созданной модели.

Разработан метод получения параметрической матрицы для описания звука голоса человека, состоящей из параметров всех векторов всех значимых формант. Данные параметры отражают относительную громкость каждой форманты в общем потоке, а также они характеризуют общие закономерности фонемы. Метод позволяет выполнять моделирование и реконструкцию звука отдельной фонемы на основе полученных параметрических матриц. Состоятельность данного метода подтверждена созданием банка параметрических матриц на основе записей речи нескольких человек и проведенной оценкой синтезированных для данного банка сигналов.

## Список использованных источников

1. Zhang, X. Digital Speech Processing and MATLAB Simulation (Second Edition) / Электронная промышленность // X. Zhang – ЦНИИ «Электроника», 2016.
2. Rabiner, L. Theory and Applications of Digital Speech Processing / Journal of Applied Mechanics // L. Rabiner, R. Schafer – 2010. – №30. – vol.1. – Pp. 445—447.
3. Фролов, А.В. Синтез и распознавание речи. Современные решения [Электронный ресурс] / А.В. Фролов, Г.В. Фролов – 2013. – Режим доступа: <http://frolov-lib.ru/books/hi/index.html> (дата обращения: 17.06.2018).
4. Лань Г., Моргунов А.Н., Моделирование и синтез фонем гласных букв, «Вестник современных исследований» Выпуск № 10-3 (25) 2018, ISSN 2541-8300. с.130 – 135.
5. Фадеев А. С., Кочегурова Е. А. Метод преобразования форматов музыкальной информации /А. С. Фадеев, Е. А. Кочегурова//Цифровая обработка сигналов. - 2007. -№ 3. -С. 49.

© Г. Лань, 2018

# ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ ДЛЯ КРЕАТИВНЫХ АГЕНТСТВ, СПЕЦИАЛИЗИРУЮЩИХСЯ НА DIGITAL-УСЛУГАХ

А.В. Ломаченков  
Руководитель Д.Г. Лагерев  
Брянский государственный технический университет  
alexlom96@gmail.com

## Актуальность и проблемы

Рынок интернет-рекламы с каждым годом растет и пополняется новыми инструментами. Одни сменяют устаревшие, другие дорабатываются и становятся все более «умными» и эффективными.

Сегмент интернет-рекламы продолжает наращивать объемы и показывает уверенный рост. По данным АКАР [1], в 2018-м интернет обошел ТВ по объемам рекламы за первое полугодие года: 90.0-91.0 млрд руб. против 90.5-91.5 соответственно.

Данные показатели обеспечивают крупнейшие рекламодатели, которые тратят деньги на размещение на различных площадках в интернете. Чаще всего реклама бренда в интернете происходит при помощи специализированного агентства, обладающего созданием сайта, медийной рекламой или рекламой в социальных сетях. Даже если бренд самостоятельно осуществляет рекламную активность, возникает потребность в подборе и грамотном управлении узкоспециализированной командой специалистов.

Любая маркетинговая стратегия бренда реализуется поэтапно – с помощью проектов. В рамках проекта могут быть задействованы различные инструменты коммуникации с потребителями: создание и наполнение сайта, контекстная реклама в поисковых системах, контент-маркетинг и таргетированная реклама в социальных сетях и т.д. Проект подразумевает под собой решение ряда специфических задач командой проекта [2]. Основные проблемы, с которыми сталкиваются компании при реализации рекламных проектов в интернете:

- соответствие целей проекта (измеримых и четких) с задачами проекта – в digital-индустрии легко «заиграться» и уйти в работу над неверными показателями;
- четкое планирование и разделение ответственностей на проекте - поскольку чаще всего в агентствах проекты идут параллельно, важно грамотно приоритизировать задачи, а также соблюдать поставленные сроки;

## Архитектура

Разработанный программный комплекс построен на основе архитектуры клиент-сервер (рис. 1). Клиентская часть системы обращается по сети к серверной части. Клиентские задачи выполняет браузер и мобильное приложение на смартфоне, а серверные – веб-сервер. Запросы пользователя направляются базе данных, в которой хранятся

списки задач, описания и технические характеристики задач, KPI и так далее. Необходимые данные извлекаются из социальных сетей через плагины для работы с ними. По полученным результатам веб-сервер формирует ответ и направляет его в браузер клиента или мобильное приложение.

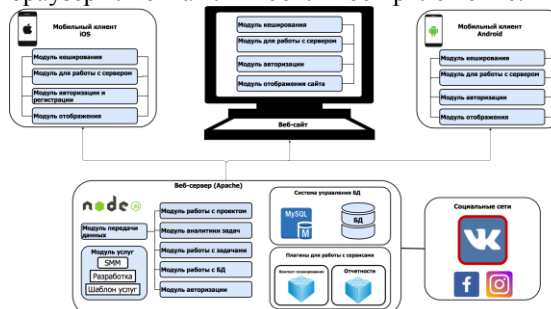


Рис. 1. Архитектура программного комплекса

## Разработанный программный комплекс

В программном комплексе в качестве веб-сервера используется Apache-2.2 [3]. Система управления БД – MySQL-5.5 [4], к преимуществам которой можно отнести:

1. Функционал, поддерживающий большинство функционала SQL [5].
2. Большое количество функций, обеспечивающих безопасность, которые поддерживаются по умолчанию.
3. MySQL легко работает с большими объемами данных и легко масштабируется.

В качестве среды для разработки мобильного приложения под Android была выбрана AndroidStudio.

В качестве среды разработки мобильного приложения под iOS была выбрана xCode.

В качестве языков программирования для разработки веб-сайта были выбраны PHP [6] и JavaScript. Среда разработки – Atom.

В рамках данной работы уже реализованы плагины для работы с контент-планированием (рис. 2) в сообществе и отчетностью (рис. 3).

Рис. 2. Добавление рубрики и целей продвижения плагина контент-планирование

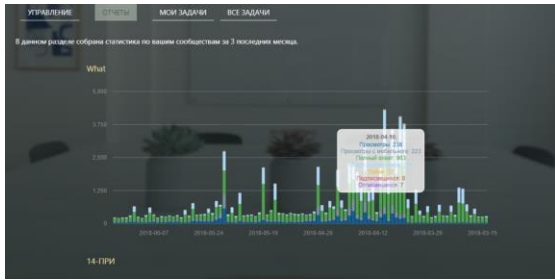


Рис. 3. Пример отчетности из плагина отчетности

## Заключение

В результате выполнения данной работы была исследована предметная область, выявлен ряд проблем, с которыми сталкивается digital-агентство, спроектирована архитектура разрабатываемого программного комплекса, реализованы и внедрены плагины контент-планирования и отчетности. На текущий момент сервис уже решает ряд задач для специалистов:

1. Анализ существующего сообщества либо сообщества-конкурента, анализируемого сообщества.
2. Возможность выбирать список сообществ для анализа их публикаций.
3. Генерация списка рубрик сообщества с возможностью назначения постам рубрик из списка. Каждая из рубрик имеет цель (вовлечение пользователей, нацеленность на продажу, формирование доверия).
4. Ранжирование рубрик в зависимости от целей сообщества с учетом показателей данной рубрики (количество отметок «Мне нравится», комментариев и так далее).
5. Выявление оптимального времени публикации записей на основе анализа данных о количестве пользователей онлайн в течение дня.
6. Распределение рубрик по контент-плану в соответствии с рейтингом рубрик и публикаций.
7. Периодический анализ сообщества и публикаций, корректировка контент-плана в соответствии с показателями.
8. Интеграция с подсистемами хранения, редактирования и планирования публикаций.

9. Составление общих отчетов по продвижению сообществ.

Использование данного программного комплекса позволяет существенно сократить время работы SMM-специалиста, дает возможность анализировать данные публикаций в сообществах социальных сетей; позволяет сократить возможное число ошибок при занесении и анализе информации.

Следующий этап работы над программным комплексом управления проектами для креативных агентств, специализирующихся на digital-услугах – разработать единый интерфейс, объединяющий все части системы и программная реализация блока с задачами, включающая в себя работу над модулями: модуль работы с задачами и модуль аналитики задач, основывающийся на практиках ITIL и PMBoK. Данный модуль позволит пользователям системы (специалистам креативных агентств) тратить значительно меньшее количество времени на планирование и расставление приоритетов.

## Список использованных источников

1. Объем рекламы в средствах ее распространения в I полугодии 2018 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.akarussia.ru/knowledge/market\\_size/id8424](http://www.akarussia.ru/knowledge/market_size/id8424)
2. Вылегжанина А.О. Мультипроектное управление и системы проектного управления. Учебное пособие. – М. – Берлин: Директ-Медиа, 2015. – 160 с.
3. HTTP сервер Apache [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habrahabr.ru/post/137388>.
4. MySQL. Основные сведения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://hostalavista.ru/baza-dannyh-mysql-osnovnye-svedeniya/18>.
5. Грофф, Дж.Р. SQL. Полное руководство / Дж.Р. Грофф, П.Н. Вайнберг, Э.Дж. Оппель. – Вильямс, 2015. – 959с.
6. Маркин, А.В. Основы Web-программирования на PHP / А.В. Маркин, С.С. Шкарин. – М.: Диалог-МИФИ, 2012. – 256с

# ПОДГОТОВКА ДАННЫХ С ВЫСОКИМ УРОВНЕМ ОШИБОК И ШУМА К ОБРАБОТКЕ АЛГОРИТМАМИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Р.Э. Мнацаканян

Научный руководитель: А.В. Кудинов  
Томский политехнический университет  
rafaelmnatsakanyan@yandex.ru

## Введение

Алгоритмы машинного обучения применяются там, где строгий алгоритмический подход решения задачи либо очень труден и дорог, либо пока не придуман. Одной из таких задач стало предугадывание высоковероятных случаев повторного вызова скорой помощи. Задача имеет высокую потенциальную социальную полезность, так как позволяет снизить издержки на повторные выезды к одному и тому же больному, настаивая на превентивной госпитализации в предсказанных случаях.

## Задача машинного обучения

В данном проекте требуется решить задачу классификации, распределив вызовы по двум категориям – предшествующие повторному вызову, или нет. Для данных целей можно применить, как нелинейные классификаторы, так и нейронные сети различных топологий. Однако при любом подходе для обучения классификатора необходимы хорошо представимые математически, чистые и хорошо структурированные данные, которые несут в себе много смысловой нагрузки [1].

## Обрабатываемые данные

Медицинские данные разбиты на три связанные таблицы. Первая таблица (270000 записей) содержит информацию обо всех вызовах скорой помощи в Томске за полуторагодовой период. Данные заполняются диспетчером и врачом, который вел прием. Из-за специфики работы СМП данные очень лаконичны и содержат только самое необходимое для коммуникации диспетчера и врача, а именно:

- адрес вызова;
- описание пациента и его проблемы;
- комментарий от диспетчера;
- временные метки каждого этапа обработки вызова;
- результат вызова с поставленным диагнозом.

Вторые две таблицы (около 1000000 записей), связанные с первой при помощи уникальных, персонифицированных ID пациентов, описывают различные врачебные приемы, каждая строка в которых содержит дату приема, профиль врача, анамнез, результат осмотра и рекомендацию специалиста.

Фактически задача подготовки данных разбилась на две подзадачи. Подготовить таблицу вызовов СМП и подготовить таблицы медицинских осмотров.

## Таблица вызовов СМП

Полученные от медучреждений данные являлись очень зашумленными и фактически мало пригодными для обработки в сыром виде. Фундаментальная проблема в том, что данные в информационную систему люди вносят вручную, что приводит к огромному количеству опечаток, пропусков в данных и орфографических ошибок. Слабо унифицированные данные, в которых название одной улицы может быть записано десятком разных форм, были подвергнуты множеством различных методов улучшения текстовой информации [3].

Для первого приближения необходимо найти все вызовы к каждому уникальному человеку. Для этого необходимо сгруппировать вызовы самостоятельно, потому что ID пациентов оказался не заполнен для многих вызовов. Для данного приближения было предположено, что объединение таких признаков, как “пол”, “дата рождения”, “улица” и “номер дома” будет достаточно для указания на конкретного человека.

Пол и дата рождения были проверены на грубые ошибки методом подсчета уникальных обозначений для пола и построением гистограмм для даты рождения [1]. Таким образом, все найденные варианты записи пола были каталогизированы и заменены на ‘Ж’ и ‘М’, для женского и мужского пола соответственно. Анализ гистограммы, в свою очередь, показал сильно выбивающиеся элементы в ряду, которые не поддавались логическому объяснению. Каждый такой случай был рассмотрен отдельно, как например, человек с указанным 2070 годом рождения. Все эти данные были исправлены и впоследствии представляли собой распределения, объяснимые знаниями из реальной жизни. Так, например, женщин, вызывающих скорую помощь больше на 10%, а на возрастной гистограмме заметна просадка количества вызовов от пожилых людей, которые жили во время Великой отечественной войны.

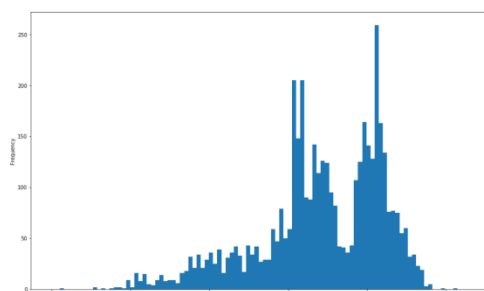


Рис. 1. Отчищенная возрастная гистограмма людей с кардиологическими проблемами

Поля улица и номер дома были унифицированы еще хуже. Например, слово микрорайон было обнаружено в 8 разных вариантах написания. Для того, чтобы уменьшить количество различных названий семантически одинаковых объектов, были составлены списки различных написаний одних и тех же объектов. Программно каждый найденный объект из этого списка заменялся одним выбранным наименованием. Из-за невозможности проверить все данные вручную, проблема с разными окончаниями улиц была решена при помощи укорачивания всех слов до определенной длины. Таким образом определить, является ли конкретный вызов – вызовом с одного адреса, стало возможно в автоматизированном режиме.

Проблема с домами имела иную природу и специфику. Из-за отсутствия договоренностей в нумерации домов, номер дома часто не просто число, а указание номера и строения, номера и дроби и так далее.

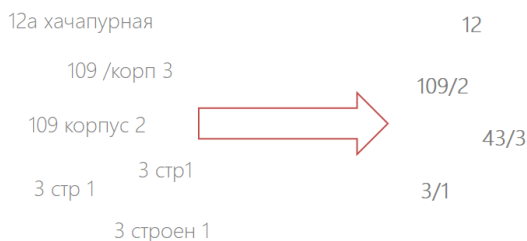


Рис. 2. Преобразование номеров домов.

Проблема, ухудшается человеческими ошибками и опечатками. Было решено удалить все буквенные символы, оставив лишь числа, разделив их слешем, если они располагались не подряд. Данное решение позволило уменьшить количество различных вариантов больше чем на 60%.

### Таблица приемов СМП

Данная таблица содержит запись врачебного приема в свободной форме.

15.09.03.2018	Прием (осмотр, консультация) врача-терапевта #111.9	жалоб не предъявляет. Прием начала инсульта: около 19ч
15.09.12.2017	Осмотр (консультация) специалиста в приемном СЭС-4	
15.02.01.2018	Прием (осмотр, консультация) врача-терапевта у СЭС-2	

Рис. 3. Наполнение таблицы приемов

Большие массивы текста невозможно использовать напрямую для машинного обучения, поэтому существует несколько подходов их преобразования. Было решено использовать частотный анализ слов и word embedding (превращение слов в векторы, где семантически близкие слова являются математически близкими векторами).

### Используемые технологии

Для анализа данных и последующего обучения был использован стандартный набор инструментов для анализа и машинного обучения:

- Язык программирования Python.
- Библиотеки для машинного обучения TensorFlow, Keras и scikit-learn [2].
- Библиотеки для обработки данных: Pandas, matplotlib и другие [2].

### Заключение

Классификаторы, оперирующие лишь данными скорой помощи, могут предсказать до **23,5%** повторных вызовов. До обработки данных, успешное предсказание находилось в пределах статистической погрешности.

Подготовка данных позволила значительно улучшить точность предсказания классификаторов, однако все еще ведется работа по интегрированию информации о врачебных приемах в систему, для улучшения точности предсказания повторных вызовов.

### Список использованных источников

1. Jeffrey Stanton, An introduction to datascience – Syracuse University, 2013.
2. Рашка С. Python и машинное обучение / пер. с англ. А. В. Логунова. М.: ДМК Пресс, 2017. – 418 с.: ил.
3. Davy Cielen, Arno D.B. Meysman, Mohamed Ali Introducing Data Science – Manning Publications Co., 2016.

# ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ О ДИАБЕТИЧЕСКОЙ РЕТИНОПАТИИ НА СНИМКАХ С НИЗКОЙ СТЕПЕНЬЮ ДОВЕРИЯ

И.С. Ванюшин, К.Р. Марупова  
Научный руководитель – к. т. н., доцент Фофанов О. Б.  
Томский политехнический университет  
iwdnot@gmail.com

Диабетическая ретинопатия — одно из наиболее тяжёлых осложнений сахарного диабета проявление диабетической микроангиопатии, поражающее сосуды сетчатой оболочки глазного яблока, наблюдаемое у 90% пациентов при сахарном диабете. [1]. По расчетам специалистов количество людей, болеющих сахарным диабетом, к 2025 году может достигнуть критической отметки — 300 миллионов человек [2].

Одним из важнейших элементов работы с моделями является процесс подбора данных для модели – поиск уже готового набора данных, либо же создание своего собственного. Характер данных в поставленной задаче таков, что составлять свой датасет не представляется возможным – данные крайне специфичны и должны составляться с помощью специалиста, обладающим экспертным знанием в предметной области. Поэтому было принято решение воспользоваться уже готовым набором данных, состоящий из 90 000 изображений, 57 гигабайт снимков высокого разрешения. Все изображения были размечены специалистами высокого класса с методом перекрестной проверки результатов.

На первом этапе, все изображения были уменьшены до единого разрешения 384\*384. Данные изображения будут использоваться как, единичные наборы данных, на основе которых будут формироваться прогнозные признаки. Такой подход позволит: (1) снизить количество данных на каждом образце без потери качества генерируемых признаков; и (2) стандартизировать подаваемые на вход к модели изображения.

Для улучшения качества изображения к ним было применено адаптивное усреднение гистограммы с ограничением по контрастности (CLAHE). Его основное отличие от обычного выравнивания гистограммы в вычислении группы гистограмм, каждая из которых соответствует отдельной части изображения, и использует их для перераспределения значений яркости изображения. Данный фактор помог выделить артефакты и сосуды на изображениях, увеличив качество модели за счет более полных данных.

Практические исследования, опрос экспертов и изучение научной литературы показали большую значимость контуров сосудов глазного дна. [3-4] В связи с этим было принято решение обучить дополнительно сегментатор сосудов и использовать его результаты для прогнозирования.

Классический подход сегментации подразумевает обучение энкодера/декодера на открытых наборах данных (датасетах) DRIVE и STARE, ставшими стандартными в данной задаче. Для этого снимки высокого разрешения из этих датасетов делятся на небольшие изображения, и сегментаторы на них обучаются выделять сосуды с изображения. Этот подход показал себя крайне эффективным, но в настоящее время был сформулирован и другой подход, результаты которого превосходят классический подход.

Этот подход основан на формировании GAN-модели самих изображений сосудов. Генеративно-состязательная сеть (GAN) — алгоритм машинного обучения без учителя, построенный на комбинации из двух нейронных сетей, одна из которых (сеть G) генерирует образцы, другая (сеть D) — старается отличить правильные («подлинные») образцы от неправильных [5]. Так как сети G и D имеют противоположные цели — создать образцы и отбраковать образцы — между ними возникает антагонистическая игра. Подобная архитектура будет использоваться для имитации изображений сосудов глаза, подавая на вход исходное изображение. Таким образом задача сводится к «обману» дискриминатора D, путем обучения генеративной модели G созданию картины сегментации, неотличимой от настоящих для дискриминатора D.

Для обучения модели были подобраны различные архитектуры CNN, предназначенные для распознавания образов и классификации изображений. В частности, среди рассматриваемых архитектур моделей были ResNet-50 [6] и Inception V3, а также сочетание ключевых принципов этих двух моделей – Inception-ResNet V2 [7]. Принципиальные различия блоков ResNet и Inception архитектур представлены ниже. Более глубокие архитектуры сетей зарекомендовали себя в данной задаче как более эффективные, это объясняется трудной семантикой задачи, где признаки, характеризующие описываемое изображения, представляют из себя очень сложные взаимосвязи в исходных данных.

Было определено: синий канал изображений глаз практически не представляет никакой значимости для конечного результата. На обученных моделях проведено тестирование исходных изображений и изображений с синим каналом, сгенерированными случайно и замененными. В результате преобразований целевые метрики не изменились.

Данный фактор обеспечил возможность заменять входной синий канал изображения сегментированными сосудами, важными для прогнозирования. Ранее сегментированные сосуды подсоединялись четвертым каналом для изображений. Теперь для обучения модели с тремя каналами появилась возможность использовать предобученные веса других моделей для увеличения скорости сходимости модели.

Для оценки качества классификатора использовалась стандартная метрика ROC AUC. Площадь под ROC-кривой (AUC) является агрегированной характеристикой качества классификации, не зависящей от соотношения цен ошибок. Чем больше значение AUC, тем «лучше» модель классификации. Данный показатель часто используется для сравнительного анализа нескольких моделей классификации.

## Заключение

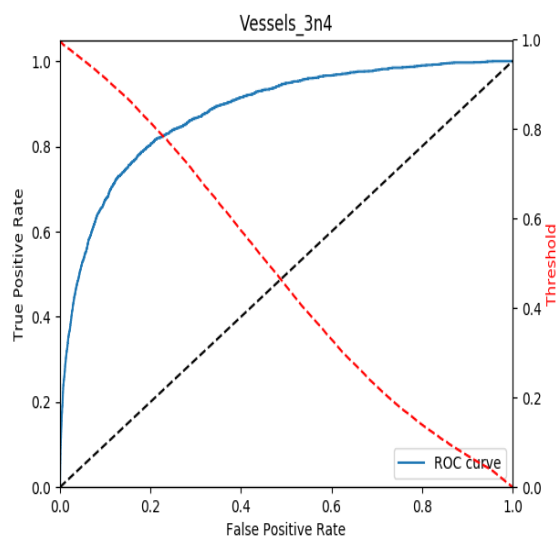


Рис. 1. Классификатор 0 класс vs 3&4 класс, AUC = 0.88

В результате выполнения настоящей исследовательской работы были исследованы различные возможности сверточных нейронных сетей в задаче

обработки изображений дна человеческого глаза для определения клинической картины пациента с диабетом. Были предложены различные подходы и архитектуры моделей, а также протестированы способы сочетания последних исследований по части сегментации сосудов для улучшения результатов работы модели. Основная часть работы была проделана при помощи фреймворка для создания нейронных сетей Pytorch и библиотеки обработки изображений OpenCV, обе библиотеки представлены в виде пакетов для языка Python.

## Список использованных источников

1. Касаткина Э. П. Сахарный диабет у детей. — 1-е изд. — М.: Медицина, 1990. — С. 206—207. — 272 с. — 60 000 экз. — ISBN 5-225-01165-9.
2. Крысанов И. С. Фармакоэкономика сахарного диабета // Фармакоэкономика. Современная фармакоэкономика и фармакоэпидемиология. — 2009. — №. 1
3. Niemeijer M. et al. Comparative study of retinal vessel segmentation methods on a new publicly available database //Medical-Imaging 2004: Image Processing. — International Society for Optics and Photonics, 2004. — Т. 5370. — с. 648-657.
4. Ravishankar S., Jain A., Mittal A. Automated feature extraction for early detection of diabetic retinopathy in fundus images //Computer Vision and Pattern Recognition, 2009. CVPR 2009. IEEE Conference on. — IEEE, 2009. — С. 210-217.
5. Goodfellow I. et al. Generative adversarial nets //Advances in neural information processing systems. — 2014. — С. 2672-2680.
6. 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.
7. Szegedy C. et al. Inception-v4, inception-resnet and the impact of residual connections on learning //AAAI. — 2017. — Т. 4. — С. 12.

# МЕТОДИКА ОБРАБОТКИ И ВИЗУАЛИЗАЦИИ СООБЩЕНИЙ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ В СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ

В.М. Саклаков

Научный руководитель – А.О. Савельев

Томский политехнический университет

romanov\_ky@mail.ru

## Введение

Социальные сети – достаточно крупный источник эмпирических данных, потенциально интересный многим исследователям. С одной стороны, огромное количество пользователей оставляет «цифровые следы» [1], при анализе которых формируется возможность моделирования общественных процессов и явлений разного уровня [2-3]. С другой стороны, количество данных, генерируемых пользователями в ежедневном режиме в достаточной степени затрудняет проведение их комплексного анализа.

Проблемная ситуация заключается в том, что исследователи, как правило, идут по пути анализа сообщений и иной активности отдельных пользователей и групп [4-5]. При этом не уделяется достаточного внимания систематизации описания процесса распространения данных в общественных системах, их преобразования в информацию и, в конечном счете, в действия или бездействия отдельных людей или групп людей в определенных «точках» общественных процессов.

Целями настоящей работы является (1) краткий обзор традиционного подхода к визуальной аналитике данных и (2) разработка собственной методики интеллектуальной обработки сообщений пользователей социальных сетей и визуализации полученных данных.

## Существующие методы визуализации данных

Традиционным подходом для облегчения процедуры анализа данных является их визуализация, как правило в виде графов [6-7]. Данную модель можно разделить на два уровня: (1) «объект-связь-объект» (иногда «процесс-связь-процесс») и (2) «класс-кластер-множество связей-множество других кластеров-множество других классов». Первый уровень обобщения (практический) является более низким – на нем мы можем увидеть лишь связи между отдельными объектами. При переходе на второй уровень (системный) для каждого объекта на необходимом исследователю уровне проводится классификация – выделяются свойства каждого класса и определяется принадлежность всех объектов к определенному из них. Затем, согласно заданным свойствам проводится кластеризация – упорядочивание объектов в сравнительно однородные группы.

Данный подход дает определенные результаты, однако имеет известные ограничения для применения процессного подхода к анализу общественных систем. Главным его недостатком с точки зрения классического системного анализа [8] является использование только моделей «состава» и «структуры». При этом отсутствие инструмента модели «черного ящика» не позволяет получать комплексное понимание протекающих в обществе процессов и явлений.

## Методика обработки сообщений пользователей

Предлагаемая модель, на уровне отдельных сообщений так же является двухуровневой, декомпозируется по следующему принципу: (1) «объект с вектором-связь- объект с вектором» и (2) «класс с вектором-кластер с общим вектором-множество межкластерных связей-множество других кластеров с вектором-множество других классов с вектором».

Для апробации методики из социальной сети Twitter программным способом был осуществлен сбор 360 сообщений («tweet») без учета повторных публикаций («retweet») для дальнейшего анализа. Ниже приведено одно из таких сообщений, на котором будет показана методика его обработки.

(Sun Sep 09 19:29:52 +0000 2018) «Судя по сообщениям, вот такие «вежливые люди» пытались сегодня провоцировать на «экстремизм» в Оренбурге. Рядом в темных очках оперативник ЦПЭ в штатском. Странно, что нормальные менты «в форме» не привлекли их, ведь в масках митинговать запрещено. #9сентября #Оренбург <https://t.co/SYZVIWdfnA> Likes:7

В первую очередь необходимо выделить объекты, описанные в сообщении: (1) вежливые люди, (2) «объекты, симулирующие экстремизм», (3) «Центр противодействия экстремизму» (ЦПЭ), (4) «нормальные менты».

На втором этапе установим связи между объектами. Очевидным образом группы (1, 3-4) из предыдущего абзаца связаны между собой. Группы «объектов, симулирующих экстремизм» связаны между собой через набор хештегов «#9сентября» и



«#Оренбург». Данная связь, по сути, является событийной «точкой» в одном из множества протекающих в обществе процессов.

Далее выделим инструменты воздействия: (1) симуляция экстремизма, (2) снижение уровня целостности, а значит и устойчивости целевой системы.

Представим концептуальную визуализацию полученных данных – рисунок 1.

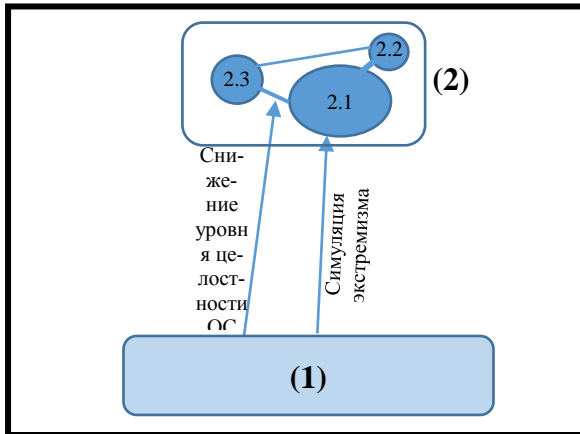


Рис. 1. Концептуальная визуализация обработанных данных

Легенда: (1) *Общественная система (ОС), «симуляторы экстремизма», (2) ОС «Силовые структуры»: 2.1 «Вежливые люди», 2.2 «Оперативник ЦПЭ», 2.3 «Менты «в форме»*

На представленном рисунке видно – множество объектов общественной системы, «симуляторы экстремизма» ведет деструктивное воздействие на другую – «Силовые структуры» с помощью перечисленных выше инструментов. Для более детального описания взаимодействия конкретных общественных систем необходим анализ существенно большего объема данных.

### Заключение

Разработанная методика обработки сообщений пользователей в социальных сетях является универсальной и подходит для выявления и прогнозирования трех видов информационного воздействия – позитивного, нейтрального и деструктивного. Разработка методики опиралась на инструментарий институциональной теории [9], процессного подхода, многомерного моделирования, а также концепции целеустремленных систем [10].

Описание процесса автоматизированного сбора данных, их обработки и анализа безусловно необходимо для проверки работоспособности гипотез, выдвигаемых в настоящей работе. В рамках продолжения работ по данной тематике на следующем этапе планируется осуществлять автоматизацию

моделирование цепочки генерации, диффузии воздействующего контента и реакции на него социальных систем. Это поможет выявить объекты и субъекты воздействия и, в конечном счете, один из значимых общественных процессов.

### Список использованных источников

1. Лушин Е. А. О термине «электронно-цифровые следы» // Расследование преступлений: проблемы и пути их решения №4, 2017. с. 161-163.
2. D. Xie, J. Xuy, T.-C. Lu. Automated classification of extremist twitter accounts using content-based and network-based features. Proceedings - 2016 IEEE International Conference on Big Data, Big Data 2016, vol. 7840895, Pages 2545-2549
3. Володенков С. В. Total Data как феномен формирования политической постреальности // Вестник Омского университета. серия: исторические науки №3 (15), 2017. с. 409-415
4. Азаров А.А., Бродовская Е.В., Дмитриева О.В., Домбровская А.Ю., Фильченков А.А. Стратегии формирования установок протестного поведения в сети интернет: опыт применения киберметрического анализа (на примере Евромайдана, ноябрь 2013 г.) // Мониторинг общественного мнения: экономические и социальные перемены №2 (120), 2014. с. 63-78
5. Социальные сети и деструктивный контент / Остапенко А. Г., Паринов А. В., Калашников А. О. и др.; Под ред. Чл.-корр. РАН Д. А. Новикова. – М.: Горячая линия – Телеком, 2018. – 276 с.: ил. – (Серия «Теория сетевых войн»; Вып. 3)
6. Hammer B., Hasenfuss A. Topographic mapping of large dissimilarity data sets // Neural Computation. Vol. 22, issue 9, 2010, p. 2229-2284. DOI: 10.1162/NECO\_a\_00012
7. J. Bollen, H. V. Sompel, A. Hagberg, L. Bettencourt, R. Chute, M. A. Rodriguez, L. Balakireva. Clickstream data yields high-resolution maps of science // PLoS ONE Vol. 4, Issue 3, 2009, Article number e4803. DOI: 10.1371/journal.pone.0004803
8. Тарасенко Ф. П. Прикладной системный анализ: учебное пособие / Ф. П. Тарасенко. – Москва: КРОНУС, 2017. – 220 с.
9. Норт Дуглас. Институты, институциональные изменения и функционирование экономики \ Пер. с англ. А.Н. Нестеренко; предисл. и науч. ред. Б.З. Мильнера. - М.: Фонд экономической книги «Начала», 1997. - 180 с. - (Современная институционально-эволюционная теория).
10. Р. Акофф О целеустремленных системах / Р. Акофф, Ф. Эмери – М.: Книга по Требованию, 2012. – 270 с.

# ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ НАВИГАЦИИ ВНУТРИ ЗДАНИЯ

А.С. Кенжетаева

Томский политехнический университет  
ask110@tpu.ru

## Введение

Нахождение оптимального маршрута в зданиях со сложным архитектурным планом играет немаловажную роль, так как в крупных зданиях содержится множество различных маршрутов, и для достижения нужного конечного пункта, до которой порой бывает затруднительно добраться даже по указаниям сотрудников какого-либо здания со сложной планировкой, поэтому существенную помощь в нахождении кратчайшего пути может оказать приложение для навигации внутри здания. Под «оптимальностью пути» понимается не минимальное расстояние, а минимальная затрата времени на прохождение пути.

Цель проекта разработать прототип приложения для навигации внутри здания. Пользователь должен указать начальную и конечную точки внутри здания. Приложение определит кратчайший маршрут, который можно найти по минимальному пути прохождения маршрута с указанием направления движения. За основу данного проекта был взят один из учебных корпусов ТПУ, план которого доступен на сайте ТПУ.

## Описание алгоритма

Существует множество алгоритмов построения минимального покрывающего дерева МПД. Перечислим основные из них: алгоритм Прима, алгоритм Краскала, алгоритм Беллмана–Форда, алгоритм Дейкстры [1]. Самый подходящий метод в реализации нахождения оптимального пути является алгоритм Дейкстры. Кратчайший маршрут можно найти либо по минимальной длине пути, либо по минимальному времени прохождения маршрута. Таким образом, задача поиска оптимального пути, в предположении, что критерием оптимизации является длина этого пути, может быть сведена к вычислению данной задачи согласно алгоритму Дейкстры. Главные составляющие маршрутизации — это дорожный граф и алгоритм, который рассчитывает маршрут. Сеть дорог в зданиях со сложным архитектурным планом может быть представлена в виде графа со следующими параметрами: граф является ориентированным графом; в графе нет ребер с отрицательным весом; граф находится в одном компоненте связности; каждое ребро графа имеет различную длину. Согласно алгоритму Дейкстры мы получаем ориентированное дерево кратчайших путей, которое является покрывающим деревом  $T$  графа  $G$ . Для определения оптимального маршрута использовано модифицированное евклидово (МПД), построенное на вершинах двух типов: конечные вершины и вершины-перекрестки. Модификация

МПД заключается в добавлении и удалении ребер. МПД  $G$  является покрывающее дерево  $G$  такое, что сумма расстояний его ребер минимально среди всех покрывающих деревьев.

Граф  $G(V, E, d)$  называется полным, если в нем любые две вершины смежны, то есть,  $\forall v_i, v_j \in V (v_i, v_j) \in E$ . Полный граф определяется числом своих вершин и обозначается  $K_n$ , где  $n = |V|$ . Полный граф имеет максимально возможное число ребер:  $E = \frac{n(n-1)}{2}$ , что следует из леммы Эйлера, поскольку степень любой вершины в полном графе равна  $n - 1$ . Путь в  $G$  будет определяться последовательностью вершин,  $v_1, v_2, \dots, v_p, p \geq 2$  таких, что для  $\forall 1 \leq k < p: \{v_k, v_{k+1}\} \in E$  и  $v_k \in V$ . Путем будем называть движение от вершины  $v_1$  в вершину  $v_p$ , а его расстояние может быть вычислено по правилу (евклидово расстояние):

$$\sum_{k=1}^{p-1} d(\{v_k, v_{k+1}\}) = \sum_{k=1}^{p-1} \sqrt{(v_k(x) - v_{k+1}(x))^2 + (v_k(y) - v_{k+1}(y))^2}, \quad (1)$$

здесь  $v_k(x)$  и  $v_k(y)$  – абсцисса и ордината вершины  $v_k$  на декартовой плоскости. Длиной пути будем называть количество ребер в пути, так для последовательности вершин  $v_1, v_2, \dots, v_p$  длина равна  $p - 1$ . Простой путь – путь, все ребра которого попарно различны, т.е. простой путь не проходит дважды через одно ребро. Кратчайшим расстоянием от вершины  $v_1$  в вершину  $v_p$  называется путь из  $v_1$  в  $v_p$ , расстояние которого является минимальным среди всех возможных путей. Дерево в графе  $G$  является связным подграфом, если удаление любого из ребер в подграфе сделает его несвязным. Пусть  $Q \subseteq V$  – любое подмножество вершин в связном подграфе  $G'$  графа  $G$ , тогда говорят, что  $G'$  покрывает  $Q$ . Применение указанных выше операций может привести к тому, что в евклидовом МПД будут появляться циклы. Циклом будем называть простой путь длины не менее 1, который начинается и заканчивается в одной и той же вершине. Таким образом, основой математической модели навигации внутри здания будет связный ориентированный взвешенный граф  $G = (V, E, d)$ , в котором могут быть циклы. Мы будем выполнять последовательно операцию объединения двух графов  $G_i$  и  $G_j$ , не имеющих общих вершин, из множества

$\{G_1(V_1, E_1, d_1), G_2(V_2, E_2, d_2), \dots, G_n(V_n, E_n, d_n)\}, (2)$   
 по правилу:

$$G_i + G_j = (V_i \cup V_j, E_i \cup E_j \cup E' \cup V_i \times V_j \cup V_j \times V_i, d_i \cup d_j \cup d'), (3)$$

здесь  $n$  количество этажей в одном здании,  $E'$  – множество новых (добавленных) ребер и  $d'$  – множество соответствующих весов для добавленных ребер.

В данной работе мы будем модифицировать полученное евклидово МПД. Модификация будет заключаться, во-первых, в добавлении ребер к МПД, а также, во-вторых, в перемонтировке ребер. Операция добавления обусловлена тем, что в здании может быть несколько альтернативных путей из одного помещения в другое, как в рамках одного этажа, так и разных этажей. Перемонтировка заключается в изменении одной из вершин ребра в графе. Например, (рис. 1). Для данного набора вершин построено евклидово МПД, которое содержит два ребра  $\{1,2\}$  и  $\{2,3\}$ . Действительно, кратчайший путь из вершины 1 в 2 обеспечивает ребро  $\{1,2\}$ , но на практике такое движение невозможно, т.к. в здании на пути из вершины 1 в 2 находится препятствие (стена). Поэтому мы вынуждены осуществить перемонтировку ребра: при фиксированной вершине 1 вторая вершина ребра заменяется со 2 на 3.

Формат *svg* (Scalable Vector Graphics) представляет собой язык разметки графики, входящий в подмножество языка разметки XML, который предназначен для описания двумерной графики. В данной работе SVG файл был создан с помощью программы *Inkscape*. Точки, на основании которых будет построено евклидово МПД, раскрашены в два цвета: черный (промежуточная вершина) и красный (концевая вершина). У промежуточной вершины степень больше единицы (перекресток), степень концевой вершины строго равна единице (начало или конец пути). Каждая вершина имеет свою собственную координату, исходя из этого можно вычислить расстояние между точками по формуле евклидово расстояние между двумя точками.

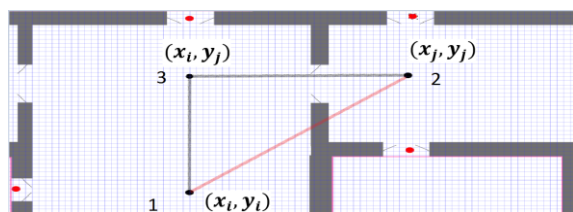


Рис. 1. Пример перемонтировки ребра на основе плана 3-го этажа учебного корпуса №19



Рис. 2. Пример плана 3-го этажа учебного корпуса №19

## Вывод

План данного корпуса можно представить в 3D модели, что значительно упрощает ситуацию, когда предложенный маршрут проходит через несколько этажей. Вся работа была произведена на языке программирования R. Следующим этапом в развитии данного проекта является реализация траектории движения пользователя в плане указания пользователю направления: повороты в каждом последующих шагах на пути к конечному пункту прибытия. Зная координаты местонахождения пользователя, можно вычислить пройденное расстояние, и для сообщения навигатором пользователю точного угла поворота, нужно достроить прямоугольный треугольник, посредством которого можно вычислить угол, используя тригонометрические формулы: (рис. 3) пользователь, отправляясь из исходной точки 1 в конечную точку 6, должен получить следующие указания: навигатор, оценивая расстояние между точкой отправки и точки назначения, сообщает пользователю точное прохождение пути (вычисляется по формуле евклидово расстояния между двумя точками), сообщает о точном угле поворота (пользователь, достигая последовательно каждую следующую вершину графа, должен быть оповещен об угле поворота, который высчитывается следующим образом: достигая точку 2, кратчайшим путем будет являться ребро  $\{2,4\}$ , зная вес ребер, можно вычислить угол ( $\cos \alpha$ , равный отношению прилежащего катета к гипотенузе) и т.д.).

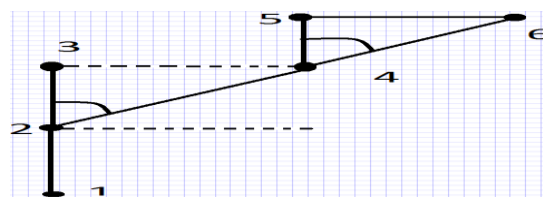


Рис. 3. Пример вычисления угла поворота и пути прохождения

## Список использованных источников

1. Буркатовская Ю.Б. Теория графов. Часть 1: учебное пособие, 2014. стр. 50 [2]
2. Kruskal, J. B. On the Shortest Spanning Subtree of a Graph and the Traveling Salesman Problem. // Proc. AMS. 1956. Vol 7, No. 1. p. 48-50.
3. Kolaczyk E. Csardi, G. Statistical Analysis of Network Data with R. Springer, New York 2014

# ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО ДЛЯ СОЗДАНИЯ КОДА КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ ТЕПЛОВЫДЕЛЯЮЩЕГО ЭЛЕМЕНТА РЕАКТОРА ВВЭР-1000

Н.В. Смольников, И.А. Варламов  
Томский политехнический университет  
nvs38@tpu.ru

## Введение

В настоящее время развитие атомной энергетики занимает одно из первых мест среди других отраслей благодаря производству большого количества чистой электроэнергии при минимальных затратах топлива.

При проектировании ядерного реактора необходимо производить множество расчетов таких как: нейтронно-физический, теплогидравлический, расчет биологической защиты и др. Всё это обеспечивает безопасное функционирование ядерного объекта в течение всего срока эксплуатации.

В связи с большим количеством данных, необходимых для проведения расчетов, существуют программные обеспечения для каждого типа задач, позволяющие с достаточно высокой скоростью и точностью производить расчеты компьютерных моделей, что значительно сокращает время, человеческие ресурсы и вероятность ошибки.

Однако, присутствует существенный недостаток использования некоторых программных обеспечений, использующихся в атомной отрасли – отсутствие интерфейса программы. По этой причине для пользования программы с отсутствием интерфейса, необходимо изучить язык, с помощью которого возможно использование функций программы, что, в основном, занимает большое количество времени.

В данной работе представлено программное средство для создания трехмерной модели тепловыделяющего элемента реактора ВВЭР-1000, представляющие собой реализацию интерфейса программного пакета MCU, разработанное с целью сокращения времени, затрачиваемого на освоение программы за счет объединения основных функций в одном интерфейсе.

## Выбор языка программирования

Так как все основные функции программы было решено реализовать в одном интерфейсе программное средство разрабатывалось на языке C# с использованием Windows Forms в среде Microsoft Visual Studio 2017.

Помимо реализации функций в Windows Forms, на языке C# присутствует возможность использования интерфейсов и объектно-ориентированного программирования, что обеспечивает локализацию кода и удобство сопровождения программного обеспечения за инкапсуляции, наследования и полиморфизма.

## Интерфейс программного средства

Основной идеей являлось то, что пользователь

будет иметь возможность задавать основные критерии для моделирования путем ввода или выбора предложенных значений.

Разработанный интерфейс программного средства содержит 6 основных модулей MCU: физический, геометрический, регистрационный, выгорания, моделирования, шага расчета. Расположение модулей представлено на рисунке 1.

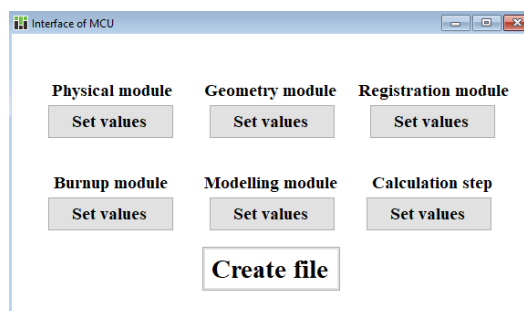


Рис. 1. Разработанный интерфейс

Каждый из представленных модулей содержит определенный набор данных, которые пользователь может использовать для решения поставленной задачи. В качестве примера на рисунке 2 приведен физический модуль.

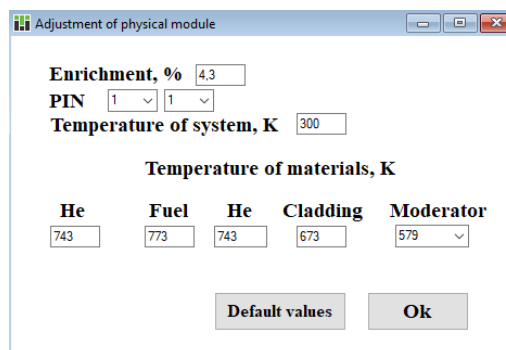


Рис. 2. Физический модуль программного средства

Данный модуль дает возможность пользователю определить обогащение топлива, использующегося в тепловыделяющем элементе, температуру системы, а также температуры основных материалов.

Как можно видеть, пользователь имеет возможность расчета тепловыделяющего элемента при необходимых условиях исходя из цели. Аналогичным образом возможно задание дискретности тепловыделяющего элемента относительно его высоты или диаметры в геометрическом модуле, определение регистрационных зон и частиц в регистрационном модуле и так далее.

### Анализ компьютерной модели

Для анализа кода, написанного с помощью программного средства, он был запущен в MSU. На рисунке 3 представлено горизонтальное сечение компьютерной модели элементарной ячейки тепловыделяющего элемента реактора ВВЭР-1000.

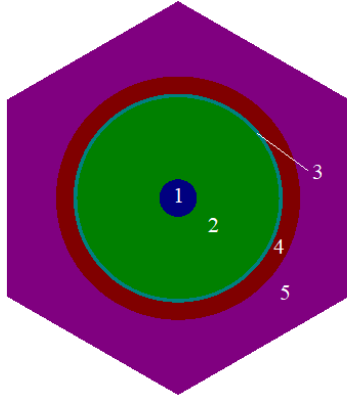


Рис. 3. Сечение элементарной ячейки тепловыделяющего элемента в MSU: 1– гелий; 2–топливо; 3– гелиевый зазор; 4–оболочка; 5–вода

Каждый из материалов, приведенных на рисунке возможно разделить на необходимое число регистрационных зон для определения зависимости изменения нейтронного потока.

### Проведение нейтронно-физического расчета

Для нейтронно-физического расчета, включающего в себя вычисление плотности потока нейтронов достаточно задание данных в пяти основных модулях за исключением модуля выгорания. В качестве примера был проведен нейтронно-физический расчет представленного выше тепловыделяющего элемента для определения изменения плотности потока тепловых нейтронов по радиусу элементарной ячейки в зависимости от материального состава. Результат расчета представлен на рисунке 4.

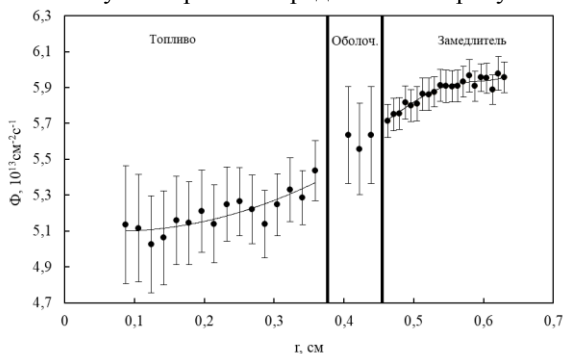


Рис. 4. Изменение плотности потока тепловых нейтронов по радиусу элементарной ячейки

Исходя из результатов можно сказать, что по мере приближения регистрационной зоны к оболочке и замедлителю наблюдается увеличение плотности потока тепловых нейтронов ввиду более эффективного замедления быстрых нейтронов и уменьшения числа поглощений, что объясняется пространственным отдалением от среды с высоким сечением поглощения тепловых нейтронов.

### Заключение

Таким образом, можно сделать вывод, что использование приведенного программного средства позволяет создать код компьютерной модели тепловыделяющего элемента реактора ВВЭР-1000 для проведения нейтронно-физического расчета, продемонстрированного на примере изменения плотности потока тепловых нейтронов относительно радиуса элементарной ячейки.

Помимо представленной функции расчета плотности потока возможно создание модели через приведенный интерфейс с функцией расчета выгорания топлива в процессе компиляции реактора с выводом сечений и наработки нуклидного состава при заплытие всех шести модулей.

Заполнение всех модулей значениями, предлагаемыми программой, займет у пользователя не более минуты, что несомненно обеспечивает экономии времени.

### Список использованных источников

1. Гуревич М.И., Шкаровский Д.А. Расчет переноса нейтронов методом МонтеКарло по программе MSU: Учебное пособие. М.: НИЯУ МИФИ. – 154 с.
2. А. М. Кольчужкин. Метод Монте-Карло в теории переноса излучений. Учебное пособие. Томск: ТПУ. 2003, 104 с.
3. Основы теории и методы расчета ядерных энергетических реакторов: Учеб. Пособие для вузов/ Г.Г. Бартоломей, Г.А. Бать, В.Д. Байбаков, М.С. Алтухов. -3-е изд., перерад. и доп. – Екб: Издательство ЮЛАНД, 2016 год. –512 с., ил.
4. Вагнер, Билл С# Эффективное программирование / Билл Вагнер. - М.: ЛОРИ, 2013. - 320 с.
5. Павловская Т.А. С#. Программирование на языке высокого уровня: учебник для вузов / Т.А. Павловская. — СПб. [и др.]: Питер, 2015.

# ИССЛЕДОВАНИЕ ШУМОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ВЫХОДНОГО НАПРЯЖЕНИЯ ГЕНЕРАТОРА СИГНАЛОВ ПРЕЦИЗИОННОГО ГС-50

А.С. Орехова

Научный руководитель: д.т.н., профессор Ю.К. Рыбин  
Томский политехнический университет  
aso11@tpu.ru

## Введение

Сейчас остро стоит проблема подавления шумов и защиты от них в электронных устройствах. Особенно остро эта проблема стоит при проектировании электронных средств измерений, в которых следует своевременно рассматривать задачу минимизации шумов, которые генерируют входящие в них элементы, так как шумы могут оказывать влияние на метрологические характеристики приборов.

Среди средств измерений генераторы электрических сигналов применяются повсеместно в различных областях науки и техники. Особое место среди существующих генераторов сигналов занимают генераторы сигналов синусоидальной формы.

В настоящее время разработаны генераторы сигналов с предельно малыми нелинейными искажениями, в которых искажения снижены до уровня шумов, поэтому исследования шумов в генераторах [1] с малыми нелинейными искажениями весьма актуально. Это же относится и к генератору сигналов прецизионному «ГС-50» (далее – генератор ГС-50).

К шумовым характеристикам выходного напряжения генератора относятся:

- погрешность уровня;
- погрешность начальной фазы сигнала;
- $THD + Noise$  (общий коэффициент гармоник + шум).

Данная работа ставит целью компьютерное моделирование шумовых характеристик модели генератора ГС-50 для исследования влияния собственных шумов элементов схемы генератора на его метрологические характеристики.

## Шумовые характеристики компонентов генератора ГС-50

Шум можно рассматривать, как различные электрические сигналы в схеме, изменяющиеся по непериодическим (случайным) законам. Источники шумов можно разделить на три основных группы:

- внутренние источники шумов элементов;
- источники шумов, чье происхождение является искусственным;
- источники шумов, являющиеся следствием возмущений природного происхождения [2].

В данной работе рассматривались такие параметры шумов, как: распределение мгновенных значений шумов, их среднеквадратическое значение и спектральная плотность шума. Практически во всех электронных компонентах присутствуют собственные шумы различной природы.

Возникновение тепловых шумов происходит по причине теплового движения электронов в веществе, из которого состоят резисторы, они задают нижний предельный уровень шумов, который возможно достигнуть в шуме. Кроме тепловых имеются рекомбинационные, дробовые и другие шумы.

## Моделирование шумовых характеристик операционных усилителей в генераторе ГС-50

Для того, чтобы проанализировать шумовые характеристики  $OU$  в программе *NI Multisim* была собрана схема, представленная на рисунке 1.

Данная схема содержит одноканальный  $OU$  с отрицательной обратной связью, образованной резисторами  $R1$  и  $R2$  и конденсатором  $C1$ . Входной сигнал на усилитель не подается. Шумы на выходе возникают за счет внутренних шумов резисторов, конденсатора и  $OU$  и реализуются с помощью осциллографа и мультиметра.

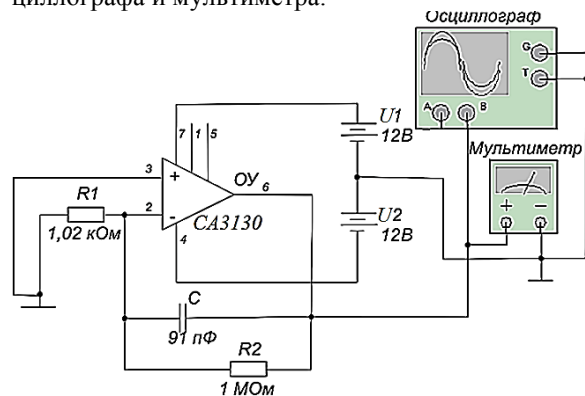


Рис. 1. Схема для моделирования шумовых характеристик  $OU$  типа CA3130

В результате моделирования была получена следующая осциллограмма (рисунок 2), отражающая шум в данном  $OU$ . На графике представлена наглядная реализация напряжения на выходе операционного усилителя.

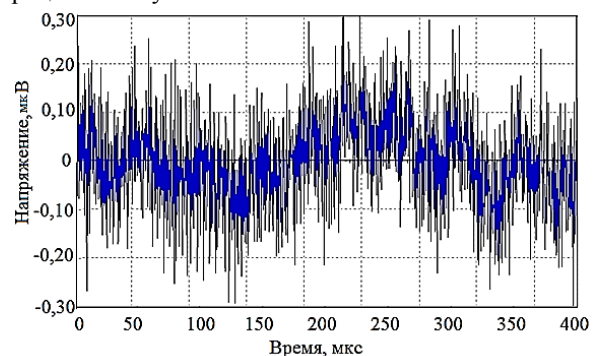


Рис. 2. Осциллограмма напряжения шума  $OU$  типа CA3130

В таблице 1 приведены напряжения, которые соответствуют пикам амплитуд на полученной осциллограмме.

На основании полученных данных был определен закон распределения шума. Это нужно так как, если известен закон распределения, и он является нормальным, можно вычислить дисперсию, математическое ожидание и среднеквадратическое значение. Которые относятся к основным параметрам случайного процесса.

Таблица 1 - Шум на выходе ОУ без учета шума резисторов

№	U, мкВ	№	U, мкВ
1	-0,105	41	-0,053
2	-0,001	42	-0,088
3	0,080	43	-0,103
4	0,075	44	-0,126
5	0,151	45	-0,055
6	0,214	46	-0,078
7	0,130	47	-0,108
8	0,082	48	-0,068
9	-0,099	49	0,011
...	...	50	0,077

Как известно математическое ожидание говорит о том, что все значения случайной величины колеблются около этого значения. Оно также характеризует такой параметр, как смещение нуля. Дисперсия же олицетворяет уровень шума, а среднеквадратическое значение – шум в исследуемой схеме.

Смотря на гистограмму, представленную на рисунке 3, можно сделать вывод о том, что шум принадлежит нормальному закону распределения, что подтверждает утверждение данное в [3]. Гистограмма была построена с помощью программы CorelDRAW X8.

На основании полученных данных были вычислены математическое ожидание (смещение нуля), дисперсия (уровень шума) и среднеквадратическое значение шума.

Как видно из гистограммы на рисунке 3, шум незначительно сместился в положительную сторону, вычисленная оценка математического ожидания это подтверждает.

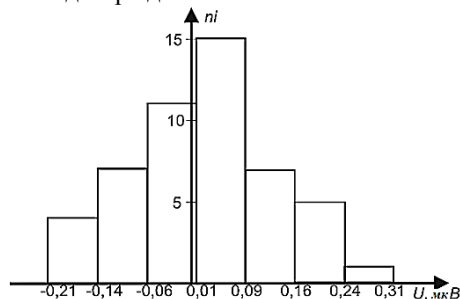


Рис. 3. Гистограмма распределения амплитуды напряжения шума ОУ типа СА3130

$$M[x] = \bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x. \quad (1)$$

$$M[x] = 0,011 \text{ мкВ.}$$

Согласно Datasheet на ОУ типа СА3130 смещение нуля может находиться в пределах от минус 6

до плюс 6 мВ. Как видно, смещение нуля данного усилителя лежит в допустимом пределе и достаточно мало, что говорит о качестве данного усилителя.

Была оценена дисперсия шума по формуле (2):

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (x - \bar{x})^2. \quad (2)$$

$$S^2 = 0,015 \cdot 10^{-12} \text{ В}^2.$$

Среднеквадратическое значение шума ОУ равнолось (3):

$$U_{шОУ} = \sqrt{S^2}. \quad (3)$$

$$U_{шОУ} = 0,124 \text{ мкВ.}$$

### Сравнение напряжений шумов на выходе схемы с операционным усилителем

Используя схему на рисунке 4, сравним шумы операционного усилителя, полученные посредством моделирования и экспериментально. При неизменных сопротивлениях резисторов: R1 = 1,02 кОм, R2 = 1 МОм; емкости конденсатора: C1 = 91 пФ; температуры окружающей среды во время проведения эксперимента: T = 296 °К.

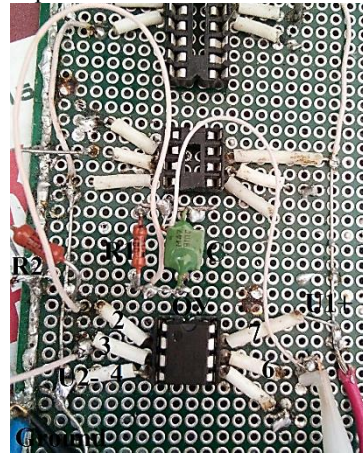


Рис. 4. Схема экспериментального макета для исследования шумов ОУ

Полученное экспериментально значение шумов, равная 1,41 мкВ, превышает, полученное посредством моделирования. Это прежде всего связано с недостаточным хорошим экранированием схемы, погрешностью средств измерений, наличием контактных шумов.

### Заключение

В результате работы были исследованы шумовые характеристики операционного усилителя, используемого в генераторе ГС-50.

Рекомендуется использовать операционные усилители с наименьшим уровнем шума, так как это позволит снизить уровень шума во всей схеме.

### Список использованных источников

- 1 Рыбин Ю.К. Электронные устройства: Учебное пособие. / Ю.К. Рыбин. – Томск: Из-во: «Печатная мануфактура», 2003. – 264 с.
- 2 Отт Г. Методы подавления шумов и помех в электронных системах./Г. Отт. – М. : Мир, 1974. – 320 с.
- 3 Оптимизация шумовых параметров сигнальных цепей. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [191](https://www.compel.ru/lib/ne/2015/9/4-optimizatsiya-shumovyyih-parametrov-signalnyih-tsepey-chast-1, свободный. – Загл. с экрана.</a></li>
</ol>
</div>
<div data-bbox=)

# ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО ДЛЯ АНАЛИЗА ДАННЫХ, ПОЛУЧЕННЫХ В ПАКЕТЕ ПРОГРАММ MSU ПРИ РАСЧЕТЕ ЯДЕРНОГО РЕАКТОРА

И.А. Варламов, Н.В. Смольников, М.С. Кузнецов

Томский политехнический университет

ivanvarlamov199742@gmail.com

## Введение

Темпы роста потребности в электроэнергии в XXI-ом веке являются ключевым фактором в развитии энергетики. Существующие гидроэлектростанции, теплоэлектростанции и альтернативные источники энергии не способны в полной мере удовлетворить запросы в электроэнергии.

Атомная энергетика – чистый источник энергии с огромными запасами горючего. Но данная область более наукоемка, требует проведения сложных и ресурсоемких экспериментов в области реакторной физики.

На сегодняшний день из-за постоянного роста вычислительных мощностей становится возможным проведение нейтронно-физических расчетов ядерного реактора с помощью статистических методов моделирования.

Пакет программ MSU, который реализует в себе численный метод моделирования Монте-Карло, дает возможность проведения нейтронно-физического расчета ядерного реактора с высокой точностью.

Как отмечалось в работе [1], пакет программ MSU не предоставляет интерфейса для создания различных модулей. Расчетный код приходится писать вручную. На данный момент ведется активная работа по завершению интерфейса для создания расчетного кода MSU некоторых действующих реакторов.

Следующий шаг – автоматический анализ данных, полученных в пакете программ MSU. Это позволит сократить время обработки данных и уменьшит вероятность появления ошибки.

Исходя из выше сказанного целью данной работы является создание дополнительной возможности для программного средства, представленного в работе [1], автоматической обработки данных, полученных в пакете программ MSU.

## Выбор языков программирования

R – свободная программная среда для статистических вычислений и работы с графикой [2]. Данная среда предоставляет широкий набор пакетов для работы с данными.

Исходя из выше сказанного в качестве языка программирования был выбран язык R.

## Необходимые возможности программного средства

К основным задачам нейтронно-физического расчета ядерного реактора относится определение эффективного коэффициента размножения нейтронов, длины композиции топлива и определение зави-

симости энергетического спектра нейтронов от координаты с течением времени. Помимо этого, важным параметром при нейтронно-физическом расчете ядерного реактора является функция зависимости концентраций нуклидов от координаты с течением времени.

Исходя из выше сказанного к программному средству предъявляются следующие требования:

– Построение спектра нейтронов для различной глубины выгорания топлива;

– Построение функций концентраций нуклидов от координаты с течением времени;

Рассматривается идея добавления возможности построения графиков функций макросечений и скоростей реакций.

## Пример применения программного средства

Рассмотрим в качестве примера, нейтронно-физический расчет ядерного реактора ВВЭР-1000. С помощью программного средства, описанного в работе [1], были записаны необходимые модули для расчета. Далее в пакете программ MSU был произведен непосредственно нейтронно-физический расчет ядерного реактора. Данные, полученные по результатам расчета в MSU, были обработаны с помощью предлагаемого программного средства для автоматического анализа данных.

На рисунке 1 представлена зависимость спектра нейтронов при 69 групповом приближении.

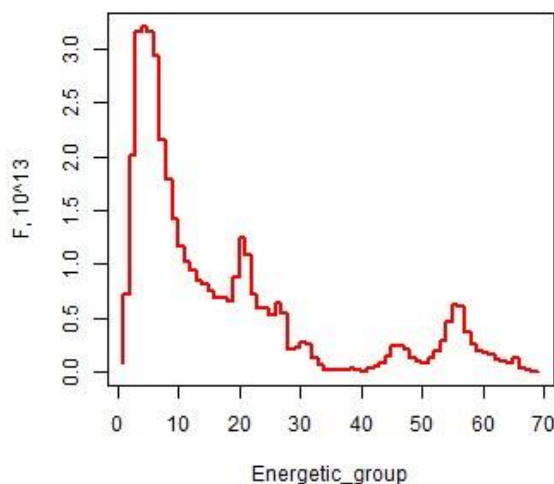


Рис. 1. Зависимость спектра нейтронов

Полученный спектр нейтронов на рисунке 1 полностью соответствует реальной картине спектра нейтронов в ядерном реакторе.

Неравномерность плотности потока нейтронов по координате вызывает эффект неравномерного



выгорания ядерного топлива, который оказывает существенное влияние на нейтронно-физические характеристики ядерного реактора к концу кампании топлива.

На рисунке 2 представлена зависимость выгорания нуклида  $U^5$  от высоты в тепловыделяющем элементе (ТВЭЛ).

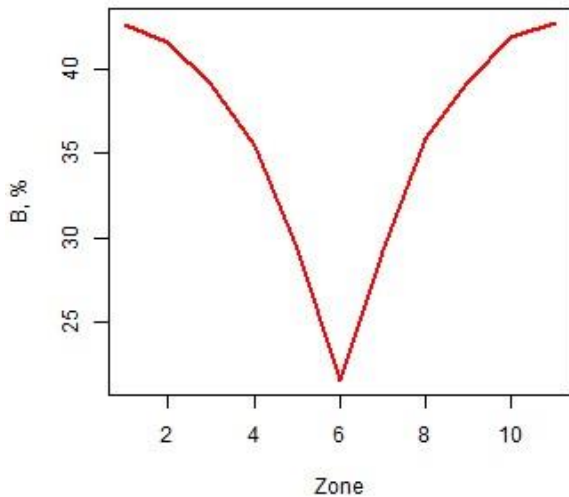


Рис. 2. Зависимость выгорания  $U^5$  в конце кампании топлива от высоты (зоны задают дискретность в ТВЭЛ по высоте)

На рисунке 3 представлена зависимость концентрации нуклида  $Pu^9$  от высоты в тепловыделяющем элементе (ТВЭЛ).

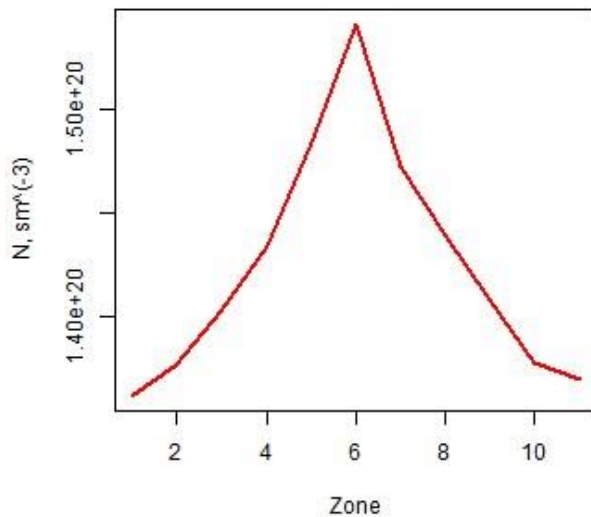


Рис. 3. Зависимость концентрации нуклида  $Pu^9$  в конце кампании топлива от высоты (зоны задают дискретность в ТВЭЛ по высоте)

Характер зависимости выгорания нуклида  $U^5$  определил зависимость наработки нуклида  $Pu^9$ . В

центральных зонах плотность потока нейтронов выше, соответственно нуклид  $U^5$  выгорает интенсивнее в центре ТВЭЛ. Этим же фактором объясняется характер зависимости наработки  $Pu^9$  в ТВЭЛ.

### Заключение

По результатам проделанной работы в программное средство, представляющее интерфейс для автоматического написания модулей, необходимых для нейтронно-физического расчета ядерного реактора в пакете программ MSU, были добавлены возможности:

- Построение спектра нейтронов для различной глубины выгорания топлива;
- Построение функций концентраций нуклидов от координаты с течением времени;
- Построение графиков функций наработки не только делящихся нуклидов, но и Xe, Sm, Cs, I.

Рассматривается добавление функции построения графиков макросечений, скоростей реакций и другое.

На сегодняшний день программное средство предоставляет возможность автоматического написания модулей для нейтронно-физического расчета в зависимости от различных заданных условий только для реакторов, типа ВВЭР. Но ведутся работы по добавлению реакторов РИТМ-200, КЛТ-40, БРЕСТ-ОД-300.

### Список использованных источников

1. Варламов И.А., Смольников Н.В., Чурсин С.С. Программное средство автоматического создания расчетного кода MSU для нейтронно-физического расчета ЯР// IX Школа-конференция молодых атомщиков Сибири: сборник тезисов докладов 17-19 октября 2018 года, г. Томск. – Томск: Дельтаплан, 2018. – 178 с.
2. URL: <https://www.g-project.org> (дата обращения 21.11.2018)
3. Гуревич М.И., Шкаровский Д.А. Расчет переноса нейтронов методом Монте-Карла по программе MSU: Учебное пособие. М.: НИЯУ МИФИ. – 154
4. Руководство по безопасности при использовании атомной энергии: РБ-093-14. Радиационные и теплофизические свойства характеристики отработавшего ядерного топлива водо-водяных энергетических реакторов и реакторов большой мощности канальных [Текст]: нормативно-технический материал. – Москва: [б.и.], 2014. – 69 с.
5. Основы теории и методы расчета ядерных энергетических реакторов: Учеб. Пособие для вузов/ Г.Г. Бартоломей, Г.А. Бать, В.Д. Байбаков, М.С. Алтухов. -3-е изд., перерад. и доп. – Екб: Издательство ЮЛАНД, 2016 год. – 512 с., ил.

# СОГЛАСОВАНИЕ ЗНАЧЕНИЙ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ КОНСТАНТ МЕТОДОМ НАИМЕНЬШИХ КВАДРАТОВ

Л.В. Галсанова

Научный руководитель – Л.И. Худоногова

Томский политехнический университет

lv3@tpu.ru

## Введение

Для получения количественной оценки тех или иных физических явлений, помимо закономерностей, описывающих эти явления, необходимо также обладать информацией о численных значениях физических величин. Основную роль среди физических величин, представляющих экспериментальный и теоретический интерес, играют фундаментальные константы.

Фундаментальными физическими константами (ФФК) называют постоянные, которые входят в уравнения, описывающие фундаментальные законы природы. ФФК возникают в теоретических моделях наблюдаемых явлений в виде универсальных коэффициентов в соответствующих математических выражениях. В силу этого эти константы являются основным инструментом, позволяющим сравнить теорию с экспериментом. Точность значений ФФК определяет пределы возможностей теоретических расчетов.

Таким образом, важной задачей является согласование значений ФФК – обработка результатов измерений физической константы, предоставленных разными источниками, для получения наиболее точного значения этой величины. Уточнение значений ФФК важно не только в физике, но и в метрологии. Метрологическая значимость определяется как ролью, которую ФФК играют для эталонных единиц, так и ролью, которую эталоны единиц играют для определения значений констант. Несмотря на важность этой проблемы, Руководство по выражению неопределенности измерения (Руководство) и его приложения не дают соответствующих указаний, и в настоящее время для этой цели применяются различные методы.

## 1 Методы оценки неопределенности ФФК

В настоящее время выделяют три надежных способа (метода) по количественной оценке неопределенности измерения:

- 1) Метод моделирования, изложенный в [1], с применением закона распределения неопределенности;
- 2) Метод моделирования Монте-Карло;
- 3) Эмпирические методы, основанные на внутрилабораторном или межлабораторном исследовании выполнения методов измерений (испытаний).

К ФФК относятся такие величины, как скорость света, Планка постоянная, заряд электрона, постоянные тонкой структуры, Авогадро, Ридберга и т.д.

Численные значения ФФК или их комбинаций находят на основе экспериментальных измерений и выражают в единицах какой-либо системы единиц. Получение из данных измерений наиболее точных и надежных значений для всей совокупности ФФК называется *согласованием* ФФК. Согласование включает анализ погрешностей измерений, определение надежности измерений и вычисление наиболее согласующихся значений ФФК [2]. Наиболее распространенным методом согласования ФФК является метод наименьших квадратов (МНК).

МНК, один из методов теории погрешностей для оценки неизвестных величин по результатам измерений, содержащим случайные погрешности. Общий смысл оценивания по МНК заключается в минимизации суммы квадратов отклонений наблюдаемых значений зависимой переменной от значений, предсказанных моделью. Более точно, оценки наименьших квадратов параметра  $q$  получаются минимизацией функции  $Q$  по  $x$ , где:

$$Q = \sum [Y_i - f_i(x)]^2 \rightarrow \min_x, \quad (1)$$

где  $f_i(x)$  – это совокупность функций от набора переменных  $x$ ;  $Y_i = f_i(x) + \varepsilon_i$  при  $i = 1, \dots, n$ ,  $\varepsilon_i$  – случайные величины.

Таким образом, задача МНК заключается в подборе значений  $x$ , чтобы значения функций  $f(x)$  были максимально близки к известным значениям  $Y$ . В случае, если система уравнений имеет решение, то минимальное значение данной суммы квадратов будет равно нулю. Если количество  $Y$  больше количества  $x$ , то система не имеет точного решения и МНК позволяет найти оптимальный вектор  $x$ , при котором вектор отклонений  $\varepsilon$  максимально близка к нулю.

## 2 Программное обеспечение

Для исследования рассмотренного метода была разработана программа «МНК» в графической среде NI LabVIEW. Данная программа выполняет следующие функции:

- генерация случайных интервальных данных по нормальному закону распределения;
- согласование интервалов на основе МНК;
- визуализация результатов в графическом и числовом виде.

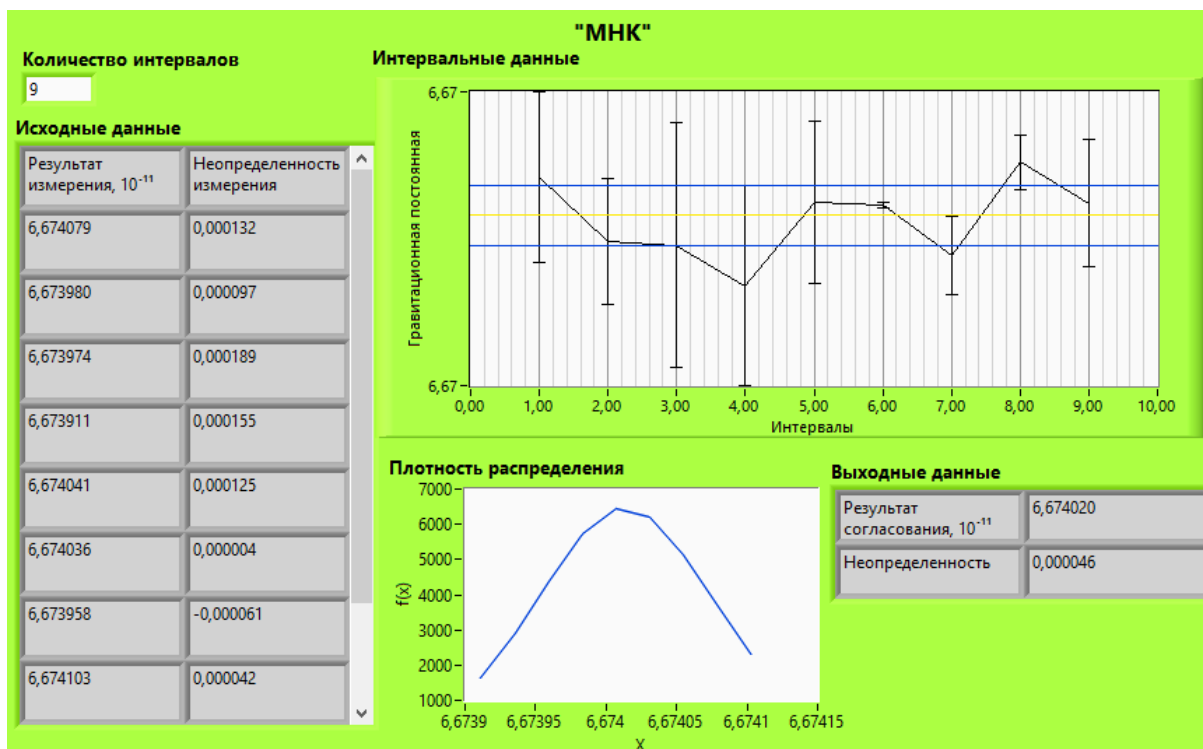


Рис. 1. Лицевая панель программы «МНК»

Генерация случайных интервальных данных осуществляется с использованием блока «Normal Random», который производит случайные значения, приближенные к значениям констант. Для экспериментальных исследований была выбрана гравитационная постоянная.

В 2014 году значение гравитационной постоянной, рекомендованное CODATA [3], стало равным:  $G = 6,67408(31) \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{кг}^{-2}$ .

Сгенерированные данные согласовываются посредством алгоритма на основе МНК, для которой был реализован программный модуль.

Перед началом работы на лицевой панели (рисунок 1) программы пользователю необходимо указать количество интервалов. Далее пользователь запускает программу. На лицевой панели отображаются сгенерированные данные (результаты измерений с неопределенностями) в графическом и числовом виде, а также плотность распределения сгенерированных данных. Программа завершает работу после завершения операции. В результате работы программы «МНК» вычисляется результирующий интервал по методу наименьших квадратов  $I_r = [x_r \pm \varepsilon_r]$ , где средняя точка  $x_r$  – результат согласования, а  $\varepsilon_r$  – соответствующая неопределенность результата. Результирующий интервал отображается в виде таблицы на лицевой панели программы.

Далее был произведен сравнительный анализ полученного результата для гравитационной постоянной с рекомендованным значением данной константы в CODATA.

Таким образом, разработанная программа, позволила получить результирующее значение гравитационной постоянной, близкое к рекомендованному значению из CODATA.

### Заключение

В ходе изучения проблемы согласования значений фундаментальных физических констант был исследован алгоритм на основе метода наименьших квадратов. Для экспериментальных исследований алгоритма в графической среде программирования LabVIEW была разработана программа «МНК». Результаты исследований показали, что МНК позволяет получить значение ФФК, близкое к рекомендованному значению из CODATA.

### Список использованных источников

1. Введение к «Руководству по выражению неопределенности измерения» и сопутствующим документам. Оценивание данных измерений / Пер. с англ. под науч. ред. д.т.н., проф. В.А. Слаева, д.т.н. А.Г. Чуновкиной. – СПб.: «Профессионал», 2011. – 58 с.: ил.
2. Bodnar. O., Elster C., Fischer J., Possolo A., Toman B. Evaluation of uncertainty in the adjustment of fundamental constants // Metrologia. – 2016. – V 53. – Issue 1. – P. S46-S54;
3. CODATA Internationally recommended values of the Fundamental Physical Constants. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://physics.nist.gov/cgi-bin/cuu/Value?bg> свободный. – Загл. с экрана. – (Дата обращения 15.11.2018).

# МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ НЕРАВНОМЕРНОСТИ ВЫГОРАНИЯ ТОПЛИВА ПО ВЫСОТЕ В ЯДЕРНОМ РЕАКТОРЕ ВВЭР-1000

И.А. Варламов, М.С. Кузнецов  
Томский политехнический университет  
ivanvarlamov199742@gmail.com

## Введение

На сегодняшний день одно из приоритетных направлений развития энергетики – атомная энергетика. Данная отрасль требует большого количества экспериментальных данных и исследований.

Для проведения экспериментов в области реакторной физики зачастую необходимы большие временные ресурсы и финансовые затраты. Избежать высоких затрат как времени, так и других ресурсов представляется возможным с помощью современных методов моделирования.

Метод Монте-Карло, реализуемый, например, в пакете программ MCU, является одним из наиболее распространенных методов моделирования, с помощью которого представляется возможным проведение нейтронно-физического расчета ядерной установки.

К основным задачам нейтронно-физического расчета ядерного реактора относятся определение зависимости плотности потока нейтронов от таких переменных, как энергия, координата и время, а также запаса реактивности на протяжении всей кампании топлива.

Большое влияние на нейтронно-физические характеристики ядерного реактора оказывает неравномерность выгорания ядерного топлива и наработка нуклидов. Поэтому целью данной работы является нейтронно-физический расчет ядерного реактора ВВЭР-1000 с учетом неравномерности выгорания ядерного топлива по высоте тепловыделяющего элемента.

## Расчетная модель

В качестве элементарной ячейки был выбран шестигранник, в центре которого находится тепловыделяющий элемент. На рисунке 1 представлено горизонтальное сечение элементарной ячейки, а в таблице 1 параметры, используемые для расчета.

Таблица 1. Исходные данные для расчета

Величина	Значение
Радиус отверстия в центре твэл, см	0,0700
Внешний радиус топлива, см	0,3765
Внутренний радиус оболочки твэл, см	0,3900
Внешний радиус оболочки твэл, см	0,4550
Величина	Значение
Размер ячейки под ключ, см	1,275
Высота твэл, см	353
Обогащение, %	4,3
Количество зон по высоте	11
Температура топлива, К	773
Температура замедлителя, К	579

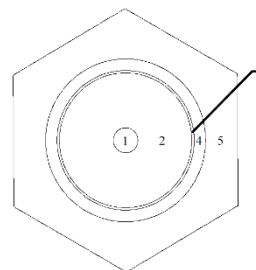


Рис. 1. Горизонтальное сечение элементарной ячейки: 1 – центральное отверстие, 2 – топливо, 3 – прослойка между топливом и оболочкой, 4 – оболочка, 5 – замедлитель.

## Расчет кампании топлива

Оценку примерного времени кампании топлива ЯР дает функция зависимости избыточного коэффициента размножения нейтронов  $\delta k_3 = f(t)$  от времени. В таблице 2 представлены рассчитанные значения избыточного коэффициента размножения нейтронов от глубины выгорания топлива при эксплуатации реактора на 100% мощности.

Таблица 2. Результаты расчета избыточного коэффициента размножения нейтронов в зависимости от глубины выгорания

Выгорание, ГВт·сут·тU <sup>-1</sup>	$\delta k_3$
0	0,3716
2,01	0,2918
4,01	0,2687
6,02	0,2310
8,02	0,2086
10,03	0,1904
12,03	0,1668
14,04	0,1456
16,05	0,1312
18,05	0,1141
20,06	0,0953
22,06	0,0749
24,07	0,0597
26,07	0,0446
Выгорание, ГВт·сут·тU <sup>-1</sup>	$\delta k_3$
28,08	0,0271
30,08	0,0136
32,09	-0,0052

Из представленных результатов видно, что максимальная глубина выгорания топлива лежит в интервале от 30,08 ГВт·сут·тU<sup>-1</sup> до 32,09

ГВт·сут·тU<sup>-1</sup>. Проектная глубина выгорания составляет 56 ГВт·сут·тU<sup>-1</sup> [1]. Заниженное значение максимальной глубины выгорания объясняется отсутствием возможности в расчетной модели твэла учесть перегрузку топлива во время его кампании.

### Определение неравномерности плотности потока нейтронов по высоте

Расчет плотности потока нейтронов с помощью 69 группового приближения дает возможность построения трехмерного графика зависимости плотности потока от энергии нейтронов и высоты в твэле. На рисунке 3 представлена зависимость плотности потока нейтронов в топливе.

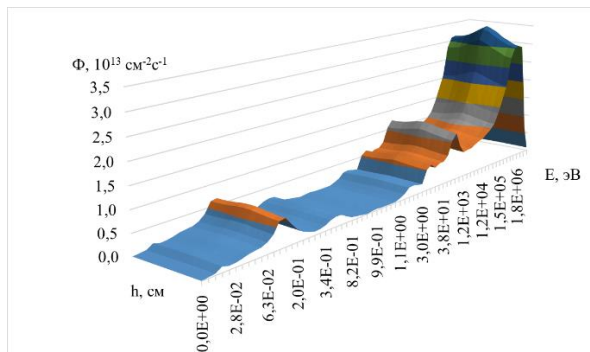


Рис. 3. Зависимость плотности потока нейтронов в топливе от высоты и энергии

### Определение неравномерности выгорания U<sup>235</sup> и наработки Pu<sup>239</sup> по высоте

Характер зависимости плотности потока нейтронов от высоты в твэле и энергии нейтронов, представленный на рисунке 3, определяет характер выгорания U<sup>235</sup> и наработки нуклидов, например, Pu<sup>239</sup>. Чем больше плотность потока тепловых нейтронов в топливе, тем больше выгорание U<sup>235</sup> и скорость наработки нуклида Pu<sup>239</sup>.

Так же стоит отметить, что тепловыделение в тепловыделяющем элементе прямо пропорционально скорости реакции деления. Отсюда следует, что характер плотности потока нейтронов в тепловыделяющем элементе определяет не только выгорание топлива, но и зависимость тепловыделения в тепловыделяющем элементе от высоты.

На рисунке 4 представлена полученная зависимость выгорания U<sup>235</sup> от высоты при различной глубине выгорания ядерного топлива, а на рисунке 5 зависимость концентрации Pu<sup>239</sup> от высоты при этих же глубинах выгорания.

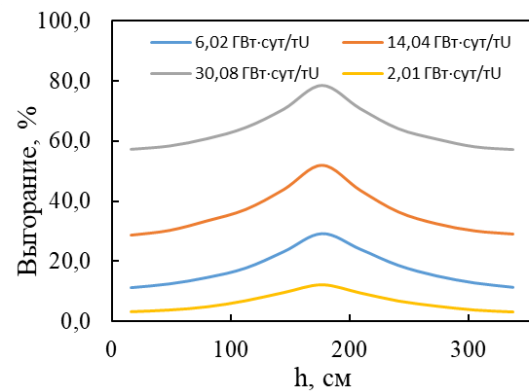


Рис. 4. Зависимость выгорания U<sup>235</sup> от высоты при различной средней глубине выгорания топлива

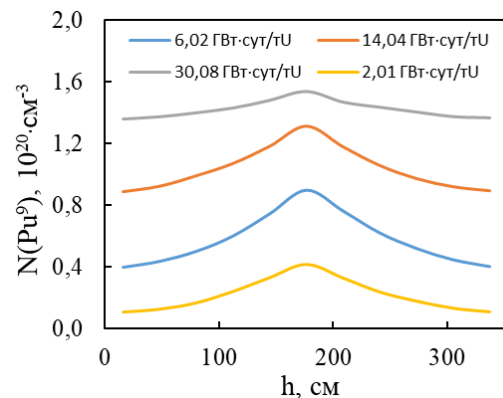


Рис. 5. Зависимость концентрации Pu<sup>239</sup> от высоты при различной глубине выгорания топлива

### Заключение

По результатам проделанной работы был получен спектр плотности потока нейтронов в зависимости от высоты в твэле.

Полученная зависимость определила характер выгорания ядерного топлива и тепловыделения по высоте в твэле.

Полученные результаты помогут при дальнейшей оптимизации и модернизации топливных композиций.

### Список использованных источников

1. Руководство по безопасности при использовании атомной энергии: РБ-093-14. Радиационные и теплофизические свойства характеристики отработавшего ядерного топлива водо-водяных энергетических реакторов и реакторов большой мощности канальных [Текст]: нормативно-технический материал. – Москва: [б.и.], 2014. – 69 с.
2. Гуревич М.И., Шкаровский Д.А. Расчет переноса нейтронов методом Монте-Карла по программе MCU: Учебное пособие. М.: НИЯУ МИФИ. – 154

# ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ОБЗОР МЕТОДОВ КОДИРОВАНИЯ ГРАФОВ

В.Е. Козловский, Е.Е. Лунева  
Научный руководитель: Е.Е. Лунева  
Томский политехнический университет  
v1teka@tpu.ru

## Введение

С помощью теории графов сегодня решаются многие прикладные задачи в различных областях: транспортная логистика; политический анализ, например, анализ настроений граждан относительно политической ситуации для прогнозирования итогов выборов; социологические задачи, в частности, задача выявления возможных друзей в социальных сетях и т.д.

Существует ряд проблем, которые теория графов позволяет решить с помощью трудозатратных алгоритмов, требующих больших вычислительных мощностей и времени. Например, задача коммивояжера или задача идентификации в социальных сетях пользователей экспертов в заданной предметной области. Одним из путей решения такого рода задач является использование машинного обучения. При использовании нейронной сети, оперирующей графами, возникает вопрос, как наилучшим образом представить входные данные.

Цель данной работы – теоретический обзор методов кодирования и представления графов для использования их в качестве входных данных в системах с машинным обучением.

## Постановка задачи

Традиционными способами представления графов, являются матрица смежности, список смежности и список ребер. Размер каждой из этих структур напрямую зависит от количества вершин, в то время, как нейронные сети имеют фиксированный размер входного слоя и оперируют нормализованными данными. Следовательно, если входными данными проектируемой нейросети является, например, матрица смежности, она должна будет оперировать лишь графами, количество вершин в которых совпадает.

Если же речь идет о структурах с миллионами участников, описание графа будет иметь несопоставимый размер. Использование нейронных сетей для работы с большими объемами данных подразумевает распараллеливание вычислений. В рамках различных задач рассматриваются различные признаки вершин графов: принадлежит ли вершина той или иной группе, выполняет ли роль связующего звена, и каковы её значения показателей центральности. В силу изоморфизма традиционных структур представления, ни одна из них не позволит выявить эти признаки: при рассмотрении по частям (например, построчная передача матрицы), не отражается информация о положении отдельной вершины в контексте всей структуры.

В качестве примера для рассмотрения алгоритмов будем использовать неориентированный граф “Zachery’s Karate Club” и его матрицу смежности

[1]. Необходимо на основе этих входных данных получить масштабируемое и наиболее полное представление графа, которое может быть передано на вход нейронной сети.

## Эмбединг вершин графа

В основу методов работы с графами в нейронных сетях положен принцип эмбединга вершин, который состоит в описании каждой из них с помощью набора численных значений определенного размера [3]. То есть, предлагается сопоставить каждой вершине вектор некоего пространства размерностью, намного меньшей, чем их количество в графе. Такое представление не содержит прямого описания ребер в графе – их наличие выражается только близостью расположения вершин.

Для модификации кодирующего алгоритма, также используется функция декодирования – например, функция восстановления списка ребер и вершин по полученному представлению графа. Последовательно применяя кодирование и декодирование, с помощью минимизации несоответствий между полученными данными и реальной структурой графа, можно оптимизировать алгоритм генерирования представлений. Чаще всего для этого используется метод стохастического градиентного спуска.

Для представления графов в приемлемом для нейросетей виде в предшествующих работах предлагаются следующие методы: DeepWalk (word2vec [2]), Node2Vec [3], 2D CNN [4], Graph Convolutional Networks [5]. Формально их можно разделить на две группы: основанные на принципе случайных блужданий и использующие для кодирования нейронные сети.

## Случайные блуждания

Выбрав одну из вершин графа в качестве начальной точки, произвольным образом перемещаемся в одну из ее соседних вершин. Затем повторяем случайное перемещение из вновь выбранной вершины и т.д. Получившаяся последовательность вершин называется реализацией случайного блуждания по графу [6].

## DeepWalk

В рамках данного алгоритма для каждой из вершин графа генерируется заданное число случайных блужданий заданной длины. Если затем каждую вершину интерпретировать как слово, то сгенерированные блуждания можно рассматривать в качестве предложений. Таким образом, их можно использовать для обучения механизма обработки естественного языка “word2vec” [2]. Эта технология позволяет составить векторное представление на основе контекстной близости: по аналогии со

словами в текстах, встречающиеся в блуждании рядом вершины будут иметь близкие координаты (рис. 1).

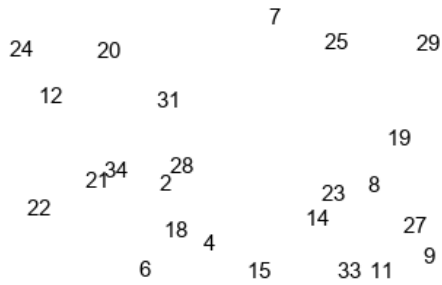


Рис. 1. Представление графа, полученное с помощью метода DeepWalk

### Node2vec

Основное отличие данного метода от DeepWalk заключается в том, что на каждой итерации блуждания вычисляются вероятности перехода в ту или иную вершину. В зависимости от значений двух параметров  $p$  (параметр возврата) и  $q$  (параметр углубления), блуждания более склонны к приближению или отдалению относительно начальной вершины [3]. Корректирование этих параметров позволяет сформировать блуждания, наиболее полно отражающие те или иные признаки структуры каждого отдельного графа.

### 2D CNN

Метод предлагает преобразование графа в изображение, которое затем может быть пропущено через свёрточную нейронную сеть [4]. Весь процесс может быть описан тремя шагами:

- получение эмбединга графа с помощью одного из представленных способов;
- сжатие векторного пространства;
- фрагментирование сжатого пространства и создание 2D-гистограммы каждого фрагмента;
- решение задачи теории графов путем выявления зависимостей по каждой отдельной гистограмме.

### Graph Convolutional Networks

В рамках этого метода производится программное моделирование свёрточной нейронной сети, которая принимает на вход матрицу смежности графа и векторные представления вершин (на начальном этапе подобранные случайно). На каждом скрытом слое представления изменяются с использованием выбранной функции активации и передаются следующему слою [5]. Корректировка весов нейронов позволяет получать более полные векторные представления графа:

1. случайным образом генерируется матрица  $X$  векторных представлений для каждой из вершин;
2. для каждой вершины создаются ребра – петли:

$$A = A + I$$

, где  $I$  – единичная матрица;

3. матрицы  $A$  и  $X$  перемножаются, значения нормализуются с помощью степеней вершин:

$$H = D^{-1} * A * X$$

4. генерируются несколько слоев нейронной сети со случайными весами;
5. на выходе имеем откорректированную матрицу векторных представлений вершин.

Алгоритм был реализован, представление, полученное для исходного графа визуализировано (рис. 2).

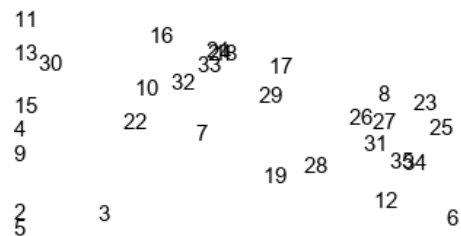


Рис. 2. Представление графа, полученное с помощью метода свёрточной сети

### Заключение

В рамках данной работы рассмотрены методы кодирования графов, основанные на принципе случайных блужданий и с использованием нейронных сетей. Реализованы алгоритмы обоих типов, результаты визуализированы.

Оптимизация алгоритмов с помощью обучающих данных позволит получить представления графов, отражающие их структуру наиболее полно.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект №17-07-00034 А).

### Список используемых источников

1. Zachary's karate club [Электронный ресурс]/Wikipedia. – URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Zachary%27s\\_karate\\_club](https://en.wikipedia.org/wiki/Zachary%27s_karate_club) (дата обращения 15.11.2018).
2. Word2vec [Электронный ресурс]/Wikipedia. – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Word2vec> (дата обращения 15.11.2018).
3. Aditya Grover, Jure Leskovec. node2vec, Scalable feature learning for networks. Phoenix, Arizona: International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, 2016. – 4 p.
4. Tixier, Antoine Jean-Pierre, Giannis Nikolentzos, Polykarpos Meladianos and Michalis Vazirgiannis. Graph Classification with 2D Convolutional Neural Networks. Melbourne, Australia: ACL, 2017. – 4 p.
5. Thomas N. Kipf, Max Welling. Semi-supervised classification with graph convolutional networks. Toulon, Palais des Congrès Neptune: International Conference on Learning Representations, 2017. – P. 3-6.
6. А. Б. Теслюк. О случайном блуждании по графу веб-документов. – М.: Московский физико-технический институт, 2004. – С. 4-5.

# О МЕТОДЕ ИДЕНТИФИКАЦИИ РАЗЛАДКИ ВО ВРЕМЕННЫХ РЯДАХ

А.О. Шерстобитова

канд. физ.-мат. наук, доцент Т.В. Емельянова

Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск,

annasherstobitova06@gmail.com

## Введение

В задачах обработки временных рядов часто встречается ситуация, когда временной ряд порожден различными механизмами генерации, однако у исследователя нет никакой априорной информации об этих механизмах. Для извлечения адекватной информации из массива данных необходима предварительная сегментация ряда на однородные подмассивы данных, без чего нельзя строить математические модели, оценивать параметры и т.д.

Рассматривается проблема разделения временных рядов произвольной природы  $X_t$  (стохастических, детерминированных или смешанных) на сегменты, порожденные одним механизмом, а также обнаружения момента смены  $\tau$  одного механизма генерации другим.

## Описание методологии

Пусть  $X = \{x(t)\}_{t=1}^N$  - временной ряд с неизвестными моментами изменения механизма генерации  $t_i, i = 2, \dots, k$ . Механизмы генерации ряда неизвестны и могут быть стохастическими, детерминированными или смешанными. Отрезки ряда  $[t_i, t_{i+1}], t_1 = 1, t_{k+1} = N$ , которые генерируются одним и тем же механизмом, называем однородными. Б. С. Дарховским была сформулирована и доказана следующая теорема [1], согласно которой связь  $\varepsilon$ -сложности функции гельдерова класса, заданной конечным набором своих отсчетов на равномерной решетке, с погрешностью аппроксимации  $\varepsilon$  характеризуется парой действительных чисел  $(A, B)$ , называемых коэффициентами сложности [1].

Ключевая идея предлагаемой методологии заключается в предположении о том, что на  $i$ -м сегменте однородности  $[t_i, t_{i+1}]$  временного ряда  $X$  для  $t_i \leq t, t + n < t_{i+1}$  коэффициенты сложности удовлетворяют соотношению

$$R(j) = R_i + \xi^i(j),$$

где  $R_i$  - математическое ожидание последовательности  $R(j)$  на отрезке  $[t_i, t_{i+1}]$ , а  $\xi^i(j)$  - последовательность случайных величин с нулевым математическим ожиданием. Иными словами, средние значения коэффициентов  $\varepsilon$ -сложности временного ряда остаются постоянными на интервалах его однородности, а изменение механизма генерации ряда в моменты  $t_i, i = 2, \dots, k$ , приводит к изменению этих средних значений.

Таким образом, если предположение справедливо, задача сегментации временного ряда сводится к задаче обнаружения «разладки» по среднему значению в диагностической векторной последовательности  $R(j)$ .

Для решения последней задачи предлагается использовать следующее семейство статистик

$$Y(s, \delta) = \left( \frac{(N_1 - s)s}{N_1^2} \right)^\delta \left( \frac{1}{s} \sum_{k=1}^s z(k) - \frac{1}{N_1 - s} \sum_{k=s+1}^{N_1} z(k) \right), \quad (1)$$

где  $0 \leq \delta \leq 1, 1 \leq s \leq N_1 - 1, N_1 = \left\lfloor \frac{N}{n} \right\rfloor, Z = \{z(k)\}_{k=1}^{N_1}$  - реализация компонент диагностической последовательности  $R$  [2].

На практике часто необходимо знать номер наблюдения, в котором происходит смена механизма генерации либо фиксируется anomальное поведение данных, не характерное для наблюдаемого временного ряда. В связи с этим предлагается модификация метода сегментации Б. С. Дарховского, которая позволяет получить конкретный номер наблюдения, с зафиксированной аномалией. В качестве семейства  $F$  методов аппроксимации используются кусочно-полиномиальные функции до 10 порядка включительно. В каждом эксперименте генерируется временной ряд, затем выполняется разделение полученного временного ряда на «окна» размера  $n$ . Каждое «окно» обрабатывается методом наименьших квадратов и определяются коэффициенты зависимости  $(A, B)$  по значениям  $\log \varepsilon, \log S$ . Далее выполняется обнаружение момента изменения механизма генерации («разладки») ряда. При помощи алгоритма, основанного на статистике (1), определяются моменты «разладки».

## Имитационное моделирование

Рассматривается модель авторегрессии условной гетероскедастичности ARCH(2) вида

$$X_t = \varepsilon_t \sqrt{\alpha_0 + \sum_{i=1}^q \alpha_i X_{t-i}^2}, \quad (2)$$

где  $\varepsilon \sim N(0,1), \alpha = (0.5, 0.3, 0.6)$ . Объем выборки для эксперимента выберем равным  $N = 1000$ , размер окна  $n = 100$ . Полученный ряд имеет неравномерное поведение, поэтому в качестве аномалий выбираются скачки, намного превышающие среднее значение ряда.



Будем применять к временному ряду метод сегментации Б. С. Дарховского, в результате чего, получаем окна 2, 3, 5, 6 с возможными аномалиями. Далее будем рассматривать каждое идентифицированное окно в пересечении с соседними следующим образом

$$X_1 = \{x_i \in X: i = \overline{nt - 50: n(t + 1) + 50}\}, \quad (3)$$

где  $t$  – идентифицированный номер окна. Таким образом, будем рассматривать четыре полученных временных ряда для обнаружения аномального наблюдения. Для этого необходимо рассматривать каждое наблюдение в новом сгенерированном ряде отдельно и проверять следующие 3 условия

$$X_{1_i} > \overline{X_{1_{i-1}}} + l; X_{1_i} > X_{1_{i-1}} + l; X_{1_i} > X_{1_{i+1}} + l, \quad (4)$$

где  $l$  – контролирующий коэффициент.

Таким образом, если наблюдение в окне удовлетворяет 3 условиям из (4), то наблюдение принимается в качестве аномального.

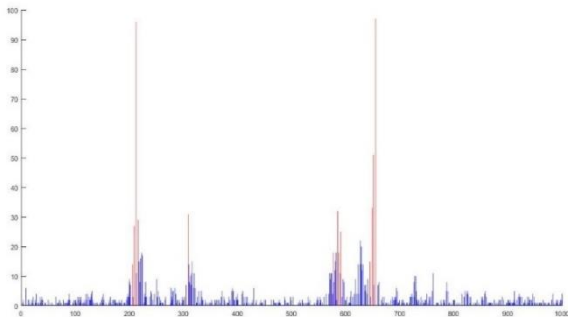


Рис. 1. Обнаружение аномальных наблюдений.

На рисунке красными линиями обозначены обнаруженные аномальные наблюдения. Вспомним, что в качестве аномалий было решено принять скачкообразные наблюдения, намного превышающие среднее значение ряда. Действительно, получаем искомые наблюдения.

### Заключение

Недостатком метода сегментации Б. С. Дарховского в контексте задачи обнаружения момента «разладки» является то, что результатом применения методологии является номер окна, а не номер наблюдения, в котором присутствует «разладка». В связи с этим проводится модификация предложенного метода сегментации. Модификация метода сегментации Б.С. Дарховского проведена на примере модели авторегрессии условной гетероскедастичности ARCH(2), в результате которой удалось получить точные моменты «разладки» в окнах с детектируемыми сменами механизма генерации временного ряда. Таким образом, алгоритм сегментации Б.С. Дарховского позволяет не только выполнить сегментацию временного ряда на однородные подмассивы, но и выполнить обнаружение аномалий во временном ряде с помощью предложенной модификации. Тестирование полученной модификации проведена не только на имитационных данных, но и на реальных данных. Модифицированный метод сегментации показал высокую точность в работе с реальными данными, что является его неоспоримым преимуществом алгоритма.

### Список использованных источников

1. Дарховский Б.С., Пирятинская А. Новый подход к проблеме сегментации временных рядов произвольной природы, Тр. МИАН, 2014, т. 287, с. 61-74
2. Brodsky V.E., Darkhovsky B. S. Non-parametric statistical diagnosis: Problems and methods. Dordrecht: Kluwer, 2000.

# СРАВНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ОДНОЗАДАЧНОЙ МОДЕЛИ FCFS С ХАРАКТЕРИСТИКАМИ МНОГОЗАДАЧНОЙ МОДЕЛИ ROUND ROBIN

В.Ю. Юрченко

Научный руководитель: Ю.Я. Кацман

Томский политехнический университет

vyy1@tpu.ru

## Введение

Round-robin – это алгоритм распределения нагрузки распределенной вычислительной системы методом перебора и упорядочения ее элементов по круговому циклу.

Суть алгоритма: заявки, направленные на выполнение, попадают в конец ограниченной очереди, если в ней имеется свободное место. Первой на выход заявке выделяется квант времени, и она отправляется на обработку прибором. Если по истечению кванта времени, заявка не была обработана до конца, обработка заявки прерывается, и она отправляется в конец очереди. Если заявка обработана до завершения кванта, то она прерывает квант и освобождает прибор. В прибор поступает следующая заявка из очереди. Обработанная заявка покидает систему, а на освободившееся место поступает новая заявка, если такова имеется [1, 2].

## Построение многозадачной модели СМО с беспriorитетной циклической дисциплиной обслуживания RR (Round Robin)

Концептуальная схема СМО представлена на рис. 1. В СМО поступают заявки и попадают в беспriorитетную очередь бесконечной длины первым пришел, первым обслужен (FCFS), после которой занимают места в циклической очереди, если в ней имеются свободные места. Одновременно могут обрабатываться 5 заявок. Освободившийся сервер пытается обслужить очередную заявку из циклической очереди. Если заявка обслужена, то на освободившееся место в циклическую очередь поступает новая заявка из общей очереди.



Рис. 1. Концептуальная схема СМО

Разработка проводилась в среде Matlab+Simulink с использованием библиотеки SimEvents. Общая схема СМО представлена на рис. 2.

Структура однозначной модели СМО аналогична, за исключением того, что количество заявок, обрабатываемых параллельно, равно единице.

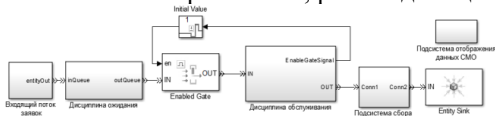


Рис. 2. Общая схема СМО

## Анализ характеристик модели и их сравнение с однозадачной моделью

Во время проведения экспериментов СМО во всех опытах была перегружена, время моделирования составляло 5000 ед. В систему по экспоненциальному закону поступали заявки двух типов, различные по времени обработки: «длинные»  $t_{long} - \Delta t = [80:90]$ ; «короткие»  $t_{short} - \Delta t = [4:6]$ .

Эксперименты проводились для однозадачной (FCFS) системы и многозадачной (RR) системы с периодом квантования равным двум.

Для всех экспериментов использовалось 4 вариации входного потока. Характеристики экспериментов представлены в табл. 1.

Таблица 1. Характеристики проведенных экспериментов

№	$\bar{t}_{long}$	$\bar{t}_{short}$	$N_{long}$	$N_{short}$	$N=N_{short}+N_{long}$	$\frac{N_{long}}{N} \times 100\%$
1	120	10	41	518	559	7,335
2	70	25	74	214	288	25,69
3	50	50	95	99	194	48,97
4	20	100	256	61	317	80,76

Где  $\bar{t}_{long}$  – средний интервал времени поступления длинной заявки;  $\bar{t}_{short}$  – средний интервал времени поступления короткой заявки;  $N_{long}$  и  $N_{short}$  количество длинных и коротких заявок, поступивших в систему.

Результаты обработок заявок для модели FCFS представлены в табл. 2.

Таблица 2. Количество обработанных заявок для однозадачной СМО

№	Обслужено (long)	Обслужено (short)	Обслужено (long+short)	Процент обслуженных заявок поступивших в систему
1	35	403	438	78,35
2	49	154	203	70,49
3	54	66	120	61,86
4	57	17	74	23,34

Результаты обработок заявок для многозадачной модели приведены в табл. 3.

Таблица 3. Количество обработанных заявок для многозадачной СМО

№	Обслужено (long)	Обслужено (short)	Обслужено (long+short)	Процент обслуженных заявок, поступивших в систему
2	47	160	207	71,88
3	51	66	117	60,3
4	54	17	71	22,4

Сравнение временных характеристик двух систем приведено в табл. 4.

Таблица 4. Временные характеристики моделей

№	Система RR				Система FCFS			
	Ср. время нахождения в системе		Ср. время обслуживания		Ср. время нахождения в системе		Ср. время обслуживания	
	long	short	long	short	long	short	long	short
1	838	351	542	27	535	466	85	5
2	1029	615	561	27	773	762	85	5
3	1358	849	569	28	1152	1057	85	5
4	2102	1454	579	27	1945	1683	85	5

Сравнение двух дисциплин обслуживания (табл. 2, 3 и 4) показывает:

- в RR-системе количество обслуженных заявок больше, чем в однозадачной за счет коротких заявок;
- для алгоритма RR увеличивается время нахождения длинных заявок в системе, но уменьшается среднее время нахождения в системе коротких заявок.

#### Исследование зависимостей характеристик системы от выбора периода квантования

Наиболее важной проблемой при использовании алгоритма RR, является определение величины времени кванта. Величина этого параметра существенно влияет на значение времени ожидания, времени обработки и количества переключений контекста. Каждое значение кванта приведет к определенной производительности и повлияет на эффективность алгоритма за счет изменения времени ожидания заявок [3].

Было проведено пять экспериментов для многозадачной СМО с периодами квантования равными: 2-6 единиц. Результаты обработок заявок для многозадачной модели с различными интервалами квантования приведены в табл. 5.

Таблица 5. Количество обработанных заявок для многозадачной СМО

№	Обслужено(long)					Обслужено(short)				
	Квант времени					Квант времени				
	2	3	4	5	6	2	3	4	5	6
1	33	33	33	33	33	413	413	411	412	413
2	47	47	47	47	47	160	161	159	159	161
3	51	50	51	51	52	66	66	66	66	66
4	54	55	54	55	55	17	17	17	17	17

Как видно из таблицы 5, количество обслуженных заявок практически не зависит от выбранного интервала квантования.

Влияние интервала квантования на время обслуживания представлено в табл. 6.

Таблица 6. Среднее время обслуживания заявок

№	Среднее время обслуживания (А)					Среднее время обслуживания (В)				
	Квант времени					Квант времени				
	2	3	4	5	6	2	3	4	5	6
1	542	537	477	485	523	27	21	24	17	5
2	562	556	526	530	539	27	22	26	18	5
3	569	564	546	546	548	28	22	27	18	5
4	579	574	565	562	557	27	21	26	16	5

Как видно из таблицы 6, влияние периода квантования на короткие заявки и длинные заявки различно:

- с увеличением кванта времени, время выполнения длинных заявок уменьшается, это можно увидеть во всех экспериментах;
- при увеличении доли длинных заявок во входящем потоке, среднее время обработки длинных заявок увеличивается;
- для коротких заявок время обслуживания практически не зависит от типа эксперимента, но уменьшается при увеличении кванта времени за счет сокращения количества циклов обслуживания;
- при времени квантования равным 6, короткая заявка обрабатывается за один цикл, однако, в отличие от FCFS в системе RR короткая заявка, поступившая позже, может быть обслужена раньше.

#### Заключение

В ходе выполнения работы была разработана модель СМО, реализующая законы управления FCFS и RR. Входной поток состоял из заявок двух типов: длинных и коротких. Исследовано влияние интервала квантования от 1 ед. до 6 ед. на характеристики системы. Анализ результатов показал, что в RR-системе среднее время ожидания обслуживания меньше, чем в FCFS. Среднее время обслуживания коротких заявок в RR-системе меньше, чем в однозадачной. Однако, длинные заявки при этом обслуживаются дольше. Выбор величины периода квантования мало влияет на общее количество обработанных заявок, но существенно влияет на характеристики СМО.

#### Список используемых источников

1. Garg R.B. Simulation of an optimum multilevel dynamic round robin scheduling algorithm. // International Journal of Computer Applications. – 2013. – V. 10. P. 42 – 46.
2. Polyanskiy S.V., Katsman Yu. Ya. Application of dynamic priorities for controlling the characteristics of queuing system // Journal of Physics: Conference Series. — 2017. — Vol. 803: Information Technologies in Business and Industry (ITBI2016): International Conference, 21–26 September 2016, Tomsk, Russian Federation : [proceedings]. — [012119, 6 p.]. Apachidi X.N., Katsman Yu.Ya. Development of a queuing system with dynamic priorities // Key Engineering Materials. – 2016. – V. 685. – P. 934–938.

# АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СОПРОВОЖДЕНИЯ АНАЛИЗА РЕЗУЛЬТАТОВ РАДИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

С.А. Семёнов, Е.В. Кашеева, С.В. Аксёнов  
Томский политехнический университет  
sergey9@tpu.ru

## Введение

Заболевания лёгких в настоящее время входит в десятку самых распространённых причин смертей среди населения. Для выявления заболеваний лёгких используются данные полученные с помощью эффективных радиологических исследований, которые являются не травмирующими и не инвазивными. На протяжении жизни, а также в процессе лечения, радиологические исследования проводятся неоднократно. На текущий момент процедура по выявлению заболеваний лёгких выполняется вручную радиологами.

В нашей работе предлагается использовать средства компьютерного зрения, машинного обучения и других инструментов анализа данных для повышения эффективности оценки состояния лёгких, путём разработки специализированного программного обеспечения.

## Архитектура приложения

Разработанное программное обеспечение предназначено для поддержки принятия решений специалистом-радиологом. Помощь предоставляется в виде доступного функционала для просмотра предыдущих обследований пациента и информации о пациенте, а также алгоритмы и программные пакеты, выполняющие анализ результатов обследований пациентов, позволяющие детектировать патологии по снимкам компьютерной томографии. Веб-приложение включает в себя базу данных PostgreSQL, хранящую информацию о пользователях, пациентах и обследованиях. Снимки компьютерной томографии и снимки, полученные путём анализа результатов радиологических обследований, хранятся в файловой системе.

Архитектура разрабатываемого программного обеспечения представлена на рисунке 1. Первый (внутренний слой) слой Domain layer содержит классы моделей (Models or Entities), которые используются в приложении и объекты которых хранятся в базе данных. Второй слой Service layer включает в себя программный пакет segmentation-and-classification, выполняющий чтение dicom файлов и определение патологий на снимках, и классы манипулирующие данными (Process data), которые позволяют управлять базой данных и DICOM файлами.

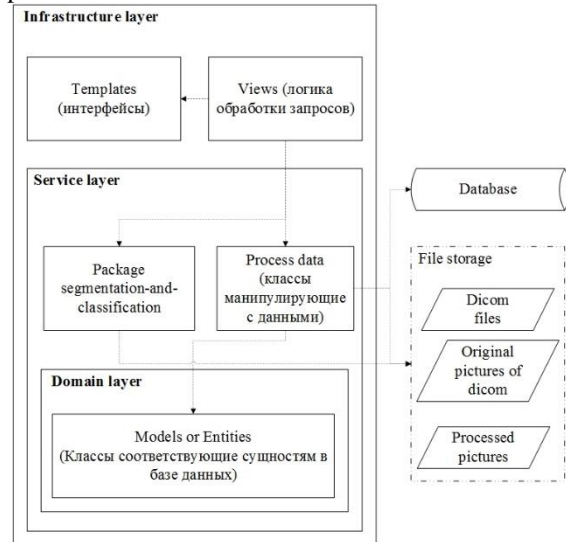


Рис. 1. Архитектура приложения

На третьем (внешний слой) слое находится логика обработки запросов (Views) и интерфейсы (Templates).

## Аутентификация и авторизация

Для санкционированного доступа спроектирована система аутентификации и авторизации.

С помощью авторизации и аутентификации осуществляется ограничение доступа к системе или частям системы лицам не имеющих соответствующих прав. Система аутентификация и авторизации включает в себя три роли. Каждая роль обладает соответствующим доступом к функционалу. Ниже перечислены роли системы:

- 1) администратор – обладает полным доступом к сайту (ко всем интерфейсам системы). Задача администратора управление врачами системы;
- 2) врач – тип пользователей для которых разработана система, проводит добавление и обследование пациентов;
- 3) пациент – цель радиологических исследований, имеет доступ только к просмотру обследований.

## Сценарий использования

Перед просмотром истории обследований, необходима выбрать конкретного пациента из списка пациентов, которые привязаны к конкретному врачу. При проведении обследования первым этапом идёт



Рис. 2. Блок-схема алгоритма анализа результатов радиологических исследований.

выбор пациента, для которого будет проведено обследование, затем выбираются директория со снимками компьютерной томографии на локальном компьютере пользователя. Далее срабатывает анализ результатов радиологических исследований. После работы алгоритма проводится просмотр врачом результатов анализа. Блок-схема алгоритма анализа результатов радиологических исследований представлена на рисунке 2.

### Программное обеспечение

Разработанное веб-приложение представляет собой прототип системы, включающей в себя программный пакет *segmentation-and-classification*, предназначенный для анализа результатов радиологических исследований, базу данных, интерфейсы, функционал управления пациентами, функционал проведения обследования, систему аутентификации и авторизации. Прототип предоставляет пользователю два основных функционала: интерфейс управления базой пациентов и интерфейс

анализа результатов радиологических исследований.

Интерфейс работы с базой пациентов позволяет пользователю добавлять новых пациентов, удалять пациентов из системы и редактировать данные пациентов. При добавлении пациента пользователю необходимо заполнить информацию о пациенте, в данный момент необходима записать имя, фамилию и дату рождения. После добавления при необходимости пользователь может отредактировать данные пациента или удалить пациента из базы.

Интерфейс анализа результатов радиологических исследований позволяют пользователю просматривать историю лечения пользователя и проводить анализ результатов обследований.

### Заключение

В ходе проведенной работы спроектирована архитектура приложения, сценарий использования, прототипы интерфейсов, алгоритм анализа результатов радиологических исследований и база данных программного обеспечения сопровождения анализа результатов радиологических исследований. На базе проведенного проектирования разработано программное обеспечение, представляющее собой веб-приложение, предоставляющее следующие функции пользователям:

- 1) аутентификация и авторизация – позволяющее ограничить доступ от посторонних лиц и дать доступ врачам, выполняющим обследования пациентов;
- 2) функционал управления пациентами, предназначенный для добавления, удаления и редактирования данных пациентов. Данный функционал предназначен для врачей разрабатываемой системы;
- 3) функционал анализа результатов радиологических исследований, позволяющий проводить анализ снимков пациента, просматривать предыдущие обследования пациента. Данный интерфейс предназначен для врачей разрабатываемой системы.

Работа может послужить фундаментом информационной медицинской системы, позволяющей проводить детектирование патологий по снимкам компьютерной томографии, которая в свою очередь оптимизирует и облегчает работу медицинского персонала.

Исследование выполнено при поддержке гранта РФФИ №16-47-700289.

## СИСТЕМА УЧЕТА ПОСЕЩАЕМОСТИ СТУДЕНТОВ

А.О. Банщикова, А.А. Гируцкая, И.В. Цапко  
Томский политехнический университет  
aob19@tpu.ru

### Введение

Основную часть информации о внешнем мире человек получает по зрительному каналу и далее весьма эффективно обрабатывает полученную информацию при помощи аппарата анализа и интерпретации визуальной информации. Поэтому встает вопрос о возможности машинной реализации данного процесса. За счет возрастания сложности решаемых научно-технических задач, автоматическая обработка и анализ визуальной информации становятся все более актуальными вопросами.

Поэтому целью нашей работы являлось написание программного обеспечения, которое предоставило бы пользователям возможность поиска человека в видеопотоке и установления его личности. Данные технологии могут использоваться в повседневных ситуациях. Мы остановились на контроле посещаемости студентами занятий в университете.

### Описание алгоритма

Для решения задачи поиска человека в видеопотоке было разработано приложение в среде Py-Charm на языке Python. Поиск человека производится с использованием детектора Хаара с использованием сверточной нейронной сети ResNet34.

Для обнаружения лиц был использован детектор Хаара. Его основным преимуществом является скорость. Благодаря быстрой обработке изображения, можно с лёгкостью обрабатывать потоковое видео. Детектор Хаара используется для распознавания большинства классов объектов. К ним относятся лица и другие части тела людей, номера автомобилей, пешеходы, дорожные знаки, животные и т.д. Детектор Хаара реализован в библиотеке OpenCV.

Для распознавания человека на фотографии была использована библиотека машинного обучения dlib, которая содержит удобные средства распознавания лиц.

Для решения задачи верификации была использована сверточная нейронная сеть, а именно предварительно обученная нейронная сеть ResNet. От сети отрезаются слои, отвечающие за классификацию, и остаются только сверточные слои, которые извлекают ключевые признаки из изображения. Результат работы - набор чисел, который называется дескриптором. Такие дескрипторы мы извлечем из фотографии и с web-камеры.

dlib использует модифицированный вариант сети ResNet34. Эта сеть выдает дескрипторы из 128 чисел. Сеть обучена специальным образом так, чтобы дескрипторы фотографий одного человека находились рядом друг с другом, а дескрипторы фотографий разных людей - далеко друг от друга.

dlib использует аффинное преобразование изображения с использованием ключевых точек на лице. Производится перенос ключевых точек в такую позицию, как будто человек смотрит прямо в камеру. Дескрипторы извлекаются только после аффинного преобразования изображения.

Чтобы оценить близость дескрипторов в dlib используется Евклидово расстояние. Если значение Евклидова расстояния между дескрипторами меньше 0.6, то считается, что на изображениях один и тот же человек. С использованием такой метрики dlib обеспечивает точность 99.38% на тесте распознавания лиц Labeled Faces in the Wild.

### Результаты работы

Для оценки алгоритма были проведены испытания программы. В процессе тестирования, были обработаны фотографии студентов, обучающихся в группе 8И5А. Полученные дескрипторы были добавлены в документ формата JSON.

Далее был использован захват видеопотока с камеры, где происходит обнаружение лиц в кадре. Каждое лицо выделяется рамкой прямоугольной формы. Затем из этой области производится получение дескриптора и его сравнение с имеющимися дескрипторами. Если запись о человеке существует, то система фиксирует время прибытия студента на занятие. Система успешно распознает и идентифицирует людей, находящихся в движении, а также может распознать несколько человек, одновременно находящихся в кадре.

Таким образом, если студент обнаружен впервые, то фиксируется лишь время прибытия студента на занятие, время ухода не указывается. При каждом повторном обнаружении, записывается время ухода. Если студент был замечен более двух раз, то временем ухода считается последнее появление студента в кадре.

На рисунке 1 представлена процедура снятия дескриптора с изображения. При использовании фотографии с высоким качеством, вероятность верной идентификации человека в видеопотоке выше.

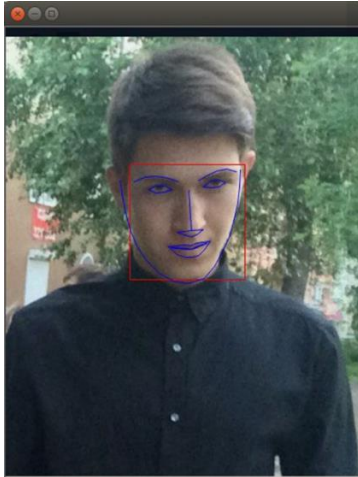


Рис. 1. Получение формы лица и снятие дескриптора с изображения

С целью ускорения работы программы, обновление данных в документе производится не при каждом обнаружении человека в видеопотоке, а с заданным интервалом времени. Данные помещаются в динамическую структуру, с указанием личности человека и временем его обнаружения. Затем, по истечении времени, производится перезапись документа JSON актуальными данными.

На рисунке 2 представлена работа приложения.

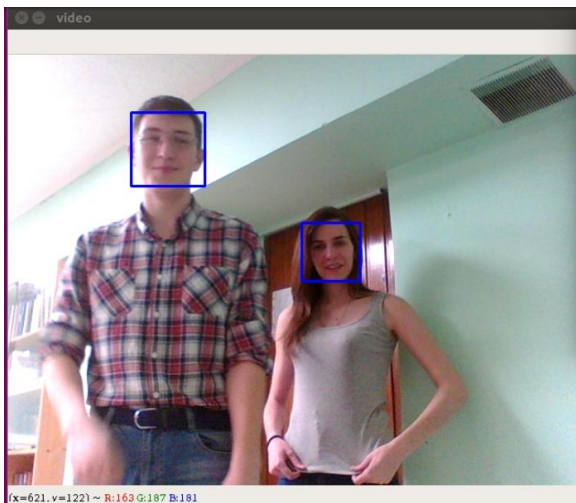


Рис. 2. Распознавание людей в реальном времени

В программе имеется возможность формирования отчета по посещаемости занятия студентами (рис. 3). Это происходит по инициативе пользователя, путем нажатия на кнопку.

Отчет		
Студент	Время прихода	Время ухода
Girutskaya Anna	12:14	12:30
Banshchikov Alexander	12:14	12:32
Potapkina Serafima	12:15	12:22
Pravosudov Matvey	12:15	12:21
Mirtov Sergey	12:16	12:23
Demidenko Ludmila	12:17	12:22
Sokolova Evgenia	12:17	12:22
Botkina Julia	12:18	12:21
Sergeeva Anastasia	12:19	12:27
Margulis Stanislav	12:21	12:26
Ngok Bick	12:24	12:26

Рис. 3. Пример формы отчета

### Заключение

Основываясь на результатах тестирования приложения, можно сделать вывод о том, что алгоритм распознавания человека в видеопотоке является работоспособным и определяет человека с заявленной точностью.

Решение может быть использовано в университетах, школах, различных предприятиях для контроля посещаемости, фиксации времени прибытия людей и их ухода.

В ходе тестирования были выявлены некоторые проблемы, а именно:

1. Качество исходных фотографий существенно влияет на работу алгоритма распознавания человека;
2. Алгоритм не смог различить изображения близнецов;

### Список использованных источников

1. Обучение каскада Хаара на примере поиска символов автомобильного номера OpenCV. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://kostyakulakov.ru/opencv-/обучение-каскада-хаара> (дата обращения: 19.09.2018).
2. Python API – Dlib . [Электронный ресурс]. – URL: <http://dlib.net/python/index.html> (дата обращения 20.10.2014).
3. Таненбаум Э. Компьютерные сети/ Э.Таненбаум, Д Уэзеролл. – СПб.: Питер, 2012. – 960.

# ПОСТРОЕНИЕ ПРОГНОЗНЫХ МОДЕЛЕЙ С ПОМОЩЬЮ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Н. А. Солтаганов

Институт мониторинга климатических и экологических систем  
Сибирского отделения Российской академии наук  
nasoltaganov@yandex.ru

## Введение

Для построения прогнозных моделей в метеорологии в последние десятилетия математики работают над численными методами. Ввиду большого количества факторов (влажность воздуха, температура воздуха, атмосферное давление, скорость ветра и т.д.) влияющих на погоду, работы в этом направлении продвигаются медленно. Математические вычисления оказываются крайне громоздкими. При этом описать получается небольшое пространство, порядка десятков километров. [1]

На сегодняшний день многие механизмы формирования погоды неизвестны. Поэтому для построения прогнозных моделей можно пойти другим путем – воспользоваться технологией машинного обучения, а именно искусственными нейронными сетями. [2]

Для решения задачи прогнозирования метеорологических параметров использованы спутниковые снимки, а также данные наблюдений метеорологических станций, различных временных масштабов.

## Обзор библиотек

Для построения прогнозных моделей с помощью нейронных сетей были использованы различных языков программирования (C++, Python, Lua, R, Scala, Julia) библиотеки: Caffe (C++), Torch (Lua, Python), TensorFlow (Python), MXNet (R, Scala, Julia, Python), CNTK (C++), Neon (Python), Theano (Python, C++).

Для распознавания метеорологических явлений на спутниковых снимках использованы сверточные нейронные сети (CNN). В результате программных экспериментов выяснилось, что наиболее легко получилось построить прогнозную модель используя библиотеку TensorFlow и встроенную в нее нейросеть InceptionV3 [3]. В библиотеке Torch есть удобная временная верстка CNN. Эти особенности библиотек выделяют их среди остальных.

Для прогнозирования временных рядов используются рекуррентные нейронные сети (RNN). Microsoft CNTK и Torch обладают богатыми наборами встроенных моделей. Caffe имеет минимальное количество возможностей для RNN моделирования. Библиотека Tensorflow имеет небольшой

набор встроенных моделей, но за счет надстроек над библиотекой TFLearn и Keras она включает в себя большое количество моделей RNN.

В отличие от библиотек Caffe, CNTK, Neon библиотеки Theano, TensorFlow, Torch и MXNet обладают отлично написанными учебными пособиями. Также TensorFlow, Torch и MXNet обладают легким модульным интерфейсом. Все это способствует старту проектов на сайте GitHub.com. Количество проектов представлено на рисунке 1.

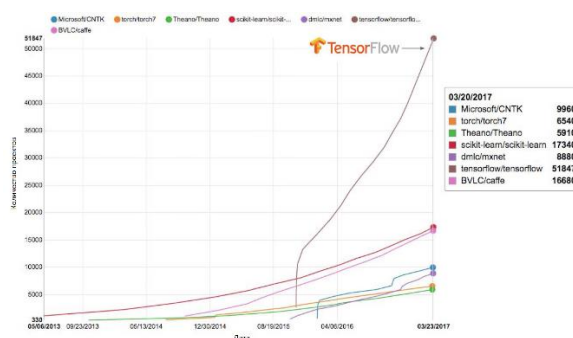


Рис. 1. Количество проектов на сайте GitHub.com

При тестировании производительности сверточных нейронных сетей Torch и Neon показали наилучшие результаты. Caffe и Theano значительно отстали от лидеров. CNTK показал себя наилучшим образом при обучении RNN. [4, 5]

Большинство алгоритмов машинного обучения связаны с большим количеством вычислений. MXNet обладает одним из самых оптимизированных движков для работы с графическим процессором.

Символьные библиотеки MXNET, TensorFlow, Theano, CNTK характеризуются символьными графами векторных операций, таких как матричное сложение/умножение или свертка. Слой является просто набором таких операций. Благодаря разделению на небольшие составные компоненты (операции) пользователи могут создавать новые сложные типы слоев без использования низкоуровневых языков (как в Caffe, Torch). [6, 7]

Результаты сравнения библиотек сведены в таблицу 1.



Таблица 1. Результаты сравнения библиотек

	Уч. пособие	Наличие моделей CNN	Наличие моделей RNN	Удобство использования	Скорость вычислений	Оптимизация распределённых вычислений	Поддержка Keras
Theano	++	++	++	+	++	+	+
Tensor Flow	+++	+++	++	+++	++	++	+
Torch	+	+++	++	++	+++	++	-
Caffe	+	++	-	+	+	+	-
MXNet	++	++	+	++	++	+++	-
Neon	+	++	+	+	++	+	-
CNTK	+	+	+++	+	++	+	-

### Заключение

В результате проведения сравнения библиотек можно сделать вывод о том, что наиболее подходящей для работы с временными рядами является библиотека TensorFlow, а для анализа спутниковых снимков библиотека CNTK. Достоинством этих библиотек также станет наличие большого комьюнити-сообщества, что может облегчить поиск решений возникших проблем. Для работы с большим количеством вычислений стоит обратить внимание на библиотеку MXNet, у ней более высокая производительность за счет эффективного использования памяти. Это единственная библиотека, в которой поддерживаются все функции языка R. В данном исследовании рассмотрены не все библиотеки, позволяющие строить прогнозы, а только часть их. Существуют и другие библиотеки такие как: DeepLearning4j, Paddle, Chainer, Apache Signa, и Dynet. Это недавно созданные библиотеки, которые только набирают популярность.

### Список использованных источников

1. Кислов А.В. Климатология. Учебник для студ. учреждений высш. проф. образования. – М.: Академия, 2011. – 224 с.
2. Хайкин С. Нейронные сети. Полный курс. 2-е изд. Пер. с англ. – М.: Издательский дом "Вильямс", 2006. – 1104 с.
3. TensorFlow. Image Recognition. [Электронный ресурс]. – URL: [https://www.tensorflow.org/tutorials/images/image\\_recognition](https://www.tensorflow.org/tutorials/images/image_recognition) (дата обращения 20.11.2018).
4. Nervana Neon, the fastest framework alive. [Электронный ресурс]. – URL: <https://medium.com/@stanleydukor/nervana-neon-the-fastest-framework-alive-e449d3e2a20d> (дата обращения 20.11.2018).
5. Comparative Study of Deep Learning Software Frameworks. [Электронный ресурс]. – URL: <https://arxiv.org/abs/1511.06435> (дата обращения 20.11.2018).
6. Neural Network Architectures. [Электронный ресурс]. – URL: <https://towardsdatascience.com/neural-network-architectures-156e5bad51ba> (дата обращения 20.11.2018).
7. Deep Learning. [Электронный ресурс]. – URL: <https://habr.com/company/microsoft/blog/313318> (дата обращения 20.11.2018).

# ПОСТРОЕНИЕ «ДОМА КАЧЕСТВА». ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРЕБОВАНИЙ ПОТРЕБИТЕЛЯ

А.С. Ивашенко  
Томский политехнический университет  
asb73@tpu.ru

## Введение

Для повышения конкурентоспособности продукции, компании все чаще прибегают к использованию метода, который на слуху может отражаться как «Дом качества», QFD, развертывание функции качества.

С возрастанием популярности, в научной среде появляется множество статей на данную тематику, как правило, рассказывая примеры и результаты построения этих домов. Примеры требований и готовых «Домов качества» к кофе, сливочному маслу, частям автомобиля и множество других продуктов, уже рассмотрены в статьях. Кто-то приводит построение лишь одного – первого дома, кто-то разворачивает для удобства до 5 и более.

В данной работе представлены особенности, с которыми пришлось столкнуться при выполнении первого этапа построения «Дома качества» для конкретного продукта.

## Краткое описание метода QFD

Метод QFD – удобен для принятия решений, способствует решению наиболее важных для клиента характеристик существующей, или разрабатываемой продукции. Результат может включать в себя несколько матриц соответствия от требований заказчика к техническим характеристикам, а затем к характеристикам деталей [2].

К этапам построения матрицы QFD относятся: 1 – определение требований потребителей, 2 – выявление важности определенных требований, 3 – разработка технических характеристик продукции, 4 – определение взаимосвязи между техническими характеристиками и требованиями потребителей, 5 – определение корреляционной зависимости технических характеристик (построение крыши), 6 – учет влияния конкурентов.

Результатом выполнения перечисленных этапов служит исходная информация для технического задания на разработку продукции.

## Метод QFD на конкретном примере

В работе рассматриваются данные конкретной компании по производству медицинских и ветеринарных изделий. В основе работы рассматриваемых изделий как для ветеринарии, так и для медицины заложен единый принцип – коагуляция.

Для понимания необходимости внедрения той или иной разработки, улучшения было принято решение построить «Дом качества». Применение изделий происходит в комплексе «Аппарат + Принадлежности», по этой причине и рассматриваться они будут вместе.

Первым и основополагающим этапом построения является выявление требований потребителя. На данном этапе возникает понимание, что необходимо обязательно учитывать различные требования клиентов (не только высказанные, но и подразумеваемые, и неосознанные). Для решения данной задачи и выявления требований – «голоса потребителя», обрабатывались данные опросов клиентов на выставках, результаты анкетирования, все рекламационные обращения за последние 3 года, а также случаи с подобными аппаратами (в том числе и судебные разбирательства) из сети Интернет.

Соотношение рассмотренных данных представлено на рисунке 1.

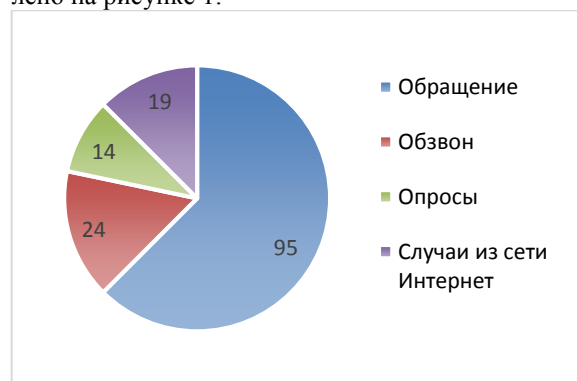


Рис. 1. Источники получения требований клиентов

В ходе данного сбора и обработки данных, возникла необходимость разделения полученных требований на те, которые относятся к медицине, и относящиеся к ветеринарии. Этому поспособствовали различные особенности проведения подобных операций. Например, один набор принадлежностей для медицины, может совершенно не подойти для ветеринарии – где операции могут проводиться как на крупных животных (лошади), так и на маленьких (котята, хомячки).

Также, из-за отличий российского и зарубежного рынков (из-за различий в развитии, эти требования отличаются), произошло дальнейшее разделение. В результате, на изделия, выполняющие одинаковую функцию – коагуляцию, появилась необходимость в построении четырех различных матриц (конечно, не исключая связи между ними).

Аудитория опрошенных потребителей представлена на рисунке 2.



Рис. 2. Соотношение опрошенных потребителей (количество - страна)

Для удобства обработки большого количества требований, они были объединены в пучки свойств. К выявленным пучкам свойств относятся: безопасность продукции, удобство в использовании, понятность использования, надежность (долгий срок службы), приятный внешний вид и другие.

Для каждого требования указано количество обращений к нему, тем самым учитывается важность тех, или иных требований клиентов.

Для выполнения дальнейших этапов построения «Дома качества», собрана рабочая группа. В состав рабочей группы включены сотрудники отдела разработки. Задачей является разработка технических характеристик к продукции.

### Заключение

Несмотря на то, что работы по построению «Дома качества» еще далеки от завершения, уже можно выделить пользу от использования данного метода.

Во-первых, начав обрабатывать требования клиентов в комплексе, возникает понимание – что

же является наиболее важным для клиента, на что стоит обратить внимание при дальнейших разработках, а к выполнению каких требований стоит стремиться уже сейчас.

К основным требованиям потребителей вынесены – безопасность (как для оператора, так и для пациента), удобство использования принадлежностей, надежность изделий.

Во-вторых, завершенная матрица QFD позволит не просто понимать требования потребителей, но и покажет инженерам, каким образом реализовать эти требования. Это позволит избежать корректировки параметров продукта после его появления на рынке.

### Список использованных источников

1. Вашуков Ю.А., Дмитриев А.Я., Митрошкина Т.А. QFD: Разработка продукции и технологических процессов на основе требований и ожиданий потребителей: метод. указания Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2012. – 32 с.
2. Пономарев С. В., Мищенко В. Я. Управление качеством продукции. Инструменты и методы менеджмента качества: учебное пособие. М.: РИА Стандарты и качество. 2005. — 248 с.
3. Дуць А. О., Ребезов М. Б., Ребезов Я. М., Ковтун М. А., Зинина О. В. Разработка «дома качества» для производства мясных сэндвичей // Журнал: Молодой ученый. 2014. № 9 (68). С. 135–139.
4. Прохасько Л. С., Третьяк Л. Н., Смольникова Ф. Х., Мардар М. Р. Построение «дома качества» для кофе натурального жареного молотого // Вопросы экономики и управления. — 2015. — №1. — С. 42-45. — URL <https://moluch.ru/th/5/archive/10/228/> (дата обращения: 10.11.2018).
5. Т. Г. Аблатыпов. Достижение удовлетворенности потребителей. Методы менеджмента качества (Москва) - 06.12.2005
6. Альхамова Г.К., Залилов Р.В., Асенова Б.К. Построение «Дома качества» для сливочного масла. Журнал: Технические науки – 08.2015.

## **Секция 2. Автоматизация и управление в технических системах**



## Сравнение классической и усовершенствованной моделей управления

Сравнительный анализ классического управления с применением ПИД-регулятора и усовершенствованного управления произведен на основании прямых показателей качества переходного процесса: времени регулирования переходного процесса  $t_p$  и перерегулирования  $\sigma$ . Интегральные и прямые показатели качества сравниваемых систем управления представлены в таблице 1.

Переходные процессы в системе регулирования раздела фаз при использовании классического управления и усовершенствованного представлены на рисунках 4, 5.

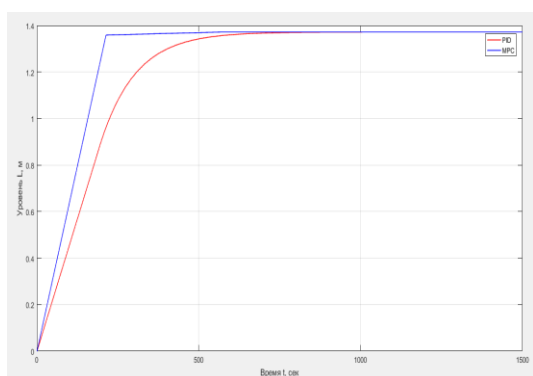


Рис. 4. Переходные процессы в контуре раздела фаз

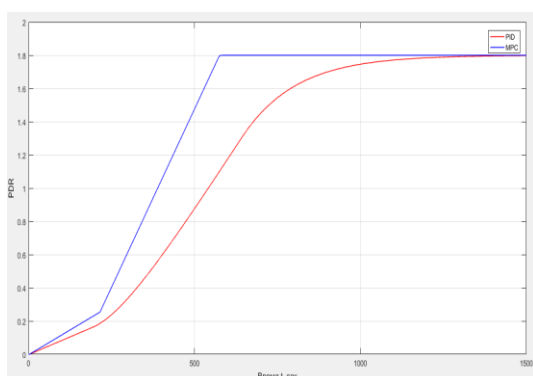


Рис. 5. Переходные процессы в контуре перепада давления гидроциклона

Таблица 1. Прямые показатели качества переходных процессов

Показатель качества	Уровень раздела сред		Перепад давления	
	PID	MPC	PID	MPC
$t_p$ , с	608,94	205,09	1248,3 2	554,4 8
$\sigma$ , %	0,000	0,000	0,000	0,000

Проанализировав данные в таблице, можно сделать вывод о том, что APC стратегия управления позволяет получить увеличение быстродействия

системы управления практически в два раза (на 203,85 с. быстрее в контуре раздела фаз и на 363,84 с. быстрее в контуре регулирования давления в гидроциклоне) и уменьшить энергетические затраты на управление.

## Заключение

В результате оценки прямых и интегральных показателей качества управления было произведено сравнение стратегии APC управления и классического управления с применением настройки ПИД-регулятора. Применение стратегии APC управления установкой подготовки нефти позволяет добиться снижения энергетических затрат на управление, увеличения быстродействия и сокращения энергетических потерь при изменении режима работы.

## Список использованных источников

1. Логунов П.Л., Шаманин М.В. Усовершенствованное управление ТП: от контура регулирования до общезаводской оптимизации// Автоматизация в промышленности– 2015. – 4. – С. 4-14.
2. Технологические основы и моделирование процессов промышленной подготовки нефти и газа: учебное пособие / Н.В. Ушева [и др.]; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). – 2-е изд. Томск: Изд-во ТПУ, 2014. – 130 с.
3. Сидорова А.А. Выбор эффективного метода настройки ПИД-регулятора// Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов XV Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, 04-07 декабря 2017 г., г. Томск. – Томск: Изд-во ТПУ, 2018. – С. 175-176.
4. Михеева О.В., Миронова Е.В., Сидорова А.А. Исследование метода РЧХ для настройки ПИД-регулятора// Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов XIV Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных. Томский политехнический университет, Институт кибернетики. 2016. – С. 295-296.
5. Сидорова А.А. Определение наиболее эффективного метода настройки ПИД-регулятора// Проблемы информатики. – 2012. – № S3 (17). – С. 143-150.
6. Сидорова А.А., Малышенко А.М. Анализ эффективности алгоритмов автоматической настройки адаптивных промышленных ПИД-регуляторов// Известия Томского политехнического университета. –2011. – Т. 318. – №5. – С. 110-115.
7. Веремей Е.И. Введение в задачи управления на основе предсказаний [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://matlab.exponenta.ru/modelpredict/book1/0.php>. (дата обращения 10.10.2018).

# РАЗРАБОТКА ПОДСИСТЕМЫ УТОЧНЕНИЯ ДИСТАНЦИИ В СОСТАВЕ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА ВЫСОКОТОЧНОЙ КООРДИНАЦИИ ПОЛЕТА ГРУППЫ БВС В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

Р.И. Перминов

Научный руководитель: В.С. Шерстнев

Томский политехнический университет

E-mail: rip2@tpu.ru, vss@tpu.ru

## Введение

Комплекс предназначен для высокоточной координации нескольких беспилотных воздушных средств (далее - БВС) в ходе демонстрации ими светового шоу.

Комплекс состоит из группы БВС и наземной станции управления (далее - НСУ). В свою очередь, БВС состоит из системы ультразвуковой локации, технического зрения, связи, автоматического управления, полетной системы, а также аппаратного и программного обеспечения.

Предлагаемое к реализации программно-аппаратное решение предназначено для обеспечения безопасного полета БВС с опасно близкими траекториями (другими БВС или каким-либо препятствиями), обеспечение следования по выбранной траектории на дистанции порядка характерного размера БВС.

Целью данной работы является разработка подсистемы уточнения дистанции между устройствами на протяжении исполнения миссии роя БВС. Эта подсистема включает в себя как аппаратную, так и программную составляющие. В данной статье рассматривается программная составляющая, в частности: разработка и реализация протоколов и алгоритмов обмена информацией между элементами системы.

## Описание подсистемы и постановка задачи

В целях измерения дистанции между летающими объектами, было предложено использование UWB-передатчиков против широко распространенных ультразвуковых датчиков. Это связано с тем, что с помощью ультразвуковых датчиков не удалось добиться желаемых результатов по точности измерения дистанции, а также 100% вероятности обнаружения другого устройства.

Для уменьшения объема логики на пользовательском уровне, а также разграничения пользовательской и сервисной информации, было принято решение о внедрении прослойки — драйвера — между пользовательским ПО и ПО UWB-модулей (далее - модуль). Таким образом, подсистема состоит из трех уровней ПО. В соответствии с этим, были разработаны три протокола взаимодействия ПО. Общая схема взаимодействия приведена на рис. 1.

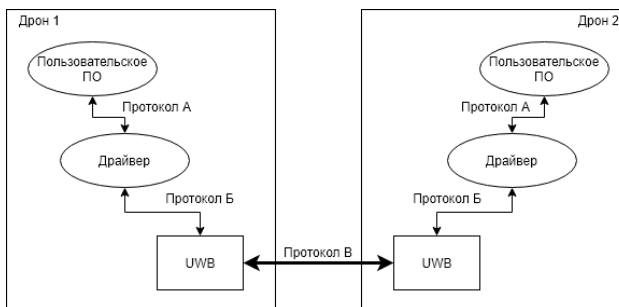


Рис. 1. Общая схема взаимодействия между двумя объектами комплекса через UWB-подсистему

## Уровень модулей

На уровне модулей был использован формат кадра определяемый стандартом IEEE Std 802.15.4-2011 [1], дополненный одним полем, определяющим системную команду (например, «измерение дистанции»).

Общий принцип работы по определению дистанции достаточно прост. В его основу ложится способность выбранной микросхемы фиксировать на аппаратном уровне метку времени приема любого кадра [2]. Пользователь может считать данную метку и установить время отправки своего кадра. Таким образом, одно устройство фиксирует время приема чужого кадра и время отправки своего (с учетом всевозможных аппаратных и программных задержек). Данные метки могут быть переданы другому устройству. Зная разницу между временем отправки и временем приема одного и того же кадра, а также скорость распространения волны, можно без труда определить расстояние между двумя приемопередатчиками.

Разработчик используемой микросхемы предлагает на выбор три варианта обмена дистанцией [3], каждый имеет свои достоинства и недостатки.

В выбранной схеме участвуют два устройства (иные простаивают). Первое устройство отправляет кадр и фиксирует метку времени отправки. Второе устройство принимает кадр и помещает в свой: метку времени приема кадра, а также метку времени отправки нового кадра. Таким образом, устройство Б имеет 6 меток времени.

Схема обмена кадрами приведена на рис. 2.

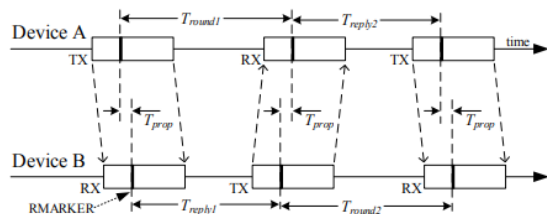


Рис. 2. Схема обмена кадрами

Результирующее время доставки кадра определяется по следующей формуле:

$$\hat{T}_{prop} = \frac{(T_{round1} \times T_{round2} - T_{reply1} \times T_{reply2})}{(T_{round1} + T_{round2} + T_{reply1} + T_{reply2})}.$$

Схема была дополнена еще одним кадром, который передает вычисленную дистанцию инициирующей стороне. Также кадры содержат пользовательскую информацию: широту, долготу и высоту, получаемые с помощью иных подсистем комплекса. Таким образом, каждое устройство комплекса может знать о расположении ближайших соседей в пространстве с высокой точностью.

Схема характеризуется простотой реализации и хорошей точностью измерения, а также большим числом сервисных кадров (из четырех кадров только два несут «полезную нагрузку», при примерно одинаковом размере всех передаваемых кадров).

Для доступа к среде была применена технология CSMA/CA (IEEE 802.11b).

### Уровень драйвера

Введение уровня драйвера позволило загружать конфигурацию в модули (в том числе, с возможностью горячего подключения), необходимую, например, для идентификации отдельно взятого устройства (так как все устройства имеют одинаковое программное и аппаратное обеспечение). Также, уровень драйвера обеспечил выполнение команд пользователя за заранее заданное время, повторы передач пользовательских команд, диагностику модуля на протяжении работы подсистемы.

### Пользовательский уровень

Для обеспечения взаимодействия пользователя с драйвером, был разработан протокол передачи данных, особенностью которого является простота применения: пользователь изредка обновляет необходимые ему значения широты / долготы / высоты, а измерения дистанции проходят независимо.

### Заключение

Были разработаны протоколы обмена данными на трех уровнях подсистемы: пользователь-драйвер, драйвер-модуль, модуль-модуль. На основе

этих протоколов были разработаны алгоритмы программ и реализовано ПО (драйвер и прошивка модулей).

Результаты испытаний подсистемы дали следующие показатели точности измерения дистанции: высокая погрешность на малых дистанциях (до 30% до метра), низкая на больших (до 5% до 10 метров, менее 1% - свыше 10 метров).

Среднее время, затраченное на транзакцию между двумя случайными устройствами, составило около 1.5 мс. Таким образом, скорость обмена «полезными данными» составила около 150 кбит/сек.

Исходя из полученных результатов можно предложить расширение подсистемы функцией передачи данных больших объемов. По предварительным оценкам, такая функция потребует построение MANET-сетей [4].

Перспективами развития данной подсистемы является возможность ее применение в целях отслеживания перемещения объектов в пространстве в помещениях. Опираясь на полученные экспериментальные данные, можно сделать вывод о том, что разработанная подсистема покажет лучшие результаты в сравнении с широко применяемыми аналогами.

Также имеется возможность применять подсистему в более сложных конфигурациях, где технология CSMA/CA не подходит (например, при большом числе объектов, находящихся на малом расстоянии друг от друга), а значит требуется применение или разработка технологии разделяемого доступа к среде.

### Список использованных источников

1. Standard for Local and metropolitan area networks — Part 15.4: Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs) [Электронный ресурс] / IEEE STANDARDS ASSOCIATION. URL: [http://ecee.colorado.edu/~liue/teaching/comm\\_standards/2015S\\_zigbee/802.15.4-2011.pdf](http://ecee.colorado.edu/~liue/teaching/comm_standards/2015S_zigbee/802.15.4-2011.pdf), свободный. – Дата обращения: 11.10.2018 г.;
2. DW1000 Datasheet [Электронный ресурс] / DecaWave. URL: <https://www.decawave.com/sites/default/files/resources/dw1000-datasheet-v2.09.pdf>, свободный. – Дата обращения: 20.09.2018 г.;
3. DW1000 User Manual [Электронный ресурс] / DecaWave. URL: [https://thetoolchain.com/mirror/dw1000/dw1000\\_user\\_manual\\_v2.05.pdf](https://thetoolchain.com/mirror/dw1000/dw1000_user_manual_v2.05.pdf), свободный. – Дата обращения: 25.07.2018 г.
4. Mobile Ad Hoc Networking [Электронный ресурс] / Cisco. URL: <https://www.cisco.com/c/en/us/products/ios-nx-os-software/mobile-ad-hoc-networking/index.html>, свободный. – Дата обращения: 08.10.2018 г.



# РАЗРАБОТКА ANDROID-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ КОМПЛЕКСОМ АВТОМАТИЧЕСКОГО ПИЛОТИРОВАНИЯ КОЛЕСНОЙ ПЛАТФОРМЫ

В.И. Рот

Научный руководитель: Е. С. Чердынцев  
Томский политехнический университет  
e-mail: vir7@tpu.ru

## Введение

В настоящее время на высокотехнологичных производствах широко используются промышленные роботы, которые способны самостоятельно передвигаться, переносить грузы, поднимать их на заданную высоту и выполнять множество других операций, необходимых человеку. Все они работают по заранее разработанному алгоритму или под управлением оператора. Поэтому проблема создания мобильной системы автопилотирования, дополненной датчиками, является актуальной и требует разработки не только оборудования, но и комплекса программного обеспечения. По этой причине было решено разработать бюджетную систему автопилотирования на примере уменьшенной модели автомобиля [1].

## Задачи

Необходимо было разработать автономную систему управления роботом, которая предназначена для обеспечения автономного движения в различных условиях. Общая цель для системы управления – изучение замкнутого пространства и автономное движение робота, а также управление роботом с помощью Android приложения.

*Автономный робот* – это робот, способный выполнять задачи в неструктурированных средах без постоянного человеческого контроля. Полностью автономный робот обладает следующими возможностями:

- Получение информации об окружающей среде.
- Работа в течение длительного времени без вмешательства человека.
- Включает в себя блоки, чтобы взаимодействовать с окружающей средой.

Поскольку система является автономной, то она должна иметь функции самоконтроля и самодиагностики, включая функции принятия решений в чрезвычайных ситуациях.

Схемная реализация будет включать микропроцессорный блок и различные блоки сопряжения с устройствами управления:

- Основной процессорный модуль (ядро) робота будет обеспечивать контроль над всеми блоками робота.
- Блок сенсоров робота, с помощью которых робот будет получать информацию об окружающей его среде.
- Исполнительная часть – блок, управляющий всевозможными манипуляторами и ходовой частью робота, позволяющей ему перемещаться.
- Блок питания – устройство автономного питания (чаще всего это аккумуляторы).

Модульная структура робота позволит производить гибкую модификацию системы управления

при изменении конфигурации робота. Например, при замене ходовой части робота с колесного привода на шагающий механизм достаточно будет внести изменения только в блок управления приводом, оставив все остальные модули без изменения.

## Обзор существующих решений

Для решения поставленных задач следует сделать выбор между ПЛИС и микроконтроллером [2].

Учитывая, что функционал ПЛИС не уступает микроконтроллеру, кроме того ПЛИС «прошивается на уровне железа» практически по всей площади кристалла, а микроконтроллер «прошивается на уровне программы», ПЛИС выигрывает в скорости за счет своей архитектуры и более широких возможностей конвейерной обработки данных. Но при этом микроконтроллер выигрывает в простоте написания алгоритмов за счет того, что в ПЛИС разработчику приходится выполнять всю работу вручную. Исходя из вышеуказанного, будет использоваться аппаратная платформа Arduino UNO, которая также имеет невысокую стоимость.

## Описание структуры робота

Основа для робота - машинка на радиоуправлении, которая усовершенствована и дополнена датчиками и различными блоками, что в итоге позволяет тестировать на ней алгоритмы автопилотирования.

Система управления будет включать:

- блок управления шасси, необходимый для передвижения в пространстве;
- блок управления ультразвуковыми датчиками для исследования пространства вокруг робота.

Связь данных блоков будет осуществляться посредством основного микропроцессорного блока, который будет обрабатывать полученную информацию и передавать сигналы на органы управления, для приведения в движение сервомоторов манипулятора и шасси.

Структурная схема системы управления роботом приведена на рисунке 1. Здесь изображены все модули системы и связи между ними.

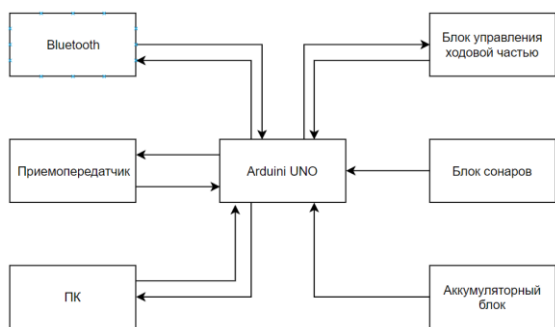


Рис. 1. Структурная схема системы управления роботом

### Программирование устройства

Используется микроконтроллер ATmega328, который поставляется с записанным загрузчиком [3]. Связь осуществляется через оригинальный протокол STK500. Прошивка на устройство загружается через ПК по интерфейсу RS-232. Существует возможность (без использования загрузчика) запрограммировать микроконтроллер через выводы ИМТП (внутрисистемного программирования). Функциональная схема робота приведена на рисунке 2.

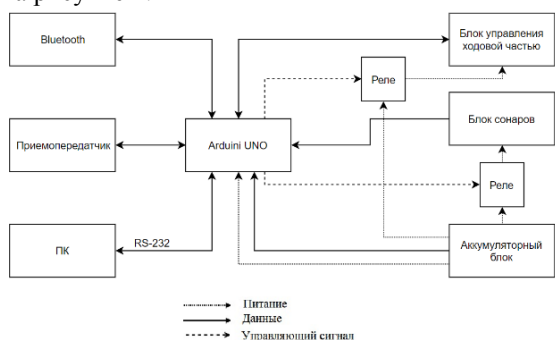


Рис. 2. Функциональная схема робота

### Android-приложение

Для упрощения управления роботом разрабатывается Android-приложение, с помощью которого можно будет запускать робота, загружать в него новые карты, а также получать данные от робота и просматривать их.

### Алгоритмы работы робота

Были разработаны два основных алгоритма движения робота. Третий алгоритм находится на стадии разработки.

**1. Алгоритм прохождения от точки А до точки Б.** После завершения инициализации программы, загрузки карты и прокладывания кратчайшего маршрута, робот ожидает команды «Старт», для начала движения. После получения команды, робот начинает двигаться. Каждый раз при движении происходит проверка на то, достигнута ли конечная точка, и есть ли на пути препятствие. Если достигнута конечная точка, то подается сигнал и работа алгоритма завершается, если нет, то продолжается движение. Если найдено препятствие, то начинается его объезд, если препятствия нет,

то продолжается движение. После выполнения объезда препятствия проверяется наличие новых препятствий на пути и полностью ли сработал алгоритм объезда. Если препятствий больше нет, то робот прокладывает путь, чтобы вернуться на изначально проложенный (самый короткий) путь и продолжает движение по этому пути. Если после объезда препятствия на пути есть еще одно, либо препятствие робот объехал не до конца, то проверяется, можно ли продолжить объезд. Если есть, с какой стороны можно продолжить объезд, то продолжается маневр, если пути дальше нет, то подается сигнал о невозможности завершения маршрута и заканчивается алгоритм.

**2. Алгоритм прохождения лабиринта.** После завершения инициализации программы и загрузки карты, робот ожидает команды «Старт», для начала движения. Далее при продвижении вперед робот проверяет, достигнут ли конец маршрута. Если да, то работа алгоритма заканчивается, если нет, то далее проверяется, не зашли ли мы в тупик. Если робот в тупике, то возвращаемся на перекресток и едем по другому пути. Далее проверяем, есть ли поворот. Если нет, то продолжаем движение прямо, если есть, то проверяем, есть ли правый поворот, так как его приоритет выше. Если есть правый поворот, то поворачиваем направо, если нет, то проверяем, есть ли путь прямо. Если есть, то едем прямо, если пути прямо нет, то поворачиваем налево. Алгоритм повторяется до нахождения выхода из лабиринта, после чего происходит отправка сигнала о завершении прохождения лабиринта и выход из программы.

### Заключение

В итоге была разработана аппаратная платформа для робота, на котором можно проверять работоспособность различных алгоритмов автоматического пилотирования, а также Android приложение для управления роботом по средствам Bluetooth-соединения. В дальнейшем робот имеет возможность доработки, посредством добавления новых блоков.

### Список использованных источников

1. Жимарши Ф. Сборка и программирование мобильных роботов в домашних условиях / Ф. Жимарши; пер. с фр. М. А. Комаров. – М.; ИТ Пресс, 2007. – 288 с.;
2. Белова, А. В. Создаем устройства на микроконтроллерах // А. В. Белова. – Санкт-Петербург: Наука и Техника, 2007. – 295 с. ;
3. Arduino + датчик HC-SR04 (ультразвуковой дальномер) // Электронный журнал [Электронный ресурс]. – URL: <http://academicfox.com/arduino-datchyk-hc-sr04-ultrazvukovoj-dalnomer/> (Дата обращения 21.04.2017).

# СРЕДСТВО АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ОЦЕНКИ БЫСТРОДЕЙСТВИЯ КОМПОНЕНТОВ БОРТОВОГО ПРИБОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

С.А. Леоновец  
Университет ИТМО  
ser2694@yandex.ru

## Введение

Одним из этапов проверки разработанного бортового приборного оборудования для авиации на соответствие требованиям технического задания, зачастую, является проверка быстродействия системы или её компонента. В частности, возникла необходимость в проверке и уточнении времени выполнения сервисов ARINC-653 в операционной системе реального времени (ОСРВ) «ЭОС», которая используется в вычислительных модулях. Для авиации используются системы, критические с точки зрения безопасности (safety-critical system), поэтому скорость выполнения сервисов является жизненно важной. При тестировании системы измеряемые сервисы вызываются циклически большое число раз. В результате тестирования одной версии ОСРВ генерируются более 200 файлов. На анализ и визуализацию такого объема данных разработчик тратит много времени.

Поэтому целью работы являлось написание программного обеспечения, которое предоставило бы пользователям возможность автоматизированной оценки быстродействия компонентов бортового приборного оборудования и подготовки отчетной документации.

## Система генерации отчета

Для решения данной задачи была использована среда Microsoft Visual Studio. Программное средство для генерации отчета написано на языке C# с использованием WPF.

Для измерения времен выполнения сервисов АРЕХ был разработан ряд тестов, в каждом из которых измеряется один или более сервис.

Измеряемый сервис вызывается циклически определенное количество раз. Перед каждым вызовом и сразу после него вызывается GET\_TIME, возвращающий текущее значение таймера. Их значения сохраняются в отдельные массивы так же, как и код ошибки, возвращаемый сервисом ARINC-653. После окончания измерений в терминал выводятся результаты: код ошибки, возвращаемый сервисом, и время каждого вызова в наносекундах. При расчете времени вызова из окончательного результата учитывается время, затраченное на выполнение сервиса GET\_TIME.

Очевидно, что при разработке приложений реального времени, являющихся критичными по безопасности, необходимо ориентироваться на максимальное время исполнения сервиса (WCET). Кроме того, циклически вызываемые сервисы показывают зависимость времени выполнения от наличия кода и данных данного сервиса в кэш памяти.

После проведения тестирования ОСРВ по методике, описанной выше, формируются лог-файлы для каждого сервиса, содержащие результаты теста и отладочную информацию.

Ниже представлен пример такого файла для сервиса CREATE\_SEMAPHORE:

```
Monitor MV90(100) MC24R v1.11(rom) (LE) 2014
(C) ОКВ Elektroavtomatika
M>g a0040000
kernel init started, version = 00020000
MV-90T
kernel init finished
test T-API.BenchmarkCreateSemaphore:BEN-1
return_code = NO_ERROR
test GET_TIME() function
Min: 0:0:10:30
Max: 0:0:25:660
Avr: 0:0:10:174
Result:
0.034306;0.040686;0.045776;0.050866;0.055956;0.0
61046;0.066136;0.071226;0.076316;0.105336;0.0864
96;0.091586;0.096676;0.101766;0.106856;0.111946;
0.117036;0.146056;0.127216;0.132306;0.137396;
Partition is in normal mode
test completed successfully
```

В результате одного тестирования одной версии ОСРВ генерируются более 200 подобных файлов. Зачастую, еще необходимо провести проверку влияния различных параметров системы на скорость выполнения сервисов. Тогда разработчику необходимо сравнить 2 и более версии. Анализировать подобные файлы не удобно и долго.

Для автоматизации данного процесса было разработано программное средство, которое автоматически сравнивает несколько пакетов тестов и формирует отчет. Интерфейс программы представлен на рис. 1.

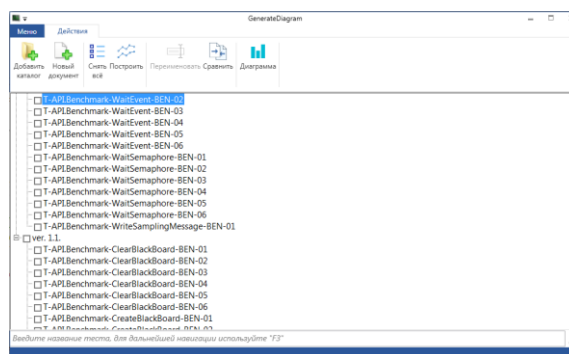


Рис. 1. Интерфейс программного средства

Разработанное инструментальное средство позволяет сравнить результаты работы одного сервиса в виде, представленном на рис. 2.

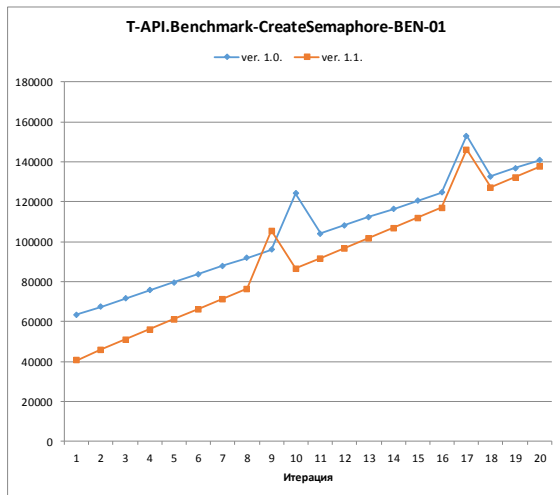


Рис. 2. Пример генерируемого графика

Также пользователь может объединить сервисы на одной диаграмме, чтобы оценить группу сервисов. Результат работы программы в таком режиме на рис. 3.

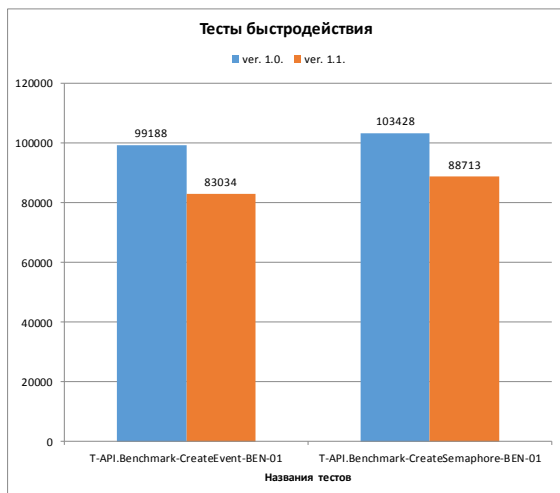


Рис. 3. Пример сравнения групп сервисов

В результате работы программы автоматизировано генерируется отчет о быстродействии ОСРВ, в данном примере, объемом более 300 страниц А4.

## Заключение

Разработано программное обеспечение, которое предоставило пользователям возможность автоматизированной оценки быстродействия компонентов бортового приборного оборудования и подготовки отчетной документации.

Полученные результаты могут быть использованы разработчиками проектных организаций. Апробация работы данной системы может производиться с использованием действующих в области авиационного приборостроения отечественных стандартов и стандартов ARINC (Aeronautical Radio Inc., США). Автоматизация процесса подготовки документации существенно сокращает трудоемкость и время проектирования, что в конечном итоге снижает себестоимость этапа разработки изделия.

## Список использованных источников

1. Бычков И., Ващук Ю. Конструкторская спецификация – информационная основа управления предприятием // САПР и графика. 2001. № 9. С. 90–95.
2. Леоновец С.А., Гурьянов А.В., Шукалов А.В., Жаринов И.О. Программное обеспечение для автоматизации подготовки текстовой конструкторской документации на программно-управляемые изделия // Программная инженерия - 2017. - Т. 8. - № 3. - С. 129–135.
3. Гатчин Ю.А., Жаринов И.О., Жаринов О.О. Архитектура программного обеспечения автоматизированного рабочего места разработчика бортового авиационного оборудования // Научно-технический информационных технологий, механики и оптики. 2012. № 2. С. 140–141.
4. Гурьянов А.В., Шукалов А.В., Жаринов И.О., Леоновец С.А., Диденко Е.Ю. Управление инженерными данными проекта при автоматизации подготовки конструкторской документации // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2017. Т. 17. № 1. С. 182–186.

# ПРИМЕНЕНИЕ SCADA-СИСТЕМ ДЛЯ КОНТРОЛЯ И ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА

К.В. Новицкая

А.В. Цавнин

Томский политехнический университет

kvn8@tpu.ru

## Введение

Производство печатных плат представляет собой процесс, состоящий из нескольких алгоритмов, исполняемых на автоматических линиях. Кроме того, планирование производства также состоит из различных решений, принимаемых на основе текущего состояния этапа производства плат. Для решения подобных задач большинство современных предприятий используют системы автоматизации.

Поэтому целью нашей работы являлась разработка такого программного обеспечения, которое упростило бы пользователям возможность планирования и осуществление контроля производства.

## Постановка задачи

В качестве примера реальной технической задачи с использованием SCADA технологий была использована задача контроля производства печатных плат компании АО «ЭлеСи» на базе Scada Infinity. «SCADA Infinity» — программно-инструментальный комплекс для разработки автоматизированных систем управления технологическими процессами. «SCADA Infinity» является разработкой компании «ЭлеСи» (Россия).

Начальник Отдела Логистики вводит недельный план в систему SCADA. После подтверждения введенных данных, происходит проверка номера производственного задания (ПЗ) в ERP-системе AVA. ERP-система помогает предприятиям увеличить эффективность производства за счет применения системы менеджмента — Теории Ограничений Голдратта (Theory of Constraints, TOC). При отсутствии серийного номера, проект выделяется цветом во всех таблицах. Если ПЗ существует, начальник цеха или мастер со своего рабочего места осуществляет выбор для комплектования с указанием комплектовщика.

Комплектовщик на своем рабочем месте считывает личный штрих-код. После система позволяет выбрать проект на комплектование, предназначенный для данного комплектовщика. После того как проект выбран, происходит генерация системой SCADA штрих-кода, согласно написанному ТЗ на штрих-код. Проверяется наличие серийных номеров в сгенерированном штрих-коде. Если их нет, начальник цеха оповещает Отдел Логистики, позиция выделяется цветом. Если они есть, начинается распечатка штрих-кодов и наклейка на платы. При комплектовании плат на линиях, работник вводит управляющие штрих-коды процесса, которые отображаются в АРМе, параллельно происходит под-

счет пройденных плат. В случае попытки изготовления продукции на запрещенной стадии либо оборудования, система должна сигнализировать об ошибке на все экраны системы.

## Разработка пользовательского интерфейса

Первый этап реализации системы контроля производства – создание мнемосхемы с планом цеха. Технологическая мнемосхема для системы контроля была разработана в модуле InfinityHMI программного пакета SCADAInfinity. Данная мнемосхема выполняет функции главного экрана, т. к. на ней отображены:

- план расположения участков комплектования, при нажатии на которые открывается экран с информацией о запущенном на линии проекте;
- кнопки для введения недельного плана и плана комплектования;
- окна, в которых отображается информация о просканированных управляющих штрих-кодах и об ошибках в ходе производства.

На рисунке 1 показан вид мнемосхемы.

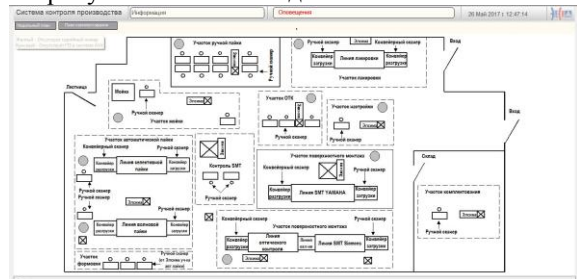


Рис. 1. Главное меню

Получение данных происходит по протоколу OPC DA от одного или нескольких OPC серверов, также через мнемосхему возможна запись данных в OPC сервер, что обеспечивает возможность изменения текущих параметров технологического процесса и предоставление возможности диспетчеру управлять технологическим процессом. Все полученные со сканеров в ходе выполнения алгоритмов управляющие коды отображаются на экране в двух специальных формах.

Для хранения сигналов используются специальные теги. Связь источника данных и какого-либо графического объекта происходит через задание специальных псевдонимов (алиасов). В псевдониме указывается название сервера, и псевдонимы для источника данных. Таким образом, на экране отображается значение заданного сигнала. На рисунке 2 и 3 показано задание псевдонимов и последующее отображение сигнала.

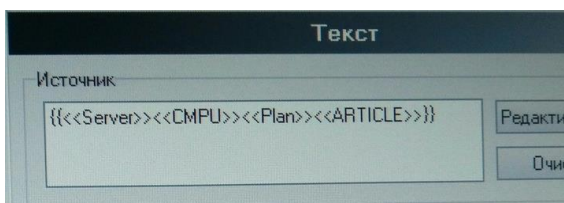


Рис. 2. Задание источника для ввода в ОРС сервер значения артикула платы.

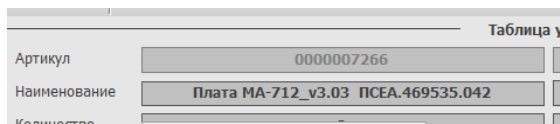


Рис. 3. Отображение значения сигнала

Большинство используемых в системе тегов имеют формат String, т. к. представляют собой управляющие или штрих-коды, с которыми в дальнейшем производятся операции разбиения на группы символов, сложения либо происходит сверка с заранее записанными в SCADA кодами. Битовые теги используются для подтверждения наличия ошибок, подсчета пройденных плат или для выполнения операций как сохранение записанных пользователем значений в тегах.

По заданию, при вводе недельного плана наименование платы отображается сразу при вводе артикула, имя комплектовщика можно выбрать из выпадающего меню. При нажатии кнопки «Записать» система начнет проверку введенного ПЗ. В случае отсутствия, подсвечиваются строка и кнопка на главном экране, а кнопка выбора комплектовщика, в соответствии с алгоритмом, блокируется. На рисунке 4 представлен экран выбора комплектовщика с выпадающим списком работников.

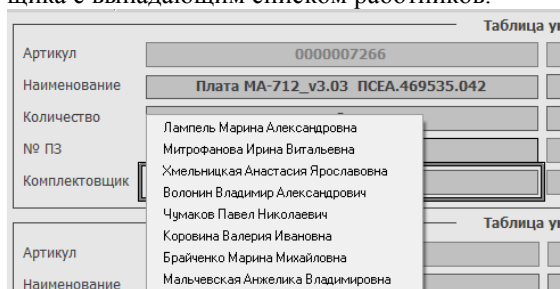


Рис. 4. Экран выбора комплектовщика

Подсветка проекта при отсутствии необходимого ПЗ в системе AVA реализована с помощью функции закрасивания объекта, при несоответствии полученного значения сигнала с любым из существующих в система AVA (рис.5).

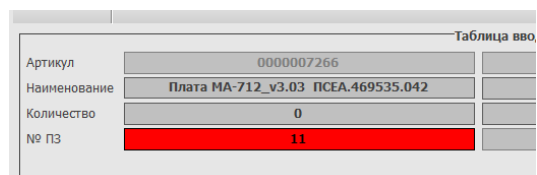


Рис. 5. Подсветка отсутствующего ПЗ

При сканировании личного штрих-кода работником, отображается информация о назначенном ему проекте. Также ведется отсчет готовых плат.

### Заключение

Разработана пользовательская составляющая системы контроля производства: интерфейс пользователя, возможность ввода и вывода значений сигналов, реализованы алгоритмы, участвующие в задании планов производства (запрет выбора комплектовщика при отсутствии ПЗ в базах данных, цветовая подсветка, вывод на экран информации о ходе производства).

Система контроля производства может быть установлена на существующих рабочих местах:

1. сотрудников отдела логистики, начальник производства, начальник ОТК, начальники цехов, главный технолог. Визуализация СКП будет реализована посредством тонкого web-клиента. Отчеты для данных рабочих мест также будут реализованы посредством web-клиента и получением готовых отчетов на электронную почту.
2. сотрудников ОТК, технологов по линиям. Визуализация будет осуществляться на клиентских компонентах Scada Infinity. Сигнализация об авариях будет проигрываться на АРМах посредством звукового оповещения.

### Список использованных источников

1. Андреев Е.Б., Куцевич И.В., Куцевич Н.А. MES-системы: взгляд изнутри / Е.Б. Андреев, И.В. Куцевич, Н.А. Куцевич – М.: Издательство «РТСофт», 2015. – 240 с.
2. Андреев Е.Б., Куцевич Н.А., Синенко О.В. SCADA-системы: взгляд изнутри. – М.: РТСофт, 2004.
3. Андреев Е.Б., Попадько В.Е. Технические средства систем управления технологическими процессами нефтяной и газовой промышленности: Учебное пособие. – М.: Изд-во «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2005.
4. Пьявченко Т.А. Проектирование АСУТП в SCADA-системе. – Таганрог: ТТИ ЮФУ, 2007.

# ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ РАСФОРМИРОВАНИЯ СОСТАВОВ НА СОРТИРОВОЧНЫХ СТАНЦИЯХ

Г.Н. Крамынина, Ю.А. Шнитуленко  
Научный руководитель: В.А. Оленцевич  
Иркутский государственный университет путей сообщения  
olencevich\_va@irgups.ru

## Введение

Железнодорожный транспорт в общей транспортной системе занимает ведущее место: работает непрерывно в течение года и суток, осуществляет массовую перевозку многих грузов всех отраслей народного хозяйства: топлива, металлов, леса, цемента, удобрений, зерна и т.д., тем, обеспечивая нормальное функционирование производства, жизнедеятельности людей в городах и сельской местности. В сопоставлении с другими видами транспорта, железнодорожный является наиболее конкурентоспособным и доступным, обеспечивая при этом достаточно высокую пропускную и перерабатывающую способности своих основных фондов.

## Эффективность внедрения технологии автоматизированного управления технологическими процессами расформирования составов на сортировочных станциях

Для решения различных задач развития железнодорожной отрасли, оптимального нормирования, четкого планирования, эффективного использования подвижного состава и инфраструктуры и т.д. целесообразно использовать взаимодействие различных входящих в нее элементов и влияющих факторов. Но когда необходимо дать определение пропускной способности, то, прежде всего, это должны быть техническая характеристика участка или железнодорожной станции, которую целесообразно измерять возможностью максимального пропуска поездов за заданный период времени. Пропускная способность любого технического устройства или объекта может быть правильно установлена только в том случае, если при расчете не учитывается возможное ее ограничение пропускной способностью соседствующих устройств или объектов.

На сегодняшний день согласно данным [1] основная причина недостатка пропускной способности большинства станций Восточно-Сибирской железной дороги – несоответствие уровня развития сети федеральных железных дорог, законодательных основ организации процесса перевозок и парками вагонов, перемещающимися по сети. Обстановка отягощается отсутствием эффективной системы централизованного планирования перевозок, что приводит к ошибкам в управлении вагонными парками.

В современной практике сбои в ритмичности работы ключевых железнодорожных станций ВСЖД зачастую приводят к остановкам продвижения поездопотоков, что приводит к падению участковой скорости, производительности локомотива, при этом резко возрастает парк локомотивов и в

тоже время возникает их нехватка в пунктах смены локомотивов. Переход на работу локомотивного парка на длинных кругах обращения серьезно повышает цену ошибки в регулировке локомотивного парка. Использование технологии пропуска порожних маршрутов длиной 100 условных вагонов приводит к возникновению непарности, как следствие на Транссибе традиционно возникает избыток на восточных границах кругов обращения и наоборот недостаток на западных. Все эти факторы означают – в настоящее время и тем более в ближайшей перспективе многие направления и объекты железнодорожной сети будут работать в режимах нагрузки, близких к предельным, а иногда и в режимах перегрузок, что требует своевременного принятия технических решений различной сложности.

Решение задач по повышению уровня пропускной способности объектов железнодорожного транспорта – автоматизация большей части технологических процессов, что возможно за счет внедрения современных методов автоматизации; внедрения современных средств автоматизации.

К основным преимуществам автоматизации производственных процессов на железнодорожном транспорте относятся увеличение производительности труда, повышение качества предоставляемых услуг, исключение влияния человеческого фактора, повышение безопасности перевозочного процесса и производства маневровых операций, снижение себестоимости работ по видам деятельности, уменьшение количества обслуживающего персонала и степени его влияния, повышение конкурентоспособности железнодорожного транспорта, продление срока службы основных фондов.

В ходе анализа процесса расформирования составов на сортировочной горке станции Тальцы ВСЖД был произведен расчет скоростей роспуска состава, который показал, что скорости не соответствуют нормативным. В процессе эксплуатации профиль горки деформировался и имеет на данный момент уклоны, не соответствующие нормам. Превышение скоростей соударения отцепов на сортировочной горке станции Тальцы составило: за 2016 год – 20 вагонов, за 2017 года – 12 вагонов, в течение 6 месяцев 2018 года это значение достигло уже 15 вагонов. Это вызвано отсутствием стационарных определителей скорости движения вагонов, и определение скорости осуществляется при роспуске ДСПГ и ДСПГО «на глаз».

Кроме этого, на путях сортировочного парка затруднена видимость второй тормозной позиции при занятости крайних приемо-отправочных путей №17 и №18. Превышение скорости соударения ва-

гонов происходит из-за недостаточной вместимости некоторых сортировочных путей, предусмотренных для накопления составов в 71 условный вагон.

Для устранения данных недостатков предлагается автоматизировать процесс роспуска составов на горке, с этой целью необходимо оборудовать на горке комплексную систему автоматизации управления сортировочным процессом КСАУ СП, включающую подсистемы горочного комплекса: горочная автоматическая централизация с введением накоплением вагонов в сортировочном парке – ГАЦ-МН, которая обеспечивает автоматическое формирование маршрутов скатывания отцепов в автоматическом и ручном режимах, автоматическое отслеживание передвижений на горке; подсистема автоматизированного регулирования скорости скатывания отцепов и управления прицельным торможением – АРС-УУПТ, которая обеспечивает автоматизированное управление скоростью скатывания отцепов посредством интервально-прицельного торможения на горочной и парковой тормозных позициях.

Для достижения оптимального уровня автоматизации изучаемых процессов работы сортировочной горки, а также повышения уровня безопасности потребуются установка радиолокационных индикаторов скорости скатывания отцепов «РИСВЗ-М» на тормозных позициях спусковой части сортировочной горки и первой парковой тормозной позиции, а аппаратуру контроля заполнения пути по всем путям сортировочного парка станции, оборудовать измерительный участок ГАЦ-МН для формирования описателя отцепа, в состав которого входят: четыре УСО типа УФПО-21 для счета вагонов в отцепах; РГД-С для фиксации разделения состава на отцепы; весомер для определения нагрузки на каждую колесную пару вагона; датчики счета осей на стрелках и горочных тормозных позициях - для точного контроля положения отцепа на этих участках и для организации путевых участков на УСО без РЦ.

Предложенные решения приведут к росту производительности труда, обеспечат повышение безопасности роспуска составов, сохранность вагонного парка и перевозимых грузов, позволят довести перерабатывающую способность сортировочной горки станции до проектного уровня, а также позволят повысить пропускную способность станции Тальцы.

Эффективность внедрения технологии автоматизированного управления технологическими процессами расформирования составов на сортировочных горках достигается за счёт сокращения горочного интервала, устранения дополнительных маневровых работ, увеличения ресурсов работы напольного оборудования и маневровых локомотивов, снижения эксплуатационных расходов, связанных с ремонтом поврежденных вагонов после соударений, устранения случаев повреждения грузов, ремонтом, с уменьшением маневровой работы по осаживанию вагонов в сортировочном парке и перестановку чужаков, со снижением времени на

переработку вагонов, сокращением расхода топлива на маневровые передвижения.

Основными статьями экономии эксплуатационных расходов при внедрении автоматизированных систем в новых условиях работы железнодорожного транспорта являются: сокращение расходов, связанных с нахождением вагонов на станции в процессе расформирования; сокращение эксплуатационного персонала и связанное с этим сокращение фонда заработной платы; уменьшение случаев повреждения грузов и подвижного состава и связанных с этим расходов на ремонт, простой вагонов и возмещение убытков грузополучателю; сокращение количества локомотивов, занятых в маневровой работе.

При внедрении системы автоматизации случаи повреждения предусмотрены в размере 15% от базового варианта из-за отказов устройств автоматики. Экономия от сокращения времени нахождения вагонов на станции в процессе расформирования составит 4109,06 тыс. руб. Годовая экономия на оплату труда обслуживающего персонала с учетом обязательных отчислений составит 2018,62 тыс. руб. Величина сэкономленного за год топлива 1122,8 тыс. руб.

Определение годовой экономии за счет сокращения количества поврежденных вагонов и порчи груза при внедрении горочного комплекса равна 32,2 тыс. руб. Общая экономия эксплуатационных расходов в год составит 7,3 млн. руб. Срок окупаемости предложения – 3,14 года. Годовой экономический эффект – 722,213 тыс. руб.

## **Заключение**

Устройства автоматизации являются важнейшими элементами технического вооружения железнодорожного транспорта и позволяют эффективно решать задачи перевозочного процесса, способствуя увеличению пропускной способности железнодорожных объектов, обеспечивая безопасность движения поездов, бесперебойную связь между всеми подразделениями железнодорожного транспорта.

## **Список использованных источников**

1. Лебедева А.Е., Оленевич А.А. Обеспечение безопасности и защиты транспортных комплексов за счет наращивания провозных способностей в ЖДТС// Информационные системы контроля и управления в промышленности и на транспорте. – 2016. – №27. – С. 60-65.
2. Оленевич В.А. Систематизация факторов влияющих на безопасность перевозок грузов на железнодорожном транспорте // Материалы третьей международной научно-практической конференции «Безопасность регионов – основа устойчивого развития». Иркутск.: ИрГУПС, 2012. С. 197-202.
3. Оленевич В.А., Гозбенко В.Е. Анализ причин нарушения безопасности работы железнодорожной транспортной системы // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – Иркутск. 2013. № 1(37). – С. 180–183.



# АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ДОКУМЕНТООБОРОТА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ СОРТИРОВОЧНОЙ СТАНЦИИ, КАК СПОСОБ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОЙ И БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВАГОННОГО ПАРКА

А.А. Оленцевич, Ю.О. Гуд  
Научный руководитель В.А. Оленцевич  
Иркутский государственный университет путей сообщения  
olencevich\_va@irgups.ru

## Введение

Каждое структурное подразделение железнодорожного транспорта, в независимости от формы собственности, масштабов и структуры, стремится к повышению эффективности всех сфер своей деятельности. В условиях стремительного прогресса, изменения рыночных отношений и конкурентной экономики своевременное и правильное решение стратегических и тактических задач определяет жизнеспособность организации.

Добиться реализации данной политики наряду с дальнейшим развитием железнодорожной транспортной системы возможно только путем ужесточения требований к эксплуатируемому оборудованию – его надежности, долговечности, эксплуатационной готовности, стоимости всего жизненного цикла, а также экологической безопасности. Чтобы удовлетворить данные требования, необходимо постоянно совершенствовать технологию эксплуатации и технического обслуживания, внедряя при этом инновационные решения и новейшие технологии.

## Предложение по совершенствованию документооборота структурного подразделения

Система документооборота железнодорожной сортировочной станции является технологической основой ее деятельности по принятию и исполнению решений. Поэтому любое повышение эффективности работы с документами непосредственно сказывается на эффективности выполнения собственных железнодорожной станции функций и решении поставленных задач.

Для пересылки перевозочных документов на грузовые поезда внутри структурных подразделений объекта, железнодорожные станции оснащены пневматической почтой, работа которой основана на искусственном создании разности давления воздуха между начальной и конечными точками транспортирующего трубопровода. На посту сортировочной горки железнодорожной станции Иркутск-Сортировочный Восточно-Сибирской железной дороги имеется прямоотправочная станция, которая трубопроводом связана с прямоотправочными объектами станциями.

В процессе исследования технологии работы объекта выявлены непроизводительные потери при отправлении или перенаправлении документов по пневмопочте.

Для решения проблем, связанных с задержкой времени на пересылку документов разработано и

смоделировано устройство, обеспечивающее автоматическое перенаправление документов по пневмопочте - АУПП. Применяв автоматизацию данного устройства, возможно, уменьшить нагрузку на оператора станционного технологического центра станции СТС, а путем установки видеокамер наблюдения и монитора на пост дежурного по станции, сократить должность оператора, что в свою очередь приведет к экономии расходов по фонду оплаты труда. А также позволит при выявлении вагонов «чужаков» применять оперативные меры для их отцепки до выставления грузового поезда в парк отправления железнодорожной станции, тем самым повысит безопасность пропуска поездов и производства маневровой работы по станции и качество проведения сортировочной работы объекта.

Разработанное устройство АУПП представляет собой платформу на рельсовом ходу. В качестве рельсов будет выступать равнополочный уголок У-63х5мм. Платформу, возможно, выполнить из типовых металлоконструкций: швеллера №20аП, проката стали, листа металла размером 200х650х15мм.

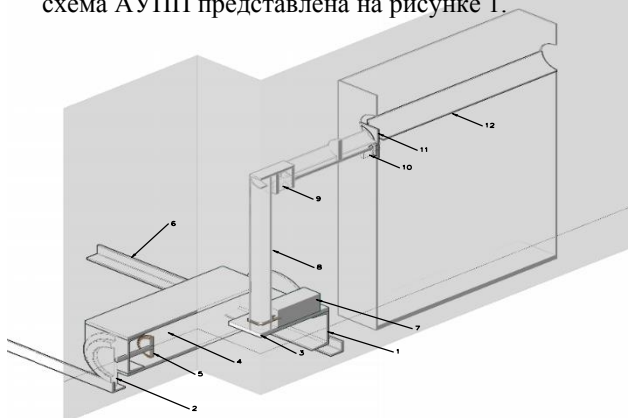
На платформе целесообразно расположить поворотное устройство подачи патронов пневмопочты, установленное на стойке. Стойку, возможно, выполнить из металлической трубы диаметром 160 мм. Для вращения стойки относительно платформы будет применяться зубчатая передача и электродвигатель малой мощности, а также группа контактов для приведения стойки в нужном положении.

Для подачи и забора документов из шкафа пневмопочты на стойке предполагается устройство подачи патрона в шкаф и группа контактов на два крайних положения. Его целесообразно выполнить на площадке, на которой будет установлен электромагнит. Площадка, в свою очередь, будет перемещаться относительно устройства путем установки винтовой передачи с приводом от электродвигателя малой мощности. На каждой из сторон патрона необходимо установить металлическую пластину для взаимодействия с электромагнитом АУПП. Перемещение платформы относительно шкафов пневмопочты будет осуществляться посредством четырех колес, находящихся на специально смонтированной рельсовой колее. Передвижение тележки, возможно посредством зубчатой передачи и электродвигателя малой мощности, а

также путем установки группы контактов для размещения платформы в нужном месте рельсовой колеи.

Для работы АУПП необходимо разработать однотипные шкафы пневмопочты и установить их на равном удалении от рельсовой колеи, что позволит беспрепятственно осуществлять перераспределение. При переустройстве шкафов необходимо предусмотреть минимальные изменения в конструкции магистрали пневмопочты.

С целью исключить указанные изменения в конструкции, шкафы необходимо оснастить отверстием диаметром 160мм и заслонкой лепесткового типа, которая позволит обеспечить необходимую для отправки патрона герметичность. Привод заслонки будет обеспечиваться посредством зубчатой передачи и электродвигателя малого размера и малой мощности. По кругу вращения заслонки на шкафу необходимо установить группу контактов для фиксации двух положений на открытие шкафа и его закрытие. Разработанная конструкционная схема АУПП представлена на рисунке 1.



1 – рама; 2 – колесо; 3 – пластина 200x650x15мм; 4 – лист металлический 650x200x15мм; 5 – шестеренчатая передача; 6 – уголок 63x63x5мм; 7 – привод устройства подачи; 8 – труба диаметром 160мм; 9 – привод подачи патрона; 10 – привод затворного устройства; 11 – пластина затвора; 12 – лоток приема

Рис. 1. Предлагаемая конструкционная схема АУПП

Для сверки вагонов в выставляемых грузовых поездах необходимо установить восемь видеокамер наблюдения. На первой вытяжке, слева по ходу выставления поездов на расстоянии 5600мм от оси пути необходимо установить металлическую стойку, на которой будут монтироваться две камеры видеонаблюдения. Монтаж стойки вызван техническими характеристиками камеры, согласно которым камера должна располагаться на расстоянии пяти метров от подвижного состава, что обеспечивает ее максимальную производительность.

Нижняя камера устанавливается перпендикулярно относительно контролируемого ею вытяжного пути на высоте 950мм от головки рельса для фиксации номеров вагонов расположенных на хребтовых балках вагонов, а также на боковых балках вагонов платформ. Вторая камера устанавливается на высоте 2600мм от головки рельса и имеет угол поворота относительно нижней камеры на 20-25 градусов в сторону востока для фиксации номеров вагонов, расположенных на кузове вагона. Справа по ходу выставления грузовых поездов с первого пучка четного сортировочного парка. Камеры целесообразно монтировать перпендикулярно к первому вытяжному пути, по высоте выдержав расстояние 950мм для нижней камеры и 2600мм для верхней. Для наблюдения за 2, 3 и 4 вытяжными путями необходимо применить видеокамеры с максимальным приближением. Две камеры слева по ходу выставления грузовых поездов будут монтироваться на стойку на высоте 950мм и 2600мм соответственно, стойку необходимо установить в районе сигнала повторителя М-82 под прямым углом к 2, 3 и 4 вытяжке. Справа по ходу стойку целесообразно установить между сигналами М-88 и М-104 возле забора-ограждения вагонного депо. Камеры будут устанавливаться на высоте 950мм и 2600мм от головки рельса самого нижнего пути. Возможность максимального приближения видеосъемки позволит охватить четыре камеры 2, 3 и 4 вытяжки.

#### Заключение

Автоматизация работы пневмопочты железнодорожной сортировочной станции позволит ускорить процесс передачи документов на объекте, повысит качество работы железнодорожной станции, позволит исключить вмешательство человеческого фактора и тем самым повысит безопасность движения поездов и производства маневровой работы.

Согласно составленной проектной смете суммарные единовременные вложения составят 758,05 тыс. руб. Дополнительные годовые эксплуатационные расходы - 81,52 тыс. руб. в год. Мероприятие позволит получить экономический эффект в размере 1139,2 тыс. руб. в год. Срок окупаемости проекта один год.

#### Список использованных источников

1. Туранов Х.Т. Теоретическая механика в задачах грузовых перевозок: монография. – Новосибирск: Наука, 2009. – 376 с.
2. Оленцевич В.А. Систематизация факторов влияющих на безопасность перевозок грузов на железнодорожном транспорте // Материалы третьей международной научно-практической конференции «Безопасность регионов – основа устойчивого развития». – Иркутск.: ИргУПС, 2012. – С. 197-202.
3. Лебедева А.Е., Оленцевич А.А. Обеспечение безопасности и защиты транспортных комплексов за счет наращивания провозных способностей в ЖДТС// Информационные системы контроля и управления в промышленности и на транспорте. – 2016. – №27. – С. 60-65.

# УСТРОЙСТВО УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ ИНФОРМИРОВАНИЯ ПАССАЖИРСОКОГО ТРАНСПОРТА НЕФТЕГАЗОВЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

А.И. Юдин, А.В. Соболев, А.С. Фадеев  
Научный руководитель: А.С. Фадеев  
Томский политехнический университет  
aiy5@tpu.ru

## Введение

В настоящее время существует нефтегазовые предприятия, объекты которых территориально разнесены на большие расстояния. Для доставки персонала к объектам используются служебные автобусы, которые курсируют по большому количеству маршрутов ежедневно. В соответствии с работой Комаровой И.А., одним из критериев качества перевозок является информированность пассажиров [1]. Однако на сегодняшний день часть служебных автобусов оборудованы “картонными” трафаретами, содержащими информацию о маршруте, либо не содержат средств информирования пассажиров. Метод использования “картонных” трафаретов имеет ряд недостатков:

- необходимость смены трафарета при смене маршрута движения;
- затрудненное восприятие информации в темное время суток.

Однако наличие широкого ассортимента светодиодных матриц позволяет создавать системы информирования, которые в совокупности с устройством управления позволяют осуществлять своевременное и качественное информирование водителя и пассажиров в ходе рейса.

Целью данной работы является создание устройства управления на основе микроконтроллера Arduino Uno, позволяющего водителю автобуса управлять сетью информационных табло, расположенных по периметру пассажирского транспорта.

## Сеть информационных табло

Сеть информационных табло (СИТ) — это совокупность табло, взаимодействующих с устройством управления по каналам связи.

СИТ автобуса состоит из передних и боковых панелей светодиодной индикации, обеспечивающих наружную визуализацию информации о маршруте следования транспорта, а также устройства управления, реализующего управление сетью, позволяющего водителю вводить номер маршрута и осуществляющее информирование пользователя.

Структурная схема СИТ представлена на рисунке Рис. .

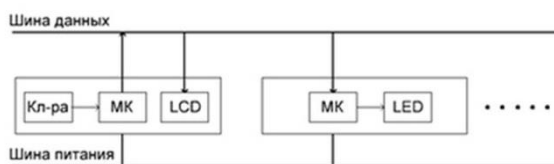


Рис. 1. Структурная схема СИТ пассажирского транспорта

На рисунке 1:

- МК — микроконтроллер Arduino Uno;
- LCD — ЖК-дисплей;
- LED — светодиодное табло;
- Кл-ра — матричная клавиатура.

Устройства сети объединены в соответствии с шинной топологией. Данные от устройства управления распространяются по общей шине в обе стороны. Информация поступает на все устройства сети, однако принимает сообщение только то ведомое устройство, которому данное сообщение адресовано [2].

## Состав устройства управления

Компонентами устройства управления являются: платформа Arduino Uno, LCD-дисплей 20x4 и матричная клавиатура 4x4.

Arduino Uno — это устройство на основе микроконтроллера ATmega328. В состав платформы Arduino входят: 14 цифровых входов/выходов, 6 аналоговых входов, разъем USB, разъем ICSP, разъем питания и кнопка перезагрузки микроконтроллера. Напряжение питания контроллера составляет от 5 до 12В, также платформа может питаться от USB порта компьютера, этого достаточно для программирования и отладки разрабатываемого устройства [3].

Для информирования пользователя используется LCD-дисплей 20x4, который отображает набранную комбинацию цифр (номер маршрута) и часть информации передаваемой сети информационных табло. Дисплей подключается к платформе Arduino с использованием протокола I2C. Данный протокол позволяет подключить экран с параллельным интерфейсом к отладочной плате, оставляя возможность присоединить матричную клавиатуру 4x4 для ввода информации в устройство управления [4].

Структурная схема устройства управления приведена на рисунке 2.

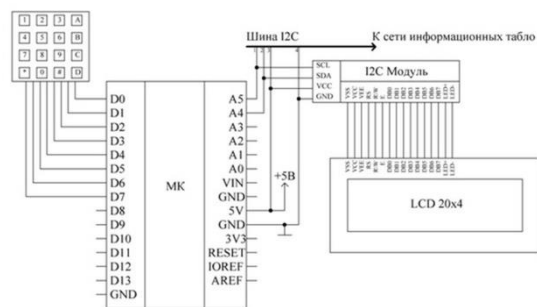


Рис. 2. Схема подключения компонентов к контроллеру

На рисунке Рис. :

- МК – платформа Arduino Uno;
- LCD 20x4 – LCD-дисплей.

Взаимодействие матричной клавиатуры и платы Arduino происходит через цифровые входы/выходы D0-D7. Подключение LCD-дисплея при помощи I2C осуществляется следующим образом: VCC – вход питания (+5В), GND – выход на «землю», SDA – аналоговый порт A4, SCL – аналоговый порт A5. Также в наличии устройства имеется выход для передачи данных сети информационных табло.

### Принцип работы устройства управления

Взаимодействие пользователя с устройством начинается с экрана приветствия, затем осуществляется переход в следующее контекстное меню, где пользователь вводит номер маршрута следования транспорта. Если водитель ошибся при вводе номера маршрута, то он может сбросить введенный номер. После ввода номера, в следующем контекстном меню отображаются начальная и конечная остановки заданного маршрута. Благодаря наличию данной информации, водитель может убедиться в правильности выбранного маршрута. Если же водитель выбрал неверный маршрут, то он может перейти в предыдущее меню и выбрать номер маршрута заново.

После выбора необходимого номера маршрута происходит отправка информации устройствам вывода и при этом происходит подсчет контрольной суммы CRC-8, значение которой добавляется в массив отправляемых данных. Далее приемник также рассчитывает контрольную сумму и сравнивает ее с принятым значением. Если эти значения не совпадают, то ведомое устройство запрашивает повторную передачу данных. Запросы от приемника будут продолжаться до момента, когда значения контрольных сумм не совпадут.

Внешний вид спроектированного устройства представлен на рисунке 3Рис. .



Рис. 3. Внешний вид спроектированного устройства

### Заключение

На сегодняшний день спроектировано устройство управления сетью информационных табло, расположенных по периметру пассажирского транспорта, на базе платформы Arduino Uno. Произведена сборка устройства. Были проведены тестовые испытания собранного устройства управления в лаборатории.

Благодаря открытости отладочной платы Arduino и наличию модульной структуры устройства управления, в будущем возможна модернизация программного обеспечения и аппаратной части устройства с целью повышения уровней надежности функционирования и удобства эксплуатации пользователем, а также осуществления оперативного уведомления пассажиров о возникновении чрезвычайных и нестандартных ситуаций. Данное устройство также может быть использовано в служебных автобусах предприятий других отраслей.

### Список использованных источников

1. Комарова Ирина Александровна. Экономические методы управления качеством пассажирских автомобильных перевозок: диссертация ... кандидата экономических наук. Московский государственный автомобильно-дорожный институт (технический университет), Москва, 2007.
2. Бройдо В.Л., Ильина О. П. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации: Учебник для вузов. 4-е изд. – СПб.: Питер, 2011. – 560 с.: ил.
3. Платформа Arduino Uno [Электронный ресурс] URL: <https://all-arduino.ru/>, режим доступа: свободный (дата обращения: 10.10.2018).
4. Светодиодное табло, управляемое микроконтроллером Arduino / А.Д. Ананьев, А.В. Соболев, А.И. Юдин, А.С. Фадеев; науч. рук. А.С. Фадеев // Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов XIV Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 2 т., Томск, 7-11 ноября 2016. - Томск: ТПУ, 2017 - Т. 1 - С. 67-68.

# СИСТЕМА ИНФОРМИРОВАНИЯ ПАССАЖИРОВ НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА ARDUINO UNO

А.В. Соболев, А.И. Юдин, А.С. Фадеев  
 Научный руководитель: доцент ОИТ А.С. Фадеев  
 Томский политехнический университет  
 avs127@tpu.ru

## Введение

Одним из критериев качества пассажирских перевозок является удобство предоставляемой пассажирам информации. В настоящее время большая часть автобусов в городе Томске использует трафареты с информацией о маршруте. Их нужно регулярно менять, если один автобус следует по нескольким маршрутам; в темное время суток надписи на трафаретах плохо читаются из-за отсутствия подсветки [1,2].

Широкое распространение светодиодных дисплеев позволяет создавать системы информирования, лишенные данных недостатков.

## Структура системы информирования пассажиров

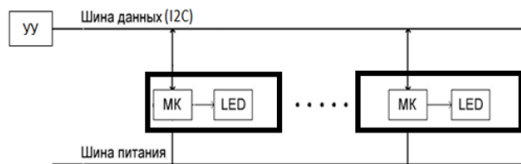
В данной работе решалась задача разработки устройств отображения, которые бывают 2 типов:

- отображающие информацию о конечной и начальной остановке движения общественного транспорта и располагающиеся сбоку автобуса;
- показывающие информацию о номере маршрута и располагающиеся спереди автобуса.

Данная система является распределенной и расширяемой. Таким образом, в систему могут быть добавлены внутренние панели индикации, предоставляющие дополнительную информацию для пассажиров внутри автобуса. В качестве дополнительной информации может быть температура окружающей среды.

Так как в данной работе используется протокол I2C, то данное устройство может взаимодействовать с любым устройством, использующим протокол I2C [3].

Структурная схема системы информирования пассажиров приведена на рисунке 1.



- МК – платформа Arduino.
- УУ – устройство управления.
- LED – светодиодный дисплей.

Рис. 1. Структурная схема системы информирования пассажиров

## Компоненты системы

Исходя из анализа существующих технических решений было решено выбрать в качестве устройства отображения – светодиодные матрицы размером 16x32 светодиода, для корректной работы которых необходим блок питания на 5 В; а в качестве устройства управления матрицами – платформу Arduino (рис.2).

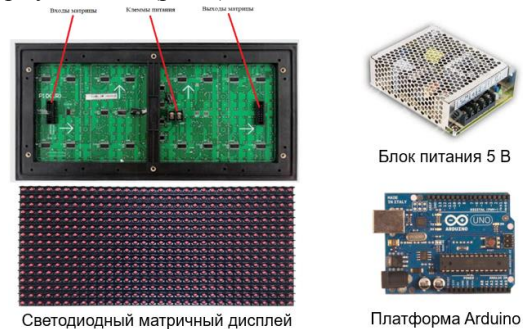


Рис. 2. Компоненты системы

## Управление светодиодным матричным индикатором

Чтобы зажечь один определенный светодиод матрицы, один из анодов соединяется с плюсом питания, а один из катодов – с минусом. Особенностью устройства является то, что остальные катоды должны быть отключены либо физически, либо с помощью высокого сопротивления.

Управление матрицей данного типа сопряжено с рядом существенных ограничений:

1. В случае с матрицей размерностью 16x32 будет задействовано 48 выходов микроконтроллера.
2. Суммарный порог мощности не позволяет управлять большими матрицами [4].

Поэтому, для управления светодиодными матрицами в данной работе был использован восьмиразрядный сдвиговый регистр, который представляет собой кольцевой буфер с последовательным вводом и последовательно-параллельным выводом информации. Регистр позволяет управлять светодиодной матрицей, используя всего 7 выходов на контроллере. Устройство светодиодной матрицы приведено на рисунке 3.

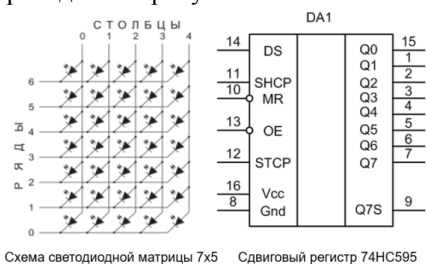


Рис. 3. Устройство светодиодной матрицы

### Создание русского шрифта

Для управления матрицами было решено использовать библиотеку DMD2, в которой отсутствовали русские шрифты. Поэтому было решено создать собственный файл шрифта.

Файл представляет собой текстовый документ, в котором были описаны характеристики шрифта. Также в файле был прописан шестнадцатеричный код каждого символа, что в переводе в двоичный будет отражать состояние каждой точки символа (рис. 4).

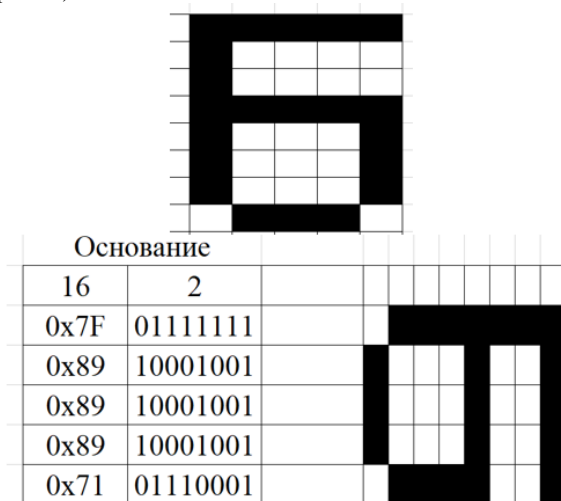


Рис. 4. Принцип создания спрайта символа

Шрифты были прописаны в коде программы, отвечающей за вывод информации на светодиодный дисплей. В данной работе было использовано два файла шрифтов: для отображения крупного номера и мелких надписей. Также была реализована функция переключения между шрифтами.

### Использование алгоритма CRC8

Во время проведения технических испытаний при изменении маршрута следования автобуса в ряде случаев наблюдалось искажение и потеря информации. Для решения данной проблемы было решено создать протокол на основе протокола I2C, который позволяют выявлять и предотвращать искажение информации. Для этого был использован алгоритм CRC8.

Устройство управления рассчитывает контрольную сумму и отправляет её вместе с информационными байтами. Принимающее устройство рассчитывает контрольную сумму информационных байтов по тому же алгоритму и, при совпадении контрольных сумм выводит переданную информацию на светодиодный дисплей, если контрольные суммы не совпали, то происходит повторный запрос данных. Микроконтроллер не выводит информацию на светодиодный дисплей, пока не совпадут контрольные суммы.

### Использование функции бегущей строки

В данной работе была реализована функция бегущей строки, которая создает иллюзию анимации. Использование бегущей строки целесообразно, если текст сообщения, отображаемого на светодиодном дисплее больше разрешающей способности дисплея.

В данной работе был разработан алгоритм, который сдвигает изображение на один светодиод влево каждый рабочий цикл контроллера, и при достижении определённого значения, возвращается в изначальное положение. Так как быстродействие контроллера достаточно велико, то проблем создать иллюзию анимации не возникло.

### Заключение

В данной работе была разработана система, отображающая информацию о номере и маршруте движения общественного транспорта.

Был создан код программы управления светодиодными матрицами и реализована функция «бегущей строки»

Был разработан файл русских шрифтов для библиотеки DMD2.

Был создан протокол на основе протокола I2C, который позволяют не только выявлять, но и предотвращать потерю и искажение информации.

В настоящее время ведутся тестовые испытания системы в лаборатории, но на следующем этапе планируется введение в опытную эксплуатацию, по результатам которой в будущем возможна модернизация аппаратной и программной части устройства.

### Список использованных источников

1. Светодиодное табло, управляемое микроконтроллером Arduino / А. Д. Ананьев [и др.]; науч. рук. А. С. Фадеев // Молодежь и современные информационные технологии : сборник трудов XIV Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, г. Томск, 7-11 ноября 2016 г. : в 2 т. — Томск : Изд-во ТПУ, 2016. — Т. 1. — [С. 80-82].
2. Погребной В.Ю., Фадеев А.С., Мартынова Ю.А. Применение географических информационных систем в задачах оптимизации выбора маршрута, мониторинга и прогнозирования движения пассажирского транспорта // Сборник научных трудов SWorld. – Выпуск 3(36), Том 10. – Одесса: КУПРИ-ЕНКО СВ, 2014. С. 40 – 52.
3. I2C [Электронный ресурс] / Википедия – свободная энциклопедия – режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/I2C>, свободный (Дата обращения: 24.05.2018).
4. Сдвиговый регистр 74HC595 и семисегментный индикатор [Электронный ресурс] / Практическая электроника – режим доступа: <http://hardelectronics.ru/74hc595.html>, свободный (Дата обращения: 24.05.2018 г.).

# ВЕБ-СЕРВИС ОБНАРУЖЕНИЯ И КОРРЕКТИРОВКИ ОШИБОК В ДАННЫХ НА ПРОМЫСЛАХ НЕФТЕГАЗОДОБЫВАЮЩИХ КОМПАНИЙ

И.В. Евсюткин, Н.Г. Марков  
Томский политехнический университет  
pzerag@mail.ru

## Введение

Большие объёмы разнородных технологических и геологических данных с датчиков и ручного ввода аккумулируются в информационных системах (ИС) промыслов по добыче углеводородного сырья (УВС). Для датчиков характерны сбои, ручной ввод также может давать ошибки в данных: опечатки, не соблюдение единиц измерений и их порядков и т. д. В результате базы данных (БД) таких ИС содержат частично ошибочную, пропущенную и искажённую информацию.

При решении задач интенсификации добычи УВС важно, чтобы технологические данные по фонду скважин и геологические данные по месторождению были актуальны и не содержали пропусков и ошибок. Это важно и для дальнейшего комплексного анализа таких данных и принятия решений при выборе скважин-кандидатов для проведения геолого-технических мероприятий (ГТМ).

Однако в реальности на промыслах другая картина. Например, в БД ИС управления производством «Магистраль-Восток», в которой за более чем десять лет эксплуатации накопился огромный объём данных, довольно много пропущенных данных и ошибок ручного ввода [1].

Многие методы анализа данных, в том числе интеллектуальные, очень чувствительны к пропускам и выбросам в данных. Некоторые из них в таких случаях следует применять с осторожностью. Это, в первую очередь, методы искусственных нейронных сетей и кластерного анализа [2].

Ручная инспекция данных сложна ввиду чрезвычайно больших объёмов данных, например, некоторые значения технологических параметров поступают в БД каждые 15 минут. Более того, просмотр данных человеком по-прежнему не застраховывает от новых ошибок. Поэтому перспективным решением является использование специальных программных средств, реализующих методы и правила обнаружения и исправления ошибок в данных.

Целью данной работы является создание такого программного обеспечения для использования на промыслах. Программное обеспечение создаётся в виде веб-сервиса для последующего включения его в более крупные ИС компаний [3].

## Используемые методы и алгоритмы

Итак, ставится задача создания программного обеспечения, реализующего большое число методов и алгоритмов обнаружения и корректировки ошибок в данных. Среди них, например, методы поиска выбросов, интерполяции значений параметров и т. д.

Известно, что каждый параметр месторождения должен находиться в определённом диапазоне значений в зависимости от месторождения и условий его эксплуатации. Например, некоторые из них изменяются так [4]:

- *Скин-фактор* – гидродинамический параметр, характеризующий дополнительное фильтрационное сопротивление течению флюидов в окколескваженной зоне пласта, приводящее к снижению дебита по сравнению с совершенной (идеальной) скважиной. Для совершенной скважины лежит в диапазоне [-1; 5].
- *Вязкость* – свойство жидкости или газа оказывать сопротивление перемещению одних её (его) частиц относительно других. Нефть в пласте находится под давлением и при более высокой температуре, а также содержит растворённый газ, в отличие от условий на поверхности. Диапазон [1.3; 163.4 мм<sup>2</sup>/с] при 20 °С.
- *Плотность нефти* – зависит от состава нефти, количества и состава растворённого в ней газа, температуры и давления: диапазон [762; 960 кг/м<sup>3</sup>] при 20 °С.
- *Проницаемость* – способность горных пород пропускать через себя жидкости и газы. Коэффициент проницаемости характеризует размер сечения каналов пористой среды, по которым происходит фильтрация. Для большинства нефтяных месторождений коэффициент колеблется в интервале [10-13; 2\*10<sup>-12</sup> м<sup>2</sup>], для газовых – до [5\*10<sup>-15</sup> м<sup>2</sup>].
- *Газовый фактор* – количество растворённого газа в нефти, количество газа, выделяющегося из нефти при снижении давления до атмосферного, отнесённого к 1 м<sup>3</sup> или 1 т дегазированной нефти. Пределы: [400; 1000 м<sup>3</sup>/т].
- *Нефтенасыщенность* (газо- или водонасыщенность) – характеризует запасы нефти в пласте, долю объёма пор в породе, заполненную нефтью. Обычно S<sub>нефти</sub> = 65-94%, S<sub>воды</sub> = 6-35% (зависит от созревания пласта). S<sub>воды</sub> + S<sub>нефти</sub> + S<sub>газа</sub> = 1. При S<sub>воды</sub> > 80%, фильтрация газа и нефти стремится к нулю.

Учитывая эти диапазоны значений перечисленных параметров можно определить ошибочные значения, а для их исправления использовать различные зависимости, например, закон Дарси или метод интерполяции исправляемых значений по соседним корректным значениям. Понятие корректности здесь довольно относительно, ведь даже лежащие в рамках диапазона значения конкретного параметра могут быть ошибочны или намеренно занесены пользователями в некорректном виде.

Ввиду этого корректно можно обнаруживать и исправлять не все ошибки.

Ряд параметров в силу своей природы не могут изменяться резко. Так вязкость, проницаемость, мощность продуктивного пласта могут считаться геологами постоянными в течение длительного времени (до года). Тогда в результатах ручного ввода одного и того же значения таких параметров, легко распознать ошибку в порядке числа и автоматически её исправить.

При исправлении значений параметров важно учитывать технологические режимы (запланированные на следующий месяц значения уровней добычи УВС). В идеале фактические (измеренные) значения уровней добычи должны совпадать с этими прогнозными или незначительно отличаться от них. В действительности же различия могут быть существенны, особенно если в течение месяца произошла остановка скважины или проводились ГТМ. Такие события необходимо отслеживать и учитывать в виде правил корректировки. Различные виды работ (ремонт скважин и ГТМ) по-разному влияют на параметры скважины. Всё это было учтено при разработке методов и алгоритмов, правил обнаружения ошибок и при корректировке ошибок.

#### **Особенности веб-сервиса**

Реализация веб-сервиса осуществлена с использованием интегрированной среды разработки Microsoft Visual Studio 2017 на языке C# 7.0 и на платформе .NET 4.7 по технологии ASP.NET Core 2.

Программное обеспечение, разработанное в виде веб-сервиса, включает в себя следующие модули:

- взаимодействия с БД (загрузка данных, синхронизация с поступающим потоком новой информации, занесение в БД скорректированных значений);
- инструменты визуализации данных по каждому объекту фонда скважин и по каждому его параметру в виде отображения временного ряда с указанием событий на графике (остановок скважин, ГТМ и т. п.);
- набор методов, алгоритмов и правил, реализованных в виде модулей исправления данных, с возможностью их расширения и модификации существующих за счёт гибкости архитектуры сервиса и продуманного пользовательского интерфейса.

Пользовательский интерфейс веб-сервиса включает в себя иерархию объектов «скважины –

кусты – месторождения», списки их параметров, а также набор методов, алгоритмов и правил обнаружения и корректировки ошибочных значений в данных. Специалист, работающий с сервисом, может оценить результат работы визуально (какие данные были и какие стали после исправления) по двум графикам временных рядов, на которых отмечаются также все события (ГТМ, остановки скважины и т. д.) в выбранном временном диапазоне. Веб-сервис имеет возможность гибкой настройки реализованных алгоритмов и правил. Например, корректировка значений параметра по формуле, границ диапазона изменений параметра, видов интерполяции и сглаживания, исправление порядка чисел при ошибках ручного ввода и т. д.

#### **Заключение**

ИС управления производством нефтегазодобывающих компаний нуждаются в постоянном контроле корректности поступающих в них больших объёмов разнородных технологических и геологических данных. Ручной способ выявления и исправления ошибок при решении этой задачи неэффективен. В связи с чем был создан веб-сервис для оказания поддержки специалисту-геологу и технологу при обнаружении и корректировке данных на промыслах.

#### **Благодарности**

Исследования были финансово поддержаны по гранту РФФИ №18-47-700010p\_a.

#### **Список использованных источников**

1. Марков Н.Г. Информационно-управляющие системы для газодобывающего производства. - Томск: изд-во ТПУ, 2016, - 261 с.
2. Материалы открытого курса OpenDataScience и Mail.Ru Group по машинному обучению. [Электронный ресурс]. – URL: <https://habr.com/company/ods/blog/344044/> (дата обращения 12.11.2018).
3. Markov N., Vasilyeva E., Evsyutkin I. The intellectual information system for management of geological and technical arrangements during oil field exploitation. Journal of Physics: Conference Series, 2016, - Vol. 803, No. 1.
4. А. А. Коршак, А. М. Шаммазов Основы нефтегазового дела: Учебник для вузов. - 3-е изд., испр. и доп. – Уфа.: ООО «ДизайнПолиграфСервис», 2005 – 528 с.



# ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕННОГО УСТРОЙСТВА, ПРЕДНАЗНАЧЕННОГО ДЛЯ ТЕРМОРЕГУЛЯЦИИ ПОМЕЩЕНИЙ

К.Д. Ларченко, Г.Л. Панышин  
Томский политехнический университет  
kdl2@tpu.ru

## Введение

В современном мире комфорт проживания человека напрямую зависит от работы систем отопления, причем с каждым годом вопрос эффективного использования энергоресурсов становится всё более актуальным по причине их ограниченности и, как следствие, регулярного удорожания. Известно, что в зданиях в зимний период как минимум 25–50% тепла расходуется на нагрев приточного воздуха. Увеличение цен на энергоносители стимулирует рост интереса к системе рекуперации тепловой энергии, которая обеспечивает приток свежего воздуха, что позволяет создавать благоприятный микроклимат.

Зачастую предложенные на рынке рекуператоры имеют высокий уровень электропотребления, что снижает их эффективность на фоне обычных систем отопления. В данной статье предлагается описание основных моментов реализации автоматизированного аппарата, осуществляющего обмен тепла на основе работы элементов Пельтье, при помощи которых будет проведена минимизация электропотребления и потери энергии.

## Элемент Пельтье

Элемент Пельтье это термоэлектрический преобразователь, принцип действия которого базируется на эффекте Пельтье- возникновении разности температур при протекании электрического тока. Данный термоэлектрический элемент состоит из одной или более пар небольших полупроводниковых параллелепипедов — одного n-типа и одного p-типа, которые попарно соединены (см. рисунок 1).

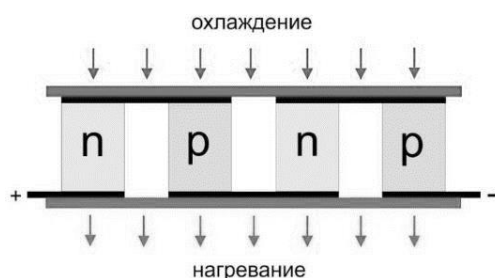


Рис. 1. Элемент Пельтье

Пары параллелепипедов соединяются таким образом, что образуется последовательное соединение многих пар полупроводников с разным типом проводимости, электрический ток протекает последовательно через все параллелепипеды. В зависимости от направления тока верхние контакты охлаждаются, а нижние нагреваются — или наоборот.

Таким образом электрический ток переносит тепло с одной стороны элемента Пельтье на противоположную и создаёт применяемую в данном проекте разность температур. Надо понимать, что эффективность термоэлектрического модуля Пельтье зависит от величины разницы температур, создаваемых на разных участках — чем больше разница температур, тем выше эффективность

## Реализация проекта

В ходе разработки проекта немалую роль помимо эффекта Пельтье играют две ключевых детали: ШИМ-контроллер и open-source платформа Arduino UNO. Использование вышеупомянутых устройств позволит обеспечить автономность разрабатываемого теплообменного аппарата.

Arduino-это open-source платформа, которая состоит из двух основных частей: самой платы (часто называемой микроконтроллер) и программного обеспечения (специальной оболочки для программирования платы) или IDE (Integrated Development Environment). Программное обеспечение запускается на персональном компьютере и позволяет записывать разработанный код на плату.

ШИМ или PWM (широтно-импульсная модуляция, по-английски pulse-width modulation) — это способ управления подачей мощности к нагрузке. Управление заключается в изменении длительности импульса при постоянной частоте следования импульсов. Основная цель, для которой ШИМ-контроллеры включаются в схемы источников напряжения, это обеспечение стабильной величины напряжения на выходе. Небольшие габариты контроллеров дают им преимущество перед стандартными, также кроме стабилизации выходного напряжения, реализуют еще несколько дополнительных возможностей. Использование широтно-импульсной модуляции позволяет осуществить контроль величины сигнала. При этом имеется возможность менять протяженность импульса и скважность. ШИМ-контроллеры обладают высокими показателями КПД, что позволяет значительно расширить область их использования.

Основными функциями данных устройств в реализации проекта являются сбор, регистрация данных цифровых датчиков температур и последующая стабилизация вентиляторов, от режима работы которых будет осуществляться подача воздушных потоков с к элементам Пельтье. Рассмотрим принцип действия, с помощью которого предполагается реализация проекта.

## Принцип действия

Для реализации проекта автоматизированного теплообменного устройства была выбрана структура представленная на рисунке 2.

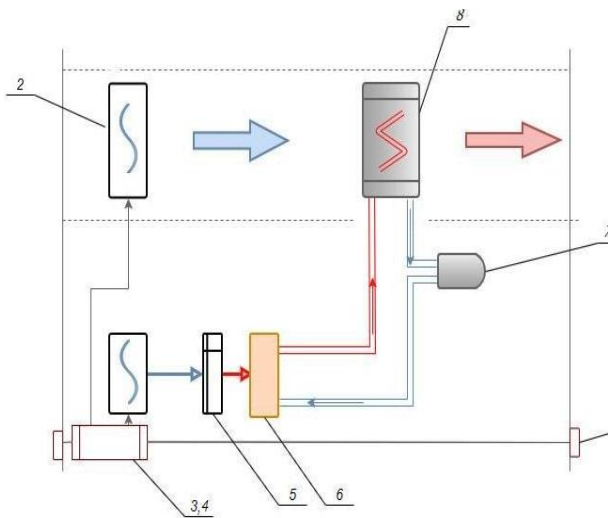


Рис. 2. Структурная схема автоматизированного теплообменного устройства

Рассмотрим ситуацию, когда температура на улице меньше, чем в помещении:  $T_{в} < T_{вп}$ . Требуется при помощи наружного воздуха поддерживать оптимальную температуру внутри комнаты\здания.

Цифровые датчики температуры (поз. 1) фиксируют значения внутри и снаружи помещения, в зависимости от чего Arduino UNO (поз. 4) при помощи ШИМ- контроллера (поз. 3) стабилизируют работу вентиляторов (поз. 2). Холодный воздух с улицы начинает поступать в два отверстия. По прохождении через нижнее отв. воздушный поток охлаждает одну сторону элемента Пельтье (поз. 6), вследствие чего нагревается обратная сторона элемента, которая подводит тепло к вентерблоку (поз. 5). В это время, вода, находящаяся в радиаторе (поз. 8), проходит через вентерблок и нагревается, после этого возвращаясь обратно в радиатор. Движение жидкости по трубке осуществляется при помощи помпы (поз. 7). В результате через радиатор с горячей жидкостью проходит уличный воздух,

при этом нагреваясь до нужной температуры, поток поступает в помещение, обеспечивая комфортные условия для работы внутри здания.

## Заключение

В данной работы было выполнено теоретическое описание принципа действия разрабатываемого рекуперационного аппарата основанного на работе эффекта Пельтье. Разрабатываемый проект позволит минимизировать затраты на электроэнергию в ходе регулирования теплового обмена внутри помещений. Были выделены и описаны ключевые моменты и детали будущего устройства. В результате анализа теоретических сведений было выяснено, что необходимо перейти к следующему пункту реализации проекта- практическому рассмотрению работы отдельных компонентов устройства для получения более точных сведений используемых параметров (температура, режим работы и скорость вентиляторов и т.д.).

В дальнейшем планируется исследовать работу элементов Пельтье на практике и стабилизировать работу вентиляторов при помощи Arduino UNO и ШИМ- контроллера.

## Список использованных источников

1. Система рекуперации воздуха [Электронный ресурс]//URL:<http://ventilationpro.ru/rekuperation/sistema> (дата обращения 09.11.2018)
2. Шостаковский, П. Термоэлектрические источники альтернативного электропитания. / П. Шостаковский. // Новые технологии. - 2010. № 12. - С. 131-138. (дата обращения 08.11.2018)
3. Температурные сенсоры [Электронный ресурс] // URL: [http://www.ficom.ru/mcu/mtherm/tms\\_sensors.html#p4](http://www.ficom.ru/mcu/mtherm/tms_sensors.html#p4)(дата обращения 09. 11.2018)
4. Разновидности плат Arduino-2012 [Электронный ресурс] // URL: <http://robocraft.ru/blog/arduino/1035.html>(дата обращения 10.11.2018)
5. Широтно-импульсная модуляция в Ардуино [Электронный ресурс] // URL: <http://mypractic.ru/urok-37-shirotno-impulsnaya-modulyaciya-v-arduino.html> (дата обращения 10.11.2018)

# ЧИСЛЕННАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РАДИАЦИОННОГО ТЕПЛООБМЕНА ПРИ КОНТАКТНЫХ ИЗМЕРЕНИЯХ ТЕМПЕРАТУРЫ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ НА ТЭС

О.С. Яшутина

Томский политехнический университет  
yashutina1993@mail.ru

## Введение

Температура рабочих сред и технологического оборудования используется не только для оценки качества и экономичности работы объекта, но и служит одним из важнейших показателей надежности не только для объектов энергетики, но и в металлургии, нефтегазовой отрасли [1]. Это связано, прежде всего, с тем, что на объектах энергетики, металлургии и других промышленных предприятиях протекание технологических процессов характеризуется высокими температурами [2]. На производствах температура чаще всего измеряется контактными измерительными средствами – термопреобразователями сопротивления и термоэлектрическими преобразователями (ТЭП). Для измерения высоких температур (более 850 К), как правило, применяют термопарные датчики промышленного исполнения [3]. Измерение температуры термопарами, как и другими типами контактных датчиков, сопряжено с появлением дополнительных погрешностей, обусловленных неполнотой теплового контакта, отводом тепла по стенкам чувствительного элемента и другими факторами. При измерении же высоких температур интерес представляет исследование влияния радиационного теплообмена [4, 5] на интегральные показатели качества процесса измерения, в том числе необходимое время измерения и температурное поле в чувствительном элементе датчика в процессе измерения.

## Модель теплопереноса и методы решения

Область решения задачи теплопереноса показана на рис. 1.

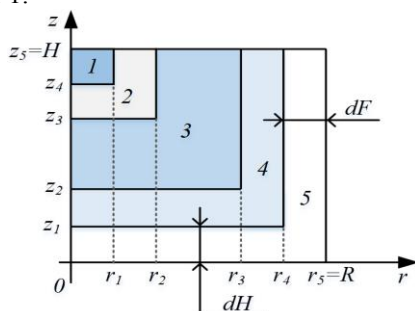


Рис. 1. Область решения задачи теплопереноса: 1 – спай термопары; 2 – керамический колпачок; 3 – порошок оксида алюминия; 4 – защитный чехол; 5 – воздушный зазор,  $dF$  – толщина кольцевого зазора,  $dH$  – толщина вертикального зазора

Математическая модель для области решения (рис. 1) описывается системой дифференциальных

уравнений, аналогично моделям приведенным в [2].

На внутренних границах раздела материалов области, показанной на рис. 1, приняты граничные условия IV рода [2].

Краевые условия задачи, область решения которой приведена на рисунке 1, приведены в таблице 1.

Таблица 1. Краевые условия задачи

Краевые условия	Граница области решения	Краевые условия	Граница области решения
$\frac{\partial T}{\partial z} = 0$	$z=H$	$\frac{\partial T}{\partial r} = 0$	$r=0$
$-\lambda_5 \frac{\partial T_5}{\partial z} = q$	$z=0$	$-\lambda_5 \frac{\partial T_5}{\partial r} = q$	$r=R$

Где  $q$  – тепловой поток, действующий на чувствительный элемент датчика со стороны контролируемой среды или объекта измерения, Вт;  $r$  – радиальная координата, м;  $z$  – осевая координата, м;  $H$  – высота участка ТЭП, м;  $R$  – радиус чувствительного элемента, м;  $T$  – измеряемая температура, К;  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К).

Величина  $q$  в условиях отсутствия конвективного теплообмена формируется двумя процессами – кондуктивным  $q_K$  и радиационным  $q_L$  теплопереносом [5]:

$$q = q_K + q_L.$$

Решение системы нестационарных дифференциальных уравнений с соответствующими граничными и краевыми условиями выполнено методом конечных разностей. Одномерные разностные уравнения решены методом прогонки на основе неявной четырехточечной разностной схемы [6].

Область решения задачи разбита на равномерную сетку с шагом по радиальной и осевой координатам  $2,5 \cdot 10^{-2}$  мм. Шаг по временной сетке составлял 0,001 с.

## Результаты и обсуждения

Результаты влияния радиационного теплообмена на длительность нагрева датчика до требуемой температуры для различных значений последней представлены на рисунках 2–4. На всех представленных графиках кривая 1 – зависимость полученная с учетом радиационной составляющей, 2 – зависимость, полученная в условиях действия только кондуктивного теплообмена.

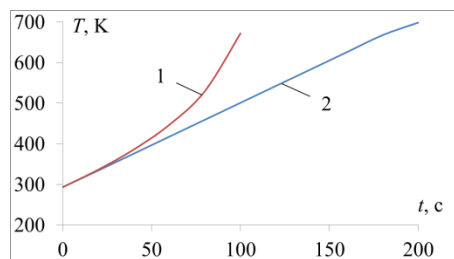


Рис. 2. Необходимая длительность нагрева при 700 К

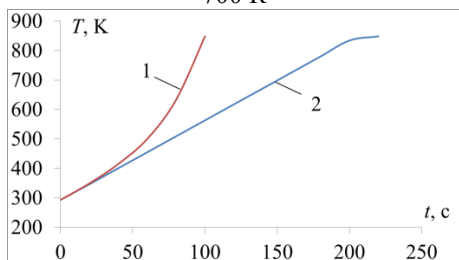


Рис. 3. Необходимая длительность нагрева при 800 К

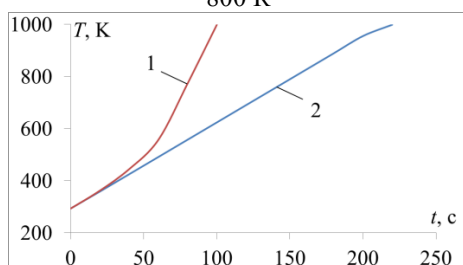


Рис. 4. Необходимая длительность нагрева при 1000 К

Из рис. 2–4 видно, что влияние радиационной составляющей проявляется в большей степени с ростом измеряемой температуры, что приводит к существенной разнице в необходимой длительности нагрева.

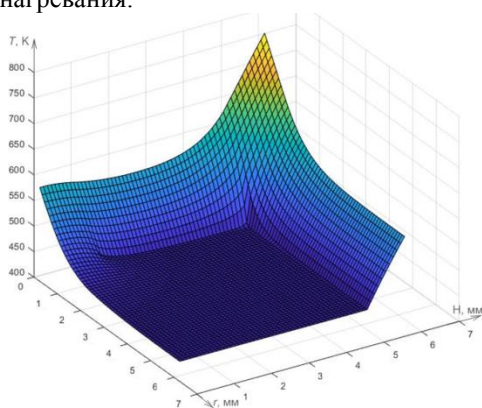


Рис. 5. Температурное поле в чувствительном элементе ТЭП

На рис. 5 показано температурное поле в чувствительном элементе промышленной термопары через 50 секунд после начала нагрева.

Температурное поле (рис. 5) иллюстрирует значительную неоднородность чувствительного элемента термопары, что выражается в ярко выраженных границах участка ТЭП. Такая неоднородность существенно усложняет процесс решения задач теплопереноса в подобных системах.

#### Заключение

В результате работы разработана модель теплопереноса в системе «датчик температуры – объект измерения» при измерении высоких (свыше 700 К) температур в условиях наличия воздушного зазора. Показано, что влияние радиационной составляющей увеличивается с ростом температуры и наиболее заметно при температурах более 500 К. Полученные результаты могут быть учтены при оценке работы ТЭП на блоках тепловых электрических станций, разработанная модель будет полезна при прогностическом моделировании работы систем автоматического контроля температуры и блокировок на ТЭС.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ (проект № 18-38-00028).

#### Список использованных источников

1. Kim, H., Kim, E.K., Kim, J., Lee, K.S., Kim, S., Han, Y. Prediction-based feedforward control of superheated steam temperature of a power plant // International Journal of Electrical Power and Energy Systems. – 2015. – Vol. 71. – P. 351-357.
2. Atroshenko Y.K., Bychkova A.A. Process simulating of heat transfer in high-temperature thermocouples // MATEC Web of Conferences 23, 01006 (2015).
3. Мирошкин М.В. Выбор датчика для измерения температуры // Экспозиция Нефть Газ. – 2014. – № 2 (34). – С. 15-16.
4. Glushkov D.O., Kuznetsov G.V., Strizhak P.A. Influence of radiative heat and mass transfer mechanism in system water droplet - high-temperature gases on integral characteristics of liquid evaporation // Thermal Science. – 2015. – Vol. 19. – № 5. – P. 1541-1552.
5. Заричняк Ю.П., Рамазанова А.Э., Эмиров С.Н. Вклад теплового излучения при измерении теплопроводности образцов песчаника // Физика твердого тела. – 2013. – Т. 55, № 12. – С. 2318–2322.
6. Samarskii A. A., The Theory of Difference Schemes, Marcel Dekker, Inc., USA, 2001.

# РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА АВТОМАТИЧЕСКОГО ПОДЪЕМНОГО УСТРОЙСТВА

Изотова К.А., Паньшин Г.Л.  
Томский политехнический университет  
kai7@tpu.ru

## Введение

Темп и скорость современной жизни с каждым днем стремятся к бесконечности. Развитие такой деятельности как строительство не является исключением. В связи с этим, появляется огромное количество различных зданий и сооружений, начиная от примитивных жилых домов и заканчивая возведением современных небоскребов. Вместе с тем возникает вопрос о передвижении огромного потока людей в этих самых постройках.

Решение очевидно – создание автоматического подъемного устройства, или как мы все привыкли говорить, лифт. Лифты обеспечивают постоянное и гарантированное удобство, упрощенность и неприхотливость.

Создание лифта требует огромных затрат, усилий и времени. Одним из важных пунктов при создании лифта является алгоритмизация. То, как лифт будет перемещаться, сколько времени займёт остановка, действия при одновременном вызове с разных этажей, конечно же, аварийная остановка и открывание дверей.

Механизм лифта является одной из самых вариативных и любопытных составляющих. И, безусловно, человечество стремится автоматизировать процесс передвижения лифта: сделать его передвижение быстрее, безопаснее, увеличить размеры, добиться совершенства эксплуатации, уменьшить энергопотребление, осуществить максимальный комфорт и устранить ощутимые толчки при использовании.

## Описание алгоритма

В данной работе процесс алгоритмизации зависит от ряда условий. Таким образом, скорость лифта определяется непосредственно нагрузкой самой кабины и направлением движения с последующими остановками при использовании подъемным устройством некоего потока пользователей. Время остановки лифта будет регулироваться самим пользователем с помощью панели управления, предназначенной также для выбора этажа прибытия подъемного устройства. В случае одновременного нажатия кнопки вызова лифта с разных этажей направление пути лифта будет определяться двумя факторами: расположением самой кабины во время вызова и загруженностью кабины в момент вызова.

Если же пользователь вызвал лифт по ошибке, то будет предусмотрена дополнительная кнопка отмены хода лифта на вызываемый этаж, или же использованы уже имеющиеся кнопки, которые при одновременном нажатии осуществят отмену

движения. Помимо этого, путь передвижения кабины лифта будет изменяться при каждом нажатии клавиши вызова (или же остановки) данного устройства.

Алгоритм передвижения лифта в зависимости от условий загруженности будет построен на языке программирования C/C++.

Также важнейшей составляющей любого устройства является безопасность и действия в аварийных случаях. В конкретной работе в случае неисправности работы лифта, будет произведена отмена всех последующих действий лифта и действия, прописанные в коде программы будут состоять из трех пунктов: немедленная остановка на ближайшем этаже в зависимости от местоположения, открывание дверей и оповещение пользователей лифтового устройства об аварийной ситуации звуковым сигналом. Также информация о неисправности работы лифтового оборудования будет передана на АРМ (автоматизированное рабочее место) диспетчера. Передача сигнала диспетчера будет произведена посредством RS-485. Главное преимущество этого интерфейса состоит в двустороннем обмене данными (в данном случае между диспетчером и пользователем).

Кроме этого, стоит учесть еще один фактор, влияющий на работу устройства – перегрузка. Так, при массе кабины лифта больше нормированной (она будет определена позже), закрытие и движение лифта будет отменено до установления необходимой нагрузки кабины.

## Моделирование работы прототипа

Перед созданием самого прототипа в данной работе будет смоделирован процесс работы лифтового устройства во избежание ошибок и улучшения работы.

Моделирование будет выполнено с использованием программного обеспечения имитационного моделирования Anylogic. Данный инструмент обладает современным графическим интерфейсом [1], что позволит создать реалистичный процесс работы лифта. Также помимо самой анимации работы, здесь будет прописана часть логики для процесса движения. И в дополнение ко всему вышесказанному, в среде AnyLogic предусмотрены разные визуальные языки моделирования: диаграммы процессов, диаграммы состояния, блок-схемы и диаграммы потоков и накопителей. Эти функции представят наглядные данные о загруженности лифта, времени работы и т.д.

Стоит также добавить, что с помощью моделирования процесса работы лифта будет получена

статистика функционирования устройства при различных условиях, что позволит создать и проанализировать разные алгоритмы работы лифтового оборудования и, тем самым, выбрать наиболее рациональный режим работы лифта перед созданием проекта в виде прототипа.

### Реализация проекта в виде прототипа

Реализация проекта в виде прототипа будет выполнена из подручных материалов с использованием необходимых компонентов: две платформы Arduino Uno, клавиатура, которая будет выполнять роль панели с кнопками внутри лифта; цифровое табло для возможности наблюдения за направлением подъемного устройства (верх/вниз) внутри кабины, светодиоды, шаговые электродвигатели, датчики положения кабины, а также ряд других компонентов, которые потребуются при реализации объекта. Рассмотрим составляющие объекта подробнее.

Arduino-это open-source платформа, которая состоит из двух основных частей: самой платы (микроконтроллер) и программного обеспечения (специальной оболочки для программирования платы) [2]. В нашем случае будут использованы две платы Arduino Uno, так как необходимо разделение задач для каждого контроллера для более упрощенного восприятия и удобства в пользовании. Таким образом, одна платформа (модуль прогнозирования) будет собирать информацию о месте вызова лифтового устройства. В свою очередь второй контроллер (исполнительный модуль) будет перерабатывать эту информация и передавать сигнал на первый о месте следующей остановки. Помимо этого, второй контроллер будет осуществлять само движение лифтового устройства, свет в кабине, воспроизведение звукового сигнала, передачу информации для пассажиров о направлении лифта (вверх/вниз). Схема системы из двух контроллеров представлена на рисунке.



Рис. 1. Схема системы из двух контроллеров

Клавиатура будет подключена с платой и осуществлять передачу сигнала на эту же самую плату, после чего будет произведена переработка кода и построен новый маршрут хода лифта.

Цифровое табло и светодиоды выполняют функции оповещения самих пользователей лифтового устройства – направление движения и сигнал остановки в случае аварийной ситуации.

Датчиком положения будут служить герконы. Их применение необходимо для информации о нахождении кабины в определенный момент времени.

Шаговый двигатель – это синхронный бесщёточный электродвигатель с несколькими обмотками, в котором ток, подаваемый в одну из обмоток статора, вызывает фиксацию ротора. Последовательная активация обмоток двигателя вызывает дискретные угловые перемещения [3]. Рассматривая шаговые электродвигатели стоит сказать указать его необходимость в данной работе – возможность точной фиксации остановки на каждом этаже. Таким образом, при подаче потенциалов на обмотки шаговый двигатель повернется строго на определенным углом. Помимо этого, шаговый привод, как недорогая альтернатива сервоприводу, наилучшим образом подходит для автоматизации отдельных узлов и систем, где не требуется высокая динамика. Стоит отметить также длительный срок службы, точность работы шагового электродвигателя за длительное время падает незначительно.

### Заключение

В ходе проведенного исследования и анализа полученных теоретических знаний было выяснено, что данный прототип позволит получить навыки в области автоматизации процессов и регулирования их в зависимости от различных условий. Также был получен необходимый минимум для начала реализации прототипа и процесса моделирования. Были исследованы главные компоненты для создания подъемного устройства и получены навыки работы с платформой Arduino UNO в результате выполнения простейших кодов для реализации выполнения команды. Следующим этапом планируется оптимизация всего процесса передвижения за счёт моделирования процесса в среде Anylogic и создание первого прототипа.

### Список использованных источников

1. AnyLogic [Электронный ресурс] // URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/AnyLogic> (дата обращения: 02.11.2018).
2. Arduino Uno [Электронный ресурс] // URL: <http://arduino.ru/Hardware/ArduinoBoardUno> (дата обращения (05.11.2018).
3. Шаговый электродвигатель [Электронный ресурс] // URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/> (дата обращения (06.11.2018).

# ВИДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ САПР ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МЕХАНОСБОРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА ПРЕДПРИЯТИЙ ИНДУСТРИИ 4.0

Д.А. Заколдаев

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики  
d.zakoldaev@mail.ru

## Введение

Система автоматизированного проектирования механосборочного производства на проектном предприятии образована семью видами обеспечения: техническое, математическое, программное, информационное, лингвистическое, организационное и методическое и предназначена для [1, 2]:

- поддержки принятия разработчиком многопараметрических проектных решений, формируемых автоматизированным способом;
- стандартизации и унификации типовых проектных решений, проектных процедур и отдельных проектных операций, которые впоследствии смогут составить составную часть нового проекта;
- снижения времени поиска наилучшего (оптимального) проектного решения по множеству критериев качества при высоком качестве выполнения процессов проектирования;
- генерации и анализа множества вариантов проектных альтернатив объекта проектирования высокой мощности и пр.

## Виды обеспечения САПР предприятий Индустрии 4.0

Математическое обеспечение САПР (см. рис.1) механосборочного производства представляет собой набор математических методов и моделей, предназначенных для выполнения разработчиком автоматизированным способом определенных проектных процедур. К математическому обеспечению САПР также относятся математические критерии качества генерируемых проектных решений, методы поиска оптимальных проектных решений, решающие правила по выбору проектных решений, решающие правила по усечению переговорного множества, онтологии и пр., а также формализованные описания технологии автоматизированного проектирования механосборочного производства. Математическое обеспечение САПР является основой для подготовки прикладного программного обеспечения САПР.

Программное обеспечение САПР подразделяется на два вида компонентов: системное и прикладное программное обеспечение (ПО). Системное ПО (например, операционная система) предназначено для организации функционирования ин-

струментальной ЭВМ, входящей в состав технического обеспечения САПР автоматизированного рабочего места (АРМ) разработчика объекта проектирования. Системное ПО предназначено для организации управления проектными работами. Прикладное ПО является:

- вновь разрабатываемым для решения проектной задачи создания механосборочного производства нового типа для предприятий, функционирующих в условиях цифровой экономики;
- «заимствованным», в частности Digital Enterprise Software Suite — ПО имитационного моделирования (вплоть до циклограмм работы технологического оборудования) работы производственных участков, Autodesk Factory Design — ПО для 3D-конструирования компоновочных схем технологических линий в производственных помещениях и т.д.

Основу вновь разрабатываемого ПО составляет также лингвистическое обеспечение САПР, включающее языки программирования, терминологический (онтологический для цифрового производства Индустрии 4.0) словарь, необходимые для выполнения автоматизированных процедур проектирования механосборочного производства нового типа.

Информационное обеспечение САПР механосборочного производства образуют целостные и обладающие информационным единством:

- базы данных нормативно-справочных документов — государственных (межгосударственных) и отраслевых стандартов, системы классификации и кодирования информации и др.;
- база данных стандартов проектного предприятия (организации);
- базы данных научно-технической информации (библиотечные фонды, включая источники научно-технической литературы, базы данных патентов, рационализаторских предложений и др.);
- типовые документированные проектные решения, разработанные ранее в проектной организации и используемые как составные части будущих проектов;
- программные модули и фонды алгоритмов, обладающие свойствами законченного типового решения и оформленные самостоятельными подпрограммами, пригодными для заимствования в новых проектных решениях и др.

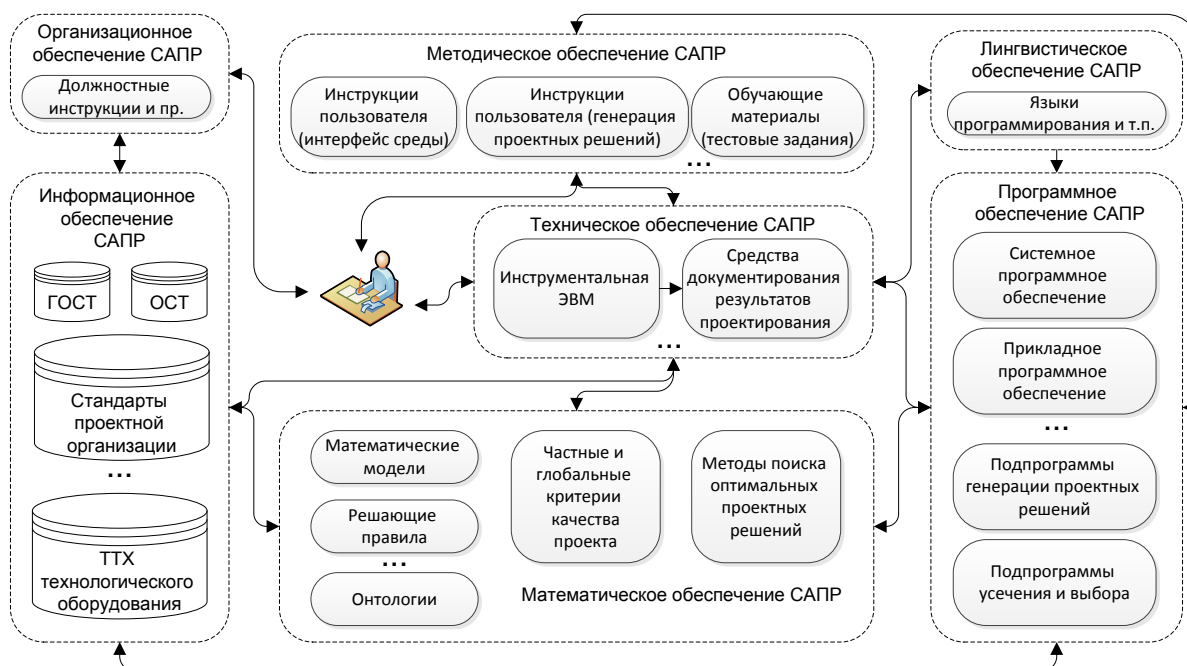


Рис.1. Основные виды обеспечения САПР для автоматизации проектирования механосборочного производства предприятия Индустрии 4.0

Методическое обеспечение САПР механосборочного производства регламентирует на проектом предприятии порядок обучения специалистов навыкам использования различных видов обеспечения САПР, приемам генерации проектных решений и пр.

Организационное обеспечение САПР механосборочного производства образуют:

- организационно-распорядительные документы (приказы, должностные и иные инструкции и пр.), регламентирующие структуру и состав проектной организации и ее подразделений, функции, осуществляемые на предприятии специалистами различных научно-исследовательских и конструкторско-технологических отделов;

- организационно-распорядительные документы, регламентирующие допустимые среды проектирования (версии) и форматы представления результатов проектной деятельности на предприятии, и в рамках производственной кооперации;

- порядок рассмотрения и согласования документации на проект, циркулирующей в различных отделах проектного предприятия и пр.

### Заключение

Специализированными для проектирования механосборочных производств предприятия Индустрии 4.0 являются [3, 4]:

- базы данных тактико-технических характеристик (ТТХ) автоматического технологического оборудования, на основании которых формализованные математические модели представляют компоненты проектируемого объекта в программном обеспече-

нии САПР. На основе ТТХ оборудования реализуются проектные процедуры генерации вариантов практической реализации цифрового механосборочного производства, работающих по различным алгоритмам технологических процессов изготовления изделий приборостроения.

- математические модели киберфизических систем, включающие формализованное описание протоколов беспроводного информационного обмена между технологическим оборудованием по каналам IoT (IoT – Internet of Things).

### Список использованных источников

1. Gurjanov A.V., Zakoldaev D.A., Shukalov A.V., Zharinov I.O. The ontology in description of production processes in the Industry 4.0 item designing company // Journal of Physics: Conference Series, 2018, vol.1059, art.012010.
2. Gurjanov A.V., Zakoldaev D.A., Shukalov A.V., Zharinov I.O. Organization of project works in Industry 4.0 digital item designing companies // Journal of Physics: Conference Series, 2018, vol.1015, art.052034.
3. Gurjanov A.V., Zakoldaev D.A., Shukalov A.V., Zharinov I.O. Cyber and physical equipment digital control system in Industry 4.0 item designing company // Journal of Physics: Conference Series, 2018, vol.1015, art.052035.
4. Gurjanov A.V., Zakoldaev D.A., Shukalov A.V., Zharinov I.O. Algorithm for designing smart factory Industry 4.0 // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2018, vol.327, art.022111.



# АНАЛИЗ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СТАНКОВ ДЛЯ РАЗМЕЩЕНИЯ SMD ЭЛЕМЕНТОВ И НАНЕСЕНИЯ ПАЯЛЬНОЙ ПАСТЫ

А.С. Чернов, М.С. Суходоев  
Томский политехнический университет  
asc18@tpu.ru

## Введение

В настоящее время разрабатывается большое количество печатных плат, из которых в дальнейшем получают электронные устройства. Однако не всегда эти платы проверяют перед тем, как отправить в промышленное производство. Если проектировщик допустил ошибку при проектировании печатной платы, то вся полученная партия будет бракована.

Если же производить проверку перед отправкой в производство, то количество бракованных партий упадет. Но в данном случае при создании макета уйдет большое количество времени, а именно на нанесение паяльной пасты и размещения SMD компонентов.

Для того, чтобы сократить время изготовления макетных и печатных плат предлагается разработать станок, который позволит наносить паяльную пасту и SMD комплектующие на печатную плату.

## Технология изготовления печатных плат

Изготовление печатной платы прежде всего начинается с ее проектирования в специализированной программе, например Sprint Layout, Dip Trace, Eagle, и т.д. После данного этапа можно приступить к изготовлению печатной платы.

На сегодняшний день технологии изготовления печатных плат делятся на две большие группы: аддитивные и субтрактивные. К субтрактивной можно отнести технологию нанесения защитного слоя и технологию с использованием фоторезистивной пленки. Будущие дорожки переносятся на лист текстолита с помощью тонера (в случае использования фоторезиста пленка засвечивается), чтобы защитить дорожки. Затем плата травится в хлорном железе или другом растворе. В первом же методе проводящие дорожки, наоборот, наносятся на поверхность диэлектрика тем или иным способом.

Также широкое распространение получил метод изготовления печатных плат на ЧПУ станках. В данном методе фреза снимает лишнюю медь с листа текстолита, тем самым получают дорожки на печатной плате.

После изготовления плат проводится лужение или наносится паяльная маска, чтобы защитить дорожки от воздействия окружающей среды.

Следующий этап – нанесение паяльной пасты на печатную плату. Смесь, которая включает в себя порошок припоя, связывающее вещество флюс и другие компоненты, называется паяльной пастой. При температурном воздействии паяльная паста скатывается, образуя связующий элемент между печатной платой и каким-либо компонентом. Этот

этап можно заменить на обычную ручную пайку с использованием флюса и припоя.

После нанесения пасты, на плате размещаются SMD компоненты и печатная плата отправляется в печь для запайки элементов.

## Методы нанесения паяльной пасты

Существует два основных способа нанесения паяльной пасты: каплеустановочный и трафаретный. Рассмотрим каждый из них подробнее, а также определим преимущества и недостатки.

В первом способе используют дозатор, с помощью которого наносится паяльная паста на поверхность печатной платы. Способ дозирования позволяет наносить пасту требуемого объема на контактные площадки компонентов. Для этого способа применимы как ручные дозаторы, так и автоматические. К достоинству диспенсеров можно отнести следующее:

- паста наносится в определенном количестве;
- каплеустановочный метод дешевле трафаретного;
- подойдет для любой печатной платы.

Однако у диспенсеров имеются следующие недостатки:

- при использовании ручных дозаторов требуется большое количество времени для нанесения паяльной пасты на плату, особенно если присутствует большое количество контактов;
- стоимость автоматических дозаторов начинается от трехсот тысяч рублей;
- для нанесения пасты автоматическим диспансером необходим сжатый воздух, соответственно, затраты на содержание оборудования становятся выше;
- медленнее трафаретного способа при изготовлении плат в промышленном масштабе.

Трафаретный способ предусматривает нанесение паяльной пасты с помощью трафарета. В качестве достоинств можно отметить:

- быстрое нанесение паяльной пасты;
- отлично подходит для однотипных плат.

На этом плюсы трафаретного способа заканчиваются. К недостаткам относится следующее:

- при изготовлении трафарета нужно дополнительное оборудование;
- у трафарета есть определенный ресурс использования;

- стоимость покупки готового трафарета размером 370x470 mm у завода изготовителя начинается от двадцати долларов.

### **SMD расстановщик компонентов**

Индустрия производства печатных плат не стоит на месте. Компоненты для размещения с каждым днем становятся все меньше и меньше. Также присутствует необходимость оптимизировать процесс расстановки, а именно увеличить скорость, выбрать наиболее оптимальный алгоритм для этого. Существует множество готовых решений. Стоимость их начинается от трехсот пятидесяти тысяч рублей.

Однако можно спроектировать и предложить свое решение, которое не будет уступать по качеству, скорости расстановки и другим параметрам.

### **Описание предлагаемой разработки**

Как было изложено выше, предполагается собрать станок для размещения SMD элементов, а также внедрить функцию нанесения паяльной пасты. При этом стоимость готового решения будет намного дешевле существующих аналогов.

Это будет достигаться за счет использования следующих составляющих:

- не брендовые компоненты и составляющие;
- качественного профиля из России;
- а также исправление существующих ошибок в реализации решения за счет существующих статей и литературы.

### **Заключение**

Был произведен поиск информации по технологии изготовления печатных плат. Также рассмотрены зарубежные статьи по оптимизации SMD расстановщиков. Помимо этого, были рассмотрены существующие решения и аналоги расстановщиков SMD компонентов, а также станков, которые наносят паяльную пасту. Проанализировав полученную информацию, было принято решение о разработке своего продукта, который будет дешевле аналогов и не будет проигрывать по техническим

характеристикам. Главной особенностью предлагаемого решения является совмещения расстановщика элементов со станком размещения элементов. В дальнейшем планируется:

- разработка чертежей для представленного решения;
- разработка самого расстановщика компонентов;
- разработка алгоритмов и написание программного для расстановщика;
- испытания полученного решения.

### **Список использованных источников**

1. Как делают печатные платы: экскурсия на Технотех [Электронный ресурс] / Habr. – URL: <https://habr.com/company/madrobots/blog/214153/> (дата обращения 01.10.2018)
2. Автоматический дозатор пасты Mechatronic Systems D20 [Электронный ресурс] / Tecnew. – URL: <https://www.tecnew.ru/catalog/item/ms-d20/> (дата обращения 01.10.2018)
3. Оборудование для нанесения припойных паст [Электронный ресурс] / Радуга. Производство оборудования для поверхностного монтажа. – URL: <http://www.raduga-npp.ru/poverkhnostnyy-montazh/oborudovanie-dlya-naneseniya-priponnykh-past/> (дата обращения 09.10.2018)
4. Принтер для нанесения паяльной пасты [Электронный ресурс] / 100 станков. Станки из Китая по выгодным ценам. – URL: <http://100-stankov.ru/produkcija/stanki-dlya-proizvodstva-svetodiodnoy-lenty/printer-ya-trafaretnoy-pechati-dlya-naneseniya-payalnoy-pasty/printer-dlya-naneseniya-payalnoy-pasty-hct/> (дата обращения 11.10.2018)
5. Расчет стоимости SMD - трафарета [Электронный ресурс] / PCBWay. – URL: <https://www.pcbway.ru/stencil.aspx/> (дата обращения 11.10.2018)
6. SMD - трафареты [Электронный ресурс] / JLCPCB. – URL: <https://jlcpcb.com/quote/> (дата обращения 11.10.2018)

# РАЗРАБОТКА ДРАЙВЕРА ПОД ОС LINUX ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ АППАРАТНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТЬЮ НА ОТЛАДОЧНОЙ ПЛАТЕ

Т.А. Ягунов, И.В. Зоев

Научный руководитель: Н.Г. Марков  
Томский политехнический университет

E-mail: tay1@tpu.ru

## Введение

Для обмена данными между ОС и внешними по отношению к ней устройствами используются драйверы, которые предоставляют возможность пользователю взаимодействовать с ними. Также, драйверы обеспечивают связь с аппаратной спецификой поддерживаемого оборудования, например, механизмы обработки аппаратных прерываний. Перечисленные возможности являются необходимыми для рациональной реализации системы, использующей нейросетевые технологии, критичным параметром которой является скорость работы системы.

## Описание проекта

Имеется устройство технического зрения на основе платы Terasic SoCKit [1], содержащей программируемую логическую интегральную схему (ПЛИС) семейства Cyclone V SoC от Altera и производящей вычисления на основе нейросетевых технологий. Функциональная схема этого устройства представлена на рис. 1.

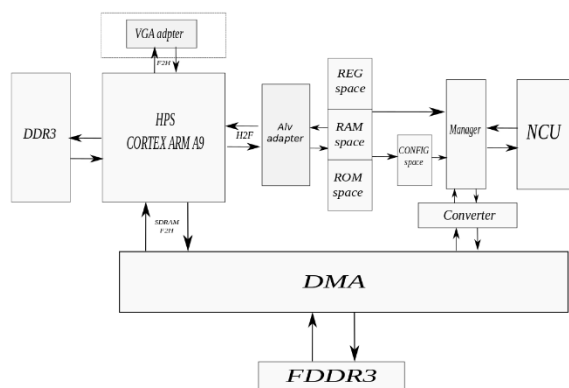


Рис. 1. Функциональная схема устройства из [1]

Представленный на рис. 1 блок процессорной системы работает под ОС Linux Ubuntu 16.04 версии, в которой и загружается драйвер, предоставляющий нейронной сети возможность взаимодействовать с различными чипами памяти, ПЛИС, процессором и т. д. Блок DDR3 памяти представляет чипы памяти, относящиеся к процессорной системе, блок FDDR3 (FPGA DDR3) представляет чипы памяти, относящиеся к ПЛИС. Остальные блоки схемы реализованы программным кодом средствами ПЛИС.

За управление взаимодействием между ПЛИС, процессором и памятью отвечает драйвер. Основные функции, которые выполняет разработанный драйвер в устройстве следующие:

- Выделение областей памяти необходимого объема;
- Чтение/Запись данных из/в памяти(-ть);
- Чтение/Запись данных из/в регистров(-ы) ПЛИС;
- Управление нейронной сетью;
- Управление отображением данных в памяти на экран VGA-монитора;
- Обработка прерываний.

Преимущества в использовании разработанного драйвера заключаются в получении гибкой и удобной в управлении системы, внедряемой в различные устройства.

Для удобства описания обозначим в разработанном драйвере 8 отдельных частей и назовем их следующим образом:

1. Main;
2. Dma;
3. Regs;
4. Vga;
5. Ctrl\_fops;
6. Data\_fops;
7. Data\_vga\_fops;
8. Ctrl\_functions.

## Main

Данная часть является основной «оболочкой» драйвера, которая отвечает за его регистрацию в ОС, регистрацию обработчика прерываний, создание char-devices (символьных устройств) [2] и предварительной настройкой взаимодействующих систем. Здесь объявляются и определяются основные структуры и глобальные переменные/константы.

## Dma

В данной части запрограммирована функциональная часть DMA-устройств для взаимодействия с памятью DDR3. Сюда входит инициализация этих устройств, путем установки соответствующих значений в соответствующие регистры, выделение памяти для значений входов/выходов нейронной сети, весов связей нейронной сети и буфера данных для вывода на экран. Также в этой части реализована обработка прерываний для DMA-устройств.

## Regs

Данная часть содержит функции, реализующие взаимодействие с регистрами.

### Vga

Данная часть отвечает за инициализацию VGA-дисплея, путем установки соответствующих значений в соответствующие регистры, и выделение области памяти для данных, выводимых на экран

### Ctrl\_fops

Данная часть отвечает за реализацию функций символического устройства ctrl, которые будут вызываться при взаимодействии с соответствующим файлом устройства. Это устройство отвечает за управление разработанной системой (например, запуск нейронной сети или очистка буфера данных и т. д.). Ctrl\_fops вместе с Ctrl\_functions являются основной «начинкой» драйвера ввиду того, что в этих частях собран основной функционал по управлению разработанным устройством.

### Data\_fops

Данная часть отвечает за реализацию функций символического устройства data, которые будут вызываться при взаимодействии с соответствующим файлом устройства. Это устройство отвечает за предоставление (вывод) информации из области памяти, выделенной драйвером.

### Data\_vga\_fops

Данная часть отвечает за реализацию функций символического устройства data\_vga, которые будут вызываться при взаимодействии с соответствующим файлом устройства. Это устройство отвечает за предоставление (вывод) информации VGA-дисплею.

### Ctrl\_functions

Данная часть содержит в себе реализацию всех основных функций по управлению разработанным устройством, которые вызываются из части Ctrl\_fops.

Помимо самого драйвера, в операционной системе регистрируются устройства (в данном случае символические), для которых данный драйвер и реализуется. Взаимодействие с устройством обеспечивается взаимодействием с соответствующим зарегистрированным файлом устройства. Например, устройству можно передать данные, путем записи этих данных в файл устройства, или, прочитав файл устройства, можно прочитать полученные данные от него.

### Результаты

В качестве результата работы приведен скриншот вывода информации драйвером операционной системе при его инициализации о состоянии конфигурации устройства (рис. 2).

```
[ 52.295602] [etn_print_rom_reg]
[ 52.298752] #####
[ 52.302830] MAIN ARCH DEFINE PARAM
[ 52.306346] #####
[ 52.310433] [ENABLE_DDR3]: 0;
[ 52.313581] [ENABLE_CNN]: 1;
[ 52.316633] [DATA_W]: 16;
[ 52.319418] [CR_CNT]: 9;
[ 52.322114] [CONFIG_PARAM]: 35;
[ 52.325471] [VENDOR]: ALTERA
[ 52.328545] [VERSION]: 1.4.3d
[ 52.331674] #####
[ 52.335787] PARAMS NCU
[ 52.338229] #####
[ 52.342307] [COUNT_UNIT_CONV]: 10;
[ 52.345800] [COUNT_UNIT_POOL]: 10;
[ 52.349275] [LIMIT_CORE]: 16;
[ 52.352401] [LIMIT_LAYER]: 50;
[ 52.355631] [ADDR_W_RAM]: 11;
[ 52.358757] #####
[ 52.362840] CALCULATE UNIT
[ 52.365766] #####
[ 52.369851] [NEURAL_DATA_W]: 14;
[ 52.373150] [FLOAT_POINT]: 1;
[ 52.376342] [CUSTOM_FLOAT_POINT]: 1;
[ 52.379991] [DIF_NEURAL_DATA_W]: 2;
[ 52.383576] [NEURAL_DATA_EXP_W]: 5;
[ 52.387132] [BASIS]: 15;
[ 52.389826] [FULL_NEURAL_DATA_W]: 16;
[ 52.393578] [FIXED_POINT]: 0;
[ 52.396713] [BITS_INT_PART]: 0;
[ 52.399938] [BITS_REAL_PART]: 0;
[ 52.403280] #####
[ 52.407376] BITNESS NCU
[ 52.409899] #####
[ 52.414005] [INPUT_ADDR_W]: 7;
[ 52.417225] [WEIGHT_ADDR_W]: 10;
[ 52.420533] [SDRAM_DATA_W]: 128;
[ 52.423953] [SDRAM_ADDR_W]: 32;
[ 52.427262] [SDRAM_BE_W]: 16;
[ 52.430388] [FDDR3_DATA_W]: 128;
[ 52.433796] [FDDR3_ADDR_W]: 32;
[ 52.437100] [FDDR3_BE_W]: 16;
[ 52.440226] [H2F_DATA_W]: 64;
[ 52.443372] [H2F_ADDR_W]: 32;
[ 52.446500] [H2F_BE_W]: 8;
```

Рис. 2. Вывод информации драйвером ОС на плате Terasic SoCKit

### Заключение

В результате работы был разработан драйвер под ОС Linux Ubuntu 16.04 для управления аппаратной нейронной сетью, с помощью которого в дальнейшем планируются проводиться работы и тестирование устройств на основе различных плат.

### Благодарности

Исследования были поддержаны грантом РФФИ № 18-47-700010 p\_a.

### Список использованных источников

1. Зоев И.В. Аппаратная реализация на ПЛИС свёрточных нейронных сетей для распознавания объектов на изображениях И.В. Зоев, Н.Г. Марков, А.П. Береснев, Т.А. Ягунов; // GraphiCon: сборник трудов 28-ой Международной конференции по компьютерной графике и машинному зрению, г. Томск, 24-27 сентября 2018 г.: — Томск: Изд-во ТПУ, 2018. — [С. 188-191];
2. A. Rubini и J. Corbet, «Linux Device Drivers, 2nd Edition» (перевод: Князев Алексей) [Электронный ресурс] — URL: <http://knzsoft.ru/ldd2-ru> (дата обращения 05.08.2018);

# СИСТЕМА ПРОГРАММНОЙ ПОДДЕРЖКИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СТУДЕНТОВ ПО РУКОВОДИТЕЛЯМ ВЫПУСКНЫХ КВАЛИФИКАЦИОННЫХ РАБОТ: АРХИТЕКТУРА И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ

И.Г. Егорова, Е.А. Антюхова  
Научный руководитель к.т.н., доц. Д.Г. Лагерев  
Брянский государственный технический университет  
irishka-egorova14@yandex.ru

## Введение

Ежегодное распределение студентов старших курсов по руководителям выпускных квалификационных работ (ВКР) является важной задачей учебного процесса на выпускающей кафедре вуза. Для эффективного решения данной задачи необходимо учитывать множество факторов, определяющих соответствие студента и преподавателя и, как следствие, возможность и эффективность совместной работы. На кафедре «Информатика и программное обеспечение» Брянского государственного технического университета (БГТУ) к руководству дипломным проектированием привлекаются более 20 преподавателей, среди которых ежегодно распределяются два потока студентов. Как показывает практика, распределение в «ручном» режиме не позволяет в полной мере учесть все критерии соответствия и пожелания обеих сторон и, как следствие, порождает волну неудовлетворенности как со стороны студентов, так и со стороны преподавателей, что приводит в дальнейшем к многочисленным переходам студентов от руководителя к руководителю, и в конечном итоге негативно отражается на организации процесса выполнения ВКР в целом.

Для решения указанной проблемы было принято решение создать систему программной поддержки распределения студентов по руководителям ВКР, для которой разработать модель оптимизации распределения.

В качестве модели оптимизации распределения в работе [1] было предложено использовать модель двустороннего матчнга. Она основана на решении задачи о формировании набора паросочетаний между элементами двух непересекающихся множеств, где для каждого элемента первого множества существует свое распределение предпочтений между элементами второго множества, и наоборот.

Применительно к рассматриваемой задаче, имеются множества студентов и преподавателей, и для формирования паросочетаний используется схема «многие к одному»: каждый студент работает под руководством одного преподавателя, но каждый преподаватель может руководить несколькими студентами. Процедура распределения основана на алгоритме Гейла-Шепли, называемом также алгоритмом «отложенного принятия предложения» [2].

Предложенная модель оптимизации распределения была положена в основу системы

программной поддержки распределения, которая была реализована в виде Web-сервиса в составе комплексной информационной системы кафедры «Информатика и программное обеспечение» БГТУ. Принципы построения данной системы были также представлены в работе [1]. За последнее время система была значительно усовершенствована. В настоящей работе описывается ее текущая архитектура и особенности реализации.

## Архитектура и особенности реализации системы

В качестве архитектуры системы была выбрана клиент-серверная архитектура, которая делит ее на клиентскую часть, отвечающую за предоставление интерфейсов для различных ролей пользователей, и серверную часть, которая отвечает за обработку пользовательских данных и реализацию процедуры распределения. Достоинствами такой архитектуры являются возможность работы в многопользовательском режиме, минимальные требования к клиентскому ПО, защищенность данных, которые размещаются на сервере, масштабируемость проекта.

Разработанная архитектура представлена на рисунке.

Исполнение большей части бизнес-логики проекта реализовано в рамках базы данных с помощью хранимых процедур. Хранение данных осуществляется с помощью базы данных и хранилища данных. База данных является оперативной и содержит данные, которые относятся только к текущему распределению, хранилище данных – всех предыдущих. Это позволяет уменьшить объем базы данных, а также манипулировать данными в соответствии с потребностями алгоритма двустороннего матчнга, не заботясь о сохранении их соответствия начальным данным. В то же время посредством хранилища сохраняется полная информация о каждом распределении, которая необходима для получения ретроспективных данных в системе, а также при последующей аналитике процессов распределения.

На серверной стороне системы исполняется основной ее модуль – модуль распределения, который реализует необходимое взаимодействие пользователей и манипулирование получаемыми данными в соответствии с требованиями алгоритма распределения, а также слой работы с базой данных, который обеспечивает данное

манипулирование. Помимо этого, на серверной стороне предполагается реализация внешнего интерфейса (API), которая позволит сервисам, входящим в инфраструктуру кафедрального сервера получать данные из разрабатываемой системы распределения студентов по руководителям ВКР.

Клиентская часть проекта представляет собой систему личных кабинетов, реализующих разделение выделенных в результате анализа требований ролей пользователей. Предусмотрены

следующие роли: студент, преподаватель, ответственный за распределение.

Основные модули, необходимые для работы спроектированной системы, были реализованы и внедрены в информационную систему кафедры «Информатика и программное обеспечение» БГТУ. В будущем планируется реализация модулей аналитики, модулей для работы с хранилищем данных и модуля для работы с внешними системами.

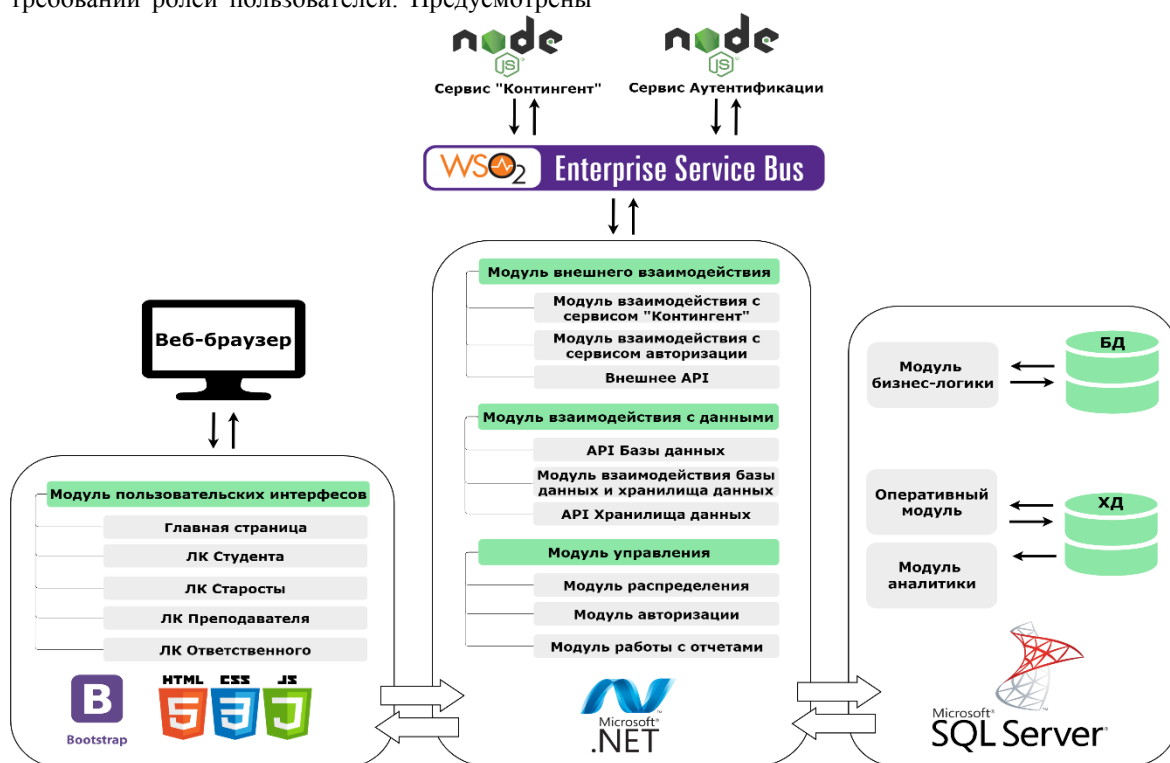


Рис. 1. Архитектура программного комплекса распределения студентов по руководителям ВКР

### Заключение

В работе предложен подход к автоматизации распределения студентов по руководителям ВКР, и описаны принципы реализации системы программной поддержки распределения. Результаты применения данного подхода в условиях кафедры «Информатика и программное обеспечение» БГТУ позволяют говорить как о повышении устойчивости получаемого с его помощью распределения по сравнению с традиционным, «ручным» способом, так и о повышении удовлетворенности как со стороны студентов, так и со стороны преподавателей, осуществляющих руководство ВКР.

Отметим, что разработанную систему распределения можно использовать изолированно, вне кафедральной информационной системы. Однако следует понимать, что тогда значительно вырастет трудоемкость, поскольку придется вручную регистрировать всех участников, выдавая

им учетные данные, и вручную загружать в систему актуальные списки групп и информацию о преподавателях.

### Список использованных источников

1. Подвесовский А.Г., Лагерева Д.Г., Егорова И.Г. Автоматизация распределения студентов по руководителям выпускных квалификационных работ с применением модели двустороннего матчнга // Международный научный журнал «Современные информационные технологии и ИТ-образование». – 2017. – Т. 13. – № 4. – С. 147-157
2. Gale D., Shapley L.S. College Admissions and the Stability of Marriage // American Mathematical Monthly. – 1962. – Vol. 69. – No. 1. – P. 9-15.

# РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЯРКОСТЬЮ ГРУППЫ СВЕТОДИОДОВ С ВОЗМОЖНОСТЬЮ РУЧНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

А.В. Брейнерт, А.И. Васин  
Научный руководитель: А.В. Цавнин  
Томский политехнический университет

## Введение

Современные тенденции развития промышленной отрасли, дают представление о том, что в наше время неотъемлемой частью автоматизации является сбор данных, отображение, полученной информации и удаленное управление объектами. Цель управления тем или иным образом связывается с изменением во времени регулируемой величины – выходной величины управляемого объекта, также последующим сбором данных о состоянии системы и отображением полученной информации.

В данный момент множество компаний, как в России, к примеру компании Reallab и Овен, так и за рубежом осуществляют производство оборудования для автоматизации именно по представленным выше критериям.

Цель работы, руководствуясь основными принципами автоматизации, разработать систему управления группой светодиодов на базе одноплатного компьютера Raspberry Pi с графическим пользовательским интерфейсом (GUI).

## Основная часть

Рассмотрим структурную схему разрабатываемой системы (рис. 1)

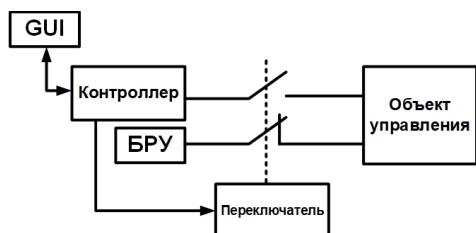


Рис. 1. Структурная схема системы

В качестве контроллера выступает мини-компьютер Raspberry Pi 3, доступ и взаимодействие с которым осуществляется через графический пользовательский интерфейс (GUI). Как было сказано ранее, в качестве объекта управления выступает группа светодиодов, регулируемой величиной для которых является яркость. Регулирование может осуществляться как оператором через GUI, так и вручную по месту с помощью блока ручного управления (БРУ), в качестве которого выступает потенциометр. Переключение между режимами работы осуществляется оператором с помощью подачи управляющей команды на переключатель.

Первым этапом разработки является инициализация объекта управления, т.е. подключение диодов к одноплатному компьютеру

В начале данной работы было осуществлено подключение светодиодов к одноплатному мини-

компьютеру Raspberry Pi 3. Одно из главных преимуществ Raspberry Pi – наличие выводов общего назначения (General Purpose Input/Output). GPIO — это группа контактов, которыми можно управлять с помощью программы. Причем управление это может быть совсем простым, например, включение/выключение светодиода. Либо весьма сложным — обмен данными с периферийными устройствами по специализированным протоколам.

С помощью программы возможно соединить желаемый вывод с контактом питания (5В), либо с землей (Gnd) (Рис 2.). Если на вывод подается высокий уровень напряжения (True), то Raspberry Pi соединяет этот вывод с питанием 5В, и через резистор потечет ток. Если же на выводе устройства низкий уровень напряжения (False), то контроллер соединит вывод с землей, и на обоих выводах резистора окажутся равные потенциалы, следовательно, в цепи не будет протекать ток.

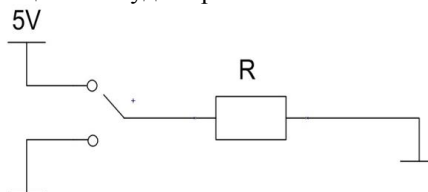


Рис 2. Принципиальная схема управления с помощью GPIO

Чтобы зажечь светодиод, требуется подключить его к одному из цифровых выводов Raspberry Pi через сопротивление, ограничивающее ток, протекающий через светодиод (Рис. 3).

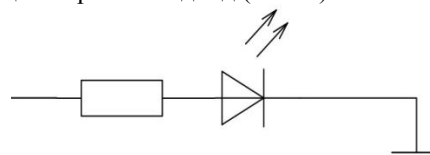


Рис 3. Принципиальная схема подключения светодиода

Подключение к макетной плате потенциометра – переменного резистора, позволяет регулировать яркость светодиода.

Следующим этапом разработки системы управления светодиодами является создание графического интерфейса при помощи Qt – кроссплатформенного фреймворк для разработки программного обеспечения на языке программирования C++. Qt позволяет запускать написанное с его помощью программное обеспечение в большинстве совре-

менных операционных систем путём простой компиляции программы для каждой системы без изменения исходного кода .

С помощью данной платформы создается главное окно приложения, содержащее выпадающий список, позволяющий выбрать конкретный регулируемый светодиод, и, соответственно, установить для него значение яркости после нажатия кнопки Apply. Кнопка Reset обнуляет значение яркости. Также, через интерфейс происходит выбор режима работы и, при необходимости, полное отключение системы. Вид графического интерфейса приведен на рисунке 4.

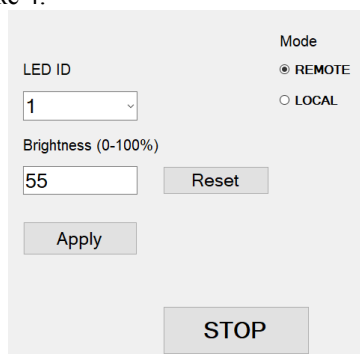


Рис. 4. Вид пользовательского интерфейса

## Заключение

В итоге использование созданной системы автоматизированного управления яркостью светодиодов с возможностью ручного регулирования, позволяет не только оценить пользу современных методов автоматизации, но также может рассматриваться для применения на практике в больших масштабах, например для дистанционного включения и выключения оповещающих сирен в ходе чрезвычайных ситуаций.

## Список использованных источников

1. Бланшет Ж. Qt 4. Программирование GUI на C++/ Ж. Бланшет ,М. Саммерфилд; пер. с англ. С. Лунин и В. Казаченко. – Санкт-Петербург: КУДИЦ – Пресс, 2008. – 718с.
2. Шлее М. Qt 5.10. Профессиональное программирование на C++/ М. Шлее – Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2018. – 1072с.
3. Гагарин А. Raspberry Pi для начинающих [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Москва:ИНФРА-М2, 2016. – 1 эл. опт. диск (CD-ROM).
4. Магда Ю. Raspberry Pi. Руководство по настройке и применению/ Ю. Магда – Москва: ДМК Пресс, 2014 – 188с.



# ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЕЩЕСТВЕННЫХ ЗНАЧЕНИЙ ПОЛЮСОВ ЗАМКНУТОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

А.В. Цавнин

Научный руководитель: С.В. Замятин  
Томский политехнический университет  
avc14@tpu.ru

## Введение

С точки зрения решения практических производственных задач, системы управления технологическими процессами должны обеспечивать необходимое качество регулирования. В частности, в ряде технологических процессов, как, например, в химической, металлургической и иных отраслях недопустимо перерегулирование, т.е. управляемая величина не должна превышать заданное значение.

Переходные характеристики являются популярным объектом исследования в области управления среди которых можно выделить работы [1–3]. В частности, интерес представляет работа [4], где автором было сформулировано и доказаны следующие правила, обеспечивающие монотонный переходный процесс:

1. каждому вещественному нулю  $z_i$  требуется вещественный полюс  $\lambda_i$ , такой что  $\lambda_i > z_i$ ;
2. каждой паре комплексно-сопряженных нулей  $-\delta \pm j\beta$ , располагающихся в отрицательной комплексной полуплоскости, требуется три отрицательных вещественных полюса  $\lambda_1, \lambda_2$  и  $\lambda_3$ , удовлетворяющих условиям  $-\delta - |\beta| < \lambda_2 < -\delta + |\beta|$ ,  $\lambda_1 - \lambda_2 = \lambda_2 - \lambda_3$ , или два отрицательных вещественных полюса  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$ , удовлетворяющих условию  $\lambda_1 + \lambda_2 > 2\delta$ ;
3. оставшиеся полюса принимаются отрицательными и вещественными и располагаются произвольно в отрицательной комплексной полуплоскости.

В силу того, что нули замкнутой системы управления определяются настройками регулятора, то на основе представленного правила можно сформулировать методику настройки ПИД-регулятора, т.е. располагать нули регулятора таким образом, чтобы получившиеся полюса замкнутой системы удовлетворяли правилу 1 и/или 2. Т.к. правила описаны для нулей, располагающихся в отрицательной комплексной полуплоскости, то будем принимать настроечные параметры регулятора положительными.

Условно, данную задачу можно разделить на 2 части:

- 1) Определить какие настройки регулятора обеспечивают вещественные полюса замкнутой системы.
- 2) Внутри полученной области выделить диапазон настроечных параметров, который

бы обеспечивал монотонный неубывающий переходный процесс, согласно правила.

## Основная часть

Первым этапом работы является определение диапазонов настроек регулятора, которые бы обеспечивали вещественные полюса замкнутой системы. Для исследования зададимся произвольным колебательным объектом управления второго порядка

$$W(s) = \frac{1}{s^2 + 2\alpha s + \alpha^2 + \omega^2}$$

с комплексно-сопряженными полюсами  $s_{1,2} = -\alpha \pm j\omega$ .

Замкнув контур управления с классическим ПИД-регулятором с передаточной функцией

$$W_{PID}(s) = \frac{Ds^2 + Ks + I}{s},$$

где  $D, K$  и  $I$  – дифференциальная, пропорциональная и интегральная составляющие соответственно. Тогда, передаточная функция замкнутой системы примет вид:

$$W_{CL}(s) = \frac{Ds^2 + Ks + I}{s^3 + (2\alpha + D)s^2 + (\alpha^2 + \omega^2 + K)s + I}. \quad (1)$$

Чтобы характеристическое уравнение передаточной функции (1) имело исключительно вещественные корни, необходимо, чтобы его дискриминант был больше нуля.

Подставив коэффициенты характеристического уравнения в выражение для дискриминанта кубического уравнения получим функцию вида

$$f(\alpha, \omega, K, I, D) = (2\alpha + D)^2 (\omega^2 + \alpha^2 + K)^2 - 27I^2 - 4I(2\alpha + D)^3 - 4(\omega^2 + \alpha^2 + K)^3 + I(36\alpha + 18D)(\omega^2 + \alpha^2 + K).$$

Необходимо определить, при каких значениях аргумента данной функции она принимает положительные значения. Приравняем выражение (1) к нулю и выразим из него одну из составляющих, в данном случае – интегральную. В итоге, получим решение в общем виде, как 2 функции 4 переменных вида

$$I(\alpha, \omega, K, D) = \left\{ \begin{array}{l} \frac{18\alpha K + 9DK}{27} + \\ \frac{2\sqrt{(\alpha^2 - 3\omega^2 + 4\alpha D + D^2 - 3K)^3}}{27} + \\ \frac{18\omega^2\alpha + 9\omega^2 D - 12\alpha D^2}{27} - \\ \frac{15\alpha^2 D + 2\alpha^3 - 2D}{27}; \\ \frac{18\alpha K + 9DK}{27} - \\ \frac{2\sqrt{(\alpha^2 - 3\omega^2 + 4\alpha D + D^2 - 3K)^3}}{27} + \\ \frac{18\omega^2\alpha + 9\omega^2 D - 12\alpha D^2}{27} - \\ \frac{15\alpha^2 D + 2\alpha^3 - 2D}{27}. \end{array} \right.$$

Выбрав некоторое значение  $K$ , область параметров будет иметь вид, представленный на рисунке 1.

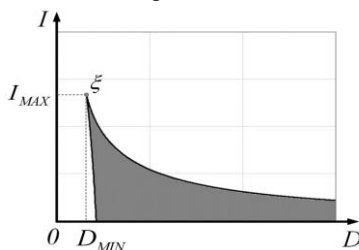


Рис. 1. Обобщенная форма кривых, ограничивающих допустимые настройки регулятора. Можно заметить, что область имеет конечное значение  $\xi$ . Смысл данного значения  $\xi$  состоит в том, что для того, параметр  $I$  не должен превышать значения  $I_{\max}$ , а параметр  $D$  должен быть больше значения  $D_{\min}$ .

Определим координаты точки  $\xi$ :

$$D_{\xi}(\alpha, \omega, K) = -2\alpha + \sqrt{\alpha^2 + \omega^2 + K};$$

$$I_{\xi}(\alpha, \omega, K) = \sqrt{\frac{3(\alpha^2 + \omega^2 + K)^3}{9}}.$$

Можно заметить, что каждому значению  $I$  соответствует множество значений  $D$  в некотором диапазоне, границы которого можно определяются подстановкой значения  $I$  в функцию обратную  $I(\alpha, \omega, K, D)$ .

Таким образом, на основании полученных соотношений и ограничений сформулируем метод синтеза регулятора:

- 1) для известного объекта управления выбрать значение пропорциональной составляющей;
- 2) исходя из значения  $I_{\xi}$  выбрать значение коэффициента интегрирования;

- 3) на основании полученного значения параметра  $I$ , выбрать значение  $D$ , лежащее в допустимых пределах.

### Пример

Проверим выполнение полученных закономерностей. Пусть имеется объект управления с передаточной функцией вида

$$W(s) = \frac{1}{s^2 + 1,2s + 1}$$

Примем значение пропорциональной составляющей  $K=1$ , тогда, исходя из того, что значение  $I_{\xi} = 0,544$ , примем  $I=0,3$ . Подставляя это значение

в  $I^{-1}(\alpha, \omega, K, D)$  получим диапазон  $D \in (1,458; 2,441)$ . Примем  $D=2$ . Тогда ПФ замкнутой системы примет вид

$$W(s) = \frac{2s^2 + s + 0,3}{s^3 + 3,2s^2 + 2s + 0,3},$$

а ее полюса примут значения  $s_{1,2,3} = -0,23; -0,55; -2,43$ . Переходная характеристика системы приведена на рисунке 2

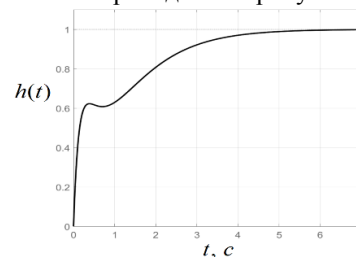


Рис. 2. Переходная характеристика замкнутой системы

### Заключение

В результате работы были получены аналитические соотношения, которые ограничивают множество допустимых настроечных параметров регулятора, обеспечивающие исключительно вещественные решения характеристического уравнения замкнутой системы для объекта второго порядка.

### Список использованных источников

1. Zemanian H. The properties of pole and zero locations for nondecreasing step responses // Trans. Amer. Inst. Elec. Eng. Part I: Communication and Electronics. – 1960. - Vol. 79, P. 421–426.
2. Hang C. C. The choice of controller zeros. // IEEE Confr. Syst. Mug. – 1989. – Vol. 9, No. 1. – P. 72-75.
3. Ефимов С.В., Замятин С.В, Гайворонский С.А. Синтез ПИД-регулятора с учетом расположения нулей и полюсов системы автоматического регулирования // Известия Томского политехнического университета. – 2010. – Т. 317.– № 5. – С. 102-107.
4. Kobayashi H. Output overshoot and pole-zero configuration // Proc.12th IFAC World Congr. Automat. Contr. – 1993. – Vol. 2. – P. 529–532.

# РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХОБСЛУЖИВАНИЕМ И РЕМОНТОМ

А.В. Чимров, В.А. Гилев, Е.И. Громаков  
Томский политехнический университет  
avc22@tpu.ru

## Введение

В настоящее время на предприятиях любого масштаба, независимо от специфики производства, происходит активное внедрение систем управления производственными процессами. Одним из залогов успеха предприятия является качественное проведение технического обслуживания и ремонта оборудования. Инструментом достижения данной цели является внедрение модуля управления техобслуживанием и ремонтом, входящего в состав MES систем. Данный модуль необходим для получения данных о планах выпуска продукции, состоянии оборудования и разработки планов по ремонту оборудования. Модуль формирует задания на проведение ремонтов различных типов, отслеживает наличие необходимых запчастей на складах, а при их отсутствии формирует задания на закупку.

Целью данной работы является разработка модуля управления техобслуживанием и ремонтом на основе существующих алгоритмов, ориентированного на нефтегазовое производство.

## Описание алгоритма работы модуля

В качестве ресурсов данного модуля выступают данные о деталях, документация на оборудование, а также информация о производственном процессе. Далее, исходя из имеющихся ресурсов, установленных целей и требований, формируется программа технического обслуживания. Затем осуществляется выполнение технического обслуживания, после проведения которого, выполняется оценка состояния оборудования, которая отражает риски, стоимость, регулярность ремонта [1].

Исходя из технического состояния формируются отчеты, на основании которых проводится анализ и улучшение требований и программ. Затем цикл повторяется, рисунок 1.

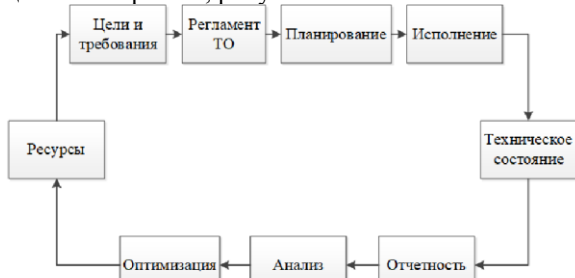


Рис. 1. Алгоритм работы модуля

## Начальная классификация оборудования

Изначально оборудование системы предлагается классифицировать в соответствии с методом «Always Better Control (ABC)», предложенный Ylipää [2].

Классификация осуществляется в соответствии с 6 факторами:

- S – риск безопасности, связанный с поломками;
- Q – проблемы с качеством или жалобы клиентов;
- T – время работы оборудования;
- O – препятствия, возникающие в процессе производства при выходе из строя оборудования;
- F – частота отказов;
- M – среднее время ремонта.

В соответствии с данной классификацией оборудование делится на категории:

- А – наиболее ценное оборудование, требующее пристального внимания, поломка которого приводит к значительным материальным затратам предприятия;
- В – промежуточное оборудование, поломка которого не приводит к значительным материальным затратам предприятия;
- С – наименее ценное оборудование, не требующее пристального внимания, поломка которого устраняется в кратчайшие сроки и не ведет к простою производства.

## Стратегии ТОиР

Для каждой представленной категории формируются графики проведения ТОиР исходя из существующих стратегий управления техническим обслуживанием и ремонтом [3], рисунок 2.

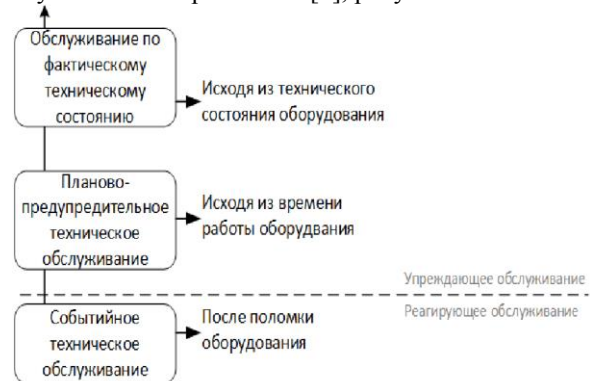


Рис. 2. Стратегии ТОиР

Для оборудования категории «А» используется обслуживание по фактическому техническому состоянию. Это приводит к минимизации ремонтных работ и увеличению межремонтного ресурса. Для оборудования категории «В» используется планово-предупредительное техническое обслуживание. Это позволяет поддерживать необходимую надежность оборудования в процессе эксплуатации. Для оборудования категории «С» используется событийное техническое обслуживание. Это позволяет избавиться от сложных систем анализа состояния оборудования и большого количества датчиков.

## ER модель

На основе проведенного анализа была составлена ER модель модуля управления техобслуживанием и ремонтом (рисунок 3).

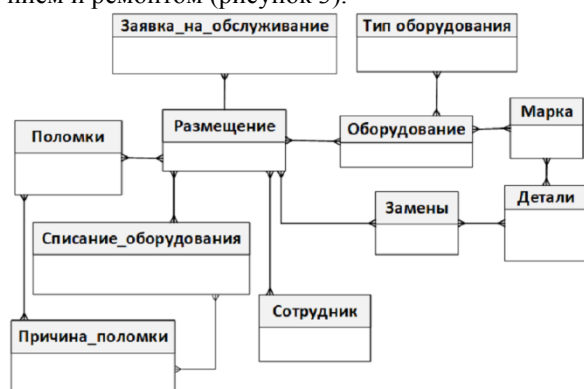


Рис. 3. ER модель

## Достоинства внедрения модуля управления техобслуживанием и ремонтом

Использование старых концепций и методов проведения ТО становится все менее и менее эффективным, исходя из этого можно выделить основные преимущества, которые появляются при внедрении данного модуля [4]:

- *Исключение бумажного документооборота* – отпадает необходимость в бумажных документах, поскольку программное обеспечение может быть настроено для автоматического сбора информации. Кроме того, обслуживающий персонал может просматривать всю информацию, относящуюся к процессу ТОиР, на своих компьютерах или мобильных устройствах;
- *Повышенная производительность* – модуль управления техобслуживанием и ремонтом имеет возможность для связи с мобильными устройствами, что позволяет получать доступ к информации в режиме реального времени, проверять инвентарь и инициировать рабочие заказы в любой момент времени, что сокращает временные издержки;
- *Уменьшение сверхурочного времени* – модуль управления техническим обслуживанием может значительно уменьшить сверхурочное время работы персонала, сократив необходимость в экстренном обслуживании и ремонте.
- *Повышенная безопасность* – модуль управления техобслуживанием и ремонтом помогает организациям регулярно проверять и поддерживать оборудование и соблюдать стандарты безопасности, чтобы предотвратить неисправность и критические сбои. Это минимизирует

потерю рабочего времени из-за несчастных случаев и делает оборудование более безопасным как для операторов, так и для окружающей среды;

## Заключение

В результате анализа существующих решений, концепций и алгоритмов работы модуля управления техобслуживанием и ремонтом были предложены методы проведения ТОиР для оборудования классифицированного в соответствии с методом «АВС». Также была составлена ER модель рассматриваемого модуля, которая отражает основные взаимосвязи между всеми компонентами модуля.

Кроме того, были рассмотрены основные достоинства от внедрения модуля управления техобслуживанием и ремонтом на предприятии, таким образом можно говорить о том, что внедрение модуля управления техническим обслуживанием, как и в целом внедрение MES систем, позволяет уменьшить временные и материальные затраты, связанные с проведением ТОиР.

## Список использованных источников

1. Oluwaseun O. Kadiri. Products and Services within Asset Integrity Management in the Norwegian Oil and Gas Industry: Status Quo and Innovative Trends, 2013 [Электронный ресурс]. – URL: <https://brage.bibsys.no/xmlui/bitstream/handle/11250/183089/KADIRI%2C%20Oluwaseun%20..pdf?sequence=1> (дата обращения: 04.11.2018).
2. GUSTAV FREDRIKSSON, HANNA LARSSON. An analysis of maintenance strategies and development of a model for strategy formulation – A case study, 2012 [Электронный ресурс]. – URL: <http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/164964.pdf> (дата обращения: 04.11.2018).
3. Sauli Lankinen. RESEARCH AND DEVELOPMENT OF MAINTENANCE FUNCTIONS, 2010 [Электронный ресурс]. URL: [https://www.the-seus.fi/bitstream/handle/10024/23506/Lankinen\\_Sauli.pdf?sequence=1](https://www.the-seus.fi/bitstream/handle/10024/23506/Lankinen_Sauli.pdf?sequence=1) (дата обращения: 21.10.2018).
4. 10 Advantages of Using Computerized Maintenance Management Software [Электронный ресурс] / CMMS Software for Maintenance Management Professionals DPSI. – URL: <https://www.dpsi.com/10-advantages-of-using-computerized-maintenance-management-software/> (дата обращения: 21.10.2018).

# РАЗРАБОТКА АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ МОНИТОРИНГА СРЕДЫ РАЗВИТИЯ РАСТЕНИЙ

А.Р. Баскакова

Научный руководитель: А.Н. Мальчуков

Томский политехнический университет

Arb7@tpu.ru

## Введение

Решение представляет собой аппаратно-программный комплекс для мониторинга среды развития растений.

В городе, в местах с климатом непригодным к ведению садоводства остро стоит проблема в озеленении окружающей среды, создании уюта и очищения воздуха. Так как наблюдается устойчивый рост городского населения во всем мире и по прогнозам ООН так и будет продолжаться, то выделенная проблема сохранит и даже увеличит свою актуальность и в будущем [1].

С ростом городского населения и технологичности городов, уменьшается их зазелененность и человек реже видит растения. Поэтому многие пытаются содержать растения дома в целях улучшения среды жизни и иметь какой-то досуг. Разрабатываемое устройство, может помочь им заботиться и ухаживать за растениями, если им не хватает организации при заботе за ними или может подсказать, как ухаживать, если они не имеют опыта в этом.

## Описание решения

Решение состоит из приложения под ОС Android и устройства, которое собирает информацию о цветке (температура, влажность почвы и воздуха, освещенность). Приложение должно в доступной форме показывать состояние цветка и информировать пользователя о необходимости ухода за ним.

## Аппаратная платформа

К аппаратной платформе относится микроконтроллерная плата Arduino UNO, Bluetooth модуль HC-06 и сенсор для анализа влажности почвы, сенсор температуры и влажности воздуха DTH11 и сенсор освещенности.

На рисунке 1 представлен схематический вариант архитектуры аппаратной части.

Блок обработки представляет набор микроконтроллерной платы и Bluetooth-модуля. Задача микроконтроллерной платы в том, чтобы получать данные с сенсоров и перенаправлять их в Bluetooth-модуль при получении обратного запроса от устройства. Сенсоры вынесены за пределы блока обработки, так как их задача лишь в том, чтобы ответить на запрос данных.

Микроконтроллерная плата постоянно соединена с питанием и ожидает запроса на считывание данных с датчиков. Запрос и данные отправляются по технологии Bluetooth.

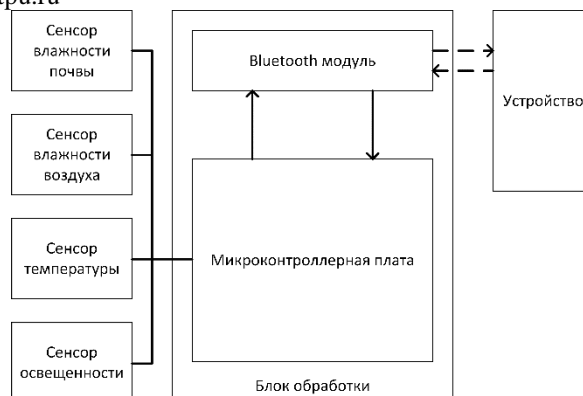


Рис. 1. Архитектура

Для данных с сенсора DTH11 существуют готовые библиотеки, которые позволяют получить влажность в диапазоне от 20% до 80%. и температуру в интервале от 0 до 50 градусов Цельсия[2].

Данные с сенсора освещенности принимаются в интервале от 0 до 1024, по этому интервалу можно сделать выводы об интенсивности освещения.

Сенсор влажности почвы довольно не точен в показаниях, которые могут зависеть как от типа почвы, так и длительности использования вилки, которая вставляется в почву (подвержена коррозии). Поэтому определяется и сохраняется лишь факт полива.

На рисунке 2 представлен внешний вид аппаратной части.

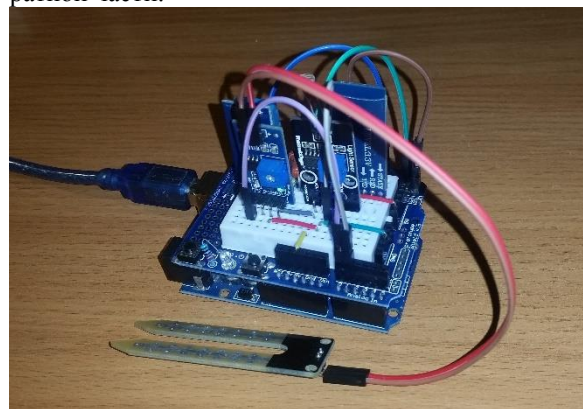


Рис. 2. Аппаратная часть  
Программная платформа

К программной платформе относится устройство с операционной системой Android версии 4.1 и выше. Оно собирает и хранит данные, получаемые от аппаратной части.

Клиентское ПО включает в себя обработку и визуализацию полученных данных. На данный момент приложение имеет следующие основные функции:

1. Вывод всех параметров на главный экран;

2. Обновление данных по требованию;
  3. Сохранение и отображение даты последнего полива;
  4. Сбор всех данных в БД SQLite с одинаковой периодичностью;
  5. Отображение данных из БД в виде списка.
- Разработка осуществляется в среде Android Studio IDE.

Вся текущая функциональность связана с обменом данными по Bluetooth, хранением и представлением данных. Интерфейс этой функциональности представлен на рисунке 3.

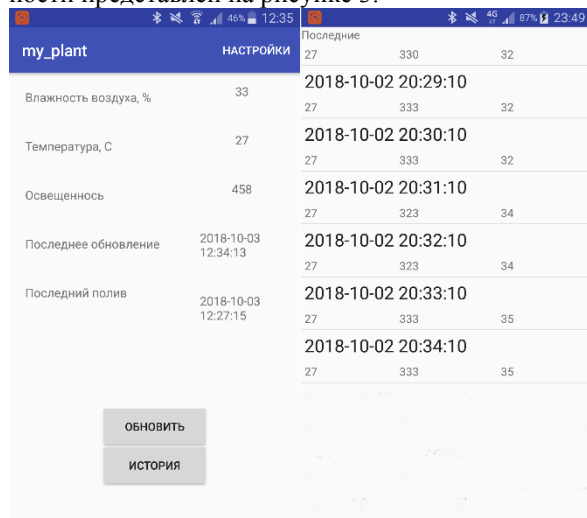


Рис. 3. Интерфейс клиентского ПО  
**Принцип передачи данных**

Данные передаются с помощью модуля Bluetooth HC-06. Модуль является ведомым устройством и не может сам обнаружить парное устройство и наладить с ним связь, он может лишь подчиниться ведущему [3].

Поэтому для получения данных с устройства необходимо отправить сигнал запроса по Serial-порту. Если сигнал запроса дошел успешно, то в устройстве формируется строка данных, которая отправляется по тому же порту.

Для регулярности собираемых данных, в разрабатываемом устройстве предусмотрено сохранение

данных через определенный промежуток времени. Данные сохраняются в массив динамической памяти и отправляются одной строкой при запросе.

Клиентское ПО обрабатывает эту строку, проверяя на наличие начального и конечного флага и разбивая ее на массив. Этот массив сопоставляется с текущим временем и его местом в массиве. Далее, все обработанные данные заносятся в БД.

#### Заключение

Была собрана аппаратная часть устройства, которая получает данные с сенсоров и управляет их на смартфон по запросу пользователя. Android-приложение содержит в себе основные функции взаимодействия с аппаратной частью, а также имеет БД с параметрами среды растений. Передача данных осуществляется по технологии Bluetooth.

Написание программной части производилось в среде Android Studio IDE. В ходе работы произошло знакомство с языком Java и языком разметки, была использована многопоточность, а также подключена БД SQLite.

Были подобраны и собраны необходимые компоненты для аппаратной части. Написание кода программы производилось в среде Arduino IDE.

Следующим этапом планируется доработать логику Android-приложения и его интерфейс, а также оптимизировать передачу данных.

#### Список использованных источников

1. World Population Prospects: The 2017 Revision [Электронный ресурс] / United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. – URL: <http://esa.un.org/unpd/wpp/> (дата обращения: 09.11.2018).

2. DHT11 Humidity & Temperature Sensor [Электронный ресурс] / Mouser Electronics. – URL: <https://www.mouser.com/ds/2/758/DHT11-Technical-Data-Sheet-Translated-Version-1143054.pdf> (дата обращения: 09.11.2018).

3. Настройка bluetooth-модулей HC-05/06 [Электронный ресурс] / Robotclass. – URL: <http://robotclass.ru/articles/bluetooth-hc-05-06/> (дата обращения: 09.11.2018).

# МЕТОД ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ МАНИПУЛЯТОРОВ РОБОТА НА ОСНОВЕ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ

И.А. Седельников  
Братский государственный университет  
Ohtargil@yandex.ru

## Введение

Одной из основных задач автоматического управления роботом - манипулятором является поиск объектов различных типов в рабочей области. Для обеспечения универсальности технологического процесса и быстрого его перестроения происходит постепенный уход от разнообразных датчиков к системам компьютерного зрения.

Поэтому целью нашей работы являлось разработка методов позиционирования схвата манипулятора на объекте в режиме реального времени с использованием камер.

## Основные методы поиска объектов на изображениях

Основные методы поиска объекта на изображении, в порядке возрастания сложности.

- 1) Цветовые фильтры – Выделение объекта из фона с помощью применения соответствующего фильтра.
- 2) Контурный анализ – поиск объектов по заданному контуру.
- 3) Сопоставление с шаблоном – поиск на изображении области совпадающие с изображением шаблона.
- 4) Работа с особыми точками – поиск характерных точек, которые сопоставляются с такими же на другом изображении.
- 5) Методы машинного обучения - обучаем классификатор на картинках с объектом, некоторым способом разделяем изображение на части, проверяем классификатором каждую часть на наличие объекта.

## Алгоритм поиска объекта

В приложении Matlab строим схему в пакете Simulink (Рис. 1) включающую в себя блоки получения и отображения графической информации, а также блоки обработки полученной информации и формирования результата (отрисовка контура и вычисление центроида).

Краткое описание блоков:

- 1) «FromVideoDevice» служит для получения изображения с камеры.
- 2) «MATLAB Function» блок для создания пользовательской обработки. В данном случае он служит для создания функции- маски цвета.
- 3) «BlobAnalysis» анализирует бинаризованное изображение, выделяет контур найденного объекта и вычисляет координаты центра масс.
- 4) «DrawShapes» рисует сформированную прямоугольную рамку на изображении.
- 5) «VideoViewer» выводит изображение на экран, исходное и бинаризованное.
- 6) «Display» служит для вывода координат центра масс объекта.

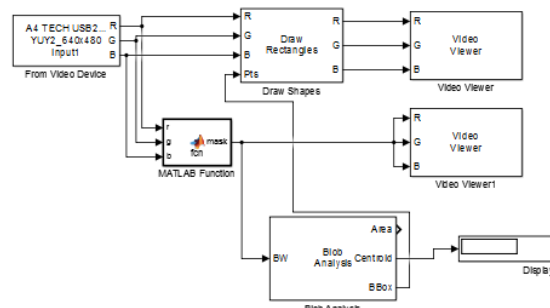


Рис. 1. Схема Simulink, применённая для распознавания объектов

При определении объектов различных цветов необходимо использовать соответствующее количество блоков функций и анализа.

Алгоритм поиска объекта в видеофайле представлен на рисунке 2.

Для формирования маски изображения необходимо провести анализ цветовой схемы объекта. Для этого служит функция «PixelRegion» в окне отображается RGB схема для каждого пикселя объекта. Просмотрев некоторый набор пикселей можно сформировать некоторый набор закономерностей (таблица 1) для выделения необходимого цвета.

Таблица 1. Правила цветовой маски

Red			Green		
R	G	B	R	G	B
160-255	G<B	R-1	R<B	160-255	G-1

В функцию эти правила записываются следующим образом (для красного объекта)

```
function mask = fcn(r,g,b)
%#codegen
Gmin=200;
mask1= Gmin< r;
mask2=b<(r-20);
mask3=g<(r-1);
mask4=b>(g-2);
mask=(mask1&mask2&mask3&mask4);
```

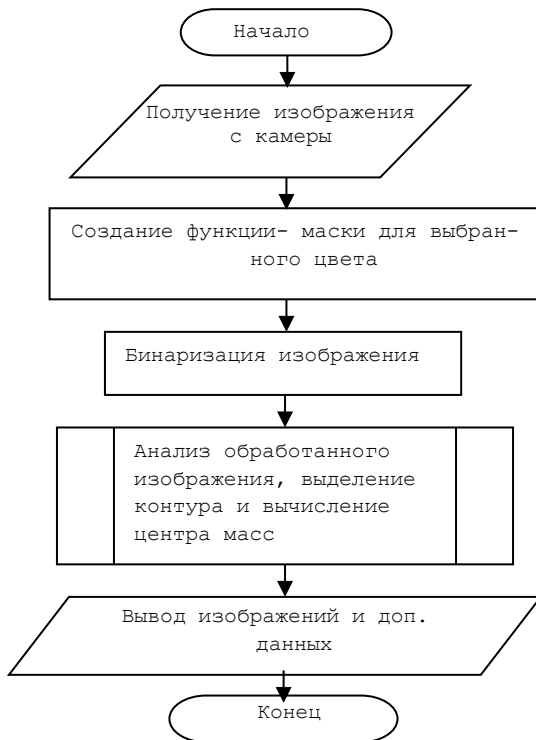


Рис. 2. Алгоритм вычисления координат объекта

После обработки (Рис. 3) может быть построен контур объекта и получены координаты (Рис. 4) его центра масс объекта, так же координаты могут быть переданы для дальнейшей обработки.

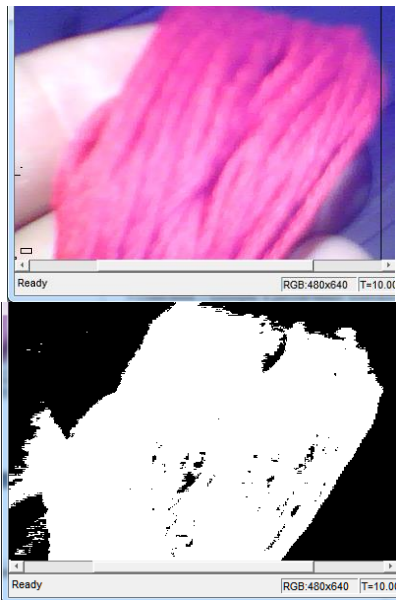


Рис. 3. Исходное (сверху) и бинаризованное (снизу) изображения объекта



Рис. 4. Координаты объекта

Алгоритм перехода от координат объекта, полученные с камер, к декартовым координатам представлен на рисунке 5.

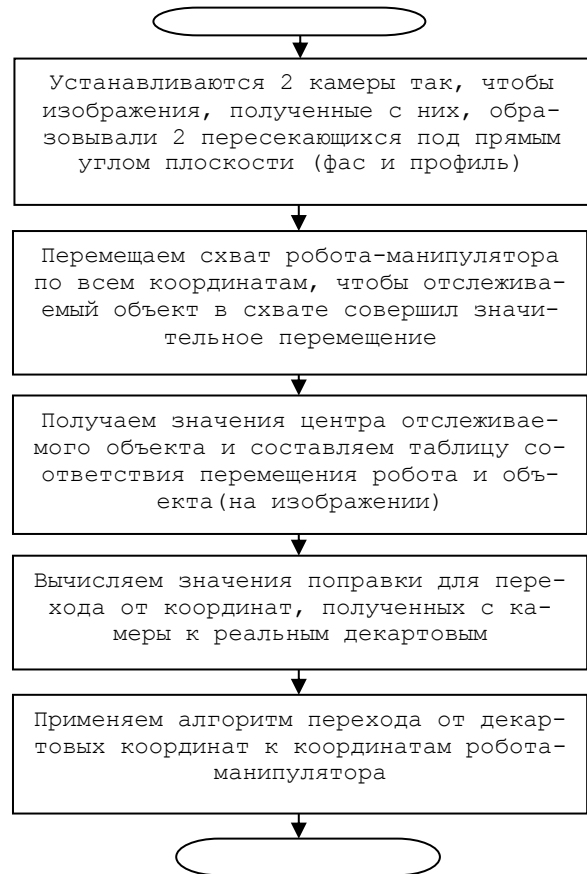


Рис. 5. Алгоритм пересчета координат

### Заключение

В ходе данной работы был разработан алгоритм позволяющий перейти от координат объекта, полученных с камер, к декартовым координатам объекта в пространстве.

Алгоритм показывает плохие результаты в следующих случаях: объекте и фон имеют близкие цвета, плохое освещение, низкое качество исходного изображения.

Качество определения объекта можно повысить применив большее количество камер, специализированные фильтры для изображения, а так же методы коррекции для изображений.

### Список использованных источников

1. Колтыгин Д.С., Седельников И.А., Петухов Н.В. Аналитический и численный методы решения обратной задачи кинематики для робота Delta// Вестник Иркутского государственного технического университета. -2017. -Т. 21, № 5 (124). -С. 87-95.
2. Колтыгин Д.С., Седельников И.А. Методика разработки программы управления роботом для робота-манипулятора Delta// Научный вестник Новосибирского государственного технического университета. 2018. № 1 (70). С. 103-116.
3. Simon J. D. Prince. Computer Vision Models, Learning, and Inference: Cambridge University Press, 2014.



# ОСОБЕННОСТИ СХЕМОТЕХНИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ УСТРОЙСТВА ДЕКОДИРОВАНИЯ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОГО ПОЛИНОМИАЛЬНОГО КОДА, ИСПРАВЛЯЮЩЕГО НЕЗАВИСИМЫЕ ОШИБКИ, МЕТОДОМ МАТРЕШКИ

А.И. Левандовский

Научный руководитель: А.Н. Мальчуков

Томский политехнический университет

e-mail: ail5@tpu.ru

## Введение

Схемотехническая реализация устройств декодирования является трудоёмкой задачей. При увеличении длины кодового слова значительно увеличиваются размеры схемы устройства декодирования.

### Структура устройства декодирования помехоустойчивого полиномиального кода, исправляющего независимые ошибки, табличным методом

Реализация устройства декодирования табличным методом основывается на нахождении синдромов ошибки – остатков деления кодовых слов длины  $n = m + k$ , где  $m$  – длина информационного сообщения,  $k$  – длина контрольного блока, на образующий полином  $g$  [1]. Образующий полином выбирается из таблицы полиномов согласно  $m$  и количеству исправляемых ошибок  $t$ . Полученные синдромы ошибок сравниваются с остатками деления возможных шаблонов ошибок на тот же образующий полином [2]. При нахождении ошибки на соответствующем логическом элементе образуется исправляющий символ, который добавляется в исправляющее слово. Структурная схема устройства декодирования помехоустойчивого полиномиального кода, исправляющего независимые ошибки, табличным методом представлена на рисунке 1.



Рис. 1. Структурная схема устройства декодирования помехоустойчивого полиномиального кода, исправляющего независимые ошибки, табличным методом

Как видно из структурной схемы, кодовое слово  $CW$  подается в блок определения синдрома ошибки. Если синдром ошибки найден, то соответствующий логический элемент в блоке формирования исправляющей комбинации выдаст единицу для исправления найденной ошибки в конкретном разряде. На выходе блока формирования исправляющей комбинации формируется исправляющее слово  $FC$ . Исправляющее слово  $FC$  и кодовое слово  $CW$  подаются на блок исправления ошибки, на выходе которого образуется исправленное кодовое слово  $FCW$ .

Основная сложность схемотехнической реализации устройств декодирования табличным методом заключается в значительном увеличении размеров схем при повышении количества исправляе-

мых ошибок для одного и того же количества информационных бит. Если размеры схем определения синдрома ошибки и исправления ошибки не сильно возрастают с увеличением числа исправляемых ошибок, то схема формирования исправляющей комбинации может увеличиваться в несколько раз. Так как каждый логический элемент отвечает за обработку конкретного шаблона ошибки, общее количество логических элементов блока может быть рассчитано по формуле

$$q = \sum_{i=1}^t C_n^i, \quad (1)$$

где  $q$  – количество логических элементов,  $C_n^i$  – число сочетаний количества ошибок  $t$  в слове длины  $n$ . Для расчета необходима сумма сочетаний, так как схема, исправляющая  $t$  ошибок также должна исправлять все ошибки меньше  $t$ . Таким образом, задача схемотехнической реализации устройства декодирования табличным методом значительно усложняется с ростом  $t$  [3]. Для более простой реализации таких устройств предлагается метод матришки.

### Структура устройства декодирования помехоустойчивого полиномиального кода, исправляющего независимые ошибки, методом матришки

Метод матришки подразумевает использование в своём составе исправление однократной ошибки табличным методом. При помощи табличного метода, для кодового слова длины  $n$  реализуется элемент, исправляющий однократную ошибку. На основе этого элемента строятся устройства, исправляющие независимые ошибки от 2 до  $t$ . На рисунке 2 представлена структурная схема элемента исправляющего многократные ошибки.

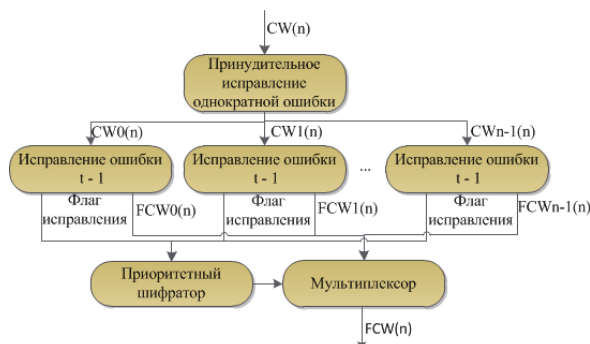


Рис. 5. Структурная схема элемента исправляющего многократные ошибки

На вход элемента подаётся кодовое слово

длины  $n$ . В полученном кодовом слове принудительно исправляется один бит, и образуются новые кодовые слова  $CW_0, CW_1 \dots CW_{n-1}$ , в каждом из которых исправлен соответствующий номеру бит. Новые кодовые слова подаются на элементы исправления следующей ошибки. На выходе каждого элемента образуется исправленное кодовое слово  $FCW_0, FCW_1 \dots FCW_{n-1}$ , которое передается на мультиплексор. Если на элементе произошло исправление, то флаг исправления соответствующего элемента устанавливается в единицу. Все флаги исправления подаются на приоритетный шифратор, который формирует адрес для мультиплексора. Исправления ошибок могут быть на нескольких элементах, но в результате на выход элемента поступает только одно исправленное слово  $FCW(n)$ .

Суть метода матрешки состоит в многократной вложенности рассмотренных элементов, вплоть до схемы исправления двукратной ошибки, исправляющими элементами которой являются элементы, построенные при помощи табличного метода и исправляющие однократную ошибку. На рисунке 3 представлена обобщенная схема устройства декодирования помехоустойчивого полиномиального кода, исправляющего независимые ошибки, методом матрешки.

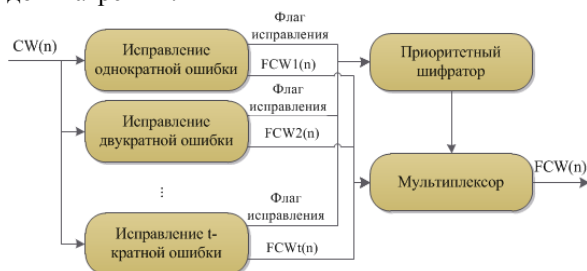


Рис. 3. Обобщенная схема устройства декодирования помехоустойчивого полиномиального кода, исправляющего независимые ошибки, методом матрешки

Как видно из рисунка 3, кодовое слово поступает сразу на все исправляющие элементы сразу. Как уже было отмечено, исправление однократной ошибки происходит табличным методом. Однако элемент исправления двукратной ошибки реализован по схеме с рисунка 2 и содержит  $n$  элементов исправления однократной ошибки, элемент исправления трехкратной ошибки реализован аналогично, но содержит  $n$  элементов исправления двукратной ошибки, каждый из которых содержит  $n$  элементов исправления однократной ошибки. Та-

ким образом, для исправления  $t$  ошибок понадобится  $t$  уровней вложенности. Количество исправляющих элементов рассчитывается по формуле

$$q = \sum_{i=1}^t n^i, \quad (2)$$

где  $n$  – длина кодового слова,  $t$  – количество исправляемых ошибок. Несмотря на большее количество элементов, по сравнению с табличным методом, метод матрешки позволяет многократное использование уже реализованных элементов, что значительно упрощает схемотехническую реализацию устройства декодирования.

Как и в схемах на основе табличного метода каждый исправляющий элемент на выходе формирует флаг исправления и исправленное кодовое слово. В отличие от схемы на рисунке 2, в обобщенной схеме устройства на рисунке 3 приоритетный шифратор играет важную роль. В элементе исправления и в обобщенной схеме устройства могут появиться несколько исправленных слов, соответственно несколько флагов исправления будут иметь единичное значение. И если в схеме элемента нет принципиальной разницы в исправленных кодовых словах, то в общей схеме приоритетный шифратор позволяет игнорировать исправленные кодовые слова с элементов с большим  $t$ , если ошибка была исправлена на элементе с меньшим  $t$ .

### Заключение

За счет многократного использования всего нескольких реализованных элементов метод матрешки позволяет инженеру значительно упростить схемотехническую реализацию устройства декодирования помехоустойчивого полиномиального кода, исправляющего независимые ошибки, в случае отсутствия возможности использования программных средств автоматизации процесса создания схем в графическом редакторе.

### Список использованных источников

1. Морелос–Сарагоса Р. Искусство помехоустойчивого кодирования: методы, алгоритмы, применение: учебное пособие / М.: Техносфера, 2006. – 320 с.
2. Никитин Г. И. Помехоустойчивые циклические коды: учебное пособие / СПб.: СПбГУАП, 2003. – 33с.
3. Тронин С. Н. Краткий конспект лекций по теории кодирования: учеб.-метод. пособие / Казань: Казан. ун-т, 2017. — 36 с.

# АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ КОМПЛЕКСА АВТОМАТИЧЕСКОГО ПИЛОТИРОВАНИЯ КОЛЕСНОЙ ПЛАТФОРМЫ

В.И. Рот

Научный руководитель: Е. С. Чердынцев  
Томский политехнический университет  
e-mail: vir7@tpu.ru

## Введение

В настоящее время на высокотехнологичных производствах широко используются промышленные роботы, которые способны самостоятельно передвигаться, переносить грузы, поднимать их на заданную высоту и выполнять множество других операций, необходимых человеку. Все они работают по заранее разработанному алгоритму или под управлением оператора. Поэтому проблема создания мобильной системы автопилотирования, дополненной датчиками, является актуальной и требует разработки не только оборудования, но и комплекса программного обеспечения. По этой причине было решено разработать бюджетную систему автопилотирования на примере уменьшенной модели автомобиля [1].

## Задачи

Необходимо было разработать автономную систему управления роботом, которая предназначена для обеспечения автономного движения в различных условиях. Общая цель для системы управления – изучение замкнутого пространства и автономное движение робота, а также управление роботом с помощью Android приложения.

*Автономный робот* – это робот, способный выполнять задачи в неструктурированных средах без постоянного человеческого контроля. Полностью автономный робот обладает следующими возможностями:

- Получение информации об окружающей среде.
- Работа в течение длительного времени без вмешательства человека.
- Включает в себя блоки, чтобы взаимодействовать с окружающей средой.

## Разработка Android-приложения

Для упрощения работы с роботом разрабатывается Android-приложение, при помощи которого можно будет загружать исходные данные для робота и получать готовые карты, составленные роботом. Так же с приложения можно будет управлять работой робота, то есть запускать работу алгоритма, приостанавливать его, менять данные и т.д.

## Алгоритмы работы робота

Для прохождения задается поле, по которому может перемещаться робот, в виде матрицы. Пример матрицы можете увидеть на рисунке. Размер матрицы может быть любым. Размер одной клетки матрицы соответствует 40см поля, так как габариты машины составляют 33см x 42см и для ее по-

ворота требуется много места. Для ручного тестирования алгоритма используем поле, показанное на рисунке 1.

```
0 0 0 0 0 0 0 0 0 3
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
1 0 0 0 0 0 0 0 0 0
```

Рис. 1. Тестовая площадка для алгоритма

Размер данной матрицы составляет 10x10, что соответствует площадке 4x4 метра. 1 – начальная точка. 3 – конечная точка. 0 – неисследованное пространство. Скорость движения робота составляет 0,1 м/с. Путь робота в данном случае строится по кратчайшему направлению, то есть строится прямая от А до В, и робот по ней едет до точки. При прохождении пути роботом, единицей обозначается пройденный путь, то есть по которому проехал робот и он свободен, двойкой обозначается препятствие. При нахождении препятствия запускается алгоритм объезда, который показан в приложении. Его работа заключается в том, что при нахождении препятствия, он строит путь объезда. Для начала робот пытается проехать по правую сторону от препятствия, если не выходит, то он возвращается на то место, где было обнаружено препятствие и пытается объехать его слева. Если препятствие пройдено, робот так же по кратчайшему пути возвращается на траекторию, если опять на пути встречается препятствие, он так же его объезжает, но если препятствие объехать невозможно, то робот возвращается на точку, где было найдено препятствие и подает сигнал о том, что продолжить движение он не может. После прохождения пути матрица сохраняется и может быть выведена на экран ПК, либо стерта при перезаписи новой матрицы для прохождения. Пример матрицы, которая должна получиться в результате работы алгоритма можете увидеть на рисунке 2.

```
0 0 0 0 0 0 0 0 1 3
0 0 0 0 0 0 0 0 1 1
0 0 0 0 0 0 1 1 1 0
0 0 0 0 0 1 1 1 0 0
0 0 0 1 1 1 1 0 0 0
0 0 0 1 1 1 0 0 0 0
0 0 0 1 1 1 0 0 0 0
0 0 2 2 1 1 0 0 0 0
1 2 1 1 1 0 0 0 0
1 1 1 1 1 0 0 0 0
```

Рис. 2. Результат работы алгоритма прохождения от А до В

По завершении пути робот подает сигнал о достижении точки назначения. Далее в него можно загружать новые точки для прохождения пути.

#### **Описание работы алгоритма**

После завершения инициализации программы, загрузки карты и прокладывания кратчайшего маршрута, робот ожидает команды «Старт», для начала движения. После получения команды, робот начинает двигаться. Каждый раз при движении происходит проверка на то, достигли ли мы конечной точки, и есть ли на пути препятствие. Если достигли конечной точки, то подается сигнал о достижении нужной точки и работа алгоритма завершается, если нет, то продолжаем движение. Если найдено препятствие, то начинаем его объезд, если препятствия нет, то продолжаем движение. После выполнения объезда препятствия мы проверяем, нет ли дальше препятствий на нашем пути и полностью ли сработал алгоритм объезда. Если препятствий больше нет, то робот прокладывает путь, чтобы вернуться на изначально проложенный путь, то есть на самый короткий, и продолжает движение по этому пути. Если после объезда препятствия на пути есть еще одно, либо препятствие объехал робот не до конца, то проверяется, можем ли мы продолжить объезд. Если есть, с какой стороны можно продолжить объезд, то продолжаем маневр, если пути дальше нет, то подаем сигнал о невозможности завершения маршрута и заканчиваем алгоритм.

#### **Описание работы алгоритма объезда препятствия**

Объезд препятствия происходит по алгоритму проезда сначала справа, и если невозможно, то слева от препятствия. После инициализации программы, происходит проверка, какое расстояние осталось до препятствия. Если расстояние больше 20см, то робот подъезжает ближе к препятствию, если меньше, то начинает маневр объезда. Для начала пытаемся объехать справа, вывернув колеса в правую сторону и немного проехав вперед. Далее происходит проверка, может ли робот проехать дальше. Если да, то маневр объезда завершается и алгоритм заканчивает свою работу, если объезд справа не возможен, то пробуем объехать слева. Если слева объехать препятствие не получится, то алгоритм завершается, если возможность проезда есть, то завершаем маневр и завершаем работу алгоритма.

#### **Описание работы алгоритма прохождения лабиринта**

Для прохождения лабиринта задается поле, с указанием начального положения робота, по которому перемещается робот, в виде матрицы. Размер

матрицы может быть любым, в зависимости от размеров лабиринта. Размер матрицы может быть любым. Размер одной клетки матрицы соответствует 40см поля, так как габариты машины составляют 33см x 42см и для ее поворота требуется много места.

После завершения инициализации программы и загрузки карты, робот ожидает команды «Старт», для начала движения. Далее при продвижении вперед робот проверяет, достигли ли мы конца маршрута. Если да, то работа алгоритма заканчивается, если нет, то далее проверяем, не зашли ли мы в тупик. Если зашли в тупик, то возвращаемся на перекресток и едем по другому пути. Далее проверяем, есть ли поворот, если нет, то продолжаем движение прямо, если есть, то проверяем, есть ли правый поворот, так как его приоритет выше. Если есть правый поворот, то поворачиваем направо, если нет. То проверяем, есть ли путь прямо. Если есть, то едем прямо, если пути прямо нет, то поворачиваем налево. Алгоритм повторяется до нахождения выхода из лабиринта, после чего происходит отправка сигнала о завершении прохождения лабиринта и выход из программы. В зависимости от размера и сложности лабиринта, время его прохождения может быть большим.

#### **Заключение**

В итоге была разработана аппаратная платформа для робота, на котором можно проверять работоспособность различных алгоритмов автоматического пилотирования, а также Android приложение для управления роботом по средствам Bluetooth-соединения. В дальнейшем робот имеет возможность доработки, посредством добавления новых блоков.

#### **Список использованных источников**

1. Жимарши Ф. Сборка и программирование мобильных роботов в домашних условиях / Ф. Жимарши; пер. с фр. М. А. Комаров. – М.; ИТ Пресс, 2007. – 288 с.;
2. Белова, А. В. Создаем устройства на микроконтроллерах // А. В. Белова. – Санкт-Петербург: Наука и Техника, 2007. – 295 с. ;
3. Arduino + датчик HC-SR04 (ультразвуковой дальномер) // Электронный журнал [Электронный ресурс]. – URL: <http://academicfox.com/arduino-datchyk-hc-sr04-ultrazvukovoj-dalnomer/> (Дата обращения 21.04.2017).

# МЕХАНИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ МАЯТНИКА НА ВРАЩАЮЩЕМСЯ ВАЛУ

О.Ю. Суменков

А.И. Артюнин

Томский политехнический университет

oys5@tpu.ru

## Введение

В ранее проведенных исследованиях [1], [2] экспериментально обнаружено новое явление, заключающееся в том, что для механической системы, включающей в себя двигатель, на валу которого с возможностью свободного вращения установлен маятник, возможен такой режим движения, при котором вал двигателя вращается с заданной угловой скоростью, а частота вращения маятника близка или совпадает с одной из собственных частот колебаний механической системы. Целью настоящей работы является исследование возможности реализации вышеуказанного режима движения на примере модели, изображенной на Рис. 1. Ранее механико-математическое моделирование этого явления не проводилось.

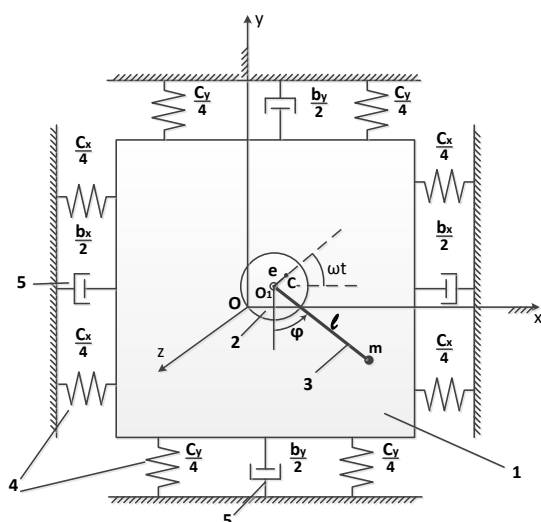


Рис. 1. Механическая модель маятника на вращающемся валу двигателя, установленного в корпусе: 1 – корпус; 2 – ротор с валом (точка С – центр масс ротора); 3 – маятник; 4 – невесомые упругие опоры корпуса; 5 – демпферы корпуса.

## Механико-математическая модель маятника на вращающемся валу

Исследуемая модель представляет собой корпус как симметричное твердое тело кубической формы, который закреплен на неподвижном основании с помощью симметрично расположенных четырех вертикальных и четырех горизонтальных невесомых упругих опор. В корпусе установлен ротор в форме диска, имеющий статическую неуравновешенность  $e$ , а на валу ротора установлен с возможностью вращения относительно вала маятник массой  $m$  и длины  $l$ . Ось вращения ротора проходит

через центр масс корпуса (точка  $O_1$  на Рис. 1). На Рис. 1 также изображены демпферы, условно обозначающие наличие сопротивления пропорционального скорости движения корпуса. Движение модели будем изучать по отношению к неподвижной системе координат  $Oxyz$ , начало которой (точку  $O$ ) совместим с центром масс корпуса в положении его статического равновесия. Будем также считать, что движение вдоль оси  $z$  и повороты вокруг осей  $x, y, z$  отсутствуют. Тогда для описания движения модели можно использовать три обобщенных координаты:  $x_1, y_1$  – перемещение центра масс корпуса  $O_1$  и  $\varphi$  – угол отклонения маятника от его нижнего положения. Для вывода дифференциальных уравнений движения модели используем уравнение Лагранжа 2-го рода в форме [3]:

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial T}{\partial \dot{q}_i} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_i} = - \frac{\partial \Pi}{\partial q_i} - \frac{\partial \Phi}{\partial q_i} + Q_\varphi, \quad (1)$$

$$i = 1, 2, 3 \quad (q_1 = x_1; q_2 = y_1; q_3 = \varphi)$$

В этом уравнении:  $T$  – кинетическая энергия;  $\Pi$  – потенциальная энергия;  $\Phi$  – функция Релея;

$Q_\varphi = k(\omega - \dot{\varphi})$ . Здесь  $\omega$  – угловая скорость ротора,  $k$  – коэффициент сопротивления относительно вращению маятника на валу ротора.

Кинетическая энергия механической системы  $T$  в нашем случае складывается из кинетической энергии корпуса  $T_k$ , кинетической энергии ротора  $T_p$  и кинетической энергии маятника  $T_m$ , и после преобразований имеет вид:

$$T = \frac{1}{2} M(\dot{x}_1^2 + \dot{y}_1^2) + M_p e \omega (-\dot{x}_1 \sin(\omega t) + \dot{y}_1 \cos(\omega t)) + \frac{1}{2} I_p \omega^2 + m l (\dot{x}_1 \dot{\varphi} \cos(\varphi) + \dot{y}_1 \dot{\varphi} \sin(\varphi)) + \frac{1}{2} m l^2 \dot{\varphi}^2, \quad (2)$$

В этом выражении  $M = M_k + M_p + m$ ;  $M_k$  – масса корпуса;  $M_p$  – масса ротора;  $I_p$  – момент инерции ротора.

Потенциальная энергия механической системы  $\Pi$  складывается из потенциальной энергии деформации упругих опор в горизонтальном  $\Pi_x$  и в вертикальном  $\Pi_y$  направлениях и потенциальной энергии сил тяжести корпуса  $\Pi_k$ , ротора  $\Pi_p$  маятника  $\Pi_m$ . После преобразований учета условия статического равновесия выражение для потенциальной энергии примет вид:

$$\Pi = \frac{1}{2} c_x x_1^2 + \frac{1}{2} c_y y_1^2 - m g l \cos(\varphi) \quad (3)$$

Выражение для функции Релея при наличии демпфирования только у корпуса будет иметь вид:

$$\Phi = \frac{1}{2} b_x \dot{x}_1^2 + \frac{1}{2} b_y \dot{y}_1^2, \quad (4)$$

где  $b_x, b_y$  – коэффициенты сопротивления движению корпуса в горизонтальном и в вертикальном направлениях.

После процедуры составления дифференциальных уравнений движения модели, используя уравнения Лагранжа 2-го рода в форме (1) и выражения (2), (3), (4), получим систему трех дифференциальных уравнений второго порядка:

$$1) M \ddot{x}_1 + ml \ddot{\varphi} \cos(\varphi) = M_p e \omega^2 \cos(\omega t) + ml \dot{\varphi}^2 \sin(\varphi) - c_x x_1 - b_x \dot{x}_1;$$

$$2) M \ddot{y}_1 + ml \ddot{\varphi} \sin(\varphi) = M_p e \omega^2 \sin(\omega t) - ml \dot{\varphi}^2 \cos(\varphi) - c_y y_1 - b_y \dot{y}_1;$$

$$3) ml^2 \ddot{\varphi} + ml \dot{x}_1 \cos(\varphi) + ml \dot{y}_1 \sin(\varphi) = k(\omega - \dot{\varphi}) - mg l \sin(\varphi).$$

(5)

#### Исследование влияния массы маятника на его закон движения на вращающемся валу

Численное интегрирование уравнений (5) осуществлялось в среде MATLAB с помощью функции `ode15i` при следующих исходных данных:  $M_k = 8$  кг;  $M_p = 2$  кг;  $m = 0,02$  кг;  $b_x = b_y = 25$  Нс/м;  $c_x = 4 \times 10^5$  Н/м;  $c_y = 1 \times 10^5$  Н/м;  $e = 0$ ;  $k = 1 \times 10^{-4}$  Нм/рад.,  $l = 0,05$  м. При этих данных исследуемая механическая система имеет две собственные частоты колебаний:  $k_1 = \sqrt{c_y/M} = 100$  рад/с;  $k_2 = \sqrt{c_x/M} = 200$  рад/с. Примем, что при  $0 \leq t \leq 10$  с. ротор разгоняется по закону  $\omega = 30t$ , а при  $t > 10$  с угловая скорость ротора  $\omega = 300$  рад/с.

Суть численного эксперимента заключалась в исследовании закона разгона маятника при различных его массах и при неизменных других исходных данных. Установлено, что при изменении массы маятника в диапазоне:

$0,0204 \leq m \leq 0,0614$  (кг) через 8 секунд после начала движения ротора, маятник разгоняется и начинает вращаться с угловой скоростью  $\dot{\varphi} = 100$  рад/с, которая равна первой собственной частоте колебаний механической системы  $k_1 = 100$  рад/с (кривая 2 на Рис. 2). При изменении массы маятника в диапазоне:  $0,0053 \leq m < 0,0204$  (кг), маятник через 8 секунд начинает вращаться с угловой скоростью  $\dot{\varphi} = 200$  рад/с, которая равна второй собственной частоте колебаний механической системы  $k_2 = 200$  рад/с (кривая 3 на Рис. 2). При массе маятника  $m < 0,0053$  кг он разгоняется до угловой скорости  $\dot{\varphi} = 300$  рад/с, то есть до скорости вращения ротора  $\omega = 300$  рад/с и вращается вместе с ротором (кривая 4 на Рис. 2). На этом же рисунке показан закон разгона ротора (прямая 1).

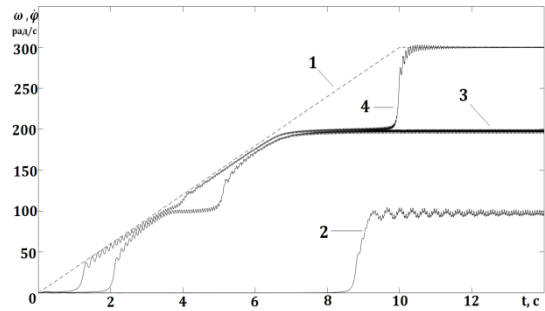


Рис. 2. Законы движения маятника при разной его массе: 2 – при  $0,0204 \leq m \leq 0,0614$  (кг); 3 – при  $0,0053 \leq m < 0,0204$  (кг); 4 –  $m < 0,0053$  (кг); 1 – закон разгона ротора.

Таким образом, результаты численного эксперимента при моделировании движения маятника на вращающемся валу ротора двигателя, закрепленного в корпусе на упругих опорах, подтвердили результаты натурального эксперимента в работах [1], [2], что при одной и той же угловой скорости вращения ротора угловая скорость вращения маятника в зависимости от его массы может совпадать с одной из собственных частот колебаний механической системы.

#### Заключение

В результате моделирования движения маятника на вращающемся валу ротора двигателя, закрепленного в корпусе на упругих опорах, установлено, что при изменении массы маятника возможен такой режим движения, когда ротор вращается с заданной угловой скоростью, а угловая скорость вращения маятника равна одной из собственных частот колебаний механической системы. Это явление в работах [1], [2], названо эффектом «застревания» маятника.

#### Список использованных источников

1. Артюнин А.И. Обобщенная модель вибрационной нелинейной механики и эффект «застревания» маятника на резонансных частотах механической системы / Артюнин А.И., Хоменко А.П., Елисеев С.В., Ермошенко Ю.В. // Научный журнал. Машиностроение и инженерное образование, 2015. – № 1. – 61-67 с.
2. Артюнин А.И. Экспериментальные исследования эффекта «застревания» маятника на резонансных частотах механической системы / Артюнин А.И., Ермошенко Ю.В., Попов С.И. // Научный журнал. Современные технологии. Системный анализ. Моделирование, 2015. – № 2. – 20-25 с.
3. Лойцянский Л.Г. Курс теоретической механики: учебник / Лойцянский Л.Г., Лурье А.И. // М.: Наука, 1983. – Т2. – 640с.

# КОМБИНИРОВАННАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ УЗЛОМ СТАБИЛИЗАЦИИ ДАВЛЕНИЯ АНОДНОГО ГАЗА ПРОИЗВОДСТВА ТЕХНИЧЕСКОГО ФТОРА

<sup>1</sup>Д.И. Тетерин, <sup>2</sup>Н.С. Криницын  
<sup>2</sup>В.Ф. Дядик

<sup>1</sup>АО «Сибирский химический комбинат», <sup>2</sup>Томский политехнический университет  
TeterinDI@yandex.ru

## Введение

Получение технического фтора на Сублиматном заводе Сибирского химического комбината осуществляется электролизом расплавленного трифторида калия в среднетемпературных электролизерах [1,2].

От качества управления давлением газообразного фтора (анодного газа) на выходе из электролизера зависит срок службы технологического аппарата, качество получаемого продукта и безопасность протекания электрохимических процессов. Задача стабилизации давлений анодного газа на выходе из электролизеров сводится к задаче поддержания давления газа в общем коллекторе на заданном уровне.

## Описание технологической схемы

Структурная схема транспортировки анодного газа в упрощенном виде представлена на рис. 1.

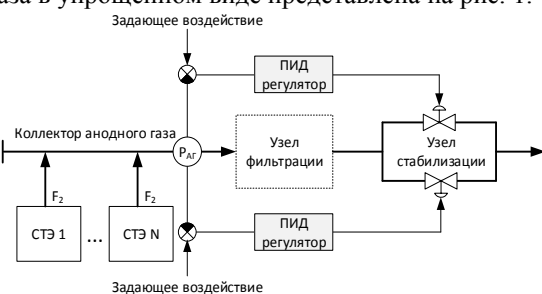


Рис. 1. Структурная схема транспортировки анодного газа

Из общего коллектора анодный газ по трубопроводу поступает на узел фильтрации для очистки от нежелательных примесей. После очистки газ поступает на узел стабилизации давления, состоящий из двух параллельно расположенных регулирующих клапанов с мембранным исполнительным механизмом. Управление клапаном осуществляется системой автоматического управления (САУ) по ПИД-закону на основании рассогласования задающего воздействия и измеренного давления в общем анодном коллекторе ( $P_{AГ}$ ). В управлении давлением одновременно участвуют два клапана. После узла стабилизации давления анодный газ поступает на узел передачи анодного газа потребителям.

Из анализа производственных данных (рис. 2) можно увидеть, что во время снижения или повышения токовой нагрузки на электролизеры происходят существенные изменения давления анодного газа в общем коллекторе, иногда давление достигает критических значений.



Рис. 2. График работы узла стабилизации анодного газа

Таким образом, существующая САУ при сильных внешних возмущениях не справляется с задачей стабилизации давления анодного газа и нуждается как в параметрической, так и структурной модернизации.

## Составление математической модели объекта

Математическая модель узла стабилизации составлялась с использованием программного комплекса Matlab Simulink. Математическая модель объекта (1) определена эмпирическим путем по графикам переходных процессов, полученных в разомкнутом контуре управления как при номинальной токовой нагрузке на электролизерах, так и на пониженной.

$$W_o(s) = \frac{0.0075}{17s + 1} \quad (1)$$

Так же на основании результатов проведенных экспериментов, в части реакции узла стабилизации давления на изменение токовой нагрузки, была составлена математическая модель (2), описывающая зависимость давления от токовой нагрузки при изменении последней.

$$W_o(s) = \frac{0.013}{8 \cdot s + 1} \quad (2)$$

Адекватность итоговой модели доказана путем сравнения производственных данных и результатов моделирования (величина приведенного среднего квадратического отклонения давления, рассчитанного на модели, от давления, измеренного в производстве, составила 1,9%).

## Параметрический синтез регулятора

Рассмотрев различные варианты стратегий стабилизации давления анодного газа в общем коллекторе было решено разработать и испытать комбинированную систему автоматического управления,

объединяющую контур стабилизации и контур компенсации[3]. Схема комбинированной САУ представлена на рис. 3.

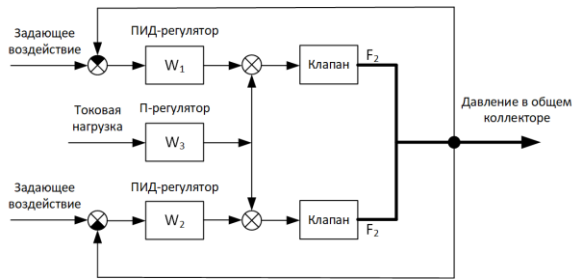


Рис. 3. Структурная схема транспортировки анодного газа

Управляющее воздействия на клапана узла стабилизации давления анодного газа формируется путем суммирования выходных сигналов контуров стабилизации и компенсации. В контуре стабилизации применен ПИД-регулятор, а в качестве контура компенсации использован П-регулятор, формирующий выходной сигнал путем умножения измеренной токовой нагрузки на коэффициент усиления. Параметры ПИД-регулятора рассчитывались по методу оптимального модуля[4]. Передаточная функция ПИД-регулятора представлена выражением (3)[3].

$$W_R(s) = 250 + 250 \frac{1}{15 \cdot s} + 250 \cdot 2 \cdot s \quad (3)$$

Коэффициент усиления П-регулятора контура компенсации рассчитывался на основании принципа абсолютной инвариантности САУ к возмущению путем отношения минус коэффициент передачи по каналу возмущения к коэффициенту передачи по каналу управления, затем корректировался в процессе моделирования реакции САУ на изменение токовой нагрузки в Matlab Simulink. Наилучший эффект от компенсации изменения токовой нагрузки достигается при коэффициенте усиления П-регулятора контура компенсации равном 2.

### Производственные испытания

В связи с положительными результатами моделирования комбинированной системы управления давлением анодного газа было принято решение внедрить разработанную систему в действующее производство, путем доработки программного обеспечения промышленного контроллера, функционирующего в АСУ ТП производства технического фтора. Результаты испытаний модернизированной САУ в действующем производстве приведены на рис. 4.

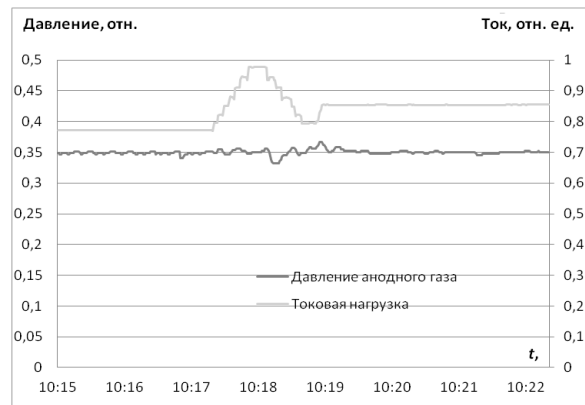


Рис. 4. Результаты испытаний

Из графика видно, что отклонение давления от задающего воздействия при изменении токовой нагрузки не превысило 6 %, а величина приведенного среднего квадратического отклонения давления от задающего воздействия составила порядка 1%.

### Заключение

В результате проведенной работы, используя программный продукт Matlab Simulink, составлена математическая модель рассматриваемого объекта управления и смоделированы реакции различных САУ на возмущения, вызванные изменением токовой нагрузки на электролизерах. Разработана и успешно испытана комбинированная система автоматического управления, объединяющая контур стабилизации и контур компенсации. Обоснована и доказана эффективность управления давлением анодного газа в общем коллекторе разработанной комбинированной системой.

### Список использованных источников

1. Андреев, Г. Г. Фторидные технологии в производстве ядерного топлива [Текст] : монография / Г. Г. Андреев, А. Н. Дьяченко. – Томск : Изд-во Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 152 с. : ил.
2. Галкин, Н. П. Технология урана [Текст] / Н. П. Галкин, Б. Н. Сударников, У. Д. Верятин. – М. : Атомиздат, 1964. – 310 с. : ил.
3. Ким, Д. П. Теория автоматического управления. Т.1. Линейные системы. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2019. – 312 с.
4. Гурецкий, Х. Анализ и синтез систем управления с запаздыванием [Текст] / Х. Гурецкий ; перевод с польского А. Н. Дмитриев. – М. : Машиностроение, 1974. – 328 с.



# НАСТРОЙКА АКСЕЛЕРОМЕТРА ДЛЯ СТАБИЛИЗАЦИИ БПЛА НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА СЕМЕЙСТВА ARDUINO

Д.А. Журман, А.С. Фадеев  
Научный руководитель – А.С. Фадеев  
Томский политехнический университет  
daz18@tpu.ru

## Введение

Беспилотный летательный аппарат (БПЛА) — летательный аппарат без экипажа на борту. Использование данных устройств становится всё более частым явлением. Во многих сферах деятельности человека внедрение БПЛА позволяет добиться лучших показателей качества, затрачивая на это меньше ресурсов и задействуя минимум рабочей силы. Решение задачи интеграции беспилотных летательных аппаратов в новые отрасли является отличным примером работы по автоматизации технологических процессов и производств.

Аэродинамический баланс БПЛА с четырьмя пропеллерами (квадрокоптера) сохраняется постоянным благодаря постоянному считыванию показаний встроенных датчиков (акселерометра и гироскопа) и внесением соответствующих изменений в скорость вращения каждого двигателя. Так как ручное управление всеми четырьмя двигателями является трудной задачей, то за стабилизацию квадрокоптера отвечает соответствующая автоматическая система.

Развитие технологий позволило создать БПЛА с высоким уровнем надежности, безопасности и удобства эксплуатации. Возрастающая актуальность квадрокоптеров объясняется широкими возможностями их применения и на сегодняшний день существует немало производителей, которые демонстрируют свои решения в этой области. Однако данные решения до сих пор стоят достаточно дорого, поэтому все больше и больше людей стараются собрать квадрокоптер самостоятельно.

Довольно часто квадрокоптеры проектируют только с использованием гироскопа для определения положения в пространстве. Однако данное решение обладает рядом недостатков:

1. При использовании только гироскопа значения углов крена, тангажа и рыскания колеблются в некотором диапазоне, что делает определение положения в пространстве не совсем точным.
2. При включении квадрокоптера на наклонной поверхности, гироскоп не может правильно определить, где находится нулевой уровень, что приводит к отклонению значений углов крена, тангажа и рыскания.

В настоящей работе рассматривается процесс проектирования и настройки квадрокоптера, содержащего акселерометр в составе системы управления.  
**Составные части рассматриваемого летательного аппарата:**

1. Аппаратно-вычислительная платформа Arduino UNO;

2. Гироскоп MPU-6050;
3. Бесколлекторный двигатель A2212;
4. Регулятор скорости Hobbysky;
5. Приемник WFR07S;
6. Пульт WFT07;
7. Рама HJ450;
8. Аккумулятор HRB.

## Настройка акселерометра

Акселерометр – прибор, измеряющий проекцию кажущегося ускорения (разности между истинным ускорением объекта и гравитационным ускорением).

Согласно технической документации к MPU-6050 значение выхода акселерометра составляет 4096, когда к датчику прикладывается 1g. Среднее ускорение свободного падения на Земле приблизительно составляет  $9,8 \text{ м/с}^2$ , что соответствует 1g, поэтому значение выхода акселерометра в состоянии покоя составляет 4096.

Если перевернуть акселерометр вверх дном, то ускорение будет находиться в противоположном направлении, а значение акселерометра составит – 4096.

Значение выхода в трех-осевом акселерометре основано на направлении гравитационной силы Земли. Таким образом, используя значения выхода акселерометра можно рассчитать углы крена, тангажа и рыскания MPU-6050.

Для того чтобы изучить принцип расчета углов крена, тангажа и рыскания акселерометр был приподнят на угол 45 градусов к оси тангажа. Значение выхода акселерометра стало ровно 2920. Общее ускорение свободного падения  $g$ , действующее на акселерометр не изменилось и составило 4096. Далее был вычислен угол  $\alpha$  между вектором ускорения свободного падения и вектором силы, действующей на акселерометр путем вычисления арккосинуса отношения 2920 и 4129.

$$\alpha = \arccos\left(\frac{2920}{4096}\right) \approx 45^\circ \quad (1)$$

Таким образом, полученное значение угла  $\alpha$  примерно совпадает с действительным значением угла наклона акселерометра.

Расчет вектора гравитации  $g$ , действующей на акселерометр, осуществляется по следующей формуле:

$$g = \sqrt{g_x^2 + g_y^2 + g_z^2} \quad (2)$$

где  $g_x$  – проекция вектора ускорения на ось X,  $g_y$  – проекция вектора ускорения на ось Y, а  $g_z$  – проекция вектора ускорения на ось Z.

Значения углов крена  $\gamma$ , тангажа  $\psi$  и рыскания  $\beta$  рассчитываются по следующим формулам:

$$\gamma = \arccos\left(\frac{g_x}{g}\right) \quad (3)$$

$$\psi = \arccos\left(\frac{g_y}{g}\right) \quad (4)$$

$$\beta = \arccos\left(\frac{g_z}{g}\right) \quad (5)$$

Таким образом, после занесения данных формул в микроконтроллер, значения углов, определяемые акселерометром, были близки к действительным. Однако при установке акселерометра на квадрокоптер и запуске двигателей, возникают вибрации, из-за которых измерение значения углов происходит с большой погрешностью.

Для решения данной проблемы было принято решение использовать скользящее среднее для значений выхода гироскопа во время вибрации. Однако в данном случае изменение угла наклона фиксируется акселерометром с некоторой задержкой.

Для уменьшения задержки было принято решение разделить полученное скользящее среднее на некое число, полученное эмпирическим путем. При использовании значений этого числа близким к нескольким десяткам и более, задержка при изменении угла наклона оставалась приемлемой для корректировки положения аппарата в пространстве. Этой небольшой части показаний акселерометра достаточно для того, чтобы компенсировать колебания значений углов крена, тангажа и рыскания, определяемых при помощи гироскопа.

Таким образом, конечное значение углов крена, тангажа и рыскания будет складываться из показаний акселерометра и гироскопа. Однако для того чтобы устранить погрешность акселерометра, возникающую при вибрациях, значение, которое вносит акселерометр, должно составлять от 0.0001 до 0.001. Формула для расчета конечного значения угла наклона выглядит следующим образом:

$$\gamma = 0,9995 \cdot \gamma_{gyro} + 0,0005 \cdot \gamma_{acc} \quad (6)$$

Для того, чтобы решить проблему с определением гироскопом нулевого уровня при запуске на наклонной поверхности, в начальный момент времени необходимо принять значения углов гироскопа равными значениями углов акселерометра.

Таким образом гироскоп сможет определить нулевой уровень при старте.

После занесения данных формул в микроконтроллер, значения углов крена, тангажа и рыскания при запуске немного отличались от 0. Для устранения этого в формулы, рассчитывающие углы крена, тангажа и рыскания, была добавлена операция вычитания корректирующих значений, полученных при запуске.

### Заключение

Из результатов проведенного исследования можно сделать вывод о том, что акселерометр был настроен правильно, так как квадрокоптер осуществлял стабилизацию без сбоев и ошибок.

Данный алгоритм настройки не является единственным. Довольно часто применяется фильтр Калмана для того, чтобы устранить погрешность акселерометра, возникающую при вибрациях и для определения оптимальной комбинации между гироскопом и акселерометром. Однако данный фильтр гораздо сложнее в реализации и программировании, чем предложенный алгоритм, и довольно часто фильтр Калмана переоценивает часть, которую вносит акселерометр, что приводит к погрешностям измерения. Подобная настройка с небольшими корректировками может быть использована для X-образных квадрокоптеров со схожими габаритами и техническими характеристиками.

### Список использованных источников

1. MPU-6000 and MPU-6050 Register Map and Descriptions Revision 4.2 [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.invensense.com/wp-content/uploads/2015/02/MPU-6000-Register-Map1.pdf>. – (дата обращения 18.11.2018).
2. Улли Соммер Программирование микроконтроллерных плат Arduino/Freduino. - СПб.: БХВ-Петербург, 2012.
3. Официальный сайт Arduino [Электронный ресурс]. – URL: <http://arduino.cc>. – (дата обращения 18.11.2018).
4. Петин, Виктор Александрович. Проекты с использованием контроллера Arduino / В. А. Петин. — 2-е изд., перераб. и доп. — Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2015. — 462 с.: ил. — Электроника. — ISBN 978-5-9775-3550-2.
5. Работа выполнена при поддержке Благотворительного фонда Владимира Потанина в рамках гранта ГК150001773.

# НАСТРОЙКА ПИД РЕГУЛЯТОРА ДЛЯ БПЛА НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА СЕМЕЙСТВА ARDUINO

Д.А. Журман, Н.А. Афанасьев, А.С. Фадеев  
Научный руководитель – А.С. Фадеев  
Томский политехнический университет  
daz18@tpu.ru

## Введение

Беспилотный летательный аппарат (БПЛА) с четырьмя пропеллерами (квадрокоптер) является отличным примером системы, в которой стабилизация осуществляется с помощью регулятора, функционирующего по пропорционально-интегрально-дифференциальному закону управления, называемым ПИД регулятором. Управляющие сигналы, которые рассчитываются на микроконтроллере Arduino UNO, подаются на регуляторы скорости оборотов, в результате меняется положение летательного аппарата в пространстве, после чего квадрокоптер стабилизируется.

Существует много решений, как собрать свой квадрокоптер, но как показывает практика большинство людей сталкивается с теми или иными проблемами при сборке устройства. Одной из основных проблем является непонимание того, как реализуется стабилизация БПЛА в пространстве.

## Актуальность

Квадрокоптеры уже прочно закрепились во многих отраслях человеческой деятельности, благодаря возможностям, которые они предоставляют. Внедрение БПЛА позволяет добиться лучших показателей качества, затрачивая на это минимум ресурсов и задействуя при этом как можно меньше рабочей силы.

На сегодняшний день купить законченное изделие не составит проблем. Но, к сожалению, готовые решения до сих пор стоят достаточно дорого, поэтому все больше и больше людей стараются проявить изобретательность и собрать квадрокоптер самостоятельно. В этом случае часто прибегают к использованию специально созданных для БПЛА контроллеров, называемые полётными, с соответствующими прошивками к ним. Среди них самыми популярными типами являются MultiWii, ArduPilot, Open Pilot.

Большинство полетных контроллеров, особенно для любительских аппаратов, строятся на основе недорогих компонентов, которые приходится использовать на пределе возможностей. Также количество функций зависит от наличия на борту устройства соответствующей периферии, то есть ряд необходимых функций может вообще отсутствовать. Всё это порождает ряд проблем. Таким образом, квадрокоптер, созданный на базе распространенного микроконтроллера семейства Arduino, будет обладать следующими преимуществами:

1. Большое количество разъемов (пинов) и возможность использования дополнительных плат расширения функций контроллера.

2. Адаптивность программного обеспечения. Настройку квадрокоптера производят при помощи специализированного программного обеспечения. Для каждого полетного контроллера оно своё; часто с открытостью исходных кодов. Но изменить и добавить что-то в него для реализации выполнения своих уникальных задач бывает проблематично.
3. Низкая стоимость.

## Составные части рассматриваемого летательного аппарата:

1. Аппаратно-вычислительная платформа Arduino UNO;
2. Гироскоп MPU-6050;
3. Бесколлекторный двигатель A2212;
4. Регулятор скорости Hobbysky;
5. Приемник WFR07S;
6. Пульт WFT07;
7. Рама HJ450;
8. Аккумулятор HRB.

## Настройка ПИД регулятора

Основной целью ПИД регулирования для БПЛА является сведение ошибки, то есть разницы между значениями, поданными на ресивер, и значениями углов гироскопа, к нулю. Например, если требуется чтобы квадрокоптер оставался неподвижен, то значение, поданное на ресивер будет равно 0, следовательно, необходимо, чтобы значения углов гироскопа были тоже равны 0. Для достижения этого эффекта ПИД регулятор рассчитывает изменения, которые необходимо внести во вращение 4 двигателей, для того, чтобы поддерживать квадрокоптер на необходимом уровне.

ПИД регулятор формирует управляющий сигнал, являющийся суммой трёх слагаемых, первое из которых пропорционально разности входного сигнала и сигнала рассогласования, второе – интеграл сигнала рассогласования, третье – производная сигнала рассогласования.

Выходной сигнал регулятора  $u(t)$  определяется тремя слагаемыми:

$$u(t) = P + I + D = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{d}{dt} e(t) \quad (1)$$

Где  $K_p$ ,  $K_i$ ,  $K_d$  – коэффициенты усиления пропорциональной, интегрирующей и дифференцирующей составляющих регулятора.

Пропорциональная составляющая рассчитывается как разница между значениями гироскопа  $g$  и ресивера  $r$ , умноженная на коэффициент  $K_p$ .

$$P = (g - r) \cdot K_p \quad (2)$$

Интегральная составляющая рассчитывается как разница между значениями гироскопа  $g$  и ресивера  $r$ , умноженная на коэффициент  $K_i$ , полученный результат суммируется с предыдущим значением интегрального регулятора  $I'$ .

$$I = I' (g - r) \cdot K_i \quad (3)$$

Дифференциальная составляющая рассчитывается как разница между предыдущими значениями гироскопа  $g_0$  и ресивера  $r_0$ , вычтенная из текущей разницы значений гироскопа ( $g$ ) и ресивера ( $r$ ), умноженная на коэффициент  $K_d$ .

$$D = (g - r - g_0 - r_0) \cdot K_d \quad (4)$$

Таким образом, настройка ПИД регулятора заключается в нахождении  $K_p$ ,  $K_i$ ,  $K_d$  для углов крена, тангажа и рыскания. Ниже, в качестве примера, приводится алгоритм поиска этих коэффициентов для угла крена:

1. Поиск коэффициента дифференцирования
  - 1) Приравниваем все коэффициенты к 0;
  - 2) Квадрокоптер был поставлен на ровную поверхность, а скорости вращения двигателей были установлены так, чтобы аппарат начал парить;
  - 3) Значение коэффициента дифференцирования было выставлено таким образом, что начали возникать колебания изделия при изменении угла;
  - 4) Величина этого коэффициента уменьшалась до тех пор, пока БПЛА не перестал колебаться при изменении угла.
2. Поиск коэффициента пропорциональности
  - 1) Значение  $K_p$  увеличивалось с шагом 0.2 до тех пор, пока при полете квадрокоптера пропорциональная и дифференциальная составляющая не стали компенсировать друг друга так, что аппарат сразу же падал при взлете.
  - 2) Коэффициент пропорциональности был уменьшен на 50% и, таким образом, получено оптимальное значение.
3. Поиск коэффициента интегрирования
  - 1) Значение  $K_i$  увеличивалось с шагом 0.01 до тех пор, пока при полете квадрокоптера не стали возникать колебания.

- 2) Коэффициент интегрирования был уменьшен на 50% и, таким образом, получено оптимальное значение.

Значения коэффициентов ПИД регулятора для угла тангажа можно принять равным тем, что найдены для угла крена. Коэффициенты для угла рыскания были найдены экспериментальным путем. Найденные значения были записаны в таблицу 1.

Таблица 1. Полученные значения коэффициентов

	$K_p$	$K_i$	$K_d$
Крен	1.3	0.03	15
Тангаж	1.3	0.03	15
Рыскание	4.0	0.02	0

Очевидно, что подобранные экспериментальным способом коэффициенты ПИД-регулятора не являются самыми оптимальными, однако позволяют достаточно быстро стабилизировать положение квадрокоптера, то есть решить поставленную задачу.

#### Заключение

В результате проведения исследования можно сделать вывод о том, что ПИД регулятор был настроен правильно, так как квадрокоптер осуществлял стабилизацию без сбоев и ошибок. Подобранные коэффициенты с небольшими корректировками могут быть использованы для X-образных квадрокоптеров со схожими габаритами и техническими характеристиками.

#### Список использованных источников

1. Блум, Джереми. Изучаем Arduino: инструменты и методы технического волшебства : пер. с англ. / Дж. Блум. — Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2015. — 336 с.: ил.. — Предметный указатель: с. 333-336.. — ISBN 978-5-9775-3585-4.
2. Brian W. Evans. Arduino Programming Notebook. - Published: First Edition August 2007.
3. Бесколлекторные двигатели постоянного тока [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.avislab.com/blog/brushless01/>, свободный. — Загл. с экрана.
4. Официальный сайт Arduino [Электронный ресурс]. ]-URL:<http://arduino.cc>.
5. Петин, Виктор Александрович. Проекты с использованием контроллера Arduino / В. А. Петин. — 2-е изд., перераб. и доп.. — Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2015. — 462 с.: ил.. — Электроника. — ISBN 978-5-9775-3550-2.

Работа выполнена при поддержке Благотворительного фонда Владимира Потанина в рамках гранта ГК150001773.

# НАСТРОЙКА ГИРОСКОПА ДЛЯ СТАБИЛИЗАЦИИ БПЛА НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА СЕМЕЙСТВА ARDUINO

Д.А. Журман, А.С. Фадеев  
Научный руководитель – А.С. Фадеев  
Томский политехнический университет  
daz18@tpu.ru

## Введение

Одной из главных задач, которую необходимо решить при проектировании беспилотного летательного аппарата (БПЛА) с четырьмя пропеллерами (квадрокоптера) является стабилизация. Это связано с тем, что одной из основных проблем, с которой обычно сталкиваются при сборке квадрокоптера, является его поддержание на одной высоте без колебаний и без изменения углов крена и тангажа.

В данной системе за процесс стабилизации отвечает регулятор, функционирующий по пропорционально-интегро-дифференциальному закону управления, называемый ПИД регулятором. Однако основным датчиком, относительного которого формируются основные управляющие сигналы, подающиеся на регуляторы скорости оборотов, является гироскоп. Данное устройство осуществляет измерение углов крена, тангажа и рыскания квадрокоптера для определения его положения в пространстве.

## Актуальность

В последнее время квадрокоптеры получили широкое распространение во многих отраслях, благодаря развитию информационных технологий. К сожалению готовые решения до сих пор стоят достаточно дорого, поэтому все больше и больше людей стараются собрать квадрокоптер самостоятельно. Зачастую в таких случаях используются специально созданные для квадрокоптеров контроллеры и прошивки для них. Например, Whoop, MultiWii и другие. Несмотря на простоту настройки и установки этих контроллеров, в которых зачастую уже установлен и откалиброван гироскоп, квадрокоптер, созданный на базе Arduino, написанный на своей прошивке обладает рядом преимуществ.

## Составные части рассматриваемого летательного аппарата:

1. Аппаратно-вычислительная платформа Arduino UNO;
2. Гироскоп MPU-6050;
3. Бесколлекторный двигатель A2212;
4. Регулятор скорости Hobbysky;
5. Приемник WFR07S;
6. Пульт WFT07;
7. Рама HJ450;
8. Аккумулятор HRB.

Для выполнения данной работы была использована микросхема MPU-6050, это обусловлено рядом причин:

1. Данная микросхема содержит в себе и акселерометр и гироскоп.

2. Цена MPU-6050 значительно ниже чем цена большинства других гироскопов.
3. Данная микросхема очень проста в подключении и программировании.

## Настройка гироскопа

Гироскоп измеряет только угловую скорость в градусах в секунду.

Угловая скорость квадрокоптера на всей поверхности является одинаковой, поэтому не имеет значения, где устанавливать гироскоп, но рекомендуется устанавливать его в центре, где большую часть времени полета наблюдаются самые слабые вибрации.

Согласно технической документации к MPU-6050 значение сигнала выхода гироскопа будет составлять 65,5 при угловой скорости 1 °/с. То есть при совершении полного оборота вокруг оси рыскания ровно за 1 минуту значение сигнала выхода гироскопа в любой момент времени будет составлять 393, так как его угловая скорость равна 6 °/с.

Если прибавлять каждую секунду 393, то через минуту результат составит 23580. Далее необходимо разделить полученное значение на 65,5. Результат операции составит 360 градусов, то есть значение полного оборота.

Таким образом, суммируя с течением времени все значения выхода гироскопа, которые называются интегрируемыми, можно вычислить полный угол, который совершил гироскоп.

Тогда формула для расчета угла наклона  $\gamma$  примет следующий вид:

$$\gamma = \frac{1}{65,5} \int_0^t g \quad (1)$$

где  $g$  – значение сигнала выхода гироскопа, а  $t$  – время вращения.

Если установить частоту обновления микроконтроллера 250 Гц, то во время вращения данные гироскопа будут суммироваться 250 раз в секунду. Тогда формула для расчета угла наклона примет несколько другой вид:

$$\gamma = \frac{1}{65,5 \cdot 250} \int_0^t g \quad (2)$$

Перед использованием гироскоп был откалиброван. Это обусловлено тем, что при установке MPU-6050 на ровную поверхность выходные значения сигналов с гироскопа отличаются от 0 и колеблются в некотором диапазоне.

Для того, чтобы откалибровать гироскоп, было принято решение рассчитать среднее значение 2000 показаний гироскопа и вычесть полученный результат из выходного сигнала гироскопа.

После данной калибровки с помощью гироскопа можно выполнять измерения углов крена и тангажа, и полученные результаты будут близки к действительным. Тем не менее, если установить гироскоп под углом к оси крена и резко повернуть на 90 градусов вдоль оси рыскания, то, таким образом, физические оси крена и тангажа также повернутся на 90 градусов и значения углов этих осей должны поменяться местами. Однако значения углов, измеренные гироскопом, останутся без изменений.

Для решения этой проблемы была связана ось рыскания с осями тангажа и крена. Это требуется для того, чтобы при определении осью рыскания вращения передать угол поворота на угол тангажа, а значение угла тангажа передать на ось крена.

Стоит отметить, что данная зависимость угла тангажа и крена от угла рыскания не является линейной, так как при установке эталонного цифрового гироскопа под углом 45 градусов к оси тангажа и при последующем его повороте на 45 градусов вдоль оси рыскания угол тангажа составит приблизительно 30 градусов, то есть всего 66% от 45 градусов.

На графике (рис. 1) приведены значения угла тангажа при повороте вдоль оси рыскания через каждые 5 градусов.

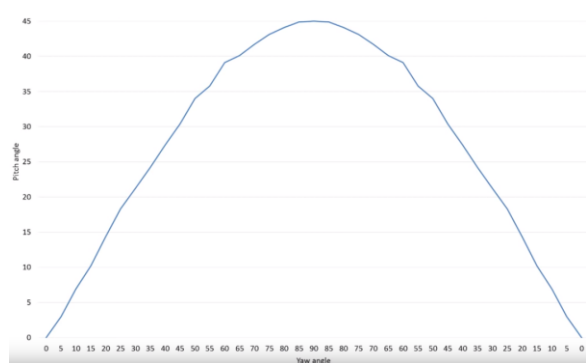


Рис. 1. График зависимости угла тангажа от угла рыскания

Из полученных значений видно, что данная зависимость является синусоидальной функцией.

Таким образом, при вращении вдоль оси рыскания из начального угла крена  $\gamma_0$  будет вычитаться значение угла тангажа  $\psi$ , умноженное на синус угла рыскания  $\beta$ , а к начальному углу тангажа  $\psi_0$  прибавляться значение угла крена  $\gamma$ , умноженное на синус угла рыскания  $\beta$ .

$$\gamma = \gamma_0 - \psi \cdot \sin(\beta) \quad (3)$$

$$\psi = \psi_0 + \gamma \cdot \sin(\beta) \quad (4)$$

После запуска квадрокоптера возникли вибрации, которые вызывали колебания значений гироскопа. Данная проблема может быть решена последующей калибровкой и настройкой акселерометра.

## Заключение

Из результатов проведенного исследования можно сделать вывод о том, что гироскоп был настроен и откалиброван правильно, так как квадрокоптер осуществлял стабилизацию без сбоев и ошибок. Очевидно, что данная настройка гироскопа не является самой оптимальной, так как значения углов, измеренные гироскопом, немного отличаются от действительных, однако она позволяет достаточно быстро стабилизировать положение квадрокоптера, тем самым решить поставленную задачу.

Подобная настройка может быть использована для X-образных квадрокоптеров со схожими габаритами и техническими характеристиками.

## Список использованных источников

1. Блум, Джереми. Изучаем Arduino: инструменты и методы технического волшебства: пер. с англ. / Дж. Блум. — Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2015. — 336 с.: ил. — Предметный указатель: с. 333-336. — ISBN 978-5-9775-3585-4.
2. MPU-6000 and MPU-6050 Register Map and Descriptions Revision 4.2 [Электронный ресурс]. — URL: <https://www.invensense.com/wp-content/uploads/2015/02/MPU-6000-Register-Map1.pdf>. — (дата обращения 18.11.2018).
3. Улли Соммер Программирование микроконтроллерных плат Arduino/Freduino. — СПб.: БХВ-Петербург, 2012.
4. Официальный сайт Arduino [Электронный ресурс]. — URL: <http://arduino.cc>. — (дата обращения 18.11.2018).
5. Петин, Виктор Александрович. Проекты с использованием контроллера Arduino / В. А. Петин. — 2-е изд., перераб. и доп. — Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2015. — 462 с.: ил. — Электроника. — ISBN 978-5-9775-3550-2
6. Ревич, Юрий В. Занимательная электроника / Ю. В. Ревич. — 3-е изд. — Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2016. — 576 с.: ил. — Предметный указатель: с. 570-576. — ISBN 978-5-9775-3479-6.

Работа выполнена при поддержке Благотворительного фонда Владимира Потанина в рамках гранта ГК150001773

# СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ P-СПЛАЙНА В ЗАДАЧЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

У Даньни, Е.Ю. Репина

Е. А. Кочегурова

Томский политехнический университет

danni\_0815@163.com

## Введение

Одним из подходов к решению задачи краткосрочного прогнозирования является использование аппроксимирующей функции, допускающей реализацию в реальном времени. Таким математическим аппаратом может быть рекуррентный сглаживающий P-сплайн [1]. Качество прогноза на основе P-сплайна во многом определяется оптимизацией варьируемых параметров.

Ниже предложены результаты анализа двух методов векторной оптимизации.

1. Генетический алгоритм – алгоритм поиска глобального оптимума. Он предназначен для имитации процесса биологической эволюции, включающей этапы: селекции, скрещивания, комбинации и мутации по закону естественного отбора [2]. Биологический принцип "выживает наиболее приспособленный" открыт Ч. Дарвином в 1859 г.

Схема алгоритма:



2. Иммуный алгоритм – оптимизационная технология, использующая понятия теоретической иммунологии для решения прикладных задач. Один из иммунных алгоритмов основан на теории клоновой селекции и носит название - клоновой селекции. Алгоритм использует биологический аналог приобретенного иммунитета, и используются для решения задач оптимизации.

В задачах оптимизации имеются следующие биологические аналоги: антиген – целевая функция, антитело – оптимальное решение, аффинность – соответствие решения задачи и целевой функции. Аффинность можно оценить одним из показателей точности, например, среднеквадратическая ошибка оптимизации. И соответственно аффинность возрастает при уменьшении погрешности оптимизации.

Алгоритм клоновой селекции включает четыре основных шага: клоновая селекция, клон клеток, мутация и создание новых клеток [3].

Схема алгоритма:



## Описание эксперимента

Выбранный в качестве прогнозной модели аппарат P-сплайнов имеет ряд настраиваемых параметров [1]. Основными из них являются:  $h$  - число измерений внутри звена сплайна,  $\rho$  - сглаживающий множитель.

Множитель  $\rho$  нормирован и поэтому  $\rho \in [0,1]$  и может задаваться с любой точностью. Значения параметра  $h \in [3,20]$ . Нижняя граница  $h$  определена требованиями сплайна 3 порядка, верхняя - ограничениями реального времени.

Для исследования влияния параметров P-сплайна на качество прогноза были выбраны две тестовые функции:

$$y_1(t) = 10 \cdot \sin\left(\frac{2\pi \cdot i}{100}\right) \quad (1)$$

$$y_2(t) = \sin\left(\frac{\pi \cdot i}{20}\right) \cdot e^{0.02t} + 3 \quad (2)$$

Для оценки качества сглаживающих и прогнозирующих свойств сплайна  $S(t)$  используется приведенная среднеквадратическая погрешность, выраженная в процентах  $MSPE$ .

$$MSE = \sqrt{\frac{1}{K} \sum_{j=1}^K \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (S(t_i) - y_j(t_i))^2}, \quad (3)$$

$$MSPE = \frac{MSE}{|y_{\max} - y_{\min}|} \cdot 100 [\%],$$

В (3)  $n=100$  – число измерений;  $K=200$  – число

экспериментов.

Ниже на рисунках 1-2 приведены результаты исследования оптимальных значений погрешности прогнозирования и настраиваемых параметров  $\rho$ ,  $h$  в зависимости от уровня шума входных данных  $\sigma_\xi$ . В качестве шума был выбран случайный сигнал  $\xi(t)$ :  $M\{\xi(t)\} = 0$ ;  $M\{\xi^2(t)\} = \sigma_\xi^2$ .

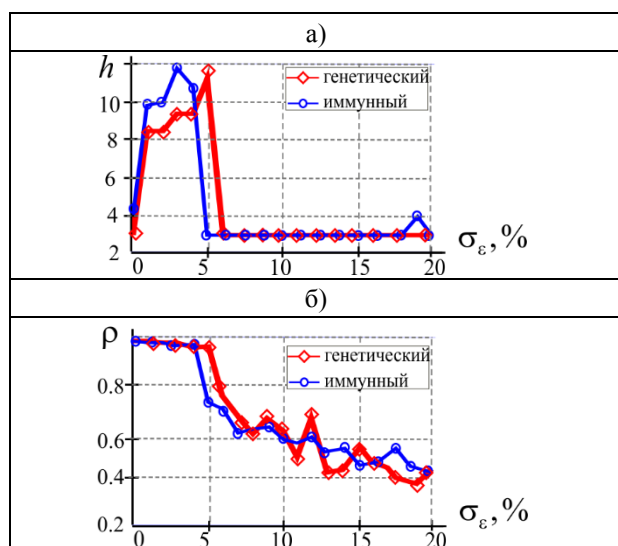


Рис. 1. Влияние уровня шума  $\sigma_\xi$  на параметры: а)  $h$ ; б)  $\rho$  для функции (2)

Ниже в таблице приведены численные значения оптимальных параметров. Для каждого значения уровня шума в левом столбике приведены результаты для генетического алгоритма, в правом – для иммунного.

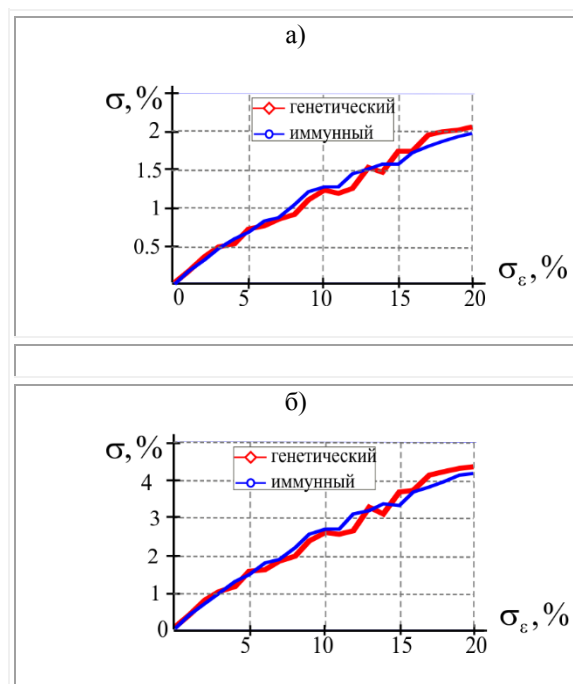


Рис. 2. Влияние уровня шума  $\sigma_\xi$  на погрешность: а) для функции (1); б) для функции (2)

3. Время работы иммунного алгоритма значительно выше, чем генетического, в среднем в 1.5-1.75 раз.

Таблица 1. Значения параметров функции

$\delta_\xi, \%$	0%		5%		10%		15%		20%	
<b>Функция (1)</b>										
$h_{opt}$	3	3	8	5	3	4	3	4	3	4
$\rho_{opt}$	0.99	0.99	0.61	0.72	0.49	0.68	0.42	0.37	0.35	0.3
$\sigma_{opt}$	0.006	0.006	0.69	0.65	1.17	1.18	1.66	1.58	2.01	2.06
<b>Функция (2)</b>										
$h_{opt}$	3	4	12	11	3	3	3	3	3	3
$\rho_{opt}$	0.99	0.99	0.97	0.83	0.62	0.58	0.54	0.48	0.45	0.43
$\sigma_{opt}$	0.025	0.015	1.4	1.32	2.38	2.47	3.39	3.05	4	3.84

### Закключение

Проведенные исследования позволяют сделать ряд выводов.

1. Генетический и иммунный алгоритмы могут быть использованы для настройки оптимальных значений параметров P-сплайна. При этом влияние шума подтверждает логику выбора параметров сплайна для обоих функций.
2. Погрешность краткосрочного прогноза, как следует из таблицы 1, вполне удовлетворительна. Для функции (1) погрешность шума сокращается почти в 10 раз, для второй – в 5 раз.

### Список использованных источников

1. Е.А. Кочегурова, А.И. Кочегуров, Н.Е. Рожкова. Частотный анализ рекуррентных вариационных P-сплайнов // Автометрия. – 2017. – Т. 53. – № 6. – С. 67-76.
2. Генетический алгоритм [Электронный ресурс]/Профессиональный информационно-аналитический ресурс. – URL: [http://www.machinelearning.ru/wiki/index.php?title=Генетический\\_алгоритм](http://www.machinelearning.ru/wiki/index.php?title=Генетический_алгоритм)
3. FU Qing-ping. Multi-modal function optimization based on improved immune algorithm // Application Research of computers– 2011. – Т. 28. – № 10. – С. 3678-3680.



# МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТЕПЛОПЕРЕНОСА ПРИ ЗАЧЕКАНИВАНИИ ТЕРМОПАР

Ю.Е. Балахнина, Е.А. Андрианова, Ю.К. Атрошенко  
Томский политехнический университет  
yuliabalacknina@gmail.com

## Введение

На сегодняшний день температура является одним из основных параметров, описывающих состояние технологических объектов и физических процессов. Большинство систем контроля технологических процессов и оборудования базируется на идентификации температурных измерений [1]. Гетерогенные условия эксплуатации оборудования обуславливают широкое распространение контактных датчиков температуры в различных отраслях промышленности, энергетики и машиностроения [2]. Задача оперативного получения достоверных результатов измерения, как правило, сопряжена кроме прочего с вопросами монтажа и эксплуатации измерительных преобразователей в условиях промышленных объектов [3].

Независимо от области применения основное требование, предъявляемое к термоэлектрическим преобразователям, заключается в обеспечении максимальной точности измерений. Одним из наиболее распространенных способов установки поверхностных датчиков температуры является зачеканивание [3]. Наибольшая площадь соприкосновения исследуемого объекта и термопреобразователя позволяет проводить измерения с наименьшей погрешностью. Проблема обеспечения наилучшего теплового контакта с объектом измерения рассматривалась в работах [2–5]. Однако, пока не опубликованы результаты исследования влияния ряда факторов, таких как глубина и диаметр отверстия для зачеканивания промышленных термопар, на характеристики процесса измерения (точность, необходимая продолжительность).

В связи с этим настоящая работа посвящена разработке математической модели процесса теплопередачи в системе «объект измерения – термопара» при использовании зачеканивания в качестве способа монтажа.

## Модель теплопередачи и методы решения

На рис. 1 представлена область решения задачи теплопередачи в рамках текущего исследования.

Математическое описание модели (рис. 1) представляет собой систему дифференциальных уравнений, аналогично приведенным в работе [4].

На внутренних границах системы, представленной на рис. 1, приняты граничные условия IV рода [4].

На границах  $z=0$  и  $r=R$  заданы краевые условия I рода (задается распределение температуры, соответствующее измеряемой температуре).

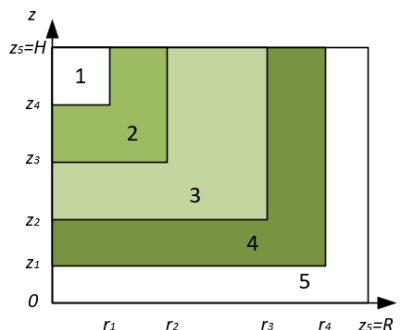


Рис. 1. Область решения задачи теплопередачи: 1 – спай термопары; 2 – керамический чехол; 3 – порошок оксида алюминия; 4 – внешний защитный чехол; 5 – воздушный зазор

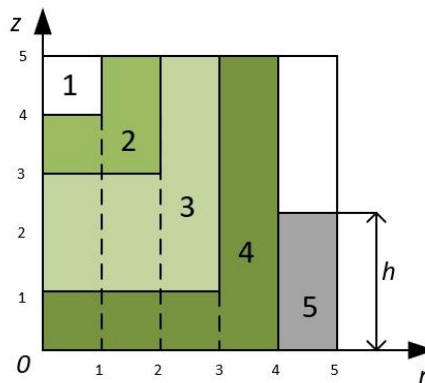


Рис. 2. Область решения задачи теплопередачи при заглублении датчика: 1 – спай термопары; 2 – керамический чехол; 3 – порошок оксида алюминия; 4 – внешний защитный чехол; 5 – воздушный зазор h- глубина зачеканивания

На границах  $r=0$  и  $z=H$  задаются условия, соответственно  $\partial T/\partial r=0$  и  $\partial T/\partial z=0$ , где  $r$  – радиальная координата, м;  $z$  – осевая координата, м;  $H$  – высота участка ТЭП, м;  $R$  – радиус чувствительного элемента, м;  $T$  – измеряемая температура, К;  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К).

Система нестационарных дифференциальных уравнений с соответствующими граничными и краевыми условиями решена с методом конечных разностей. Одномерные разностные уравнения решены методом прогонки на основе неявной четырехточечной разностной схемы [4, 5].

Область решения задачи разбита на равномерную сетку с шагом по радиальной и осевой координатам  $2,5 \cdot 10^{-2}$  мм. Шаг по временной сетке составлял 0,001 с.

## Результаты и обсуждения

Зависимость температуры спая термопары от времени нагрева для различных значений глубины зачеканивания для значений измеряемой температуры 500 К показана на рис. 3.

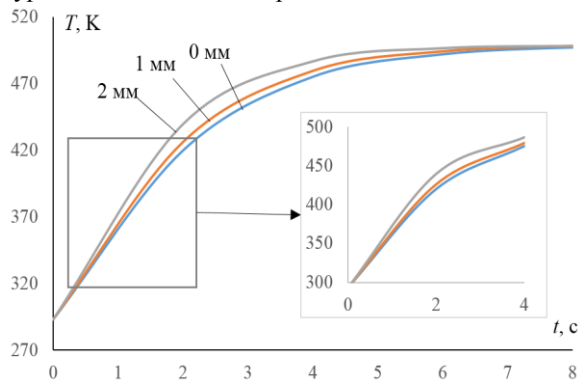


Рис. 3. Зависимость температуры спая термопары от времени нагрева при 500 К.

Из рис. 3 видно, что заглубливание чувствительного элемента датчика на 1 мм приводит к сокращению необходимой длительности нагрева до 10 %, а при заглубливании на 2 мм — до 25%. При этом с увеличением температуры влияние глубины зачеканивания уменьшается.

На рис. 4 показана зависимость необходимой длительности нагрева датчика температуры в зависимости от материала поверхности объекта измерения. Выбор материала обусловлен широким распространением стали в промышленности и энергетике. Например, для разъемов турбин ТЭС используется сталь марки ЭИ723, в коллекторах парового котла — ТЭС 12Х1М. В паропроводах котельных агрегатов применяют сталь 12МХ [7].

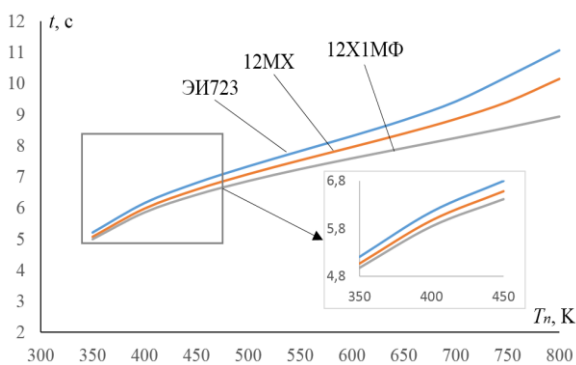


Рис. 4. Зависимость длительности нагрева датчика от материала поверхности объекта измерения и контролируемой температуры

Видно, что для стальных элементов разница в результатах не существенна, что обусловлено незначительным различием теплофизических свойств материалов.

## Заключение

В результате работы разработана модель теплопереноса в системе «преобразователь температуры – объект измерения» при зачеканивании первого в поверхность материала объекта. Полученные результаты позволяют оценить влияние глубины заделки промышленной термопары на необходимую длительность измерения. Разработанная модель позволяет определять требуемые значения длительности нагрева в реальных условиях эксплуатации датчиков с учетом свойств материала объекта измерения. Указанные характеристики представляют ценность при настройке работы систем контроля и управления температуры не только ТЭС, но и других промышленных объектов.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ (проект № 18-38-00028).

## Список использованных источников

1. Farahmand, K., Experimental measurement of fine thermocouple response time in air / K. Farahmand, J.W. Kaufman // *Experimental Heat Transfer*. – 2001. – №. 14. – P. 107–118.
2. Kuznetsov, G.V. Numerical estimation of errors of temperature measurements by thermocouples using special glues and pastes / G.V. Kuznetsov, K.M. Mukhammadeev // *Journal of Engineering Thermophysics*. – 2010. – Vol. 19, № 1. – P. 17–22.
3. Боровкова Т.В., Товстоног В.А., Елисеев В.Н. Оценка точности измерения температуры термопарами при различных способах их размещения на объекте испытания // *Инженерный журнал: наука и инновации*. 2013. №7(19). С. 19.
4. Нучин С.А., Ланин А.В., Просунцов П.В., Кордо М.Н., Забейало М.О., Русин М.Ю. Влияние способа заделки поверхностных термопар на погрешность определения температуры при испытаниях керамических материалов на установках радиационного нагрева // *Инженерно-физический журнал*. 2018. Том 91. №3. С. 628–636.
5. Атрошенко, Ю.К., Стрижак П.А. О влиянии защитной гильзы на погрешности измерения температуры термоэлектрическими преобразователями // *Энергетик*. 2015. №10. С. 52–55.
6. Glushkov D.O., Kuznetsov G.V., Strizhak P.A. Influence of radiative heat and mass transfer mechanism in system water droplet - high-temperature gases on integral characteristics of liquid evaporation // *Thermal Science*. – 2015. – Vol. 19. – № 5. – P. 1541-1552.
7. РД 34.39.201 Инструкция по монтажу трубопроводов пара и воды тепловых электростанций. – М. Главтехуправление, 1973. – 164 с.

# СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ КАЛИБРОВКИ И ПРОВЕРКИ УСТРОЙСТВА МОНИТОРИНГА И ЗАЩИТЫ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

А.Д. Рыбак

Научный руководитель: А.Г. Каранкевич

Томский политехнический университет

634050, г. Томск, пр. Ленина, д. 30

e-mail: adr4@tpu.ru

## Введение

Асинхронные электродвигатели (АД) широко используются в производстве, транспорте, нефтегазовой, угледобывающей промышленности и т.д. благодаря их надежности, простоте конструкции, высокой эффективности и большой перегрузочной способности. АД занимают более 70 % от общего числа электродвигателей в промышленности [1].

Отказы в работе АД могут привести к длительному простоя производства, увечья персонала и перерасходу материалов. Тем не менее, имеется возможность предотвратить подобные инциденты на раннем этапе и обойтись без негативных последствий. Для выполнения функций релейной защиты, автоматики, управления и мониторинга АД служат устройства мониторинга и защиты электродвигателя (УМЗ).

В Томске лидирующие позиции в производстве устройств УМЗ занимает ООО «Дион» [2]. Предприятие на протяжении 15 лет занимается разработкой и реализацией современных микропроцессорных устройств, защищающих промышленные электродвигатели от токовых аварий, аварий по напряжению и иных неисправностей. Перед отправкой к заказчику каждое устройство обязательно калибруется и проходит проверку работоспособности. На текущий момент данный процесс осуществляется работниками предприятия вручную.

Задачей данной работы является разработка системы для автоматизации процесса калибровки и проверки работоспособности устройства УМЗ.

## Назначение системы

Разрабатываемый токовый стенд выполняет следующие функции:

— Калибровка устройства УМЗ в соответствии с номиналом. На ООО «Дион» представлено 4 номинала, отличающиеся друг от друга рабочим диапазоном фазных токов.

— Проверка функции минимальной токовой защиты. Для исключения ложных срабатываний данная защита не действует во время запуска электродвигателя.

— Проверка функции максимальной токовой защиты. Данный вид защиты обеспечивает защиту от длительных незначительных перегрузок по току.

— Проверка функции защиты по току отсечки. Данный вид защиты обеспечивает первую

ступень защиты – защиту от токов короткого замыкания.

— Проверка функции защиты от несимметрии тока в фазах [3, 4].

## Описание алгоритма

Для решения задачи калибровки и проверки работоспособности микропроцессорного устройства УМЗ разрабатывается токовый стенд. Стенд включает в себя микроконтроллер STM32 и плату имитации токов (ПИТ).

ПИТ представляет собой схему плавной регулировки силы тока при помощи ключевого управления. Особенностью данной схемы является получение больших значений силы тока до 5000 А при входном напряжении 1-2 В [5, 6].

Микроконтроллер STM32 управляет изменением и поддержкой требуемого значения силы тока [7].

Устройство УМЗ подключается к трем фазам на выходе ПИТ.

При помощи прикладного программного обеспечения, установленного на компьютере, задается номинал устройства и снимаются показания с устройства УМЗ. Также возможно изменение уставок устройства УМЗ.

Структурная схема системы автоматизированной калибровки и проверки устройства УМЗ представлена на рисунке 1. В структурной схеме используются следующие обозначения:

- ПК – персональный компьютер;
- МК – микроконтроллер;
- ПИТ – плата имитации токов;
- УМЗ – устройство мониторинга и защиты.

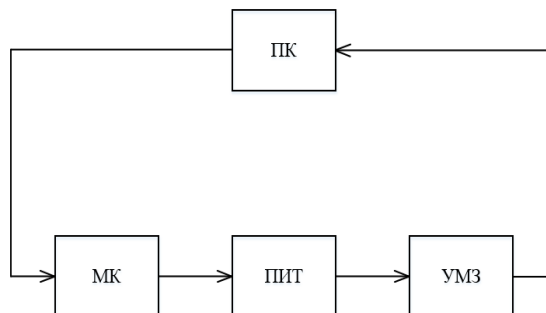


Рис. 1. Структурная схема системы

После подключения устройства УМЗ к токовому стенду и ПК в программном обеспечении выбирается номинал устройства. Затем включается режим «Калибровка устройства». После успешной калибровки устройства УМЗ начинается поочередная проверка функций защиты. Все результаты передаются на ПК.

После успешного прохождения тестирования процесс завершается. При обнаружении неисправностей и недочетов в работе устройство УМЗ направляется на повторную проверку специалистом вручную.

В процессе проверки устройства возможно изменение заводских уставок.

### Программное обеспечение

Для изменения управляющих воздействий, уставок устройства УМЗ и выведения результатов проверки разрабатывается прикладное программное обеспечение, работающее под управлением операционной системы Windows.

Программное обеспечение предоставляет возможности:

- Дистанционного изменения значений входных сигналов;
- Дистанционного управления и изменения настроек устройства УМЗ;
- Отображения текущего состояния устройства;
- Просмотр текущих значений фазных токов;
- Регистрация событий в журнал событий;
- Регистрация аварий в журнал аварий;
- Отображения в виде графиков текущих характеристик устройства.
- Запись и сохранение в файл наименование и текущие уставки устройства УМЗ, а также текущие значения измеряемых параметров;

- Запись и сохранение в файл графиков текущих значений измеряемых параметров.

### Заключение

На текущий момент достигнуты следующие результаты:

- Разработана и изготавливается плата имитации токов, служащая для плавной регулировки силы тока;
- Определена экономическая целесообразность разработки;
- Разрабатывается прикладное программное обеспечение, предназначенное для задания номинала устройства УМЗ, изменение его уставок и получения информации о текущем состоянии устройства в режиме реального времени.

### Список использованных источников

1. Электротехника и электроника. [Электронный ресурс]. – URL: <http://solo-project.com/oborudovanie/trehfaznyy-asynhronnyy-dvigatel.html> (дата обращения: 10.09.2018).
2. Дион. Приборы защиты трехфазных электроустановок. [Электронный ресурс]. – URL: <http://reletomsk.ru> (дата обращения: 01.10.2018)
3. Устройство мониторинга и защиты УМЗ IP60. Паспорт устройства. – Томск: ООО «Дион», 2017. – 36 с.
4. Каталог продукции. Устройства мониторинга и защиты. – Томск: ООО «Дион», 2018. – 51 с.
5. Кузнецов М. И. Основы электротехники. Учебное пособие. – М.: Высшая школа, 1970. – 368 с.
6. Мартынова И. О. Электротехника. Учебник. – Кнорус, 2017. – 304 с.
7. STM32F205xx. STM32F207xx. Datasheet. – STMicroelectronics, 2016. – 184 p.

# РАЗРАБОТКА ДВУХПОЗИЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ УРОВНЕМ ЖИДКОСТИ

А.А. Кононенко  
 Научный руководитель: А.В. Цавнин  
 Томский политехнический университет  
 aak223@tpu.ru

## Введение

Высокопроизводительная, экономичная и безопасная работа технологических процессов требует применения современных методов и средств измерения величин, характеризующих ход производственного процесса и состояния оборудования. Автоматический контроль является логически первой ступенью автоматизации, без успешного функционирования которых невозможно создание эффективных АСУ ТП [1].

Двухпозиционные регуляторы обеспечивают приемлемое качество регулирования для инерционных объектов с малым запаздыванием и просты в эксплуатации [2]. Эти регуляторы представляют собой обычный и наиболее распространенный метод регулирования. Системы управления уровнем жидкости удобно применять в различных сферах промышленности для автоматического заполнения резервуара при критическом уровне жидкости в нем.

## Основная часть

В работе рассматривается двухпозиционная автоматическая система управления уровнем электропроводящей жидкости в резервуаре. Непосредственно в резервуаре на разной высоте располагаются три электрических контакта: контакт опорного напряжения, контакт High и контакт Low. На рисунке 1 схематично представлен резервуар с жидкостью и вынесенные контролируемые контакты системы управления.

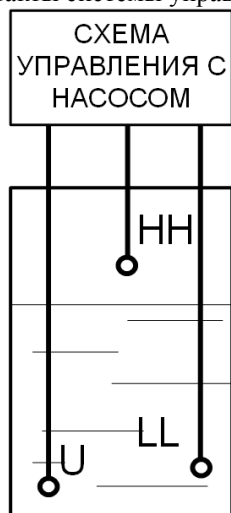


Рис. 1. Расположение контактов в резервуаре

По сути, каждая пара контактов представляет собой ключ, который замыкается через проводящую жидкость. При срабатывании ключа U-HH

происходит отключение насоса для предотвращения переполнения резервуара. При срабатывании ключа U-LL, т.е. при минимально допустимом значении уровня, происходит запуск насоса.

Далее, более подробно рассмотрим схему управления, представленную на рисунке 2.

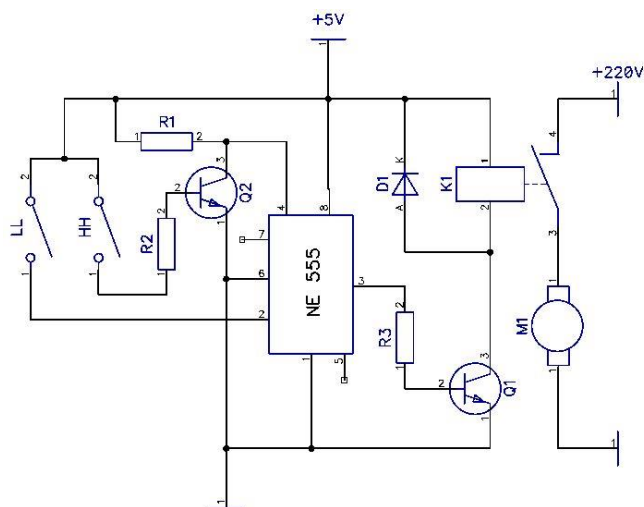


Рис. 2. Схема управления

Данная схема работает на основе микросхемы NE555. 555 — интегральная схема, универсальный таймер для формирования (генерации) одиночных и повторяющихся импульсов со стабильными временными характеристиками. Впервые выпущен в 1971 году компанией Signetics под обозначением NE555. Представляет собой асинхронный RS-триггер со специфическими порогами входов, точно заданными аналоговыми компараторами и встроенным делителем напряжения [3]. Схема NE555 имеет 8 контактов: маркировка контактов и внешний вид управляющей микросхемы приведены на рисунках 3 и 4.

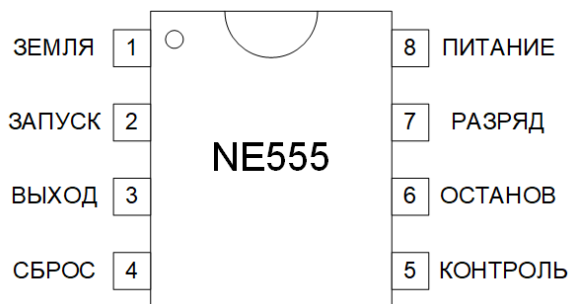


Рис. 3. Контакты схемы NE555



Рис. 4. Внешний вид используемой микросхемы

Вся схема запитывается источником постоянного напряжения амплитудой 5 вольт. Кроме того, в состав схемы управления входят 2 резистора  $R_1 = R_2 = 100 \text{ Ом}$  и резистор  $R_3 = 10 \text{ кОм}$ . В качестве переключающих элементов использованы транзисторы BC548 NPN-типа.

Коммутация насоса происходит с помощью реле SRD-05VDC-SL-C, позволяющее сигналам малой амплитуды коммутировать цепи с напряжением до 230 вольт переменного напряжения. В качестве насоса в данной работе используется насос D9358, с бесщеточным мотором постоянного тока, с приводом через магнитную муфту [3]. Внешний вид насоса представлен на рисунке 5.



Рис. 5. Внешний вид насоса D9358

При срабатывании ключа U-LL на контакт 2 микросхемы поступает высокий уровень напряжения напрямую с питания, что активирует выходной контакт 3, который открывает транзисторный ключ, обеспечивающий протекание тока через реле, включающее насос.

При срабатывании ключа U-НН осуществляется открытие другого транзисторного ключа, через который ток приходит на контакт 4 (сброс таймера) и на контакт 6 – останов, что приводит к прекращению протекания тока через контакт 3, а, следовательно, размыкание управляющего реле и остановка насоса.

#### Заключение

На основе материала, изученного для данной работы, была разработана и описана двухпозиционная система управления уровнем жидкости, работающая на основе микросхемы NE555, которая может быть применена в разных областях. Изучены алгоритмы, принципы работы используемой микросхемы и всех элементов, входящих в состав принципиальной схемы.

#### Список использованных источников

1. О.Г. Харахан, Е.С. Могирева. Теоретические основы автоматизированной обработки информации и управления. 2018. – 1-8. с.
2. Китов А.И. Автоматизация производства // Автоматизация производства и промышленная электроника. Т. 1, М.: Государственное научное издательство «Советская энциклопедия», 1962. – 17-20 с.
3. Camenzind, H. Designing Analog Circuits. — Virtualbookworm Publishing, 2005. — 244 с.
4. Интегральный таймер NE555. [Электронный ресурс]. URL: <http://elektrik.info/main/praktika/654-integralnyu-taymer-ne555.html> (Дата обращения: 16.11.2018).
5. Погружная микропомпа D9358. [Электронный ресурс]. URL: <http://robotday.ru/2016/05/07/погружная-микропомпа> (Дата обращения: 10.11.2018).

# ГЕНЕРАЦИЯ ТЕКСТОВОЙ КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕКУРРЕНТНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

С.А. Леоновец  
Университет ИТМО  
ser2694@yandex.ru

## Введение

Подготовка конструкторской документации является одним из этапов выполнения опытно-конструкторской работы на приборостроительном предприятии по разработке нового программно-управляемого изделия. Комплект конструкторской документации (КД) включает в себя чертежную, текстовую, схематехническую и другие виды документации. В процессе оформления документации используются специализированные программные продукты [1-2] — системы автоматизации проектирования (САПР), благодаря которым, разработчики автоматизируют процесс разработки отдельных видов документов, входящих в КД. Подготовка документации является для разработчика трудоемким процессом, а автоматизация разработки имеет целью снижение трудоемкости разработки изделия с одновременным решением задач снижения временных сроков проектирования изделия и снижения числа ошибок, содержащихся в результирующем проекте, обусловленных влиянием человеческого фактора.

Для решения задачи автоматизации подготовки текста для документов КД было решено использовать рекуррентные нейронные сети.

## Нейронная сеть для генерации текста

Для решения данной задачи была использована рекуррентная нейронная сеть (RNN), которая представляет вид нейронных сетей, где связи между элементами образуют направленную последовательность. Благодаря такой особенности, появляется возможность обрабатывать серии событий во времени или последовательные пространственные цепочки. Отличительной особенностью RNN сетей от многослойных перцептронов является возможность использовать свою внутреннюю память для обработки последовательностей произвольной длины. Благодаря этому, сети RNN применимы в таких задачах, где нечто целостное разбито на сегменты, например, распознавание рукописного текста или распознавание речи. Было предложено много различных архитектурных решений для рекуррентных сетей от простых до сложных. В последнее время наибольшее распространение получили сеть с долговременной и кратковременной памятью (LSTM) и управляемый рекуррентный блок (GRU) [3].

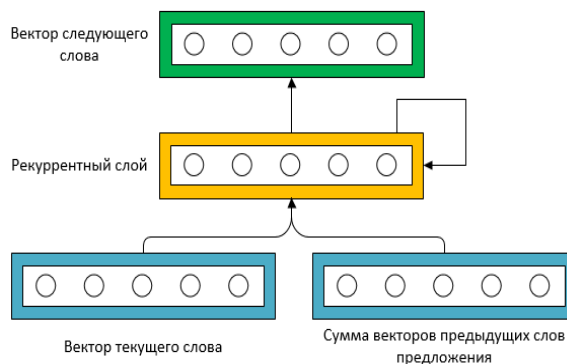


Рис. 1. Модель нейронной сети

На рисунке 1 изображена рекуррентная нейронная сеть, каждый символ имеет ассоциированный «вектор букв», который сеть будет тренировать с обратным распространением. Эти «векторы букв» объединяются посредством узнаваемого преобразования матричного вектора в представление скрытого слоя (желтый), затем в выходное пространство (зеленое). Выходное пространство имеет размерность, равную количеству символов в наборе данных, и каждое измерение обеспечивает вероятность следующего символа в последовательности. Таким образом, сеть обучается всегда прогнозировать следующий символ (используя потерю кросс-энтропии Softmax для всех букв). Величина, которая отслеживается во время тренировки, называется перплексией, которая измеряет уровень неоднозначности сети, чтобы увидеть следующий символ в последовательности. Например, если перплексия равна 4.0, то сеть угадывает равномерно случайным образом из 4 возможных символов для следующей буквы. Во время тестирования предсказание в настоящее время выполняется итеративно по жадному методу. Скорость обучения была выбрана 0.01 секунды, а Softmax - 1.00. Параметры были подобраны опытным для наилучшей сходимости. Зададим оценку качества модели при перплексии меньше 1. И проведем эксперимент зависимости времени обучения нейросети от количества нейронов с скрытым (рекуррентным) слоем. Для первого эксперимента в скрытом слое будет содержаться 20 нейронов.

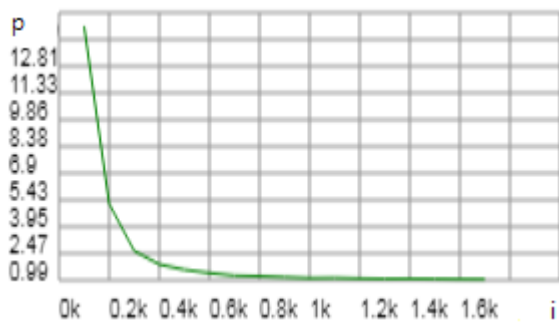


Рис. 2. График зависимости перплексии от итерации в первом эксперименте

На рисунке 2 изображена зависимость перплексии от времени. Так как перплексия стремится к заданным параметрам качества, можно сделать вывод, что параметры и архитектура подобраны правильно и нейронная сеть сходится.

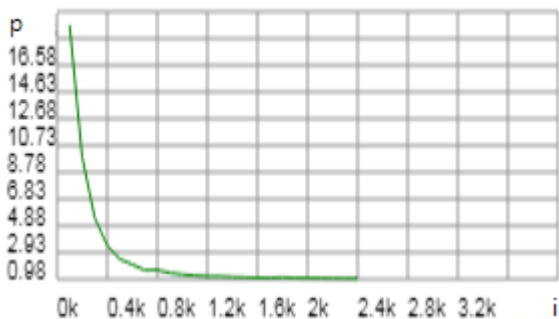


Рис. 3. График зависимости перплексии от итерации во втором эксперименте

На рисунке 3 изображена зависимость перплексии от времени для второго эксперимента, в котором скрытый слой нейросети содержит 40 нейронов. Исходя из полученных данных, можно сделать вывод, что при увеличении числа нейронов увеличивается эффективность и время обучения сети. Но большое количество итераций нивелирует степень влияния начальных условий при больших значениях числа нейронов и позволяет нейросети с меньшим количеством нейронов обучиться до своих предельных параметров. Для обучения нейронной сети использовалась конструкторская документация на приборное бортовое оборудование. Вот пример нескольких предложений, полученных в ходе работы сети: «Частота обновления графического изображения должна быть не менее 50 Гц.», «Частота обновления изображения 50 Гц.», «Обновление изображения должна быть не менее 50 Гц.». Чтобы результат работы нейронной сети можно

было использовать в конструкторских и программных документах, необходимо добавлять еще один слой, который будет исправлять грамматические ошибки.

### Заключение

Разработана модель нейронной сети, позволяющей автоматизировать подготовку текста для конструкторской документации.

Полученные результаты могут быть использованы разработчиками приборостроительных организаций, учеными. Апробация работы данной модели может производиться с использованием действующих в области приборостроения отечественных стандартов. За счет автоматизации процесса подготовки документации существенно сокращаются затраты на разработку изделия в целом.

### Список использованных источников

1. Бычков И., Вашук Ю. Конструкторская спецификация – информационная основа управления предприятием // САПР и графика. 2001. № 9. С. 90–95.
2. Леоновец С.А., Гурьянов А.В., Шукалов А.В., Жаринов И.О. Программное обеспечение для автоматизации подготовки текстовой конструкторской документации на программно-управляемые изделия // Программная инженерия - 2017. - Т. 8. - № 3. - С. 129–135.
3. Рекуррентная нейронная сеть - Википедия. [Электронный ресурс]. – URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Recurrent\\_neural\\_network](https://en.wikipedia.org/wiki/Recurrent_neural_network) (дата обращения 21.11.2018).
4. Гатчин Ю.А., Жаринов И.О., Жаринов О.О. Архитектура программного обеспечения автоматизированного рабочего места разработчика бортового авиационного оборудования // Научно-технический информационных технологий, механики и оптики. 2012. № 2. С. 140–141.
5. Гурьянов А.В., Шукалов А.В., Жаринов И.О., Леоновец С.А., Диденко Е.Ю. Управление инженерными данными проекта при автоматизации подготовки конструкторской документации // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2017. Т. 17. № 1. С. 182–186.



## ПОКАЗАТЕЛЬ ТЕПЛОЙ ИНЕРЦИИ ТЕРМОПАР В СИСТЕМАХ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПЕРЕГРЕТОГО ПАРА

Т.С. Бойкова, Ю.К. Атрошенко

Научный руководитель к.т.н., ст. преподаватель ИШЭ НОЦ И. Н. Бутакова Ю.К. Атрошенко  
Томский политехнический университет  
tomassb@mail.ru

Во всех отраслях деятельности человека присутствует связь с таким показателем, как температура. Проблемы получения оперативной и достоверной информации о текущих значениях температуры всегда были важны. Несмотря на развитые технологии, существуют отрасли, в которых есть проблемы получения результатов измерения от датчиков температуры. Такая проблема, например, имеет место при измерении температуры на тепловых электрических станциях, где температура является одним из главных параметров, характеризующих качество и надежность работы станции [1]. Измерения температуры на ТЭС составляют до 50 % от общего числа измерений [2], это важно для контроля процессов, анализа технических и экономических показателей производства энергии, а также для оценки надежности и долговечности работы оборудования при различных условиях. При регулировании температуры на современных электрических станциях к системам предъявляются жесткие требования: главным образом, точность поддержания параметра на заданном значении. Превышение температуры пара в течение нескольких часов даже на несколько градусов приводит к потере ресурса поверхностей нагрева котла, эквивалентного нескольким месяцам эксплуатации при нормативных параметрах [3].

Регулирование температуры перегретого пара выполняется в паровом тракте пароперегревателя котлоагрегата. Наибольшее распространение получила двухимпульсная система регулирования [4]. Принципиальная схема двухимпульсной автоматической системы регулирования (АСР) температуры перегретого пара [5,6] показана на рис. 1.

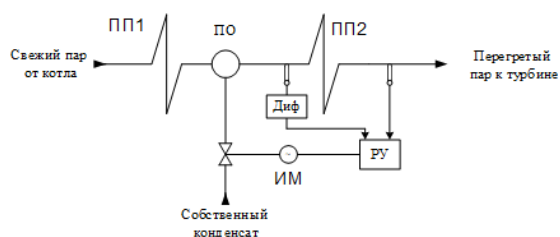


Рис. 1. Принципиальная схема двухимпульсной АСР температуры перегретого пара: ПП1, ПП2 – пароперегреватель, ПО – парохладитель, ИМ – исполнительный механизм, РУ – регулирующее устройство, Диф – дифференциатор

Возмущения, идущие из предвключенных пакетов пароперегревателя в регулируемый участок можно отфильтровать с помощью внутреннего малоинерционного контура, а с помощью внешнего

инерционного контура обеспечивается поддержание температуры на заданном значении. Такая система может обеспечивать поддержание регулируемой величины на входе в участок пароперегревателя, а значит и более высокое качество регулирования параметра на выходе из перегревателя [6]. При расчете оптимальных настроек регуляторов для системы, схема которой показана на рис. 1, используются передаточные функции первичных преобразователей температуры (термоэлектрических преобразователей (ТЭП)). Передаточная функция термопары описывается выражением:

$$W_T(P) = \frac{K_T}{T_T \cdot P + 1}, \quad (1)$$

где  $K_T$  – коэффициент передачи термопары, определяемый ее номинальной статической характеристикой,  $T_T$  – постоянная времени термопары.

При расчете передаточной функции термопары на практике, как правило, пользуются значениями  $T_T$ , указанными в паспорте термоэлектрического преобразователя. Такие значения являются типовыми и не учитывают фактические условия монтажа датчика, которые могут приводить к значительному увеличению инерционности реакции термопары на изменение температуры [7], то есть изменению коэффициента  $T_T$ . Для измерения температуры пара на выходе из пароперегревателя используются погружаемые термоэлектрические преобразователи, устанавливаемые в защитные гильзы. Использование защитных гильз позволяет в случае необходимости проводить извлечение и замену датчика без остановки технологического процесса. В случае использования гильз на показатель тепловой инерции термопар будет оказывать влияние как материал, заполняющий гильзу, так и соотношение геометрических размеров чувствительного элемента датчика и защитной гильзы [8].

В зависимости от конструкции датчика для термоэлектрического преобразователя значения постоянной времени для большинства датчиков варьируется в диапазоне от 10 до 20 с, тогда как в реальных условиях при установке датчика в защитную гильзу этот показатель может быть выше в несколько раз. Для учета фактических условий монтажа датчика при расчете постоянной времени  $T_T$  термопары, целесообразно использовать модель теплопереноса в системе «защитная гильза – термоэлектрический преобразователь», соответствующую фактическим способам монтажа датчика и описанную в работах [7, 8].

В рамках выполнения работы с целью определения значений постоянных времени с помощью численного моделирования получены теоретические кривые разгона термоэлектрических преобразователей промышленного исполнения с НСХ  $K$  (ХА),  $E$  (ХКн) и  $L$  (ХК). На рис. 2 показаны кривые разгона для термопары типа  $E$  (ХКн) с учетом реальных условий монтажа [1] и для паспортных значений постоянной времени при фиксированных геометрических характеристиках чувствительного элемента датчика и заполнения гильзы кварцевым песком.

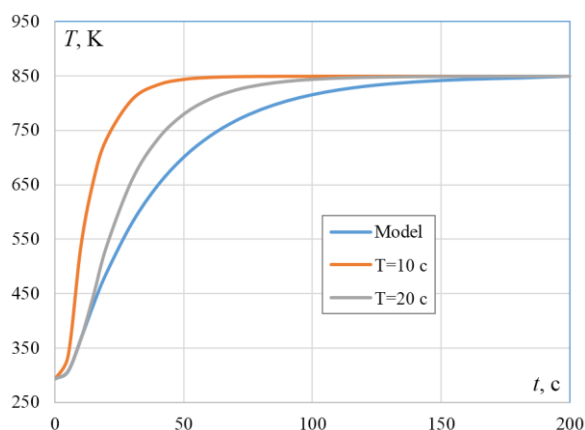


Рис. 2. Кривые разгона ТЭП, полученные с помощью модели и «паспортных» значений постоянной времени

Из рис. 2 видно, что полученная с помощью численного моделирования кривая разгона имеет существенно более высокую постоянную времени (более 50 с) по сравнению с «паспортными» значениями. Такие различия могут впоследствии оказывать влияние на качество процесса регулирования, так как могут не обрабатываться АСР с принятыми настройками регуляторов.

В работе выполнен расчет кривой разгона термоэлектрического преобразователя с учетом фактического способа монтажа датчика. Показано, что учет влияния защитной гильзы, буферного материала оказывает существенное влияние на параметры передаточной функции термопары. По результатам исследований можно сделать вывод о том, что при расчете оптимальных параметров настройки регуляторов в системах регулирования температуры необходимо рассматривать датчик температуры не отдельно, а в комплексе со вспомогательной арматурой и материалами с учетом способа установки датчика. Необходимая длительность работы термопары может способствовать повышению точности измерения. Высокая инерционность системы на изменение температуры может привести к снижению надежности оборудования на ТЭС, так как большая

доля отказов приходится на оборудование, находящееся постоянно в высоком температурном режиме, претерпевающее постоянные механические нагрузки, оборудование, подверженное технологическим дефектам. Результаты полученных передаточных функций в зависимости от постоянной времени, будут применяться при расчете параметров настройки регуляторов и переходных процессов.

#### Список использованных источников

1. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации (утв. Приказом Минэнерго от 19.06.2003 г. № 229), Москва. – 180 С.
2. РД 153-34.1-35.104-2001 Методические указания по объему технологических измерений, сигнализации, автоматического регулирования на тепловых электростанциях с ПГУ, оснащенных АСУ ТП. – М.: Служба передового опыта ОРГРЭС. – 2002. – 61 С.
3. Автоматизированные системы управления технологическими процессами на ТЭС: учебник. – Томск: Изд-во ТПУ, 2016. – 408 с.
4. Кулаков Г.Т., Горельшева М.Л. Исследование влияния качества регулирования температуры перегретого пара на срок службы металла пароперегревателя // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. – Минск, 2009. – №4. – С.62-69;
5. Журавлева А.А., Шит М.Л. Система автоматического регулирования температуры перегретого пара барабанного котла // Проблемы региональной энергетики. – Кичинев, 2006. – №1. – С. 16-29;
6. Жирнова М.Е., Григорьева М.М. Автоматическая система регулирования температуры перегретого пара парогенератора Е-270-13,8-510 // Теплофизические основы энергетических технологий. – Томск, 2010. – С. 273–277;
7. Атрошенко Ю.К., Стрижак П.А. О влиянии защитной гильзы на погрешность измерения температуры термоэлектрическими преобразователями // Энергетик. – Москва, 2015. – № 10. – С. 52–55;
8. Бойкова Т. С. Показатель тепловой инерции термопар в системах регулирования температуры установок подогрева нефти // Проблемы геологии и освоения недр: труды XXI Международного симпозиума имени академика М. А. Усова, Томск, 2017. – Т. 2. – С. 173–175.

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ЦИКЛИЧЕСКОЙ РАБОТЫ АППАРАТА ДЕСУБЛИМАЦИИ

А.В. Николаев, Н.С. Криницын  
Научный руководитель: В.Ф. Дядик  
Томский политехнический университет  
E-mail: niav@tpu.ru

## Введение

Процессы с фазовым переходом широко применяются в промышленности для разделения бинарных и многокомпонентных смесей и выделения ценных компонентов из них. Не исключением является и выделение гексафторида урана (ГФУ) из состава технологического газа, получаемого в процессе проведения высокотемпературных реакций фторирования на Сублиматном заводе АО «СХК» [1]. Путем соблюдения температурного режима рабочей поверхности происходит процесс десублимации ГФУ на ней, при этом примеси остаются в составе газа. Для осуществления непрерывного технологического процесса десублимации на заводе применяется аппарат проточного типа, через который постоянно движется газовая смесь. Аппарат имеет цилиндрическую форму, внутри которого смонтирована трубчатка, разделённая на 9 секций [2].

## Цикл работы аппарата

Аппарат десублимации характеризуется циклическим режимом работы. В процессе накопления ГФУ в секции трубчатки аппарата подаётся хладагент, а в моменты сброса – теплоноситель. Таким образом, цикл работы секции трубчатки состоит из интервала захлаживания  $t_3$  и интервала сброса  $t_{сб}$ .

$$t_{ц} = t_3 + t_{сб}$$

Сброс накопленного ГФУ осуществляется за счёт протекающего процесса сублимации на границе трубчатка-десублимат, возникающий при нагреве поверхности трубчатки. В результате действия силы тяжести продукт осыпается в транспортные контейнеры. На начало процесса осыпания влияет температура и расход теплоносителя. Длительность осыпания не зависит от внешних факторов, в том числе и от толщины слоя накопленного десублимата. Поэтому время сброса следует фиксировать на том значении, которое гарантирует осыпание продукта.

Накопление десублимата характеризуется скоростью нарастания слоя и его плотностью. В зависимости от состава и расхода технологического газа, температуры хладагента изменяется скорость десублимации. Длительность захлаживания влияет на плотность нарастаемого продукта [3].

Положительно на процесс десублимации влияет наличие общего захлаживания аппарата, когда ни одна из секций не осуществляет сброс. В этот момент общая температура внутри аппарата снижается, что позволяет получать продукт при более низких концентрациях ГФУ в составе технологического газа.

## Интервал захлаживания

Время интервала захлаживания рассчитывается исходя из текущей нагрузки технологической линии. При этом минимальное время интервала захлаживания при последовательном отпаривании секций рассчитывается по формуле:

$$t_{3 \min} = (n-1) \cdot t_{сб},$$

где  $n$  – количество секций в трубчатке, шт.

При выполнении условия  $t_3 > (n-1) \cdot t_{сб}$  образуются интервалы общего захлаживания всей трубчатки аппарата. Данные промежутки позволяют повышать производительность за счёт снижения температуры технологического газа внутри аппарата и десублимации ГФУ при его малой концентрации. Поэтому рекомендуется сначала выполнять сброс с секций по выбранной последовательности и затем осуществлять общее захлаживание, не разбивая его на короткие промежутки между интервалами отпаривания.

## Последовательность работы секций

Примем допущение, что накопление десублимата на разных секциях происходит равномерно. Поэтому цикл работы у всех секций принят равным друг другу. Для определения последовательности работы секций трубчатки руководствуемся следующими критериями:

- порядок отпаривания секций должен обеспечивать равномерное распределение массы сбрасываемого десублимата за цикл работы трубчатки, что позволит стабилизировать насыпную плотность в транспортной ёмкости;
- следует минимизировать локальный разогрев технологического газа, возникающий в моменты сброса десублимата с двух соседних секций. Равномерное распределение последовательности отпаривания секций позволит избежать колебания температуры технологического газа внутри аппарата.

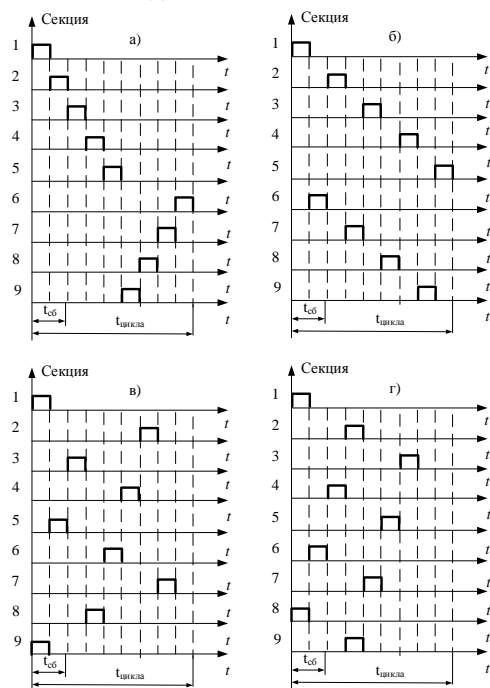
При анализе работы трубчатки рассмотрим режимы работы с возможностью одновременного отпаривания нескольких секций.

Действующая последовательность отпаривания представлена на рисунке 1-а. Данный режим работы характеризуется отпариванием от крайних секций к центральным. При этом присутствует последовательный разогрев двух соседних секций, что приводит к локальному разогреву технологического газа и соседних трубок. Промежутки с общим захлаживанием отсутствуют.

Для исключения локального разогрева технологического газа предлагается работа секций, пред-

ставленная на рисунке 1-б. При данной схеме работы отпариваемые секции максимально отдалены друг от друга.

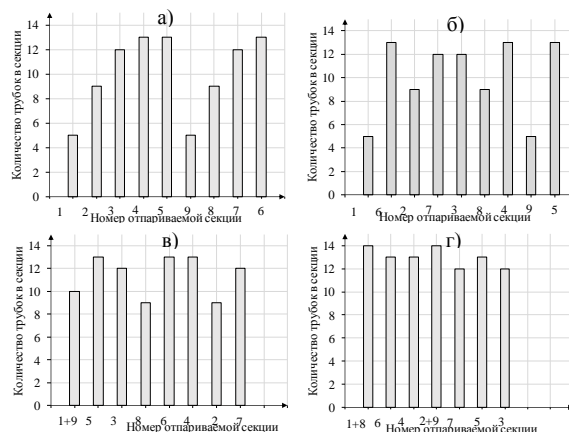
Варианты совместного отпаривания нескольких секций представлены на рисунках 1-в и 1-г. Преимущество представленных режимов работы является возможность стабилизации массы сбрасываемого ГФУ в единицу времени, что позволяет стабилизировать насыпную плотность продукта. Наличие промежутка общего захлаживания трубочатки аппарата позволяет использовать его для уменьшения интервала захлаживания каждой секции. Это даёт возможность увеличить количество перерабатываемого ГФУ при возникшей производственной необходимости.



а) действующая последовательность сброса; б) последовательность сброса без совместного отпаривания; в) последовательность сброса с одним совместным отпариванием; г) последовательность сброса с двумя совместным отпариванием.

Рис. 1. Циклограммы работы трубочатки аппарата десублимации

Исходя из допущения, что скорость накопления десублимата одинакова на всех секциях, то масса сбрасываемого десублимата будет пропорциональной количеству трубок в секциях. Тогда составим гистограмму по количеству отпариваемых трубок, при возможных комбинациях совместного отпаривания. Полученные гистограммы представлены на рисунке 2.



а) действующая последовательность сброса; б) сброса без совместного отпаривания; в) последовательность сброса с одним совместным отпариванием; г) последовательность сброса с двумя совместным отпариванием.

Рис. 2. Гистограмма количества отпариваемых трубок при различных комбинациях сброса

Предпочтительней выглядит распределение по количеству отпариваемых трубок, изображенное на рисунке 2-г. Преимущество данного распределения является минимальное расхождение по количеству одновременно отпариваемых трубок в интервал сброса.

#### Заключение

Анализ действующей последовательности работы трубочатки аппарат десублимации показал её существенные недостатки. В ней присутствуют, как локальные перегревы за счёт последовательной работы секций, так и колебания по массе сбрасываемого продукта. Порядок сброса в предлагаемой последовательности работы трубочатки реализует сброс с значительно удалённых друг от друга секций. Это исключает их взаимное влияние друг на друга в процессе работы. Наличие совместного сброса с двух секций одновременно позволяет увеличить диапазон варьирования длительности захлаживания и варьировать производительность при необходимости.

#### Список использованных источников

1. Орлов А.А., Малюгин Р.В. Анализ способов получения гексафторида урана, очистки его от примесей и заполнения в транспортные емкости // Современные наукоёмкие технологии. Региональное приложение. – 2014. – №3. – С. 89–98.
2. Николаев, А.В., Криницын Н. С., Дядик В. Ф. Математическая модель десублиматора производства гексафторида урана // Известия вузов. Физика. – 2015. – Т.58. – № 12/3. – С. 97–103.
3. Вильнина А.В., Ливенцов С.Н. Адаптивный алгоритм управления узлом десублимации гексафторида урана // Известия ТПУ. – 2008. – Т. 312. – № 5. – С. 133-136.

# СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ РОБОКАТЕТЕРОМ

А.А. Польников, М.П. Швецов, А.А. Кравченко  
Научный руководитель: А.В. Цавнин  
Консультант: Н.В. Лаптев  
Томский политехнический университет  
aap118@tpu.ru

## Введение

В настоящее время происходит активное внедрение роботов в жизнь человека. В частности, наиболее перспективным направлением является медицина. В недалеком будущем планируется выполнение сложнейших хирургических операций и доставки препаратов внутрь организма. Для этого, робототехнические устройства должны обладать повышенной управляемостью, гибкостью и достаточно большим количеством степеней, что сегодня является актуальной задачей [1], [2].

Цель работы заключается в разработке системы управления робокатетером, обеспечивающей точное позиционирование робота в пространстве.

## Основная часть

Описываемый робокатетер имеет вид, представленный на рисунке 1.

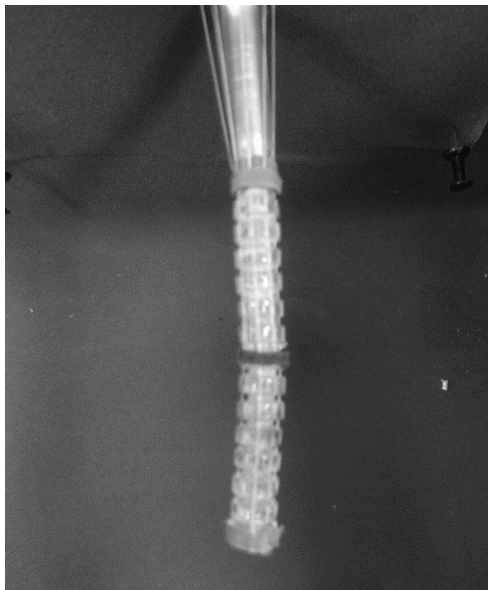


Рис. 1. Робокатетер

Управление катетером осуществляется с помощью упругих связей, которые регулируются шаговыми двигателями [3]. Для позиционирования робокатетера используется 9 шаговых двигателей: 4 двигателя отвечают за ось X, 4 двигателя за ось Y и 1 двигатель за ось Z [4]. Угол поворота и скорость двигателей регулируется с помощью драйвера HY-DIV268N-5A [5]. Схема подключения двигателя к драйверу приведена на рисунке 2.

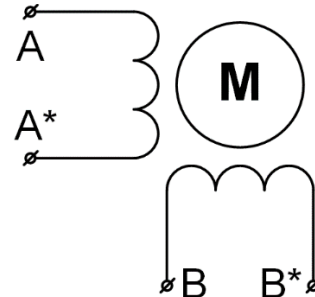


Рис. 2. Схема подключения двигателя к драйверу

Драйвер получает управляющие команды от микроконтроллера ATmega2560, установленный на платформе Arduino Mega [6]. Вся система управления и сам объект управления выполнены в виде единого стенда, приведенного на рисунках 3 и 4.

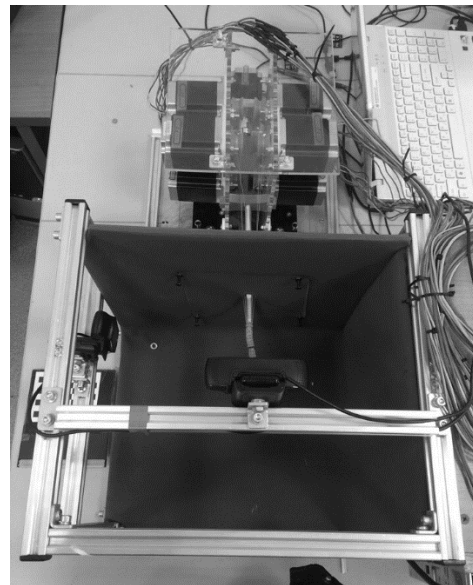


Рис. 3. Стенд

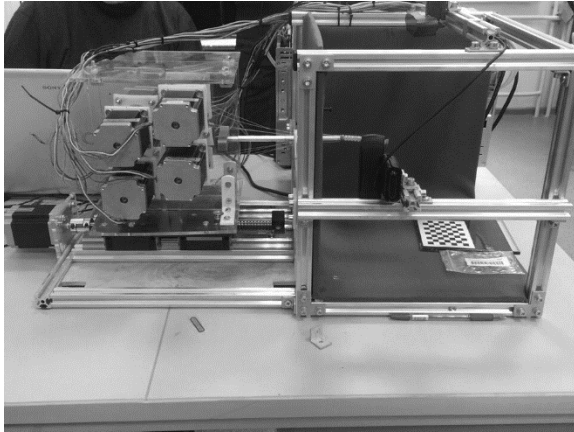


Рис. 4. Стенд

Для решения задачи управления шаговыми двигателями было разработано приложение Windows Forms в среде MATLAB [7].

В Microsoft Visual Studio с аддоном Visual Micro была разработана программная оболочка и библиотека на C++.

На вход контроллера поступают значения длин нитей, которые необходимо намотать или отмотать, для каждого мотора индивидуально. Эти длины переводятся в соответствии с таблицей параметров в шаги для каждого из двигателей. Таблица с шагами передается в библиотеку управления драйверами.

Суть управления драйвером сводится к следующему циклу: Для поворота драйвера на 1 шаг сначала необходимо подать на контакт STEP драйвера логическую единицу - сигнал 5v - с микроконтроллера на период времени  $t$ , потом снять этот сигнал на тот-же период. Драйвер повернет двигатель на 1 шаг.

Этот цикл повторяется с каждым двигателем до обнуления счетчиков шагов. Направление вращения задается подачей сигнала на контакт DIR драйвера: если нет сигнала, то вращение в одну сторону, если есть - в другую.

Данный цикл повторяется для каждого из двигателей.

Библиотека позволяет подключить условно неограниченное число драйверов от 1 штуки.

Ограничения на количество подключаемых драйверов в библиотеке связаны с возможностями встроенного таймера и его точности, а так же со скоростью работы самого микроконтроллера.

## Заключение

На сегодняшний день был собран стенд, который показывает работу робокатетера. Данный механизм обладает достаточно большой управляемостью и достаточно большое количество степеней свободы.

В дальнейшем полученный знания можно применять в медицинской и промышленной сфере. Данное устройство учувствует в технической секторе. С помощью него можно производить проход по каналам, которые недоступны для человека.

Для медицинской сферы робокатетер не доработан. В будущем планируется усовершенствование устройства, для достижения максимальной эффективности приборов. И внедрение данного прибора в медицинскую сферу.

## Список использованных источников

1. avtonavideo.ru [Электронный ресурс] - URL: [https://avtonavideo.ru/vLckiXv2daeUo/robocatheter\\_a\\_cable-driven\\_parallel\\_robot.html](https://avtonavideo.ru/vLckiXv2daeUo/robocatheter_a_cable-driven_parallel_robot.html) (дата обращения 1.10.2018)
2. Long List [Электронный ресурс] - URL: <http://longlist.org/robocatheter++a+cable+driven+parallel+robot> (дата обращения 1.10.2018)
3. cnc-market [Электронный ресурс] - URL: <http://cnc-market.ru/index.php/magazin/shagovye-dvigateli/nema23-23hs8430> (дата обращения 3.10.2018).
4. Комплектующие для станков ЧПУ [Электронный ресурс] - URL: <https://cnc.prom.ua/p4348106-dvigatel-shagovyj-23hs8430.html> (дата обращения 5.10.2018).
5. Драйвер HY-DIV268N-5A для шаговых двигателей [Электронный ресурс]. - URL: <http://cnctech.ru/datasheet/HY-DIV268N-5A.pdf> (дата обращения 10.10.2018).
6. Распиновка и схема платы Ардуино Мег (Arduino MEGA 2560) [Электронный ресурс]. - URL: [http://arduino.proger.site/infa/pins\\_mega](http://arduino.proger.site/infa/pins_mega) (дата обращения 18.10.2018).
7. MathWorks [Электронный ресурс]. - URL: <https://www.mathworks.com/> (дата обращения 18.10.2014).

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИРТУАЛЬНЫХ АНАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

И.А. Кремлев, Е.И. Громаков  
Томский политехнический университет  
iak40@tpu.ru

## Введение

В большинстве практических случаев оперативное управление технологическими процессами осуществляется на основе использования результатов мониторинга производственной ситуации. Мониторинг, в свою очередь, реализуется путем сбора и первичной обработки данных, включающих в себя результаты применения измерительных средств и комплексов (как правило, входящих в структуру АСУ технологических процессов (АСУ ТП)), а также лабораторные анализы промежуточной и товарной продукции.

К сожалению, результаты анализов, получаемые средствами заводских лабораторий, как правило, не обладают необходимым уровнем полноты и оперативности. Практический опыт работы с результатами анализов показывает, что и их достоверность в некоторых случаях оказывается неудовлетворительной. Основная причина это состоит в несоответствии пропускной способности и технологичности лабораторных средств анализа проб реальным потребностям современного производства.

Применение on-line анализаторов существенно повышает своевременность контроля состояния материальных потоков, однако стоимость таких приборов весьма велика, они требуют регулярного высококвалифицированного эксплуатационного обслуживания и не обеспечивают достаточной полноты информационного обеспечения с точки зрения создания автоматизированных контуров оптимального управления ТП.

Отсюда возникает научно-техническая проблема повышения полноты, оперативности и достоверности информационного обеспечения технологического персонала путем создания и внедрения системы виртуального мониторинга (СВМ) ТП. [1]

## Место виртуальных анализаторов в АСУ ТП

Сегодня на предприятиях для измерений чаще всего применяют поточные анализаторы (ПА), использующиеся для определения физико-химических свойств продуктов в режиме реального времени, и различные инструменты лабораторных анализов. И те, и другие имеют свои достоинства и недостатки. Так, лабораторные анализы хоть и обладают хорошей точностью, но проводятся периодически, что не позволяет оперативно реагировать на изменения в текущем технологическом процессе (например, на смену режимов работы установки). Несмотря на высокую точность и непрерывность измерений, самодиагностику и визуализацию показаний, поточные анализаторы тоже имеют свои недостатки: необходимость периоди-

ческой калибровки показаний, требования квалифицированного обслуживания и, главное, высокую стоимость оборудования.

Использование на предприятии виртуальных анализаторов (ВА) служит дополнением к описанным выше методам. При этом ВА представляют собой модель, предназначенную для косвенного измерения качественных показателей того или иного процесса, построенную на основе архивных производственных данных и данных лабораторных анализов, выполненных в соответствии с ГОСТ и (или) стандартом ASTM.

Отбор регрессоров для построения модели соответствующего процесса определяется технологом, то есть используются знания специалистов и опыт, накопленный ими за время эксплуатации конкретной установки (технологической цепочки). Таким образом, ВА позволяют оператору на определенном этапе контролировать ход ведения процесса в случае выхода из строя ПА или задержки данных лабораторных анализов, особенно в случаях отсутствия на заводе LIMS-системы.

ВА может либо входить в состав АСУ ТП (например, в составе системы поддержки принятия решений (СППР)), либо существовать самостоятельно, в форме некоторой интеллектуальной надстройки контура управления. Следовательно, он может быть реализован на любом сетевом компьютере, имеющим доступ к результатам мониторинга состояния ТП, к данным, формируемым on-line анализаторами и к результатам лабораторных анализов материальных потоков.

При использовании интеллектуальных ВА (ИВА), дополнительным источником информации являются сведения, получаемые из базы знаний. Соответствующая БЗ может быть выполнена как в форме традиционной (реляционной) БД, так и в форме информационного хранилища (Data Warehouse), обеспечивающего накопление технологического опыта в многомерном формате данных.

Схема взаимодействия виртуального анализатора с системой АСУ ТП представлена на рисунке 1.

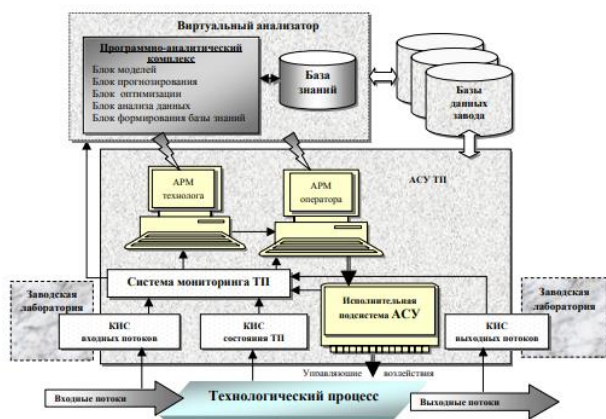


Рис. 1. Взаимодействие виртуального анализатора с системой АСУ ТП

Основными источниками информации для виртуального анализа являются:

- скрытая избыточность, содержащаяся в физико-химических измерениях существующих систем КИС и результатах работы заводской лаборатории;
- ретроспективные технологические знания, накопленные в процессе управления ТП и хранящиеся цеховой БД. [2]

Виртуальные анализаторы могут использоваться для решения следующих задач:

- прогнозирование качества выходного продукта для выбранного технологического режима;
- оценка параметров входных материальных потоков и коррекция требований к ним;
- формирование оптимальных технологических управлений (решений) для заданных критериев качества;
- выявление и корректный учет значимых взаимозависимостей технологических параметров;
- поиск наиболее рациональных решений по управлению ТП для различных критериев эффективности;
- поиск новых технологических режимов для различных критериев эффективности;
- анализ значимости и функций влияния отдельных технологических параметров
- анализ промышленной и экологической безопасности эксплуатации установки;

- выявление скрытых технологических и технических угроз и своевременное оповещение о возможности их реализации;

- обеспечение устойчивой и безопасной эксплуатации установки: платформа для создания превентивной системы промышленной безопасности предприятия

- верификация контрольно-измерительной аппаратуры;

- основа для построения системы гибкого планирования процессов контроля и ремонта КИС

- обеспечение возможности управления технологической установкой персоналом со средним и низким уровнем квалификации;

- возможность обучения технологического персонала; эффективная платформа для формирования специализированных тренажеров.

#### Заключение

Опыт ведущих компаний в области АСУ ТП показывает, что даже небольшого набора информации может оказаться достаточно, чтобы подготовить адекватную модель и оптимизировать управление технологическим процессом на предприятии.

Результат этого усовершенствования вполне измерим. Разница между средними значениями целевого показателя до применения виртуального анализатора с функцией оптимизации и после построения АРС-системы может составлять от единиц до десятых долей процента, что за год может дать тысячи тонн продукта, которые несложно перевести в денежный эквивалент, тем самым доказав, что затраты на разработку окупаются. [2]

#### Список использованных источников

1. Егоров А. А. Интеллектуальные системы в нефтегазовой отрасли: иллюзии, реальность, практика // Автоматизация в нефтегазовой области. 2014. № 4.
2. Мусаев А. А. Виртуальные анализаторы: концепция построения и применения в задачах управления непрерывными технологическими процессами СПб: Альянс-строй, 2016.



# СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИНТЕРПОЛЯЦИОННЫХ МЕТОДОВ СИНТЕЗА РЕГУЛЯТОРОВ

А.К. Кудайбергенов

Томский политехнический университет

Akk23@tpu.ru

Интерполяционные методы синтеза регуляторов построены на той же идеологии, что и обычные частотные методы. Для одномерной системы они предполагают выбор желаемой разомкнутой или замкнутой передаточной функции, а затем, параметрический синтез регулятора так, чтобы желаемая и синтезированная передаточные функции совпадали при некоторых значениях аргументов.

Пусть система управления представлена рис. 1.

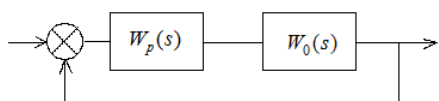


Рис. 1. Структура системы управления

Известна модель объекта управления в форме передаточной функции  $W_0(s)$  и модель желаемой системы в форме передаточной функции замкнутой  $W_{з.жел.}(s)$  или разомкнутой  $W_{р.жел.}(s)$  системы. Поскольку связь между  $W_{з.жел.}(s)$  и  $W_{р.жел.}(s)$ , в рамках заданной структуры, однозначна, обычно используется  $W_{р.жел.}(s)$ , так как это приводит к более простым соотношениям.

Передаточная функция регулятора может быть вычислена по формуле

$$W_p(s) = \frac{W_{з.жел.}(s)}{W_0(s)(1 - W_{з.жел.}(s))}, \quad (1)$$

если используется  $W_{з.жел.}(s)$ , или

$$W_p(s) = \frac{W_{р.жел.}(s)}{W_0(s)}, \quad (2)$$

если используется  $W_{р.жел.}(s)$ .

Особенность интерполяционных методов в том, что приведенные равенства (1,2) должны выполняться, в общем случае, только в некоторых заданных точках, при некоторых значениях аргумента, которые называются узлами интерполяции. Выражение (2) приобретает вид

$$W_p(s_i) = W_0^{-1}(s_i) W_{р.жел.}(s_i), \quad i = 1, \dots, n,$$

где  $s_i$  - узлы интерполирования.

Таким образом, интерполяционные подходы нацелены на достижение приближенного решения, что позволяет, в принципе, обеспечить как приемлемые динамические характеристики, так и устойчивость и грубость синтезированных систем. Они позволяют формализовать задачу синтеза и, что не менее важно, решать на единой методологической основе задачи синтеза одномерных и многомерных

систем управления. Из-за своей приближенности они обычно реализуются в рамках итерационных процедур синтеза регуляторов на ЭВМ, [1].

Конкретные реализации интерполяционного метода зависят, прежде всего, от выбора узлов интерполирования. Отмечаются следующие варианты выбора узлов интерполирования:

1. Расположение всех узлов на мнимой оси. Это соответствует приближению частотных характеристик желаемой и синтезируемой систем. В этом случае аргументы выражений (1), (2) принимают чисто мнимые значения комплексной частоты, а сами равенства (1), (2) представляют собой комплексные уравнения относительно коэффициентов регулятора  $k_1, k_2, \dots, k_n$ .

Для численных расчетов от комплексных выражений переходят в область действительных чисел, записывая каждое равенство для действительной и мнимой составляющих, т.е. для ВЧХ и МЧХ. Результатом является система линейных или нелинейных алгебраических уравнений относительно коэффициентов регулятора.

Обычно число узлов интерполирования выбирается так, чтобы полученная система имела однозначное решение. При этом число уравнений принимается равным числу неизвестных коэффициентов.

2. Расположение всех полюсов на вещественной оси (положительные вещественные числа). Данный подход позволяет использовать в качестве желаемой временную характеристику замкнутой системы [2].

Такая замена приводит к тому, что роль частотной характеристики в вещественном интерполяционном методе выполняет некоторая вещественная передаточная функция  $W(\delta)$ , называемая численной характеристикой. Предполагается, что эта характеристика, являясь результатом интегрального преобразования, несет ту же информацию об объекте, что и обычные частотные характеристики. Однако, поскольку численная характеристика  $W(\delta)$  функция вещественная, работать с ней при синтезе систем управления значительно проще [3].

Проведем сравнение двух указанных подходов к синтезу регуляторов на простом примере.

Передаточная функция объекта управления имеет вид:

$$W_{0y} = \frac{15}{s^2 + s + 15}$$

Принимаем в качестве желаемой передаточную функцию второго порядка.

Желаемая передаточная функция синтезируемой системы имеет вид:

$$W_{ж.з.} c(s) = \frac{5}{s^2 + 4s + 3}$$

Из (1) определим передаточную функцию желаемой замкнутой системы системы:

$$W_{з}(s) = \frac{\frac{5}{s^2 + 4s + 3}}{1 + \frac{5}{s^2 + 4s + 3}} = \frac{5}{s^2 + 4s + 3}$$

Также известно, что

$$W_{ж.з.} c(s) = W_{рег}(s) \cdot W_{об}(s), \quad (3) \quad (60)$$

где  $W_{рег}(s)$  – передаточная функция регулятора;  $W_{об}(s)$  – передаточная функция объекта управления.

Выбираем желаемый вид передаточной функции регулятора:

$$W_{рег}(s) = \frac{b_2 s^2 + b_1 s + b_0}{a_2 s^2 + a_1 s + 1} \cdot \frac{15}{s^2 + s + 15} = \frac{5}{s^2 + 4s + 3} \quad (4)$$

Далее для синтеза регулятора по данному методу необходимо заменить  $s$  на  $\delta$ :

$$W_{рег}(s) = \frac{5}{\delta^2 + 4\delta + 3}$$

В уравнении (4) имеем пять неизвестных:  $b_1, b_2, b_0$  и  $a_1, a_2$ . Для того чтобы их определить, необходимо выбрать пять значений  $\delta_1, \delta_2, \delta_3, \delta_4, \delta_5$  подставить их по очереди в уравнение (4). Таким образом, получаем систему линейных алгебраических уравнений размерности пять с пятью неизвестными.

$$\begin{aligned} b_2 \delta_1^2 + b_1 \delta_1 + b_0 &= c_1 a_2 \delta_1^2 + c_1 a_1 \delta_1 + c_1 \\ b_2 \delta_2^2 + b_1 \delta_2 + b_0 &= c_1 a_2 \delta_2^2 + c_1 a_1 \delta_2 + c_1 \\ b_2 \delta_3^2 + b_1 \delta_3 + b_0 &= c_1 a_2 \delta_3^2 + c_1 a_1 \delta_3 + c_1 \\ b_2 \delta_4^2 + b_1 \delta_4 + b_0 &= c_1 a_2 \delta_4^2 + c_1 a_1 \delta_4 + c_1 \\ b_2 \delta_5^2 + b_1 \delta_5 + b_0 &= c_1 a_2 \delta_5^2 + c_1 a_1 \delta_5 + c_1 \end{aligned}$$

По такому же принципу находим уравнения, используя частотный интерполяционный метод:

Присвоим  $s = j\omega$

Тогда желаемый вид передаточной функции регулятора будет выглядеть следующим образом:

$$W_{рег}(j\omega) = \frac{b_2 j\omega^2 + b_1 j\omega + b_0}{a_2 j\omega^2 + a_1 j\omega + 1} \cdot \frac{15}{j\omega^2 + j\omega + 15} = \frac{5}{j\omega^2 + 4j\omega + 3} \quad (5)$$

Выберем три уравнения и выделим действительную и мнимую части:

$$b_2 j\omega_1^2 + b_1 j\omega_1 + b_0 = c_1 a_2 j\omega_1^2 + c_1 a_1 j\omega_1 + c_1$$

$$Im = b_1 \omega_1 = c_1 a_1 \omega_1$$

$$Re = -b_2 \omega_2 + b_0 = -c_1 a_2 \omega_2 + c_1$$

$$b_2 j\omega_2^2 + b_1 j\omega_2 + b_0 = c_1 a_2 j\omega_2^2 + c_1 a_1 j\omega_2 + c_1$$

$$Im = b_1 \omega_2 = c_1 a_1 \omega_2$$

$$Re = -b_2 \omega_2 + b_0 = -c_1 a_2 \omega_2 + c_1$$

$$b_2 j\omega_1^2 + b_1 j\omega_1 + b_0 = c_1 a_2 j\omega_1^2 + c_1 a_1 j\omega_1 + c_1$$

$$Im = b_1 \omega_1 = c_1 a_1 \omega_1$$

$$Re = -b_2 \omega_2 + b_0 = -c_1 a_2 \omega_2 + c_1$$

В результате сравнения двух методов синтеза регуляторов можно выдвинуть следующее:

Достоинством вещественного интерполяционного метода является возможность и простота приближенного решения задач.

Достоинством частотного подхода является достаточно прозрачная связь частотной характеристики желаемой системы с ее устойчивостью и качеством. Приближение может обеспечиваться по АЧХ и ФЧХ. Но лучше по ВЧХ и МЧХ, т.к. это приводит к линейным уравнениям.

#### Список использованных источников

1. Вещественный интерполяционный метод в задачах автоматического управления: учебное пособие /А.С Алексеев, А.А Антропов, С.В Замятин, 2009, -219с.
2. Мясковский И.Г. Основы автоматизации производства
3. Никулин А.Е. Основы теории автоматического управления. – Санкт-Петербург, 2004, - 631 с.

# ИНТЕГРИРОВАННАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ СЕГМЕНТАЦИИ И РАСПОЗНАВАНИЯ МАШИНОЧИТАЕМЫХ БЛАНКОВ

И.К. Квасникова, Н.Г. Авдеев  
А.В. Лепустин  
Томский политехнический университет  
foxkik@tpu.ru

## Введение

Контроль знаний, умений и навыков является важным звеном учебного процесса. В России одним из самых массовых тестирований является Единый государственный экзамен (ЕГЭ) – форма государственной итоговой аттестации (ГИА) по образовательным программам среднего общего образования. Для ознакомления учеников 11 классов с заданиями ЕГЭ, а также его процедурой проведения проводятся диагностические работы.

Существующий формат проведения данного мероприятия ставит перед организаторами задачу анализа информации, представленной в виде изображений – произвести так называемое off-line распознавание уже написанного на бумаге текста.

Задача обработки и распознавания изображений относится к разряду трудно формализуемых задач и является одной из наиболее важных на сегодняшний день.

Целью данной работы является разработка интегрированной системы распознавания, позволяющей автоматизировать этапы проведения диагностических работ в региональном центре обработки информации Томской области, связанные с обработкой рукописных текстов.

## Существующий бизнес-процесс

Общее количество участников и их широкая территориальная распространенность, недостаточная оснащенность школ техническими средствами накладывают свои ограничения на возможные методы организации и проведения государственной итоговой аттестации.

В настоящее время при проведении ЕГЭ используются контрольные измерительные материалы (КИМ), представляющие собой комплексы заданий стандартизированной формы, а также специальные бланки для оформления ответов на задания, которые затем обрабатываются в региональных центрах обработки информации (РЦОИ). Таким образом, проведение диагностических работ напрямую связано с печатью, сканированием и обработкой бланков: регистрационных, а также бланков ответов №1 и №2 (для заданий с кратким и развернутым ответом соответственно).

В настоящее время исполнение этих задач разделено между автоматизированной информационной системой «Репетитор» и программой распознавания бланков ABYY FormReader, а обмен данными осуществляется через экспортирование и импортирование файлов в формате TIFF и CSV. На рис. 1 этот процесс проиллюстрирован для одного бланка.

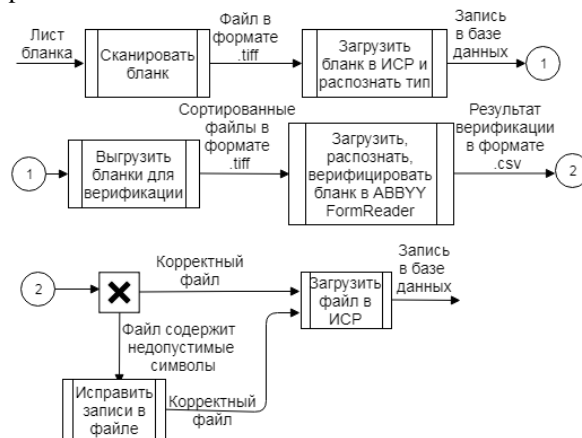


Рис. 1. Стадии обработки бланков

Особый интерес вызывает верификация и следующие за ней процессы. Верификация проводится путем сравнения на экране монитора символов, внесенных в машиночитаемые формы, в бланки ЕГЭ или в протокол проверки, с теми же символами, полученными в результате их распознавания.

Сотрудник-верификатор проверяет правильность распознавания символов и, в случае необходимости, вносит исправления. После завершения верификации результат распознавания сохраняется в формате CSV и снова подгружается в ИСР. При этом оператор следит за корректностью файлов .csv и при необходимости вручную вносит исправления.

Этапы, связанные с дополнительным экспортом изображений, их отдельной обработкой и импортом результата в ИСР, сопряжены с дополнительными трудозатратами и являются местом, где особенно требуется вмешательство оператора. К тому же, при печати и обработке бланков ИСР руководствуется жестко заданными в программном коде правилами, что делает систему неадаптивной к изменениям в процедуре.

В связи с этим задача устранения существующих узких мест бизнес-процесса и внедрение собственных шаблонов и алгоритмов обработки является особенно актуальной.

Некоторые процессы при печати и обработке бланков можно адаптировать к возможным изменениям путем внедрения шаблонов. Дополнительное вмешательство оператора, связанное с переносом данных из одной системы в другую, предполагается решить путем создания модуля распознавания в самой ИСР.

## Распознавание бланков

Для решения задачи распознавания было решено применить нейронные сети. Обучающая вы-

борка была сформирована из файлов бланков репетиционных экзаменов. Исходными данными являлись xls-файл с ответами и tiff-файлы бланков.

Все изображения были сжаты до размера 28x28 пикселей (именно такой размер изображения будет использоваться во время проведения диагностики) и отцентрированы следующим образом: для каждого изображения был вычислен центр масс, а затем центр масс был совмещен с центром изображения.

Для программы репетиционного экзамена будут использоваться 3 нейронных сети для распознавания следующих множеств символов:

- цифры, минус, запятая;
- латинские буквы;
- русские буквы.

Использование 3 нейронных сетей необходимо для того, чтобы избежать неоднозначности в распознавании символов (цифра 0 и буква O, цифра 3 и буква z и т.д.).

Для реализации нейронных сетей были рассмотрена SharpLearning.Neuro – библиотека для машинного обучения с открытым исходным кодом, предоставляющая инструментарий для обучения с учителем для задач классификации и регрессии, а также оптимизации и проверки обученных моделей [1]. В качестве функции активации использовалась функция Softmax – нормализованная экспоненциальная функция, которая применяется в машинном обучении для задач классификации, когда количество возможных классов больше двух [2].

Изначально для распознавания был использован однослойный перцептрон. Из исходной выборки была выделена стратифицированная тестовая выборка, где количество элементов в каждом классе для тестирования составляет ~ 10% от количества элементов в соответствующем классе исходной выборки. Была исследована зависимость ошибки распознавания от количества нейронов на скрытом слое. Для сети, используемой для распознавания символов латинского алфавита, результат представлен на рис. 2.

Для нейронной сети, используемой для распознавания цифр, минусов и запятых было выбрано 650 нейронов на скрытом слое, для сети, используемой для распознавания латинских символов – 750 нейронов, т.к. дальнейшее увеличение нейронов не приводит к существенному уменьшению точности распознавания, но приводит к увеличению времени работы нейронной сети.

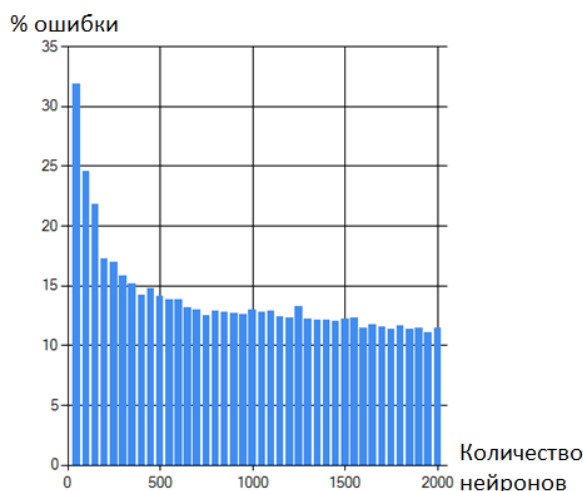


Рис. 2. Зависимость ошибки распознавания от количества нейронов на скрытом слое для латинских букв

Так же была исследована зависимость ошибки распознавания от количества итераций обучения, и было замечено, что уменьшение ошибки не происходит после 20-ой итерации, следовательно, при обучении целесообразно использовать именно это количество итераций.

### Заключение

В ходе выполнения работы был изучен существующий в компании бизнес-процесс и архитектура информационной системы, решающая данную проблему на текущий момент. В результате было описано решение задачи шаблонизации бланков, а также была протестирована архитектура перцептрона с одним скрытым слоем.

На сегодняшний день самые передовые системы распознавания образов построены на базе сверточных нейронных сетей, поэтому при дальнейшей работе планируется протестировать СНС с активационными функциями типа ReLU и tanh.

### Список использованных источников

1. SharpLearning: [Электронный ресурс] / GitHub – URL: [github.com/mdabros/SharpLearning](https://github.com/mdabros/SharpLearning) (дата обращения: 20.07.2018).
2. Softmax [Электронный ресурс] / Википедия, свободная энциклопедия – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Softmax> (дата обращения: 20.07.2018).
3. Калиновский И.А. Метод нейросетевого детектирования лиц в видеопотоке сверхвысокого разрешения. Дисс. на соиск. уч. степ. кандидата технических наук, Томск, 2016. - 191 с.

# ИССЛЕДОВАНИЕ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЧЕТЫРЕХПОЛЮСНИКОВ

А.И. Федотов, А.С. Каширин  
Томский политехнический университет  
aif8@tpu.ru

## Введение

В настоящее время одной из главных задач ТПУ является обучение специалистов в области теории автоматического управления. Поэтому целью нашей работы явилось создание объектов управления для стенда [1] аналогового ПИД регулятора, которые дали бы студентам возможность получить навык настройки ПИД регулятора под разные ОУ.

## Описание алгоритма и моделирование схем

Для решения задачи были разработаны четырёхполюсники, позволяющие получить определённый вид ЛАЧХ (см. таблицу 1). Для использования были выбраны замедляющие (пассивно интегрирующие) и/или форсирующие (пассивно дифференцирующие) звенья САР.

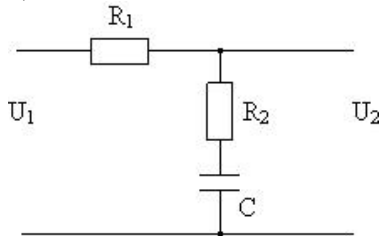


Рис. 1. Схема замедляющего звена

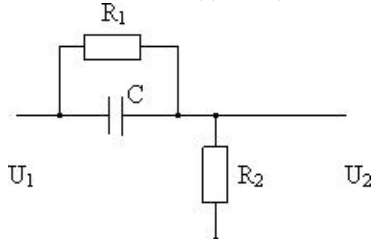


Рис. 2. Схема форсирующего звена

Для того чтобы рассчитать замедляющее звено, необходимо воспользоваться следующими формулами:

$$\begin{cases} \tau = R_2 \cdot C \\ T = (R_1 + R_2)C \\ T > \tau, \end{cases} \quad (1)$$

где  $\tau$ ,  $T$  – величины, обратные частотам среза;  $R_1$ ,  $R_2$  – сопротивление резисторов;  $C$  – емкость конденсатора.

Аналогично для форсирующего звена:

$$\begin{cases} \tau = R_1 \cdot C \\ T = \frac{R_1 R_2 C}{R_1 + R_2} \\ \tau > T, \end{cases} \quad (2)$$

Всего было реализовано 14 схем, состоящих из различных комбинаций вышеуказанных звеньев.

Таблица 1. Реализованные объекты управления

Номер схемы	Замедляющие звенья	Форсирующие звенья	Вид ЛАЧХ
n=1	2	1	
n=2	0	1	
n=3	1	1	
n=4	0	2	
n=5	0	1	
n=6	1	1	
n=7	2	1	
n=8	0	2	
n=9	1	2	
n=10	2	2	
n=11	2	0	
n=12	2	1	
n=13	2	2	
n=14	2	0	

Все схемы были смоделированы в среде National Instruments Multisim.

Приведём пример схемы, состоящей из двух последовательно соединённых форсирующих звеньев. Первое звено настроено на диапазон частот от 100 Гц до 1 кГц, второе от 100 Гц до 10 кГц.

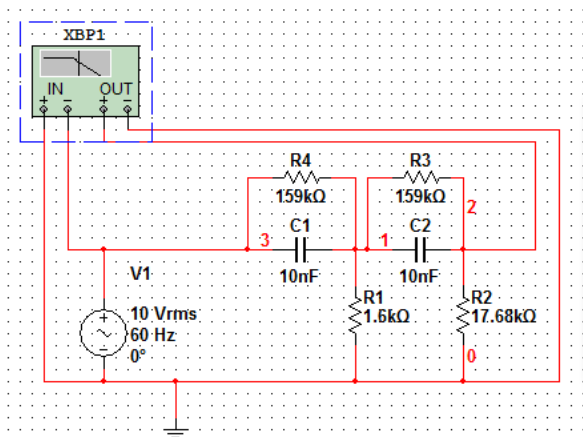


Рис. 3. Схема объекта управления

Данная среда моделирования позволяет сразу построить ЛАЧХ полученной схемы с помощью инструмента Bode Plotter.

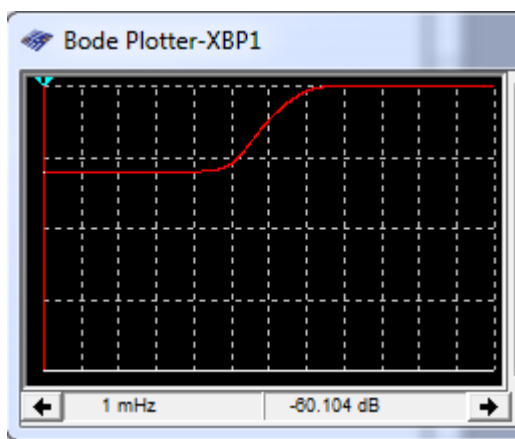


Рис. 4. ЛАЧХ объекта управления

Как видим из рисунка, начиная с частоты 100 Гц идёт наклон +20 дБ/дек вплоть до частоты 1000 Гц. После неё и до 10 кГц идёт наклон +40 дБ/дек.

### Практическая реализация

Для создания вышеописанных объектов управления, а именно печатных плат, была применена технология ЛУТ.



Рис. 5. Готовый объект управления

В процессе отладки схем было решено отказаться от электролитических конденсаторов, так как они работают в одной полярности, что неприменимо для реализуемых схем.

Для каждой из схем была проведена проверка работоспособности. С помощью генератора сигналов ГЗ-112 подавали на вход схемы синусоидальный сигнал разных частот заданной амплитуды. На осциллографе АКТАКОМ - ADS-2114Т снимали напряжение и высчитывали величину коэффициента  $k$ , равную отношению сигнала на выходе к сигналу на входе. Затем высчитывали величину  $20 \cdot \lg(k)$  и строили зависимость от частоты в логарифмическом масштабе. Полученные ЛАЧХ соответствовали тем, что получили в электронной среде Multisim.

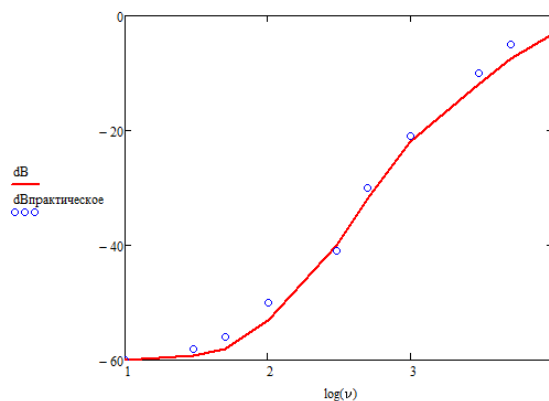


Рис. 6. Симулированная и экспериментальная ЛАЧХ

### Заключение

В результате данной работы были спроектированы и созданы объекты управления для установки аналогового ПИД регулятора. Были применены навыки и умения паяния печатных плат, полученные в ходе прохождения учебной практики.

### Список использованных источников

1. Газизов А. Т., Тутов И. А. Автоматика и программная инженерия. 2016. № 2 (16). С. 14-19.
2. Математические основы теории систем: учебник для вузов / А. М. Малышенко. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 364 с. : ил.
3. Теория автоматического управления. Часть I/ Под ред. Воронова А.А. –М.: Высшая школа, 1977. –303 с., ил.
4. Полосовые фильтры[Электронный ресурс]. – URL: <http://www.radiomexanik.spb.ru/8.-filtryi/4.-polosovyye-filtryi.html> (дата обращения 20.09.2018).
5. Лазерно-утюжная технология [Электронный ресурс]. – URL: <http://схем.net/master/45.php> (дата обращения 21.08.2018).

# СРАВНЕНИЕ СХЕМОТЕХНИЧЕСКИХ РЕАЛИЗАЦИЙ УСТРОЙСТВ ДЕКОДИРОВАНИЯ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОГО ПОЛИНОМИАЛЬНОГО КОДА, ИСПРАВЛЯЮЩЕГО НЕЗАВИСИМЫЕ ОШИБКИ

А.И. Левандовский

Научный руководитель: А.Н. Мальчуков

Томский политехнический университет

e-mail: ail5@tpu.ru

## Введение

В работе рассмотрены схемотехнические реализации устройств декодирования помехоустойчивого полиномиального кода, исправляющего независимые ошибки табличным методом и методом матрички. Методы использованы для схемотехнической реализации устройств, исправляющих  $t = 1-4$  ошибок в кодовых словах с длиной информационного сообщения  $m = 1$ .

## Схемотехническая реализация устройств декодирования табличным методом

Реализация устройства декодирования табличным методом основывается на нахождении синдромов ошибки – остатков деления кодовых слов длины  $n$  на образующий полином  $g$  [1]. Полученные синдромы ошибок сравниваются с остатками деления возможных шаблонов ошибок на тот же образующий полином. При нахождении ошибки на соответствующем логическом элементе образуется исправляющий символ, который добавляется в исправляющее слово.

Для исправления до  $t = 4$  ошибок (включительно), при длине информационного сообщения  $m = 1$ , длина кодового слова составляет  $n = 9$ . Структурная схема устройства декодирования, исправляющего до четырех независимых ошибок, реализующегося табличным методом представлена на рисунке 1.

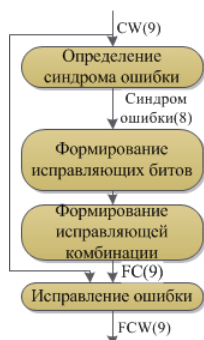


Рис. 6. Структурная схема устройства декодирования исправляющего до четырех независимых ошибок, реализующегося табличным методом

Блок определения синдрома ошибки является самым простым и содержит всего 8 логических элементов исключающего ИЛИ и 8 инверторов. Этот блок реализует нахождение остатка от деления кодового слова  $CW$  на образующий полином  $g$ . Блок формирования исправляющей комбинации напротив является самым трудоемким и содержит 255 логических элементов И на 8 входов. Каждый из логических элементов отвечает за обработку од-

ного синдрома ошибки и формирование исправляющего бита. Таким образом, блок обнаруживает 9 однократных, 36 двукратных, 84 трехкратных и 126 четырехкратных ошибок. Исправляющие биты передаются в блок формирования исправляющей комбинации. Блок состоит из 9 логических элементов ИЛИ на 93 входа. Каждый элемент производит коммутацию исправляющих битов для формирования исправляющей комбинации. На выходе блока образуется исправляющая комбинация  $FC$ . Кодовое слово  $CW$  и исправляющая комбинация  $FC$  подаются на вход блока исправления ошибки. В блоке соответствующие разряды попадают на 9 логических элементов исключающего ИЛИ. На выходе элемента образуется исправленное кодовое слово.

Для схемы с такими параметрами возможны два варианта кодовых слов:  $CW_1 = 000000000$ ,  $CW_2 = 111111111$ . Представленная схема была реализована и промоделирована на исправление  $t = 1-4$  ошибок в САПР Quartus II 9.1sp2. Результаты моделирования представлены на рисунке 2.

CodeWord	000000000	000010000	000101000	011000100	100010011
FixedCW	000000000				
CodeWord	111111111	111101111	111010111	100111011	011101100
FixedCW	111111111				

Рис. 2. Результаты моделирования схемы реализованной табличным методом и исправляющей  $t = 1-4$  ошибок

На вход схемы последовательно подаются кодовые слова CodeWord: без ошибок, с 1, 2, 3, 4-мя ошибками. На выходе схемы образуется исправленное кодовое слово FixedCW. На рисунке 2 рассмотрены примеры для  $CW_1$  и  $CW_2$ . Из результатов моделирования видно успешное обнаружение и исправление до 4 ошибок. Обнаружение ошибок большей кратности невозможно, поскольку в используемых кодовых словах количество контрольных бит  $k = 8$ , что даёт информационную ёмкость на 256 различных событий: отсутствие ошибки и 255 вариантов ошибок, описанных выше.

## Схемотехническая реализация устройств декодирования методом матрички

При помощи табличного метода, для кодового слова длины  $n = 9$  реализован элемент, исправляющий однократную ошибку. На его основе построено устройство, исправляющее до 4 независимых ошибок. Структурная схема устройства декодирования, реализованного методом матрички, представлена на рисунке 3.

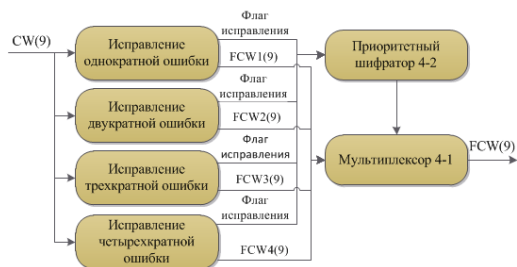


Рис. 3. Структурная схема устройства декодирования, реализованного методом матрички

Блок исправления однократной ошибки реализован табличным методом и содержит в себе 27 логических элементов: 8 элементов исключающего ИЛИ и 8 инверторов для формирования синдрома ошибки кодового слова  $CW$ , 9 элементов И для формирования исправляющего бита в соответствующем разряде, 1 элемент ИЛИ на 9 входов для формирования флага исправления и 1 элемент исключающего ИЛИ на два 9-ти разрядных слова для формирования исправленного кодового слова  $FCW1$ .

Блок исправления двукратной ошибки состоит из 9 коммутирующих блоков с одним инвертором в каждом, в которых происходит принудительное исправление соответствующего разряда, и 9 элементов исправляющих однократную ошибку. В блоке используется приоритетный шифратор, формирующий адрес для мультиплексора, который выдает соответствующий вариант кодового слова с двумя исправленными ошибками  $FCW2$ . Исправление двукратной ошибки осуществляется 243 логическими элементами. Блок исправления трехкратной ошибки построен схожим образом и содержит 9 элементов, исправляющих двукратную ошибку. Исправление трехкратной ошибки осуществляется 2187 логическими элементами. Соответственно, блок исправления четырехкратной ошибки содержит 19683 элемента, исправляющих четырехкратную ошибку.

Флаги исправления с каждого блока подаются на приоритетный шифратор, формирующий адрес для мультиплексора, на который подаются исправленные кодовые слова с каждого блока. Мультиплексор организует выдачу итогового исправленного кодового слова  $FCW$ .

Несмотря на большее количество логических элементов, по сравнению со схемой, реализованной табличным методом, метод матрички подразумевает многократное использование элементов, исправляющих ошибки от 1 до 3. К тому же, возможность использования элементов в виде блоков, а не схем значительно упрощает реализацию.

Представленная схема была реализована и промоделирована на исправление  $t = 1-4$  ошибок в САПР Quartus II 9.1sp2. Результаты моделирования представлены на рисунке 4.

cw	00000000	01000000	00101000	10010100	11000011
fcw	00000000	00000000	00000000	00000000	00000000
cw	11111111	10111111	11010111	01101011	00111100
fcw	11111111	11111111	11111111	11111111	11111111

Рис. 4. – Результаты моделирования схемы, реализованной методом матрички и исправляющей  $t = 1-4$  ошибок

На вход схемы последовательно подаются кодовые слова  $cw$ : без ошибок, с 1, 2, 3, 4-мя ошибками. На выходе схемы образуется исправленное кодовое слово  $fcw$ . На рисунке 2 рассмотрены примеры для  $CW_1$  и  $CW_2$ . Из результатов моделирования видно успешное обнаружение и исправление до 4 ошибок.

### Сравнение реализованных схем

Схемы, реализованные табличным методом и методом матрички, сравниваются по трём показателям: количество логических ячеек на ПЛИС, задержка самой длинной цепочки элементов ( $tpd$ ) и трудоёмкость. Результаты сравнения представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты сравнения схем

Метод реализации	t	Кол-во лог. ячеек, шт	tpd, нс	Трудоёмкость, чел.-час
Табличный	1	4	11.027	0.25
	2	15	15.111	0.5
	3	43	18.793	4
	4	95	22.388	10
Матричка	2	41	15.834	0.5
	3	18	16.771	1
	4	16	22.755	3

Метод матрички с ростом  $t$  начинает занимать значительно меньше логических ячеек и остается достаточно простым в схемотехнической реализации за счет многократного использования нескольких простых элементов, что также уменьшает вероятность возникновения ошибок в схеме при сборке. По показателям  $tpd$  оба метода почти эквивалентны.

### Заключение

По результатам реализации и тестирования схем, метод матрички показывает такую же эффективность в исправлении независимых ошибок, как и табличный метод. При этом метод матрички позволяет использовать меньше логических ячеек на ПЛИС и затрачивать намного меньше времени на схемотехническую реализацию устройств декодирования помехоустойчивого полиномиального кода, исправляющего независимые ошибки.

### Список использованных источников

1. Морелос–Сарагоса Р. Искусство помехоустойчивого кодирования: методы, алгоритмы, применение: учебное пособие / М.: Техносфера, 2006. – 320 с.



# СРАВНЕНИЕ СХЕМОТЕХНИЧЕСКИХ РЕАЛИЗАЦИЙ ДЕКОДИРОВАНИЯ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОГО ПОЛИНОМИАЛЬНОГО КОДА, ИСПРАВЛЯЮЩЕГО ПАКЕТНЫЕ ОШИБКИ $M=2$ , $P=2$

Н.С. Саликов

Научный руководитель: А. Н. Мальчуков

Томский политехнический университет

nss23@tpu.ru

## Введение

В наше время передача данных без сбоев с одного устройства на другое имеет важнейшее значение. Сбои возникают при воздействии внешней среды. Для борьбы с такими явлениями используются, в том числе помехоустойчивое кодирование.

Частными случаями результатов сбоев являются пакетные ошибки.

В данной статье описана реализация трех алгоритмов помехоустойчивого кодирования, также проведено сравнение по быстродействию, затратам на реализацию, трудоемкости.

## Табличный метод при $m=2$ , $p=2$

Самым простым из алгоритмов помехоустойчивого кодирования является табличный метод [1].

Самый простой алгоритм помехоустойчивого кодирования является табличным методом.

При  $m=2$  и  $p=2$ , имеется 4 варианта кодового слова: 000000, 010101, 101010, 111111.

Поступившее кодовое слово длиной 6, в котором 2 информационных символа и 4 проверочных, делится на образующий полином 10101. Деление реализуется через логический элемент (далее ЛЭ) “искл. ИЛИ”,  $sw[0]$  и  $sw[4]$  образуют  $r[0]$ ,  $sw[1]$  и  $sw[5]$   $r[1]$ ,  $sw[2]$  и  $sw[4]$   $r[2]$ ,  $sw[3]$  и  $sw[5]$   $r[3]$ . Так формируется синдром ошибки.

После этого синдром ошибки сверяют с шаблонами. Происходит это посредством ЛЭ “4И” и ЛЭ “НЕ”.  $r[0]$  подается на ЛЭ “4И”,  $r[1]$ ,  $r[2]$ ,  $r[3]$  подаются на этот элемент через ЛЭ “НЕ”. Так формируется сверка с первым шаблоном 0001. Результатом будет 0 либо 1, хранящийся в  $ss[0]$ . Таким же образом происходит и с шаблонами 0010, 0100, 1000, 0101, 1010, 0011, 0110, 1100, 0010, 1111, 1011, результаты сверки которых хранятся в  $ss[1]$ ,  $ss[2]$ , ...,  $ss[11]$ , соответственно.

Далее происходит группировка по разрядам. Результаты сверки  $ss[0]$ ,  $ss[6]$  и  $ss[11]$  подаются на ЛЭ “3ИЛИ”. Также образуются и другие группы:  $ss[1]$ ,  $ss[6]$ ,  $ss[7]$ ;  $ss[2]$ ,  $ss[7]$ ,  $ss[8]$ ;  $ss[3]$ ,  $ss[8]$ ,  $ss[9]$ ;  $ss[4]$ ,  $ss[9]$ ,  $ss[10]$ ;  $ss[5]$ ,  $ss[10]$ ,  $ss[11]$ , результаты которых хранятся в  $check[1]$ ,  $check[2]$ ,  $check[3]$ ,  $check[4]$  и  $check[5]$ , соответственно. После этого  $check[0]$  и  $sw[0]$  подаются на ЛЭ “искл. ИЛИ”, на выходе  $fcw[0]$  которого хранится разряд, который был исправлен, в случае повреждения. Аналогичная процедура происходит для  $check[1]$  и  $sw[1]$ ,  $check[2]$  и  $sw[2]$ ,  $check[3]$  и  $sw[3]$ ,  $check[4]$  и  $sw[4]$ ,  $check[5]$  и  $sw[5]$ . Результаты хранятся в  $fcw[1]$ ,  $fcw[2]$ ,  $fcw[3]$ ,  $fcw[4]$ ,  $fcw[5]$ , соответственно.

Если ошибка есть, но является неисправимой, в схеме выполняется проверка на подобные явления. Для этого  $r[0]$ ,  $r[1]$ ,  $r[2]$ ,  $r[3]$  подаются на ЛЭ “4ИЛИ”, а  $check[0]$ ,  $check[1]$ ,  $check[2]$ ,  $check[3]$ ,  $check[4]$ ,  $check[5]$  на ЛЭ “6ИЛИ”. Результаты двух операций подаются на ЛЭ “искл. ИЛИ”, выходом является Erorr. Если на выходе 0, значит, слово не имеет ошибок, либо схема может исправить результаты сбоев, иначе ошибка является неисправимой, на выходе 1.

## Первый циклический метод при $m=2$ , $p=2$

Синдром ошибки для данного метода реализуется через ЛЭ “искл. ИЛИ”  $sw[0]$  и  $sw[4]$  образуют  $r[0]$ ,  $sw[1]$  и  $sw[5]$   $r_0[1]$ ,  $sw[2]$  и  $sw[4]$   $r_0[2]$ ,  $sw[3]$  и  $sw[5]$   $r_0[3]$ . Для сдвига на 1:  $sw[5]$  и  $sw[3]$  образуют  $r_1[0]$ ,  $sw[0]$  и  $sw[4]$   $r_1[1]$ ,  $sw[1]$  и  $sw[3]$   $r_1[2]$ ,  $sw[2]$  и  $sw[4]$   $r_1[3]$ . И так далее для каждого последующего сдвига.

Далее синдромы ошибок сверяют с шаблонами 0001, 0010, 0100, 1000, 0011, 0110, 1100 посредством ЛЭ “4И”.  $r_0[0]$  подается на ЛЭ “4И”,  $r_0[1]$ ,  $r_0[2]$ ,  $r_0[3]$  подаются на этот элемент через ЛЭ “НЕ”. Результаты хранятся в  $ss_0[6..0]$  (сверка с 0001 хранится в  $ss_0[0]$ , с 0010 в  $ss_0[1]$  и так далее). Для каждого сдвига повторяют данную процедуру, результаты хранятся в  $ss_1[6..0]$ ,  $ss_2[6..0]$ , ...,  $ss_5[6..0]$ .

Результаты сверок группируются поразрядно следующим образом: на ЛЭ “11ИЛИ” подается  $ss_0[0]$ ,  $ss_0[4]$ ,  $ss_1[1]$ ,  $ss_1[4]$ ,  $ss_1[5]$ ,  $ss_2[2]$ ,  $ss_2[5]$ ,  $ss_2[6]$ ,  $ss_3[3]$ ,  $ss_3[6]$ . Выход  $check[0]$  данного элемента подается на ЛЭ “искл. ИЛИ” вместе с  $sw[0]$ . На выходе  $fcw[0]$  хранится разряд, который был исправлен, в случае повреждения. Аналогичным образом  $ss_0[1]$ ,  $ss_0[4]$ ,  $ss_0[5]$ ,  $ss_1[2]$ ,  $ss_1[5]$ ,  $ss_1[6]$ ,  $ss_2[3]$ ,  $ss_2[6]$ ,  $ss_5[0]$ ,  $ss_5[4]$  для  $check[1]$ , который подается вместе с  $sw[1]$  на ЛЭ “искл. ИЛИ”, где выходом является  $fcw[1]$ , и так далее.

Для проверки на неисправимость ошибки  $r_0[0]$ ,  $r_1[0]$ ,  $r_2[0]$ ,  $r_3[0]$ ,  $r_4[0]$ ,  $r_5[0]$  подаются на ЛЭ “6ИЛИ”, а  $check[0]$ ,  $check[1]$ ,  $check[2]$ ,  $check[3]$ ,  $check[4]$ ,  $check[5]$  на ЛЭ “6ИЛИ-НЕ”. Результаты двух операций подаются на ЛЭ “И”, выходом является Erorr. Если на выходе 0, значит, слово не имеет ошибок, либо схема может исправить результаты сбоев, иначе ошибка является неисправимой, на выходе 1.

## Второй циклический метод при $m=2$ , $p=2$

Во втором варианте нахождение синдрома ошибки происходит аналогично первому варианту,

однако далее идет отказ от сверки синдрома с шаблонами ошибки. Вместо этого  $r_i[0]$ ,  $r_i[1]$ ,  $r_i[2]$ ,  $r_i[3]$  подается на два приоритетных шифратора [2].

Таблица 1. Истинность приоритетных шифраторов

1-ый HPRI					
$r_i[3]$	$r_i[2]$	$r_i[1]$	$r_i[0]$	$a_{0,i}[1]$	$a_{0,i}[0]$
1	X	X	X	1	1
0	1	X	X	1	0
0	0	1	X	0	1
0	0	0	1	0	0
2-ой HPRI					
$r_i[0]$	$r_i[1]$	$r_i[2]$	$r_i[3]$	$a_{1,i}[1]$	$a_{1,i}[0]$
X	X	X	0	0	1
1	X	X	0	1	0
0	1	X	1	0	0
0	0	1	1	1	0

Таким образом, на выходе 1-го приоритетного шифратора будет номер левой границы ошибки в двоичном коде  $a_{0,i}[1]$   $a_{0,i}[0]$ , 2-го – правой  $a_{1,i}[1]$   $a_{1,i}[0]$  ( $i$  означает количество сдвигов).

Номера границ подаются на сумматор, где из кода правой границы вычитается код левой границы. На выходе результат вычитания в двоичном коде, так мы находим длину ошибки. Далее результат сравнивается с допустимой длиной 2 минус 1 ошибки через компаратор. Если длина меньше либо равна допустимой, то на выходах  $check[0]$ ,  $check[1]$ , ...,  $check[5]$  единица, иначе ноль.

Далее  $r_0[0]$  и  $cw[0]$ ,  $r_0[1]$  и  $cw[1]$ ,  $r_0[2]$  и  $cw[2]$ ,  $r_0[3]$  и  $cw[3]$  подаются на четырёхразрядный ЛЭ “искл. ИЛИ”. Для сдвига на 1:  $r_1[0]$  и  $cw[5]$ ,  $r_1[1]$  и  $cw[0]$ ,  $r_1[2]$  и  $cw[1]$ ,  $r_1[3]$  и  $cw[2]$ . Аналогично для остальных сдвигов. На выходе ЛЭ получается  $xor_0[3..0]$ ,  $xor_1[3..0]$ , ...,  $xor_5[3..0]$ .

Затем на шестизрядный ЛЭ “И” подаются пары:  $xor_0[0]$  и  $check[0]$ ,  $xor_0[1]$  и  $check[0]$ ,  $xor_0[2]$  и  $check[0]$ ,  $xor_0[3]$  и  $check[0]$ ,  $cw[4]$  и  $check[0]$ ,  $cw[5]$  и  $check[0]$ , на выходе  $fcw_0[5..0]$ , соответственно. Для сдвига на 1:  $xor_1[1]$  и  $check[1]$ ,  $xor_1[2]$  и  $check[1]$ ,  $xor_1[3]$  и  $check[1]$ ,  $cw[3]$  и  $check[1]$ ,  $cw[4]$  и  $check[1]$ ,  $xor_1[5]$  и  $check[1]$ , на выходе  $fcw_1[5..0]$ , соответственно. Аналогично для остальных сдвигов.

Последним этапом является подача  $fcw_0[5..0]$ ,  $fcw_1[5..0]$ ,  $fcw_2[5..0]$ ,  $fcw_3[5..0]$ ,  $fcw_4[5..0]$ ,  $fcw_5[5..0]$  на шестизрядный ЛЭ “ИЛИ”, на выходе которого  $fcw[5..0]$ .

Для обнаружения неисправимой ошибки  $r_0[0]$ ,  $r_0[1]$ ,  $r_0[2]$ ,  $r_0[3]$  подаются на ЛЭ “ИЛИ”,  $check[0]$ ,

$check[1]$ ,  $check[2]$ ,  $check[3]$ ,  $check[4]$ ,  $check[5]$  подаются на ЛЭ “БИЛИ-НЕ”. Выходы данных ЛЭ подаются на ЛЭ “И”. На выходе Error получается единица в случае неисправимой ошибки. Результаты работы схем представлены на Рис. 1.

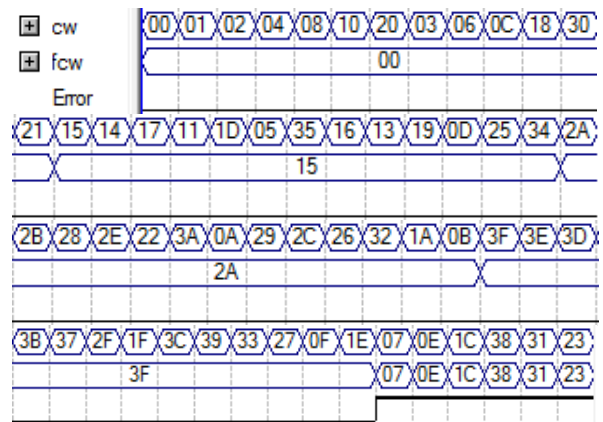


Рис. 1. Результаты работы схем

Таблица 2. Показатели методов

Название метода	Табл. метод	1-ый цикл. метод	2-ой цикл. метод
Трд, нс	17.482	18.907	19.618
Кол-во ЛЭ, шт.	19	18	40
Трудозатраты, ч	1,5	1	1

### Заключение

Табличный метод наиболее производительный. Наименее затратный в финансовом плане 1-ый циклический метод, 2-ой циклический метод является самым дорогостоящим. По времени на реализацию табличный метод уступает циклическим.

### Список использованных источников

1. Морелос-Сарагоса Р. Искусство помехоустойчивого кодирования. Методы, алгоритмы, применение / Р. Морелос-Сарагоса; перевод В.Б. Афанасьева. – М.: Техносфера, 2005. – 320 с.
2. Тронин С.Н. Краткий конспект лекций по теории кодирования: учебное пособие / С.Н. Тронин. – Казань: Казанский университет, 2017 – 36 с.

# АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА СИНТЕЗА МАТЕРИАЛОВ ПЛАЗМОХИМИЧЕСКИМ РЕАКТОРОМ ПОСТОЯННОГО ТОКА

А.Е. Телепнев, Р.Д. Герасимов, А.Я. Пак  
Томский политехнический университет  
rdg2@tpu.ru

## Введение

Синтез различных материалов с интересующими нас свойствами является актуальным вопросом в настоящее время. Уже известно множество методик получения ультрадисперсных материалов, покрытий и объемных материалов на их основе. На текущий момент, активнее всех применяются электроразрядные методы получения порошковых материалов, например, на основе углерода. В данной работе акцентируется внимание на методах генерации плазмы в открытой воздушной среде электродуговой установкой постоянного тока [1,2].

Целью, преследуемой в данной работе, является разработка автоматизированной системы управления перемещением анода плазмохимического реактора.

## Описание алгоритма

Лабораторная установка, разработанная в ходе выполнения данной работы, состоит из силового источника питания с диапазоном рабочих токов 20...200 А, подсоединенного непосредственно через силовые кабели к графитовым электродам, между которыми поджигается дуговой разряд постоянного тока [1]. Рабочие параметры, а именно, ток и напряжение разряда регистрировались посредством снятия напряжения с омического делителя напряжения и снятия тока при помощи датчика Холла. Все эти показания выводились на цифровой осциллограф. По полученным осциллограммам можно довольно точно определить время горения разряда, динамику изменения напряжения и тока разряда во времени. Чтобы процесс генерации электродуговой плазмы был стабилен и в пределах заданных вольтамперных характеристик горения разряда, требуется стабилизация разрядного промежутка хотя бы на стадии иницирования дуги.

Исходя из поставленной задачи, потребовалось составить принципиальную схему управления, алгоритм и программу. Управление процессами, проводимыми в исследовании, выполнялись на основе компактной платы Arduino Nano с микроконтроллером ATmega328. Реализация системы началась с разработки принципиальной схемы (рис. 1). В системе, согласовано с контроллером, работает драйвер шагового двигателя типа A4988, питающий двигатель Nema 17 линейного привода. В схему введены два микропереключателя для определения границ перемещения рабочего органа электрода на установке, операторская кнопка запуска, шаговый двигатель NEMA 17, драйвер двигателя A4988, и датчики тока и напряжения.

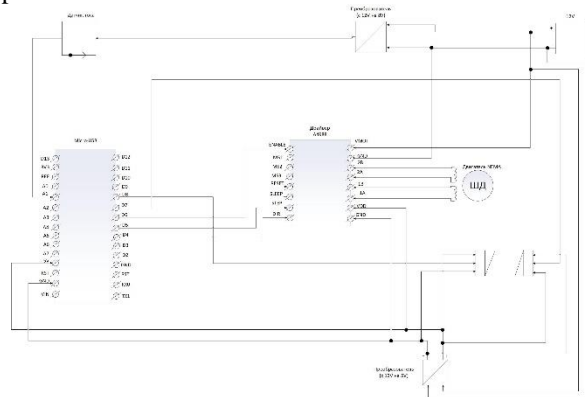


Рис. 1. Принципиальная схема

## Алгоритм работы

На рисунке 2 приведена блок-схема программы, которую исполняет микроконтроллер. Оператору требуется нажать кнопку «Пуск» для приведения программы в действие. После успешного запуска, начинается перемещение шаговым двигателем рабочего органа линейного привода с закрепленным на нем анодом в крайнее верхнее положение. После этого, анод начинает опускаться с предустановленной скоростью до момента, когда сила тока в силовой цепи, измеряемая при помощи датчика Холла, превысит заданную в программе величину тока. Далее исполняется функция прогрева электродов протекающим через них током, реализованная в виде задержки в алгоритме программы. От функции прогрева зависит стабильность горения разряда при работе установки. При отсутствии функции по времени задержки иницирование горения разряда происходит с определенной долей вероятности, исходя из числа успешных экспериментов, проведенных с установкой и неудачных, вероятность иницирования горения разряда при нулевом времени задержки составила менее 50%. Само значение времени задержки между событиями соприкосновения анода и формирования разрядного промежутка, посредством перемещения анода в обратном направлении от катода, которое позволяло поддерживать стабильное иницирование разряда – определялось экспериментально для различных видов и конструкций электродов. При формировании величины разрядного промежутка, при отдалении анода от катода, координата рабочего органа привода поддерживается на заданном значении в течение предварительно заданного промежутка времени. Выполнив все описанные функции, анод, закрепленный на рабочем органе линейного привода, приводится в крайнее верхнее положение, подготавливая установку к последующим экспериментам.

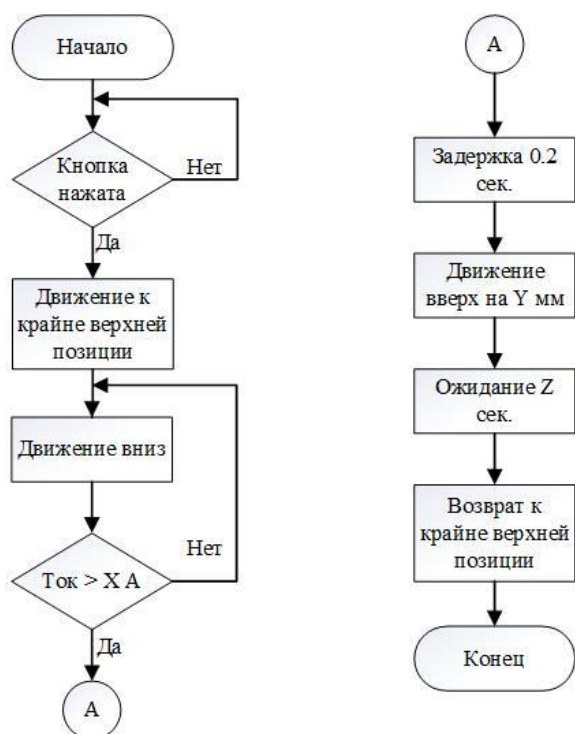


Рис. 2. Блок-схем алгоритма управления

### Результаты экспериментов

Разработав установку и систему её автоматизированного управления, были проведены эксперименты по поддержке стабильного дугового разряда плазмохимическим реактором постоянного тока, при этом использовались графитовые электроды. В большинстве экспериментов, величина рабочего тока определялась диапазоном в 100...200 А. На рисунке 3, в качестве примера, приведены типичные осциллограммы напряжения и тока во времени дугового разряда. Исходя из характера осциллограмм, дуговой разряд поддерживается в заданном оператором временном интервале. Перемножением величин напряжения и тока можно получить кривые мощности, а из кривых мощности путем интегрирования по времени можно найти энергию разряда. Для каждого эксперимента найдена фактическая продолжительность горения дугового разряда, согласно полученным осциллограммам. В каждом эксперименте фиксировались изменения массы электродов. В частности, в каждом эксперименте определена величина снижения массы анода. По замерам, вышло что в процессе горения дугового разряда, часть массы анода переходит на катод, что соответствует известным представлениям о электродуговых реакторах постоянного тока с графитовыми электродами [2].



Рис. 3. Осциллограммы напряжения и тока

### Заключение

Автоматизированная система управления установкой позволяет инициировать и поддерживать заданное время (порядка 5...15 сек.) дуговой разряд постоянного тока, для генерации атмосферной плазмы на электродах, что позволяет получить различные порошковые материалы, к примеру на основе углерода. В ходе реализации работы экспериментально найдены величины ряда переменных, использованных в программном коде для управления установкой, обеспечивающие надежное инициирование и стабильное горение дугового разряда. В частности, выявлено, что при известной геометрии электродов, используемых в установке при атмосферных условиях, необходим режим короткого замыкания электродов для их прогрева, путем введения временной паузы, продолжительностью в 0.2 сек., между событием касания электродов и режимом поддержки разрядного промежутка, выполняемого за счет отведения анода на рабочем органе привода от катода. Экспериментально найдено, что при заданных значениях силы тока порядка 100...200 А и известных параметрах электродов, для поддержания горения дугового разряда, необходима величина разрядного промежутка порядка 0.5...2.0 мм.

### Список использованных источников

1. Пак А.Я. Тезисы докладов с электронным доступом онлайн. URL: [http://efre2018.hcei.tsc.ru/private/view\\_abs.html?id=260](http://efre2018.hcei.tsc.ru/private/view_abs.html?id=260) (дата обращения: 05.11.2018).
2. Arora N. and Sharma N. Diamond & Related materials // ELSEVIER. 2014. Vol. 50. Pp. 135-150.

# АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ГЕОЛОГО-ТЕХНИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ НА ОСНОВЕ ПРОМЫСЛОВЫХ ДАННЫХ

В.П. Соломатин, К.Р. Марупова  
Томский политехнический университет  
Solomatin.vl.p@gmail.com

## Введение

Разработка нефтяных и газовых месторождений – сложный и трудоемкий процесс, который жестко регламентируется проектом разработки месторождения. В проектно-технологическом документе (ПТД) содержится вся информация об объекте разработки, начиная географическим положением и климатом, заканчивая планированием бурения скважин и выбором системы разработки. В текущих условиях на разработку ПТД отводится один календарный год.

Важной частью ПТД является анализ опыта проведения геолого-технических мероприятий (ГТМ), которые направлены на интенсификацию добычи нефти, если месторождение уже разрабатывается и планирование проведения ГТМ.

Месторождения, относящиеся к категории “крупные” и выше, зачастую насчитывают в своем фонде более 1000 скважин, работу которых нужно рационально планировать на десятки лет вперед. Чтобы оптимальным способом спланировать работу скважин нужно проанализировать большой объем промысловой информации о работе скважин, запасы нефти, показатели разработки, рассмотреть опыт проведения ГТМ и других операций. На основании данного анализа можно осуществлять прогнозирование по разработке на определенный период времени вперед.

На данный момент процесс обработки и анализа данных в большей степени осуществляется человеком с использованием вспомогательных инструментов в виде MS Office и специализированного ПО. Данный подход к работе лишь упрощает обработку и анализ данных, но не автоматизирует этот процесс.

Отсутствие полной автоматизации на всех этапах планирования ГТМ является узким местом всего бизнес-процесса разработки проекта месторождения. Следствием данного фактора является низкая производительность в процессе анализа данных показателей разработки всего месторождения.

Целью данной работы является оптимизация процесса планирования ГТМ. Описываемые в данной работе предложения смогут значительно сократить временные затраты на анализ информации и планирование проведения ГТМ. Высвободившиеся человеческие ресурсы могут быть привлечены к разработке других проектов месторождений или выполнению иной деятельности. Достижение данной цели также позволит создать дополнительную

ценность для недропользователей в виде снижения риска ошибок, вызванных человеческим фактором. Таким образом, данная работа позволит снизить внутренние издержки в расчете на один проект.

Данная цель является комплексной и будет достигаться поэтапно. Для достижения цели необходимо решить следующие задачи:

1. Провести анализ существующего процесса планирования ГТМ, выявить наиболее трудозатратные этапы.

2. Выработать предложения по их устранению с помощью современных информационных технологий.

Схема анализа и планирования ГТМ, используемая проектной компанией г. Тюмень представлена на рисунке 1.

### *Детализация процесса планирования ГТМ:*

1. На начальном этапе все необходимые промысловые данные и показатели разработки экспортируются в единую таблицу с использованием функции выгрузки специализированного программного обеспечения либо макросов Microsoft Excel.

2. Происходит декомпозиция исходных данных по видам скважин, видам проведенных ГТМ, запасам углеводородов. Таким образом мы получаем таблицу с необходимыми данными для каждого типа ГТМ.

3. На основании вышеуказанной таблицы проводится анализ эффективности проведенных ГТМ, выявление причин успешности мероприятия, сравнение проектных и фактических показателей и формирование возможных зависимостей.

4. Формирование представления об эффективности использования каждого вида ГТМ в определенных условиях и параметрах. Под эффективностью авторы понимают профицитное соотношение результатов и затрат.

5. Далее проводится прогнозирование дополнительной добычи от проведения ГТМ.

6. Следующим шагом является планирование проведения каждого вида ГТМ с обоснованием причин такого выбора и обоснованием отказа от других видов ГТМ.

7. На основании плана осуществляется прогноз результатов проведения каждого вида ГТМ. На заключительном этапе происходит составление аналитической записки о планировании проведения ГТМ и прогнозирования результатов их проведения с обоснованием причин принятых нами решений и причин отказа от каких-либо видов мероприятий [2].

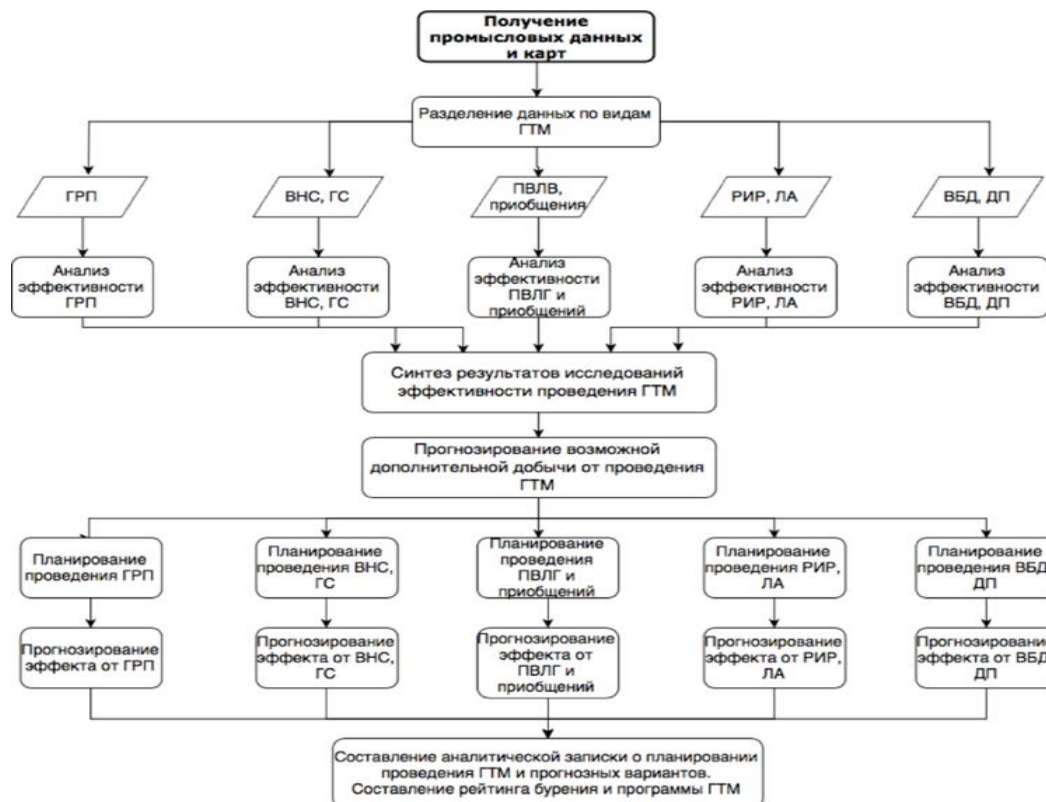


Рис. 1. Схема анализа и планирования ГТМ

**Авторы предлагают оптимизировать существующий бизнес-процесс:**

На 2 этапе происходит потеря времени из-за разделения данных по видам ГТМ и по типам данных вручную. В случае внедрения автоматического приведения данных к стандартизованному виду, удобному и пригодному для дальнейшего использования, данная проблема будет снята.

Шаг 3 также требует много времени за счет ручного анализа, обработки данных, произведения расчетов и, самое главное, поиск зависимостей между показателями, условиями, параметрами и свойствами пласта и видами ГТМ.

Этап 5 и 7 требуют значительных временных затрат за счет ручной обработки данных и произведения расчетов, которые в будущем времени планируется осуществлять в автоматическом режиме.

Шаг 8 также можно подвергнуть автоматизации ввиду необходимости внедрения алгоритма для автоматического построения форм Госплана, рейтинга бурения и программы ГТМ.

Авторы предлагают ввести автоматизацию обработки информации на этапах 2, 3, 5, 7 и 8 используя технологии, позволяющие легко интегрироваться с входящим потоком данных, в частности язык расширяемой разметки xml, используемый во

многих стандартах, а именно WITSML, PRODML и других. В настоящее время процесс обработки данных проводится в ручную. Авторы планируют выявить параметры, которые в наибольшей степени определяют эффективность проведения ГТМ. Построив соответствующую математическую модель, разработать и внедрить программные модули, осуществляющие обработку на языке Python. В дополнении необходимо разработать алгоритм автоматического преобразования конечных данных к виду установленного образца. [3]

#### Список использованных источников

1. Нургалиева Р.А., Романова М.Ю. Анализ эффективности проведения геолого-технических мероприятий на объекте ЮВ1(1) Мегийского месторождения // Международный студенческий научный вестник. – 2016.
2. Уметбаев В.Г. Геолого-технические мероприятия при эксплуатации скважин: Справочник рабочего. – М.: Недра, 1988
3. Goldberg D. E. Genetic algorithms in search, optimization, and machine learning. Reading, MA: Addison-Wesley. 1989.

# ОСОБЕННОСТИ СХЕМОТЕХНИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ ЦИКЛИЧЕСКОГО МЕТОДА ДЕКОДИРОВАНИЯ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОГО ПОЛИНОМИАЛЬНОГО КОДА, ИСПРАВЛЯЮЩЕГО ПАКЕТНЫЕ ОШИБКИ

Н.С. Саликов

Научный руководитель: А.Н. Мальчуков

Томский политехнический университет

nss23@tpu.ru

## Введение

Каждый день миллионы людей обмениваются данными, отправляя их с одного устройства на другое. При передаче этих данных могут возникать ошибки из-за внешнего воздействия среды. Для борьбы с подобными явлениями используют различные варианты, одним из которых является помехоустойчивое кодирование.

Широко используемым классом помехоустойчивых кодов, являются коды, исправляющие пакетные ошибки.

## Табличный метод

Самым простым из алгоритмов помехоустойчивого кодирования является табличный метод.

Поступившее кодовое слово длиной  $n$ , содержащее  $m$  информационных символов и  $k$  проверочных, делится на образующий полином  $g$ . Если кодовое слово делится без остатка, то ошибок нет. Остаток от деления называется синдромом ошибки [1].

Для реализации описанной выше операции необходимо подать слово длиной  $n$ , которое необходимо проверить на наличие ошибки, в блок вычисления остатка от деления (Рис. 1). На выходе блока имеем  $n$  групп проверочных символов длиной  $k$ .

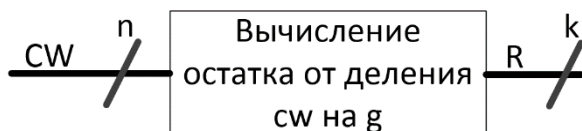


Рис. 1. Блок вычисления остатка от деления для табличного метода

Далее необходимо проверить группу проверочных символов на соответствие одному из синдромов ошибки. Для этого нужно подать её на блок определения наличия какого-либо синдрома ошибки из общего  $s$  количества (Рис. 2), на выходе которого имеем  $s$  значений. Если в результате проверки хотя бы одно из значений отлично от нуля, значит, присутствует ошибка, и нам заранее известна, какие разряды были искажены, если все значения равны нулю, значит, слово передалось без помех.

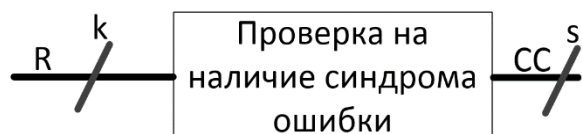


Рис. 2. Блок определения наличия синдрома ошибки для табличного метода

Следующим шагом является формирование корректирующей комбинации длиной  $n$ . На вход

блока группировки по разрядам подаются  $s$  корректирующих комбинаций длиной  $k$ . После группировки получаем  $n$  значений. Затем проводим каждый разряд, полученный после группировки, и соответствующие разряды кодового слова (Рис. 3). На выходе получаем исправленное слово, в случае, если была обнаружена ошибка. Если ошибки не было обнаружено, то, после всех операций, оно остается без изменений.

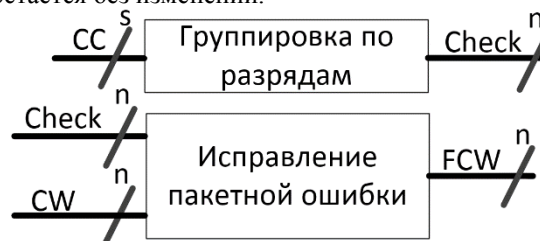


Рис. 3. Блоки группировки по разрядам и исправления ошибки для табличного метода

Пакетные ошибки — это частные случаи ошибок, возникающих при передаче данных, поэтому существуют такие ошибки, которые мы не можем исправить, так как они не являются пакетными или их длина больше допустимой. В таком случае наша схема сигнализирует нам об этом (Рис. 4).

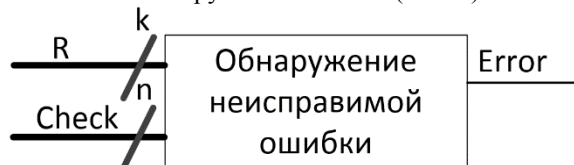


Рис. 4. Блок обнаружения неисправимой ошибки для табличного метода

## Циклический метод

Циклический метод основан на возможности поразрядного сдвига слова в сторону. Это нужно для проверки тех разрядов, которые выходят за рамки группы проверочных символов.

На блок вычисления остатка от деления слово подается несколько раз, начиная от обычного порядка разрядов, потом со сдвигом на один и так далее до  $n-1$  (Рис. 5).

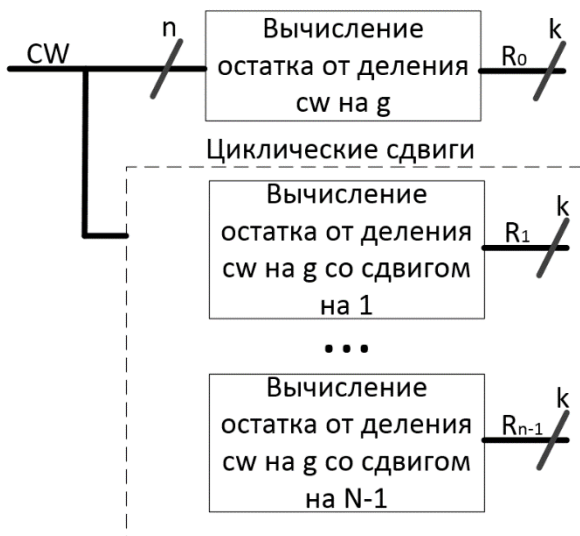


Рис. 5. Блок вычисления остатка от деления для циклического метода

Далее мы подаем полученные группы проверочных символов на соответствие с синдромами ошибок (Рис. 6). После проверки получаем  $t$  сигналов, которые оповещают о наличии/отсутствии той или иной ошибки, для каждой из  $n$  групп проверочных символов.

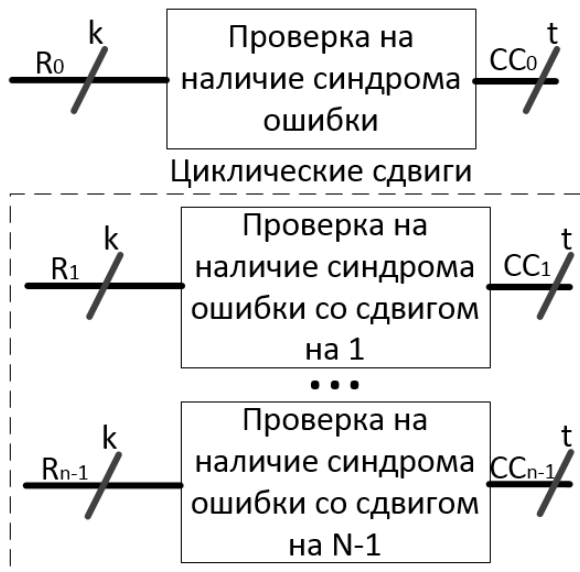


Рис. 6. Блок определения наличия синдрома ошибки для первого варианта циклического метода

Далее результаты и слово, которое нужно проверить, подаются на блок исправления ошибки, на выходе которого получается исправленное слово (Рис. 7). Таким образом, реализуется первый вариант циклического метода.

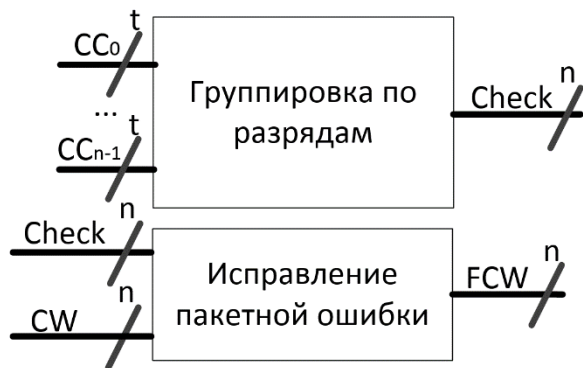


Рис. 7. Блоки группировки по разрядам и исправления ошибки для первого циклического метода

Во втором варианте идет отказ от сверки синдрома с шаблонами ошибки. Ищется диапазон, в котором находится ошибка, если его разрядность меньше, либо равна максимально допустимой длине пакетной ошибки, то правится. Вышесказанное используется для всех сдвигов, что позволяет найти чистый шаблон ошибки, без перебора всех вариантов, и сразу же исправить ошибку, наложив на нужные разряды кодового слова (Рис. 8).

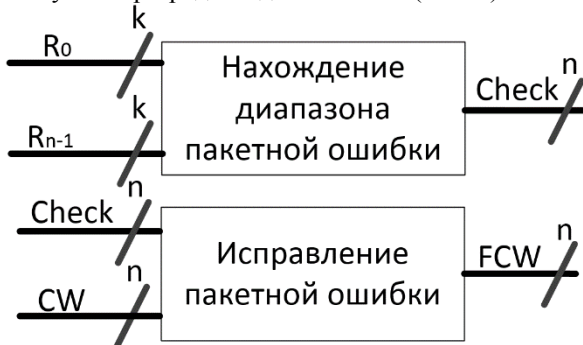


Рис. 8. Блок нахождения диапазона исправления пакетной ошибки для 2-го циклического метода

В случае подачи на вход слова с неустранимой ошибкой, схема сигнализирует нам об этом (Рис. 4).

#### Заключение

В теории, при больших кодовых словах, циклические методы производительнее, за счет того, что мы намеренно сокращаем кол-во шаблонов ошибок до  $k$  и пропускаем кодовое слово в циклических сдвигах. А табличный метод начинает сильно разрастаться за счет большого  $n$  числа шаблонов ошибок.

#### Список использованных источников

1. Морелос-Сарагоса Р. Искусство помехоустойчивого кодирования. Методы, алгоритмы, применение / Р. Морелос-Сарагоса; перевод В.Б. Афанасьева. – М.: Техносфера, 2005. – 320 с.



# МЕТОД РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ОПЕРАТОРОВ – ПРОЕКТОРОВ

П.С. Бондаренко  
О.Н. Вылегжанин

Томский политехнический университет  
Psb8@tpu.ru

## Введение

Задача линейного программирования (ЛП) активно используется для решения задач оптимизации с линейными ограничениями, возникающими в различных проблемных областях [1][2]. Обычно для решения задачи ЛП используется, разработанный Данцигом симплекс - метод [3], в основе которого лежит последовательное применение модифицированных преобразований Гаусса-Жордана [4] для перемещения рабочей точки по вершинам многогранника допустимых значений, определяемого множеством ограничений - неравенств задачи ЛП. В настоящей работе предлагается несколько иной подход, в котором перемещение рабочей точки осуществляется на основе применения операторов – проекторов.

## Постановка задачи ЛП:

Стандартная постановка задачи ЛП сводится к отысканию экстремума целевой функции задачи вида [5]

$$f(x) = \langle c, x \rangle, \quad (1)$$

где  $c$  – вектор – столбец коэффициентов  
 $x$  – вектор – столбец неизвестных

при наличии множества ограничений равенств вида  $A_1 x = b_1$  и ограничений - неравенств вида  $A_2 x \leq b_2$ . В описываемом методе решения предлагается, на основе ограничений - равенств сократить размерность пространства, в котором определено решение задачи ЛП, до величины  $m = n - k$ , где:

$n$  – исходная размерность пространства  
 $k$  – ранг матрица  $A_1$

Для такого сокращения из исходной матрицы  $A_1$  выделяется множество столбцов, образующих базисный набор для всех столбцов матрицы  $A_1$ . Количество таких столбцов равно  $k$  и они образуют матрицу  $\bar{A}_1$ . Процедура выделения новой матрицы описана в работе [6]. А обоснованием этой процедуры является следующая теорема:

**Теорема 1.** Если  $A_1$  – матрица ограничений – равенств ранга  $k$  ( $rk A = k$ ), и первые  $k$  столбцов  $A_1$  образуют базисный набор, то

$$\hat{x} = \hat{A}^+ (b - \bar{A} * \bar{x}) \quad (2)$$

Где  $\hat{x}$  – вектор первых  $k$  элементов,  $\bar{x}$  – вектор остальных элементов  $x$ ,  $\hat{A}^+$  – матрица, псевдообратная к первым  $k$  столбцам

$\bar{A}_1$

При этом целевая функция задачи преобразуется в соответствии с теоремой: [7]

**Теорема 2.** Если  $\langle c, x \rangle$  - линейная форма, то при наличии ограничений - равенств вида  $A_1 x = b_1$  она преобразуется к форме

$$c^T * x = \hat{c}^T * \hat{A}^+ * b + (\bar{c}^T - \hat{c}^T * \hat{A}^+ * \bar{A}) * \bar{x}$$

Где  $\hat{c}$  и  $\bar{c}$  – компоненты вектора коэффициентов, соответствующие компонентам  $\hat{x}$  и  $\bar{x}$  вектора  $x$ .

Алгоритм выше описанного преобразования приведен в статье [7]. Кроме того, в соответствии с выше описанным преобразованием, переопределяется и набор ограничений - неравенств таким образом, что размерность пространства в котором определен многогранник допустимых решений, сокращается до  $m$ .

Для получения базисного решения выполняется последовательность преобразований [7], выделяющих линейное подпространство, образованное пересечением подпространств размерности  $m-1$ , определяемых двумя, тремя и т.д. строками системы неравенств ограничений  $A_2 x \leq b_2$ . Базисное решение получается, как пересечение  $n-k$  строк матрицы ограничений - неравенств. Обоснованием этих преобразований является следующая теорема:

**Теорема 3.** Если точка  $x_k$  принадлежит пересечению  $k$  плоскостей, заданных множеством строк матрицы  $A_2$ , то её проекция на пересечение плоскостей, заданной строкой  $a_j$  с пересечением плоскостей, заданных строками матрицы  $A_2$  есть:

$$x_{k+1} = x_k + \frac{b_j - a_j^T * x_k}{a_j^T * R * a_j} * a_j^T * R \quad (3)$$

Где  $R = (I - A_k^+ * A_k)$  – оператор – проектор на пространство, перпендикулярное пространству, натянутому на строки матрицы  $A_2$ .

## Описание алгоритма решения задачи:

Алгоритм перемещения рабочей точки [8], принадлежащей линейному пространству размерности 0, из базисного решения в точку оптимума осуществляется путем продвижения вдоль линейного пространства размерности 1, имеющего максимальную проекцию на градиент целевой функции. Вычисления соответствующего оператора - проектора, осуществляется рекуррентным методом псевдообращения Гревилля [9].

После каждого перемещения рабочей точки проверяются выполнения условий Куна-Таккера [11]. Точка в которой выполняются все условия Куна-Таккера является решением задачи ЛП. Напомним, что условия Куна-Таккера для задачи ЛП имеют вид:

1.  $x^* \in M$ , где  $x^*$  – решение задачи,
2.  $\lambda^i * (b_i - a_i * x_i) = 0, i = 1, \dots, n$
3.  $c + A^T \lambda = 0$

Где  $\lambda_i$  – вектор неизвестных, неотрицательных

коэффициентов (коэффициентов Лагранжа),  $a_i$  – строки матрицы ограничений – неравенств, а  $M$  – область выполнения ограничений – неравенств (область допустимых решений).

Причем первое (принадлежность точки оптимума многограннику допустимых решений) и третье (градиент функции Лагранжа) условия выполняются по построению.

#### **Заключение:**

Описанный алгоритм обладает на наш взгляд следующими преимуществами перед обычно применяемым симплекс – методом:

1. За счет анализа ограничений - равенств, существенно сокращается размерность пространства решения задачи.
2. В обычно применяемом методе Данцига каждое ограничение - равенство вида  $a^T x = b$  преобразуется в два ограничения - неравенства ( $a^T x \leq b$ ,  $a^T x \geq b$ ), что приводит к увеличению числа вершин, которое равно числу сочетаний из  $n$  по  $k$ , где  $n$  – число ограничений неравенств, а  $k$  - размерность пространства решения задачи. Увеличение числа вершин многогранника допустимых значений, в свою очередь, может привести к увеличению числа шагов перемещения рабочей точки в точку оптимума.
3. Увеличение числа шагов в поиске оптимума, в свою очередь, приводит к увеличению ошибки округления решения задачи.

#### **Список использованных источников**

1. Лекция 1.Примеры задач линейного программирования. [Электронный ресурс].URL: <https://studfiles.net/preview/1722609/> (дата обращения 14.11.2018).

2. Области применения и ограничения использования линейного программирования для решения экономических задач – Линейное программирование в экономике [Электронный ресурс]. – URL: [https://otherreferats.allbest.ru/economy/0065264\\_0.html](https://otherreferats.allbest.ru/economy/0065264_0.html) (дата обращения 17.11.2018).
3. Дж. Данциг. Линейное программирование, его обобщения и применения. М.: «Прогресс», 1966. с. 96 - 115.
4. В.Н. Задорожный, В.Ф. Зальмеж, А.Ю. Трифонов, А.В. Шаповалов. Высшая математика для технических университетов. Часть I. Линейная алгебра. Т.: «Томский политехнический университет», 2014. с. 76 – 82.
5. Г. Стренг. Линейная алгебра и ее применения. М.: «Мир», 1980 с. 353 – 407.
6. Вылегжанин О.Н., Шкатова Г.И. Учет ограничений равенств при решении оптимизационных задач с линейными ограничениями // Известия Томского политехнического университета. – 2008. с. 76 – 78
7. Вылегжанин О.Н., Шкатова Г.И. Сравнительная оценка двух методов выбора наилучших линейных регрессоров 1988. – С. 18–22.
8. Вылегжанин О.Н., Шкатова Г.И. Решение задачи линейного программирования с использованием оператора-проектора. // Известия Томского политехнического университета. – 2009. с. 37 – 40
9. Гантмахер Ф.Р. Теория матриц. – 5-е изд. – М.: Физматлит, 2004. – 559 с.
10. Гилл Ф., Мюррей У., Райт М. Практическая оптимизация — М.: «Мир», 1985. — 509 с., ил.

# ЕМКОСТНЫЙ УРОВНЕМЕР ДЛЯ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА

Н.А. Афанасьев, А.В. Власов  
Научный руководитель: И.А. Тутов  
Томский политехнический университет  
naa14@tpu.ru

## Введение

В настоящее время в различных отраслях промышленности нашли применение различные способы измерения уровня. К наиболее распространённым из них относятся следующие: поплавковые, буйковые, гидростатические, кондуктометрические, ёмкостные, ультразвуковые и акустические, радиоизотопные.

Существует необходимость контролировать уровень воды в ёмкости в учебных целях. При этом требуется, чтобы устройство было недорогим, компактным и нестандартным. Среди представленных выше типов уровнемеров больше всего для удовлетворения такой потребности подходят поплавковый, кондуктометрический и ёмкостный способы измерения уровня. Так как нужно отслеживать абсолютную высоту текущего уровня, то кондуктометрический уровнемер не подойдет, так как он имеет дискретный выходной сигнал. Поплавковому уровнемеру присущи такие недостатки, как низкая точность показаний и сравнительно малый срок службы из-за воздействия среды на механическую часть. Таким образом, принято решение разработать ёмкостный уровнемер своими руками.

Датчики уровня такого типа обладают следующими достоинствами. Во-первых, они достаточно надёжны и долговечны, так как лишены подвижных элементов. Во-вторых, достаточно просты в установке и эксплуатации. В-третьих, такие устройства отличаются невысокой стоимостью и могут быть легко изготовлены самостоятельно.

К недостаткам данного типа измерения уровня следует отнести высокую чувствительность к наводкам и внешним помехам, необходимость погружения части устройства в жидкость. В дополнение, система является инертной.

## Принцип работы

Принцип действия ёмкостного уровнемера основан на зависимости электрической ёмкости чувствительного элемента от уровня жидкости. Конструктивно ёмкостные чувствительные элементы выполняются в виде соосно расположенных цилиндрических электродов или параллельно размещённых плоских электродов.

На рисунке 1 представлена схема устройства ёмкостного уровнемера, выполненного в виде параллельно расположенных плоских электродов 1 и 2. Преобразователь погружен в резервуар 3, в котором измеряется уровень жидкости.

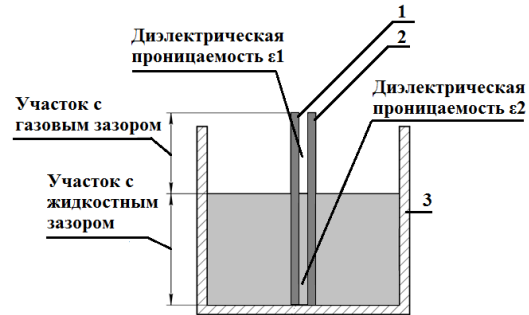


Рис. 1. Общая схема устройства

Если известна диэлектрическая проницаемость жидкости, то можно составить следующее равенство:

$$C = C_1 + C_2 = \varepsilon_1 \cdot G_1 + \varepsilon_2 \cdot G_2, \quad (1)$$

где  $C$ ,  $C_1$ ,  $C_2$  – общая ёмкость конденсатора, ёмкости участков конденсатора с газовым и жидкостными зазорами соответственно;  $\varepsilon_1$ ,  $\varepsilon_2$  – диэлектрические проницаемости газовой и жидкой среды соответственно;  $G_1$ ,  $G_2$  – геометрический коэффициент участков конденсатора с газовым и жидкостными зазорами.

При изменении уровня жидкости величина суммарной ёмкости конденсатора также изменится. Если конденсатор включен в электрическую цепь, то не составляет труда отследить изменение ёмкости.

## Описание устройства

Ёмкостный уровнемер образуют мультивибратор, детектор, фильтр низких частот и управляемый напряжением источник тока. Принципиальная электрическая схема устройства представлена на рисунке 2.

Мультивибратор включает в себя: элементы DD1.1-DD1.3, резистор R2 и конденсатор C1. После включения питания какой-то из логических элементов автоколебательного мультивибратора быстрее других примет одно из двух возможных состояний и тем самым повлияет на состояние остальных компонентов. Пусть элемент DD1.2 первым оказался в единичном состоянии. Сигнал с его выхода через незаряженный конденсатор C1 передается на вход элемента DD1.1, в результате чего эти элементы DD1.1 и DD1.3 устанавливаются в нулевое состояние.

Такое состояние устройства неустойчиво, так как напряжение на входе DD1.1 в это время постепенно уменьшается по мере зарядки конденсатора C1 через резистор R2 и выходную цепь DD1.3.

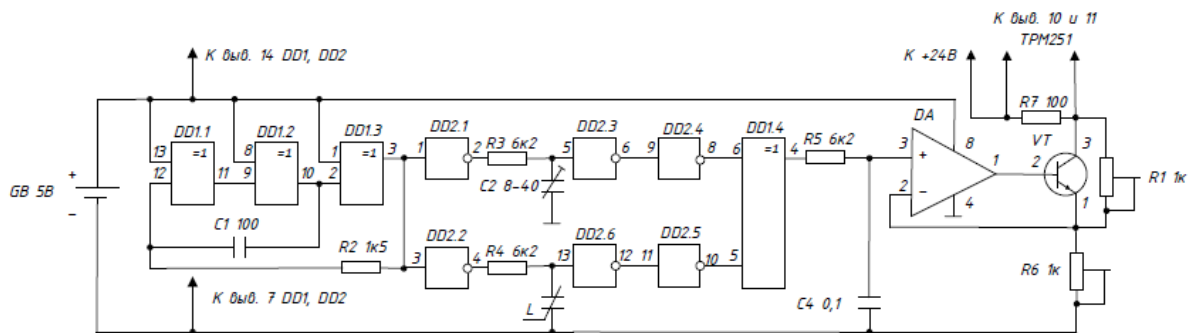


Рис. 2. Принципиальная электрическая схема устройства

Как только напряжение на входе элемента DD1.1 станет равным пороговому, этот элемент переключится в единичное состояние, а элемент DD1.2 – в нулевое. Теперь конденсатор C1 начнет перезаряжаться через выход DD1.2 и резистор R2 с выхода элемента DD1.3. Вскоре напряжение на входе первого элемента мультивибратора превысит пороговое и все элементы переключатся в противоположные состояния. Так формируются импульсы на выходе мультивибратора.

Сигнал от мультивибратора идет двумя равнозначными путями, с точки зрения импульсных задержек, которые сходятся на элементе DD1.4. Если импульсы на этот элемент придут точно синхронно, то на выходе никаких колебаний не возникнет. Иначе возникают разностные импульсы, скважность которых пропорциональна этому расхождению, то есть, применительно к данному устройству, емкости измерительного конденсатора C3. Емкость конденсатора C3, в свою очередь, зависит от глубины его погружения в воду.

На выходе устройства стоит простейший фильтр, который сглаживает высокочастотные пульсации до приемлемого уровня. В результате чего на выходе образуется аналоговый сигнал определенной величины. На рис. 3 представлена временная диаграмма работы детектора.

Значение тока, несущего информацию о некоторой физической величине, не зависит от сопротивления линии связи, что позволяет исключить ее влияние. Поэтому для связи с другими устройствами необходимо осуществить преобразование из полученного напряжения в унифицированный токовый сигнал 4-20 мА.

#### Калибровка

Настройка устройства осуществляется двумя подстроечными резисторами R1 и R6, а также подстроечным конденсатором C2.

Во-первых, устанавливается одинаковая начальная задержка импульсов (равенство емкостей) по обоим каналам с помощью подстроечного конденсатора C2 при минимальном уровне воды.

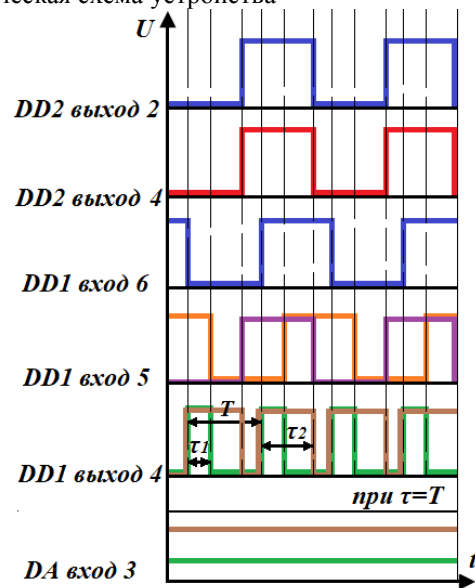


Рис. 3. Временная диаграмма работы детектора

Во-вторых, настраиваются нижний 4 мА и верхний 20 мА пределы токового сигнала. Ограничение снизу регулируется с помощью шунтирующего резистора R1, а сверху – резистором R6.

#### Заключение

В ходе данной работы был разработан емкостной уровнемер, который позволяет определить абсолютную величину уровня. При этом выходным сигналом устройства является унифицированный токовый сигнал 4-20 мА, который передается на ТРМ251. В результате чего, на экране ТРМ251 отображается фактическая величина уровня в емкости.

#### Список использованных источников

1. Борисов В.Г., Партин А.С. Практикум радиолюбителя по цифровой технике. М.: Патриот, «Символ-Р», 1991. – 144 с.
2. Дэвид М. Харрис и Сара Л. Харрис. Цифровая схемотехника и архитектура компьютера, 2013. – 1621 с.
3. Курганов В.В. Элементы и устройства систем управления: учебное пособие. Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 202 с.

# ОПИСАНИЕ КООПЕРАЦИИ АВТОНОМНЫХ РОБОТОВ НЕЧЕТКОЙ ЛИНГВИСТИЧЕСКОЙ МОДЕЛЮ

И.И. Бирюков

Научный руководитель: Л.И. Сучкова  
Алтайский государственный технический  
университет им. И. И. Ползунова  
falocn\_bkmz@mail.ru

## Введение

В настоящий момент современный робот способен решать множество задач из самых разных областей деятельности человека. Часто используется один робот, который способен выполнить ряд действий с целью достижения определенного результата. Однако сложные задачи, содержащие множество подзадач, эффективно решаются коллективом роботов. Но введение в систему нескольких роботов требует существования механизма кооперации членов коллектива [1].

В данной статье предложен механизм взаимодействия автономных роботов на основе нечеткой лингвистической модели принятия решений.

## Мультиагентный подход к формированию коллектива роботов

Мультиагентный подход предполагает наличие нескольких интеллектуальных агентов, способных объединяться в коллектив для решения общей задачи. В основе подхода лежат агенты, их взаимодействия и среда обитания, в которой они функционируют. В основе любого взаимодействия лежит процесс воздействия различных объектов друг на друга. Агент способен видоизменять среду, и изменяться, адаптируясь к внешним воздействиям. В качестве агентов могут выступать люди, роботы, программы и другие сущности [2].

Робота можно описать с помощью мультиагентного подхода, предполагающего, что робот является абстрактной интеллектуальной сущностью, которая находится в изменчивой среде, воспринимаемая ее сенсорами, получая данные, благодаря эффекторам, а также способна к взаимодействиям.

## Описание модели автономного робота

Автономный робот – член коллектива, способный к самостоятельному анализу ситуации и формированию стратегии поведения, которая направлена на решение поставленной задачи перед коллективом. Под задачей автономного робота понимается достижение целевого состояния, которое определяют среду как искомую. Тогда под главной задачей коллектива автономных роботов подразумевается достижение целевых состояния среды совокупными силами [3].

Робот описывается вектором входных параметров  $R(b, d, i, n, m)$ , где  $b$  коэффициент убеждения,  $d$  коэффициент желания,  $i$  коэффициент намерения.  $n$  и  $m$  – количество известных существующих объектов среды и роботов соответственно ( $i = 0 \dots n$ ,  $q_0 \dots q_n$ ,  $n$  – все объекты,  $j=0 \dots m$ ,  $r_0 \dots r_m$  – все роботы).

Коэффициенты  $b, d, i$  рассчитываются исходя из переменных величин, таких как ресурсы робота, наличие близлежащего целевого объекта и его ценность среди коллег, свойств окружающих объектов и др.

Модель принятия решений предполагает следующие этапы существования робота [4]:

- 1) Создание базы знаний, состоящих из нечетких правил «Если-То».
- 2) Анализ синтаксиса правил.
- 3) Оценка степени истинности каждого antecedента в исходном состоянии среды и робота в целом.
- 4) Интерпретация правил согласно текущему состоянию среды.
- 5) Коммуникация роботов для получения состояний коллег и для обозначения своей позиции.
- 6) Нечеткий вывод конечного действия из правил и его исполнение.

Функционируя с помощью модели, робот строит новую стратегию поведения, согласно заданным правилам, если текущая стратегия не жизнеспособна. Смена стратегии обуславливается оценкой рациональности выбранной тактики и поиском подходящих вариантов, основываясь на знаниях и ресурсах коллектива. Общение роботов осуществляется с помощью общего канала связи, который выступает неким буфером, где хранятся сообщения каждого робота.

## Групповое взаимодействие роботов

Кооперация роботов строится на механизме ведения диалога между двумя или несколькими членами коллектива. Один из них обозначает проблему – его текущая цель. Роботы, кому эта цель не безразлична, вступают в дискуссию – они обозначают свою точку зрения (согласно их коэффициенту намерения) и проводят обсуждение. В результате все участники дискуссии пересматривают степени истинности своих правил, полученных на ранних этапах. У одного из них цель остается актуальной, однако его текущая стратегия может видоизмениться.

Роботы передают в общий буфер сообщение типа: «say (<Адресат>, <Взаимодействие>)»;», «Адресат» – имя робота, от которого ожидается сообщение. «Взаимодействие» – содержит намерение адресата. Участники коллектива периодически просматривают буфер, с целью поиска сообщений, адресованных им.

## Моделирование поведения коллектива роботов

Предположим, существует задача сбора «Объектов». Для ее решения необходимо добавить роботов в моделированную среду, работающих по предложенной модели с правилами поведения, направленными на сбор «Объектов» [5]. На рис. 1 изображено начало работы коллектива роботов (роботы «Первый» и «Второй»).

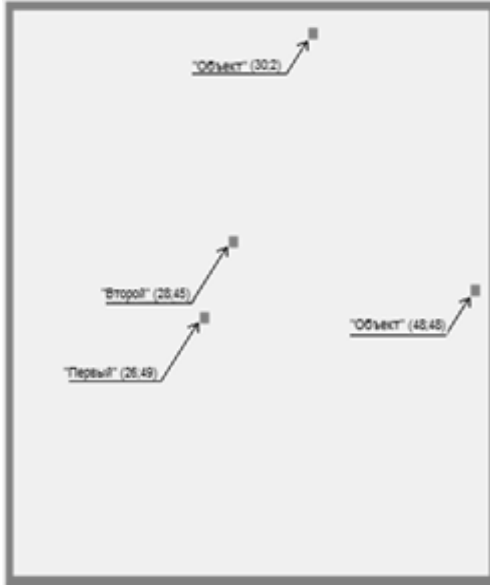


Рис 1. Начальное состояние окружающей среды

Робот «Первый» выбрал цель «Объект», который находится правее от него. О своем выборе робот оповещает остальных членов коллектива. Робот «Второй», исходя из ситуации, выбирает другую цель, хотя работая в одиночку, он бы выбрал ту же цель, что выбрал робот «Первый». На рис. 2 и 3 представлен набор действий, которые роботы совершали на каждом этапе существования.

```
Шаг итерации: 1; Робот появился
Шаг итерации: 1; Обнаружено еще 1 робот(ов)
Шаг итерации: 1; Обнаружено 2 искомым объекта
Шаг итерации: 1; Правый объект в приоритете
Шаг итерации: 1; Другому роботу все равно
Шаг итерации: 1; Выбран объект, расположен по координатам 48;48
```

Рис. 2. Решения, которые принимает «Первый»

```
Шаг итерации: 1; Робот появился
Шаг итерации: 1; Обнаружено еще 1 робот(ов)
Шаг итерации: 1; Обнаружено 2 искомым объекта
Шаг итерации: 1; Объекты равноудалены от робота
Шаг итерации: 1; Другой робот выбрал цель объект, расположенный по координатам 4
Шаг итерации: 1; Выбран объект, расположен по координатам 30;2
```

Рис. 3. Решения, которые принимает «Второй»

После достижения цели «Первый» ожидает появления нового объекта, так как другим «Объектом» занят «Второй». Когда появляется другие «Объекты», роботы решают, кто займется данным

«Объектом» (рис. 4). Тот робот, которому ближе (в данном случае второму) определяет объект, как приоритетный и движется в его направлении. Первый робот ожидает появления нового объекта.

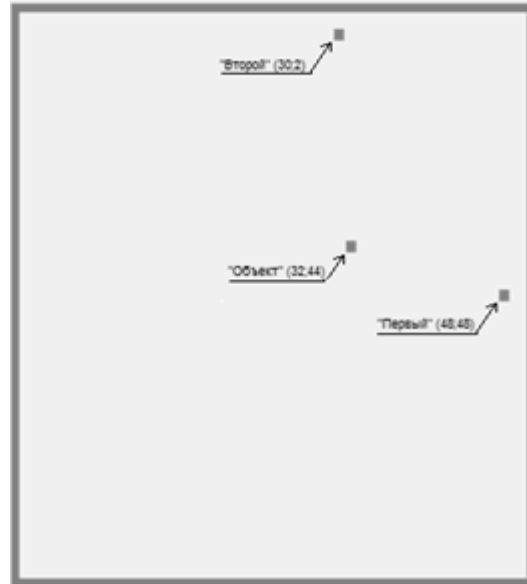


Рис 4. Роботы достигли первых «Объектов»

## Заключение

Предложенная модель принятия решений позволяет управлять децентрализованным коллективом автономных роботов, действия которых определяются согласно мнению каждого участника коллектива. Модель позволяет роботу решать свою подзадачу, используя ресурсы, доступные не только ему, но и его коллегам. Это позитивно скажется на эффективности работы коллектива в целом и продуктивности отдельного робота.

## Список использованных источников

1. Карпов В.Э. Коллективное поведение роботов. Желанное и действительное // Современная мехатроника. – 2011. – Т 132. с.35-51.
2. Андрейчиков А.В. Интеллектуальные информационные системы / А.В. Андрейчиков, О.Н. Андрейчикова – М.: Вильямс., 2004. – 422 с.
3. Морозова Н.С. Управление движением строя в мультиагентных системах // Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.13.18: защищена 21.04.15. – Москва., 2015. – 24 с.
4. Кулинич А.А. Модель командного поведения агентов (роботов): когнитивный подход // Управление большими системами. – 2014. – Т. 231. – №51. – С. 174–197.
5. Бирюков И.И. Описание функционирования поисковых автономных роботов в мультиагентной системе нечеткой лингвистической моделью / науч.рук. Л.И. Сучкова // 15-я Всерос. науч.-техн. конф. «Наука и молодежь-2018». Барнаул: АлтГТУ, 2018. – С. 19-23.

# РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ КВАДРОКОПТЕРА НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ PARROT MINIDRONE ROLLING SPIDER

А.С. Каширин, А.И. Федотов  
А. Ю. Зарницын  
Томский политехнический университет  
kashirinas@tpu.ru

## Введение

В настоящее время использование беспилотных летательных аппаратов в различных сферах жизни человека сильно растёт. Спектр задач может варьироваться от гражданских задач до применения в военных целях.

Поэтому целью данной работы является разработка математической и компьютерной модели в среде MATLAB Simulink реальной модели квадрокоптера Parrot Minidrone Rolling Spider для дальнейшего синтеза ПИД регуляторов двигателей и алгоритмов управления квадрокоптером.

## Математическая модель

Математическое описание квадрокоптера начинается с определения переменных состояния. После этого производится представление основных законов кинематики и соотношений между систем координат, которые будут использованы в качестве теоретической базы для описания объекта управления.

Существует несколько подходов для описания динамической системы. Некоторые исследования используют кватернионы в качестве переменных состояния. В данном математическом описании в качестве переменных состояния выбраны пространственные и угловые координаты, как наиболее распространённый способ математического описания квадрокоптера.

Модель квадрокоптера с изображёнными угловыми скоростями вращения роторов, силами тяги, моментами сил и связанной с квадрокоптером системой координат (далее - СК) представлена на рисунке 1. По ориентации системы координат видно, что в рассматриваемой модели используется схема «Крест».



Рис. 1. Модель квадрокоптера Parrot со связанной системой координат

## Кинематика квадрокоптера

Квадрокоптер как описываемый объект управления имеет шесть степеней свободы, что в результате позволяет получить систему из шести уравнений. Начало связанной с квадрокоптером СК находится в центре масс летательного аппарата.

Линейные и угловые скорости квадрокоптера представлены системой (1).

$$V_Q = \begin{bmatrix} v_{x,Q} \\ v_{y,Q} \\ v_{z,Q} \end{bmatrix}, v = \begin{bmatrix} p \\ q \\ r \end{bmatrix}; \quad (1)$$

Для описания ориентации квадрокоптера в пространстве используется неподвижная СК и углы Эйлера, изображённые на рисунке 2.

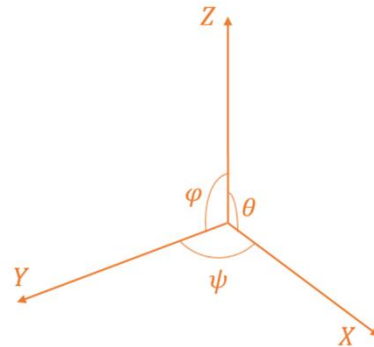


Рис. 2. Система координат, связанная с землёй

Также используется набор векторов, описывающих состояние квадрокоптера в пространстве. Например, линейной положение квадрокоптера в неподвижной СК, угловое положение квадрокоптера.

Для преобразования координат из подвижной СК в неподвижную (R) используют матрицу поворота, которая представляет собой последовательное перемножение матриц перехода по каждой координате.

Данная особенность этого метода является его минусом, так как если последовательность поворота квадрокоптера в пространстве изменить, то есть повернуть сначала не по оси Z, а, например, по оси X, то квадрокоптер придёт в совершенно другое конечное положение. Поэтому, используя данный метод необходимо придерживаться изначального выбора очередности вращения по координатным осям.

Связь между линейными скоростями в неподвижной и связанной с квадрокоптером СК определяется выражением (2).

$$\dot{\epsilon} = RV_Q; \quad (2)$$

Данный квадрокоптер имеет симметричную структуру с четырьмя винтами, можно положить, что тензор инерции примет вид (3).

$$J = \begin{bmatrix} J_{xx} & 0 & 0 \\ 0 & J_{yy} & 0 \\ 0 & 0 & J_{zz} \end{bmatrix}; \quad (3)$$

### Динамика квадрокоптера

Роторы, совершая вращение с угловой скоростью  $\omega_i$ , создают силу тяги  $F_i$ , направленную по оси вращения ротора. Также при вращении роторов создаётся аэродинамический момент  $\tau_i$ , направленный в противоположном направлении угловой скорости ротора. Упрощенные выражения для силы тяги и вращающего момента описаны в системе (4):

$$\begin{cases} F_i = b\omega_i^2 \\ \tau_i = b\omega_i^2 + J_m\dot{\omega}_i \end{cases} \quad (4)$$

где  $J_m$  – момент инерции мотора,  $b$  – коэффициент подъёмной силы,  $k$  – коэффициент вращения,  $i=1..4$ .

Сложение сил тяги даёт суммарную тягу  $T$ , которая сонаправлена с осью  $z_Q$ . Таким образом получается вектор  $T_Q$ , состоящий из единственной компоненты и описывающий вектор сил тяги. Вектор вращающих моментов  $\tau_Q$  содержит вращающие моменты по всем трем углам Эйлера ( $\tau_\phi, \tau_\theta, \tau_\psi$ ).

Для описания динамики квадрокоптера как твёрдого тела используются уравнения Ньютона-Эйлера.

В подвижной СК для описания динамики квадрокоптера используются уравнение вида (5).

$$M(\dot{V}_Q + v \times V_Q) = R^T G + T_Q \quad (5)$$

где  $M$  – масса всего квадрокоптера,  $M\dot{V}_Q$  – сила, необходимая для ускорения квадрокоптера,  $v \times MV_Q$  – центробежная сила,  $R^T G$  – гравитационная сила.

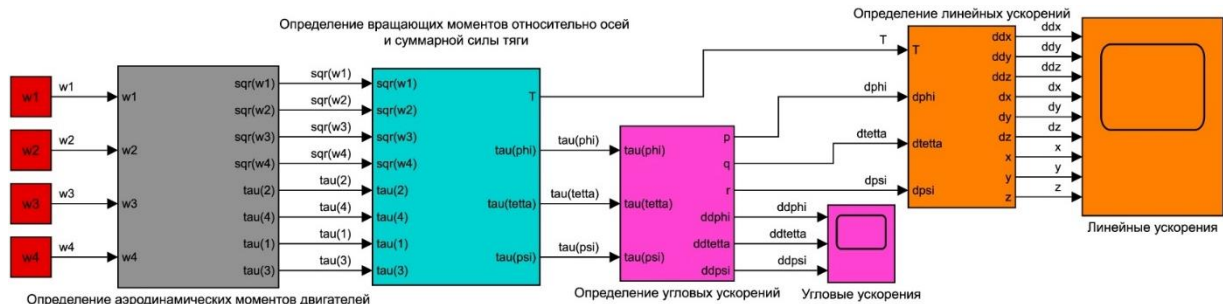


Рис. 3. Компьютерная модель квадрокоптера

В неподвижной СК центробежная составляющая обнуляется. Таким образом на ускорение квадрокоптера влияют только гравитационная составляющая и вектор тяги, который определяется направлением и силой тяги.

После всех преобразований получаем систему уравнений, являющуюся математическим описанием квадрокоптера, без учёта внешних воздействий (6).

$$\begin{cases} \ddot{x} = \frac{T}{M} (C_\phi S_\theta C_\psi + S_\phi S_\psi) \\ \ddot{y} = \frac{T}{M} (C_\phi S_\theta S_\psi - S_\phi C_\psi) \\ \ddot{z} = \frac{T}{M} C_\phi C_\theta - g \\ \ddot{\phi} = \frac{(J_{yy} + J_{zz})\dot{\theta}\dot{\psi}}{J_{xx}} + \frac{\tau_\phi}{J_{xx}} \\ \ddot{\theta} = \frac{(J_{zz} + J_{xx})\dot{\phi}\dot{\psi}}{J_{yy}} + \frac{\tau_\theta}{J_{yy}} \\ \ddot{\psi} = \frac{(J_{xx} + J_{yy})\dot{\phi}\dot{\theta}}{J_{zz}} + \frac{\tau_\psi}{J_{zz}} \end{cases}; \quad (6)$$

### Компьютерная модель

Компьютерная модель была составлена в среде MATLAB Simulink. Данный математический пакет предоставляет огромные возможности по созданию, настройке и оптимизации автоматизированных, мехатронных и роботехнических систем. Для

описания компьютерной модели воспользуемся ранее выведенными уравнениями (4), (6). Разработанная модель представлена на рисунке 3.

По полученным данным с осциллографа можно сказать, что квадрокоптер удерживает положение равновесия на угловой скорости вращения моторов, равной 1879,25 рад/с.

### Заключение

Разработанная упрощённая математическая модель квадрокоптера (7), а также компьютерная модель, представленная на рисунке 3 позволяет в дальнейшем разработать систему управления.

### Список использованных источников

1. Зинченко О.Н. БПЛА: Применение в целях аэрофотосъемки для картографирования. «Ракурс», Москва, 2011.
2. Geektimes: Научно-популярный журнал. Классы квадрокоптеров – какие бывают и для чего используются – URL: <https://geektimes.ru/company/dronk/blog/269722> (дата обращения 05.08.2018)
3. Шилов К.Е. Разработка системы автоматического управления беспилотным летательным аппаратом мультироторного типа. ТРУДЫ МФТИ. – 2014. – Том 6, №4. УДК 681.5.



# РЕАЛИЗАЦИЯ ДВИЖЕНИЯ РОБОТА ПО ТРАЕКТОРИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПИД РЕГУЛЯТОРА

А.С. Каширин, А. И. Федотов  
А. Ю. Зарницын  
Томский политехнический университет  
kashirinas@tpu.ru

## Введение

В настоящее время происходит активное развитие робототехники и создание транспортных сетей движения без участия водителя. А одной из стратегических инициатив развития предпринимательской деятельности является создание и развитие рынка AutoNet. Поэтому вопрос о программировании заданных траекторий движения транспортных средств является актуальным. Моделью поведения реального дорожного транспортного средства может служить робот LEGO MINDSTORM EV3. Простой реализацией его движения является движение по линии, отслеживаемой инфракрасным датчиком траектории. Однако данный способ является трудноприменимым к реальным объектам.

Поэтому целью нашей работы являлось написание программного обеспечения, которое предоставило бы возможность задания траектории для движения робота.

## Описание алгоритма

Для решения задачи программирования траектории была разработана программа Drive with PID в среде MATLAB Simulink. Движение робота по заданной траектории производится при помощи синтезированного пропорционального регулятора и математического описания выбранной траектории.

В качестве робота была сконструирована классическая модель с двумя передними колёсами.

В программном обеспечении для начала работы необходимо идентифицировать приводы колёс робота. Сделать это можно при помощи программного инструмента в среде MATLAB – System Identification Toolbox. Для этого необходимо получить массив данных с каждого привода пары колёс и загрузить полученный массив данных внутрь программного компонента (рисунок 1).

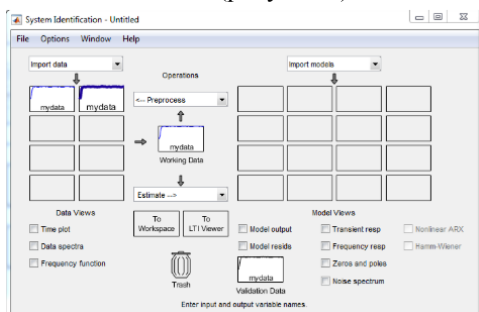


Рис. 1. Выгрузка данных в System Identification Toolbox

На выходе получим передаточную функцию, описывающую поведение привода. При помощи полученной передаточной функции можно автоматически синтезировать регулятор. Так как массив

полученных для идентификации приводов описывал угол поворота колёс в градусах, то для решения поставленной задачи необходимо применить пропорциональный регулятор. После его настройки входным сигналом на каждый привод будет являться угол, на который повернётся колесо. Полученная система представлена на рисунке 2.

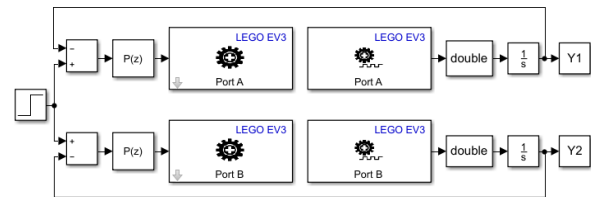


Рис. 2. Система управления приводами робота

Вторым этапом реализации алгоритма движения является математическое описание траектории движения робота. Для данного проекта была выбрана траектория кубической параболы. А для достижения поставленной цели была рассмотрена кинематика движения двухколёсного робота, представленного на рисунке 3.



Рис. 3. Двухколёсный робот

Без учёта динамики приводов, движение робота описывается следующей системой уравнений (1).

$$\begin{cases} \dot{x} = \cos \psi \cdot \frac{\omega_1 + \omega_2}{2} R \\ \dot{y} = \sin \psi \cdot \frac{\omega_1 + \omega_2}{2} R; \\ \dot{\psi} = (\omega_1 + \omega_2) \frac{R}{B} \end{cases} \quad (1)$$

Стоит отметить, что  $x, y$  – координаты,  $\omega_1, \omega_2$  – соответствующие угловые скорости вращения колёс,  $R$  – радиус колеса,  $B$  – расстояние между колёсами,  $\psi$  – курс робота.

Поскольку каждая координата зависит от времени, то для реализации перемещения робота по заданной траектории было расписано уравнение траектории в параметрический вид. Также это представление влечёт за собой зависимость скорости от

времени. Выражение (2) представляет систему параметрических уравнений, описывающих скорость движения робота для траектории кубической параболы.

$$\begin{cases} v_x = \frac{1}{\sqrt[3]{t^2}}; \\ v_y = 1 \end{cases} \quad (2)$$

В общем случае робот движется неравномерно, с большими ускорениями, для реализации движения робота с постоянной скоростью применяется следующий метод (3).

$$v_x^2 + v_y^2 = C^2; \quad (3)$$

где  $C$  – желаемая постоянная скорость движения робота. Применяя (2) и (3) можно получить закон изменения горизонтальной скорости (4).

$$\dot{x} = \frac{C}{\sqrt{1+9x^4}}; \quad (4)$$

Исходя из системы уравнений (1) необходимо найти законы изменения скоростей  $\omega_1, \omega_2$ . В таком случае для управления роботом реализуется следующий алгоритм перевода скорости и угла поворота в угловые скорости колёс (рисунок 4).

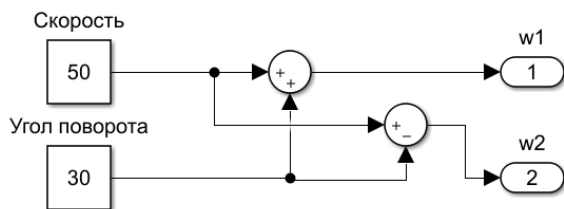


Рис. 4. Алгоритм перевода заданной скорости и угла поворота в угловые скорости колёс

В таком случае остаётся только заменить константы на полученный закон управления. А также учесть, что закон изменения угла поворота в данном случае будет выглядеть следующим образом (5).

$$\dot{\psi} = \arctg\left(\frac{\dot{y}}{\dot{x}}\right); \quad (5)$$

Итоговая программа реализации движения робота по кубической траектории с использованием пропорционального регулятора представлена на рисунке 5.

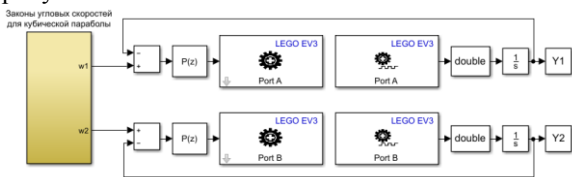


Рис. 5. Программа реализации движения робота

#### Тестирование алгоритма движения

Тестирование полученного алгоритма движения можно провести двумя способами: построить график движения робота в среде MATLAB Simulink, а второй - загрузить полученный алгоритм в робота и проследить за его движением.

Для первого способа необходимо перевести обратно показания с датчиков угла поворота робота в координаты описываемой траектории. В данном случае был получен следующий график движения (рисунок 6).

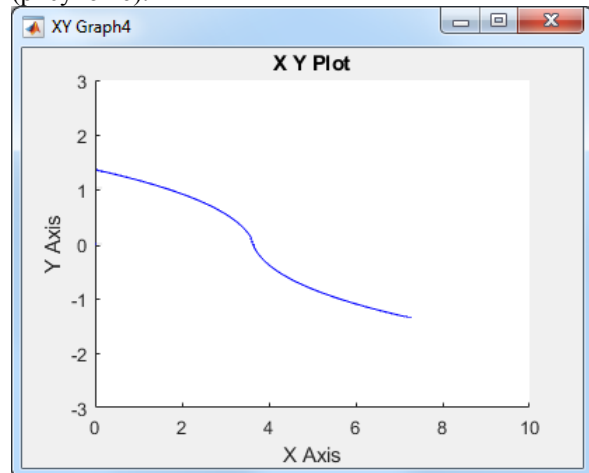


Рис. 6. Траектория движения робота

Как видно из графика, он повторяет график кубической параболы, однако коэффициенты её изменены. На практике робот повторял данную траекторию.

#### Заключение

В результате проведения тестирования можно сделать вывод о том, что алгоритм следования роботом по траектории является работоспособным. Однако, стоит заметить, что данный алгоритм работы справедлив только для неперiodических траекторий.

#### Список использованных источников

1. Малышенко А. М. Математические основы теории систем. Учебное пособие для вузов. – Томск: Изд-во ТПУ, 2004. - с.: ил.
2. Ким, Д.П. Теория автоматического управления: учебник и практикум для академического бакалавриата / Д. П. Ким. – М. : Издательство Юрайт, 2015. – 276с. – Серия : Бакалавр. Академический курс.
3. Введение в идентификацию систем при помощи MATLAB и System Identification Toolbox. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.mathworks.com/videos/introduction-to-system-identification-97056.html> (дата обращения 12.10.2018)
4. Движение робота к точке с заданными координатами. [Электронный ресурс]. – URL: <https://habr.com/post/277829> (дата обращения 16.10.2018)

# ЦИФРОВОЙ ДИММЕР УПРАВЛЕНИЯ ЯРКОСТЬЮ ЛАМПЫ НА БАЗЕ ARDUINO UNO

Швецов М. П.

Научный руководитель к. т. н. Фадеев А. С.

Томский политехнический университет

mrs5@tpu.ru

## Введение

К настоящему времени системы управления (СУ) различными объектами приобрели высокую популярность. Часто при проектировании таких систем используются аналоговые устройства, основным недостатком которых является ориентир на решение только одной задачи и сложность изменения конфигурации. Поэтому использование цифровых является более оптимальным выбором при разработке СУ. В сочетании с различными полупроводниковыми приборами [1] такие системы получают возможность реализовать эффективную гальваническую развязку и реализовать управление без непосредственного подключения вычислительных модулей к электрической сети, что обеспечивает их безопасность.

Целью данной работы является разработка цифрового устройства, позволяющего применять микроконтроллерное управление для изменения яркости лампы высокого напряжения. В качестве силового элемента управления был выбран полупроводниковый диммер [2]. Основным вычислителем СУ был выбран микроконтроллер Atmega на базе отладочной платы Arduino. В качестве устройства, осуществляющего гальваническую развязку между микроконтроллером и силовым диммером, была выбрана оптопара. Данная комбинация позволяет наиболее наглядно отобразить возможности использования процессоров в СУ, а также отследить регулируемый сигнал с помощью осциллографа.

## Цифровой диммер

Принципиальная схема цифрового диммера приведена на рис. 1.

Цифровой диммер включает в себя несколько частей:

- микроконтроллер Arduino UNO, он содержит алгоритм работы и управляет выходными сигналами;
- оптопара МОС3021, осуществляет связь между микроконтроллером и силовой частью;
- оптопара РС814, для контроля прохождения переменного тока через 0;
- цифровой энкодер [3], устанавливает значение, которое регулирует выходной сигнал;

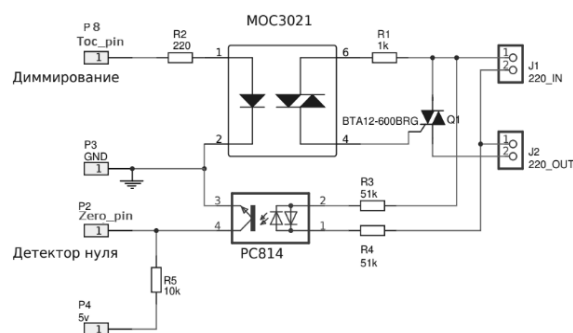


Рис. 1. Схема силовой части диммера

## Принцип действия:

При прохождении тока в сети через 0 с оптопары РС814, на контроллер подается положительный или отрицательный фронт сигнала, по которому срабатывает прерывание, (причем запоминается, был ли это по переднему фронту или по заднему). Это прерывание дает старт таймеру, который начинает отсчитывать 40 микросекунд, по истечению которых вызывается прерывание по таймеру. В нём происходит сравнение значения с энкодера и значения счетчика, которое инкрементируется при каждом срабатывании таймера. При отсчете достаточного количества времени, происходит команда отдать ток на выход оптопары МОС3021, что провоцирует зажигание лампы. В конечном счете снова срабатывает прерывание, связанное с проходом тока через ноль, таймер перезапускается, счетчик обнуляется и процесс повторяется снова (графики токов и напряжений приведены на рис. 2). Таким образом, осуществляется ШИМ на выходном сигнале микроконтроллера, поскольку изменение значение энкодера изменяет скважность выходного сигнала.

Считывание значения с энкодера происходит в бесконечном цикле *loop*. Настройка срабатывания таймера на каждые 40 мкс, связана с возможностями Arduino UNO: полупериод синусоиды сетевого тока таким образом можно разделить на 250 участков, и получать сигнал в 8 битном виде на аналоговом входе. Что позволяет использовать, не только энкодер, но и другие виды считывающих элементов: фоторезистор, тензорезистор и др.

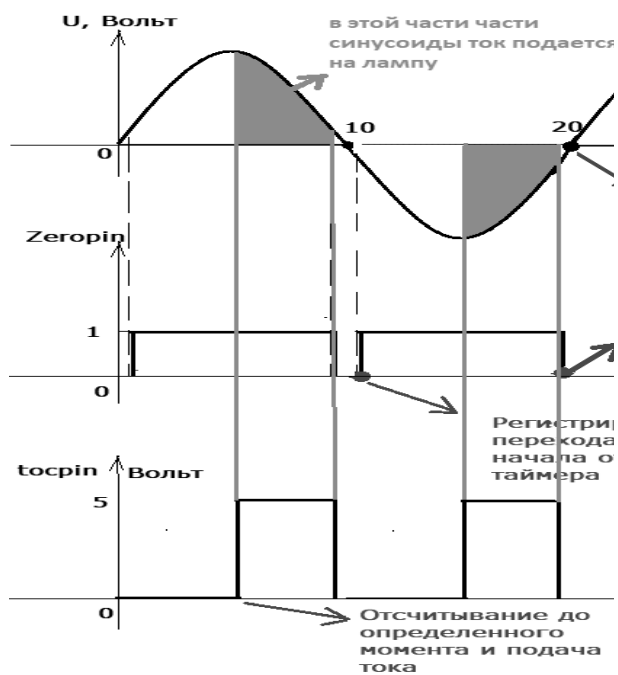


Рис. 2. Принцип действия на графике

#### Результаты работы устройства

- регулирующее значение близко к нулю (рис. 3)
- регулирующее значение равно 128 (рис. 3)
- регулирующее значение близко к максимуму (рис. 5)

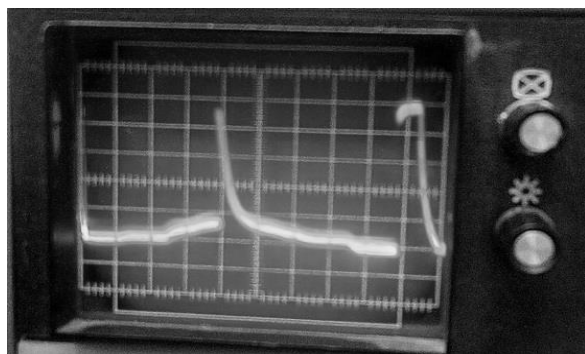


Рис. 3. Значение энкодера близко к нулю

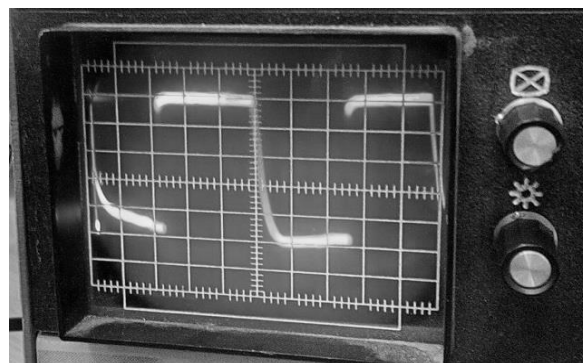


Рис. 4. Значение энкодера равно 128

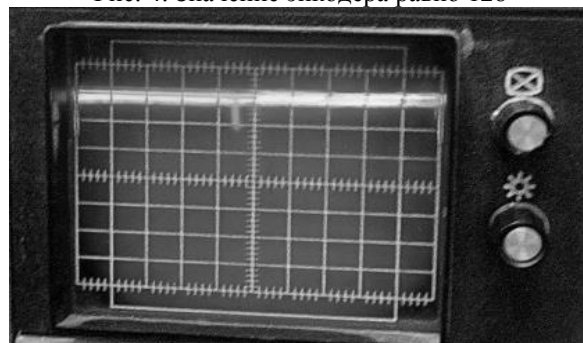


Рис. 5. Значение энкодера равно 250

#### Заключение

Описан принцип, разработан алгоритм для микроконтроллера, собрано и протестировано устройство для управления яркостью лампы. Показаны возможные варианты для развития данного проекта: увеличение числа каналов (т.е. увеличение числа управляющих и управляемых устройств), а также создание системы автоматического управления, в случае использования устройства слежения, возможность использования которых описана в принципе работы установки.

#### Список использованных источников

- 1) Евсеев Ю. А., Крылов С. С. Симисторы и их применение в бытовой электроаппаратуре/ Ю. А. Евсеев, С.С. Крылов. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 120 с.
- 2) Энкодер. [Электронный ресурс]. – URL: <http://robocraft.ru/blog/technology/734.html/> (дата обращения: 14.04.2018)

# ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ MESH-СЕТЕЙ

А.А. Зобнина

В.С. Шерстнёв

Томский политехнический университет

aaz47@tpu.ru

## Введение

Задача передачи данных между несколькими объектами (мобильными устройствами) по цепочке является актуальной в настоящее время. Особенно, если данные передаются по самоорганизующейся сети.

В типичной самоорганизующейся сети устройства пользователей просто подключаются к точкам доступа, которые могут перемещаться в пространстве также как и сами пользователи со своими устройствами.

Один из типов самоорганизующихся сетей – mesh-сети (ячеистые сети). В таких одноранговых (P2P, peer-to-peer) распределенных сетях каждый абонент соединяется с устройствами, находящимися в его области доступа, и может принимать на себя функции маршрутизатора. Подобные сети могут обеспечить высокую отказоустойчивость и применяться в военной связи, интеллектуальной транспортной системе, в локальной сети, в бизнесе, образовании, промышленности и коммерции.

Общей целью данного исследования является создание программного обеспечения (ПО) для построения самоорганизующейся сети (mesh-сети), способной передавать данные между разными мобильными устройствами по цепочке.

## Описание используемых технологий

Самый распространенный на сегодняшний день стандарт беспроводного соединения устройств – Wi-Fi. Поэтому mesh-сети строятся в основном на этой технологии.

Одним из преимуществ mesh-сетей является независимость. Можно создать свою мобильную сеть передачи данных, которую никто не контролирует. Таким образом, можно всегда оставаться на связи в местах, где отсутствует сетевая инфраструктура. Это может быть крайне полезно в местах повышенного риска, где вынуждены работать специальные бригады, в местах дикой и неосвоенной природы, где ведутся исследования учеными, археологами, геологами или туристами.

В результате сравнения технологий, позволяющих устанавливать связь между двумя мобильными устройствами, была выбрана технология Wi-Fi. Данное решение связано с тем, что радиус действия у выбранной технологии больше и скорость передачи данных выше. Также преграды и помехи не так сильно искажают Wi-Fi сигнал, в сравнение с Bluetooth сигналом.

Технология Wi-Fi Direct [1] позволяет выполнять беспроводную передачу данных между устройствами без доступа к интернету.

## Обзор аналогов

В результате поиска аналогов не было обнаружено ни одного мобильного приложения, работающего с технологией Wi-Fi Direct и организующего mesh-сеть.

Однако были найдены приложения, осуществляющие передачу данных между двумя устройствами с помощью технологии Wi-Fi Direct. Примерами таких приложений, работающих под операционной системой (ОС) Android и являющихся продуктами сервиса «Google Play Market», могут служить: Wi-Fi Shoot и SuperBeam.

WiFi Shoot - это приложение, позволяющее использовать технологию Wi-Fi Direct для беспроводной передачи фотографий, видео и любых других файлов между двумя устройствами, работающими под ОС Android [2].

SuperBeam – это приложением для беспроводной передачи данных непосредственно между устройствами (в том числе и с помощью технологии Wi-Fi Direct) [3].

## Протокол маршрутизации

Предполагается, что сеть, в которой может использоваться разрабатываемое ПО, будет небольшой, поэтому будет мало служебной информации в узлах сети. Важным аспектом при выборе протокола является скорость передачи данных и пакетов для построения карты сети. Время передачи должно быть минимальным. Наиболее популярным проактивным протоколом является протокол OLSR (Optimized Link-State Routing) [4].

Протокол OLSR основан на механизме широковещательной рассылки для обновления информации о топологии сети, которая известна каждому узлу сети. В OLSR узел сети отправляет своим узлам-соседям, так называемое, HELLO-сообщение, которое дальше не рассылается. Изменение в топологии сети узлы обнаруживают с помощью принятых HELLO-сообщений от соседей.

Узел сообщает своим соседям о доступных ему связях. Каждый абонент сохраняет у себя информацию о своих одношаговых (neighbors) и двухшаговых соседях (two-hop neighbors).

На первых этапах (когда узел только подключился к сети) в HELLO-сообщениях поля «Соседи», «Ретрансляторы», «Селекторы» будут пустыми. Позднее, после получения HELLO-сообщений от других узлов, списки соседей и селекторов должны изменяться. Тогда при последующих отправлениях HELLO-сообщений узел будет информировать соседние узлы (находящиеся в его радиусе действия) об имеющихся соседях и ретрансляторах.

Список соседей изменяется следующим образом: каждый раз после получения HELLO-сообщения осуществляется поиск узла, от которого было получено сообщение, в имеющемся списке соседей. Если такого узла ещё нет, то он добавляется в список, в противном случае ничего не происходит.

Список селекторов изменяется следующим образом: узел, получивший HELLO-сообщение, просматривает принятый список ретрансляторов. Если узел находит себя в этом списке, то записывает узел, от которого было получено сообщение в список своих селекторов. Если узел, от которого получено сообщение, уже присутствует в списке селекторов, то данный узел не добавляется, чтобы избежать повторов. Если же самого узла нет в полученном списке ретрансляторов, но в его списке селекторов есть узел, от которого получено сообщение, то последний узел исключается из списка селекторов. В список селекторов входят узлы, которые выбрали текущий узел в качестве ретранслятора.

Каждый раз после изменения списка соседей узел должен заново определять список своих ретрансляторов. Ретрансляторами узла А считаются его узлы-соседи, через которые можно добраться до всех соседей узла А, отстоящих от него не более чем на два прыжка (hop).

Отправка HELLO-сообщений производится с заданным интервалом. В случае если в течение определенного времени узел не принимает HELLO-сообщение от соседа, то связь с ним считается разорванной. В таблицу топологии сети абонента вносится соответствующее изменение.

Алгоритм выбора ретрансляторов: используя списки соседей, полученные в HELLO-сообщениях от соседних узлов, узел должен заполнить свой набор соседей, доступных через 2 прыжка. После этого из полученных наборов можно найти висячие узлы (узлы, имеющие только одного соседа), которые встречаются только один раз, и сразу добавить в список ретрансляторов узлы, через которые они доступны. После этого идет проверка: все ли узлы из составленных списков доступны через ретрансляторы, если да, то набор ретрансляторов найден; если нет, тогда осуществляется дальнейший поиск ретрансляторов и снова проверка.

Помимо всего в сети узлы периодически передают ширококвещательное ТС-сообщение (Topology Control). В этом сообщении содержится информация о соединении абонента с одношаговыми соседями.

Узел должен обрабатывать все полученные ТС-сообщения. Эти сообщения создают только узлы-ретрансляторы (узлы, у которых набор селекторов

непустой). Через каждые  $t$  секунд происходит рассылка всем узлам-соседям ТС-сообщений, но дальше эти сообщения пересылают только те узлы, у которых отправитель сообщения принадлежит его набору селекторов.

По полученной информации из ТС- и HELLO-сообщений, узел строит граф, который описывает представление о построении сети для данного узла. С помощью этого графа строится таблица кратчайших путей передачи информации до каждого узла сети.

### **ПО для установления связи между мобильными устройствами**

Первым этапом разработки данного ПО было создание мобильного приложения, которое устанавливает связь между двумя мобильными устройствами. Приложение создано на языке программирования Java с использованием технологии Wi-Fi Direct.

### **Заключение**

В результате проведения исследования полностью проработан алгоритм маршрутизации для построения сети из мобильных устройств; создано мобильное приложение, устанавливающее соединение между двумя устройствами для передачи данных.

Тестирование созданного ПО, которое проводилось на четырех мобильных устройствах под ОС Android, показало, что поиск устройств и соединение успешно выполняются без доступа к интернету; отображается информация о подключаемых устройствах.

### **Список использованных источников**

1. Wi-Fi Direct на Android: разбираемся в технологии [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://bezprovodoff.com/wi-fi/nastrojka-wi-fi/wi-fi-direct.html>.
2. WiFi Shoot! WiFi Direct [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://4pda.ru/forum/index.php?showtopic=441664>.
3. Superbeam [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://4pda.biz/programs/internet/wi-fi/1869-superbeam.html441664>.
4. Сравнение протоколов маршрутизации для беспроводных мобильных Ad-Hoc сетей [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://masters.donntu.org/2014/frt/kurinnoy/library/article1.htm>

# МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ СИСТЕМЫ ПОИСКА ГОРНЯКОВ В ГОРНЫХ ВЫРАБОТКАХ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

А.А. Зобнина

Томский политехнический университет

aaz47@tpu.ru

## Введение

В настоящее время методы поиска людей, застигнутых аварией и оказавшихся отрезанными от внешнего мира в результате обрушения пород, затопления, заиливания горных выработок, не являются достаточно эффективными. Известно много случаев, когда поиск горняков, оказавшихся под завалом, заканчивался безрезультатно, через некоторое время поиск людей прекращался, так как время на обнаружение и спасение было безнадежно упущено.

Существующие способы и используемое оборудование для поиска предоставляют сотрудникам спасательных служб возможность сделать лишь приблизительную оценку расположения людей в горных выработках под завалом. Сам поиск осуществлялся бойцами военизированной горноспасательной части (ВГСЧ) вручную, зачастую с риском для собственной жизни; не сразу и не всегда заканчивался своевременным обнаружением и спасением людей.

С целью сокращения времени поиска людей в чрезвычайных ситуациях и их спасения возникла необходимость создания системы, которая могла бы с большей точностью определить местоположение горняков под завалами в шахтах и рудниках.

## Определение местоположения горняка в горных выработках

В аварийной ситуации (при разрушении подземной инфраструктуры) должен обеспечиваться оперативный поиск людей под завалами и за ними. На данный момент в структурных подразделениях АО «Воркутауголь» используется система Commtac (Strata), которая позволяет определять местоположение горняка в горных выработках. Данная система строится на технологии определения местоположения по уровню сигнала – технологии RSSI (Received Signal Strength Indication – измерение уровня мощности принимаемого сигнала). Достигнутая точность позиционирования для описанного метода – погрешность определения координат местонахождения человека (объекта наблюдения) составляет  $\pm 20$  м [1].

Точность позиционирования человека в горной выработке, равная  $\pm 20$  м, не предоставляет достаточной информации бойцам ВГСЧ для принятия решения в выборе способа и инструментов, необходимых для разбора завалов и поиска людей, оказавшихся в опасной для жизни ситуации.

В большинстве случаев при спасательных работах для уборки горной массы используется ручной инструмент: лопата, лом, кайло, кувалда; для дробления больших кусков обрушенной породы исполь-

зуются молотки гидравлические с переносными агрегатами питания и гидроклинья; для удаления нарушенной крепи, кабеля, труб и металлической арматуры в аварийной зоне используются ручные гидравлические ножницы и ручные тали.

Большим недостатком используемых для разбора завалов инструментов является большой объем ручного труда [2], энергозатратность человеческих ресурсов при транспортировке крупногабаритных инструментов.

Таким образом, крайне важным является наличие возможности определения расстояния до человека, застигнутого аварией, как можно точнее. Это позволит бойцам ВГСЧ выбрать инструменты, необходимые для разбора завала, в соответствии с расстоянием до горняка, попавшего в чрезвычайную ситуацию. В результате уменьшатся трудозатраты спасателей, сократится время, затрачиваемое на дорогу до места работ, за счет транспортировки только необходимых инструментов, и, как следствие, увеличится время на разбор завалов и поиск людей, что является определяющим для спасения жизни.

Разработка такого программного обеспечения (ПО), которое осуществляло бы взаимодействие со специальными аппаратными средствами системы поиска горняков в чрезвычайных ситуациях в горных выработках и позволяло бы определять их местоположение с точностью  $\pm 2$  м, являлась основной задачей автора данной статьи.

## Анализ существующих методов поиска людей в горных выработках при чрезвычайных ситуациях

В настоящее время существует специально созданный прибор, который показывает конечному пользователю значение уровня сигнала, получаемого от электронной метки на светильнике горняка. Недостатком такого прибора является неочевидность предоставляемых пользователю данных: уровень сигнала не говорит о том, на каком расстоянии находится спасатель от искомого шахтера. Значение уровня сигнала сложно перевести в расстояние неподготовленным пользователем, особенно в чрезвычайных ситуациях.

В результате анализа недостатков данного прибора был выявлен способ представления необходимой информации конечному пользователю: отображать расстояние между устройством поиска и объектом поиска в метрах.

### Ознакомление с оборудованием системы поиска горняков в горных выработках

Вся система поиска людей в горных выработках в чрезвычайных ситуациях состоит из специально разработанного оборудования компании Strata: 1) модифицированного поискового соединительного модуля С (узла С); 2) антенны; 3) соединительного кабеля; 4) смартфона, специально разработанного для использования в условия шахты; 5) программного обеспечения (рис. 1).



Рис. 1. Оборудование системы поиска горняков в чрезвычайных ситуациях в горных выработках

Модифицированный соединительный модуль С состоит из корпуса, в котором расположены следующие элементы: 1) Bluetooth модуль BLE 4.0 (Bluetooth Low Energy) [3, 4] HC-08 [5]; 2) COM-порт; 3) блок питания (батарея); 4) соединительная плата, которая служит мостом между модулем Bluetooth, COM-портом и блоком питания.

### Описание работы программного обеспечения системы поиска горняков в горной выработке

Для решения задачи поиска горняков в горных выработках под завалами и за ними при чрезвычайных ситуациях было разработано мобильное приложение «Strata Search» под ОС (операционную систему) Android на языке программирования Java.

Согласно требованиям, предъявляемым к обязательной экипировке сотрудников, работающих на горнодобывающих предприятиях, каждый работник, спускающийся в шахту, снабжается приемопередатчиком сигнала, встроенным в индивидуальный головной аккумуляторный светильник. Светильник всегда находится при человеке, в том числе и в случае возникновения аварийной ситуации.

В каждом светильнике расположена электронная метка, которая распространяет радиосигналы. Узел С, в свою очередь, улавливает сигналы от меток, расположенных в зоне видимости антенны, которая подсоединена к нему с помощью кабеля.

COM-порт обрабатывает получаемые от меток сигналы, определяет значение силы сигнала и делает рассылку пакета, в котором, помимо служебной информации, содержится необходимое значение уровня принимаемого сигнала.

Программное обеспечение, подключенное по Bluetooth к узлу С, получает пакеты с информа-

цией, обрабатывает ее и выводит важную информацию на пользовательский экран в мобильном приложении.

Конечные пользователи системы поиска людей под завалами и за ними в горных выработках (бойцы ВГСЧ) работают в чрезвычайных, опасных для жизни ситуациях, поэтому пользовательский интерфейс ПО должен быть адаптирован в соответствии с требованиями пользователя.

В результате работы системы поиска сотруднику спасательной службы показывается только важная ему информация: номер метки объекта поиска и расстояние до объекта поиска (человека с соответствующей меткой в светильнике) в метрах.

Вся процедура работы с приложением (включение, указание номера метки искомого горняка) проводится на поверхности. Комплект в шахту опускается активированным.

### Заключение

В результате работы автором статьи было разработано программное обеспечение для смартфона под ОС Android. Мобильное приложение «Strata Search» обрабатывает получаемые значения уровня сигнала с метки и отображает итоговое расстояние между сотрудником спасательной службы, осуществляющим поиск, и горняком, попавшим в чрезвычайную ситуацию.

Преимуществом данного ПО является то, что от пользователя не требуются специальные знания, интерфейс приложения интуитивно понятен и прост в использовании.

В результате тестирования приложение «Strata Search» верно определило расстояние до объекта поиска с точностью  $\pm 20$  м с учетом завала и без него.

### Список использованных источников

1. В.С. Ваганов, к.т.н. Многофункциональные системы безопасности, применяемые при производстве горных работ // Журнал «Горная Промышленность» №3 (115) 2014, стр.25.
2. Устройство для ликвидации завалов в шахте при спасении людей, застигнутых аварией [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://poleznayamodel.ru/model/11/112270.html>.
3. Bluetooth low energy overview: [Электронный ресурс] / Developers, Documentation. — Режим доступа к ст.: <https://developer.android.com/guide/topics/connectivity/bluetooth-le>.
4. Android + Bluetooth + Arduino: Android-приложение для обмена данными с ардуино при помощи bluetooth-модуля HC-05: [Электронный ресурс] / stD. — Электрон. ст. — Режим доступа к ст.: <https://istarik.ru/blog/android/50.html>.
5. Использование Bluetooth модуль HC-06 в приложениях Android: [Электронный ресурс] / learn2prog. — Электрон. ст. — Режим доступа к ст.: <http://learn2prog.ru/bluetooth-android-using>, свободный.



# ФИНИШНАЯ ОБРАБОТКА ШНЕКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОМЫШЛЕННОГО МАНИПУЛЯТОРА

Н.В. Лаптев, Е.В. Столов, А.С. Бабаев, Н.С. Криницын  
Томский политехнический университет  
nikitalaptev77@gmail.com

## Введение

Конкурентоспособность – это один из важнейших факторов, заставляющих обновлять и автоматизировать производство. Уменьшение себестоимости и улучшение качества невозможны без применения современных средств автоматизации, которыми могут являться промышленные роботы манипуляторы. Разработка технологии для проведения механической обработки с применением промышленных манипуляторов сталкивается с многочисленными трудностями, связанными, в первую очередь, с выбором инструмента, режимов работы, калибровкой и т.д. [1-5].

Шнеки широко применяются для самых различных целей, они встречаются повсеместно: от пищевой промышленности до высокоточных медицинских дозаторов. Финишная обработка шнеков является сложной технической задачей [6-8]. Основными требованиями к поверхности данных элементов машин являются малая шероховатость, равномерность полученного в результате обработки профиля и отсутствие волнистости полученной поверхности. Для этого требуются специальное оборудование и сложные приспособления. В данной статье предлагается решение, связанное с использованием промышленного робота манипулятора.

## Материалы и методика

В качестве заготовки использовали шнек рис. 1 (сталь 37Cr4), применяемый для термопластавтомата при литье пластмасс в пресс-формы. Данная деталь проектируется индивидуально под указанное оборудование в зависимости от многих параметров литья пластмасс. Форма поверхности шнека представляет собой двузаходную винтовую поверхность с постоянным шагом в осевом сечении и постоянным углом наклона винта к оси.

Для выполнения шлифования винтовой поверхности использовали шлифовальный круг на вулканитовой связке (абразивное зерно Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> класс 14A) прямого профиля 150x10x32 мм. Данный инструмент был подобран из соображений обеспечения скорости шлифования не менее 20 м/с. Гибкая связка инструмента позволяет уменьшить образование температуры в зоне шлифования, а также снизить нагрузку при резании в сравнении с кругами на твёрдой связке. В будущем это позволило избежать таких дефектов на поверхности, как прижоги и термические трещины.

Применение роботизированного шлифования может быть успешно использовано в виду большого разнообразия конструкций данных шнеков и замены специальных резьбошлифовальных станков на одно универсальное решение. Важно обеспечить удаление грубых дефектов с поверхности и снизить шероховатость для продления срока службы шнека.

Всего для проведения экспериментальных работ было использовано 5 шнеков, полученных по одной технологии фрезерования. В работе исследовали совмещенное влияние траектории перемещения заготовки относительно инструмента и их пятно контакта на формирование новой поверхности и стабильность получаемых результатов шероховатости поверхности.

Для выполнения экспериментальных работ использовали следующее оборудование: робот KR 16-2 фирмы KUKA Robotics (Германия-Китай), наполных шлифовальный станок фирмы Roditor & Philadelphia s.r.l. (Италия). Измерения шероховатости проводили с использованием профилометра SJ-210 фирмы Mitutoyo (Япония) согласно EN ISO 4288 и EN ISO 3274. На каждой поверхности проводили не менее 5 измерений параметров Ra, Rp, Rt. Затем данные статистически обрабатывались.

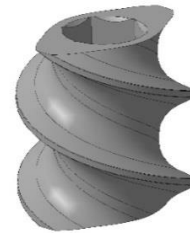
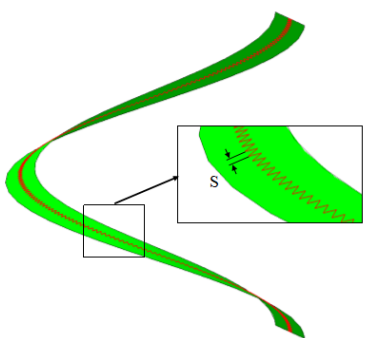
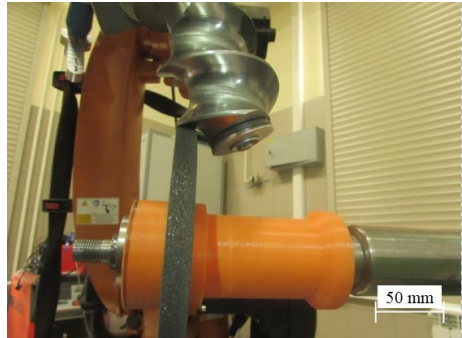
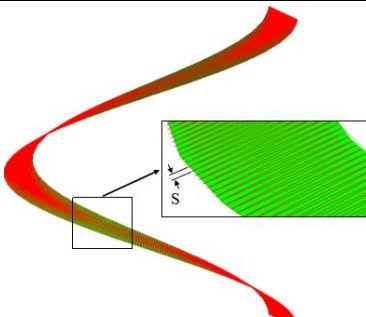



Рис. 1. 3D модель шнека

Траектории T1-T5 (табл.1) расположены на обрабатываемой поверхности. Для определения координат точек траектории была реконструирована модель обрабатываемой поверхности. Исходные данные поверхности представлены в формате STEP ISO 10303 как рациональная поверхность, описываемой формулой:

$$\sigma(u, v) = \frac{\sum_{i=0}^{K1} \sum_{j=0}^{K2} w_{ij} P_{ij} N_i^{d1}(u) N_j^{d2}(v)}{\sum_{i=0}^{K1} \sum_{j=0}^{K2} w_{ij} N_i^{d1}(u) N_j^{d2}(v)}, \quad (1)$$

Табл.1 Фрагмент модели компонент подсистемы контроля целостности где  $K1$  – количество контрольных точек в направлении  $u$ ;  $K2$  - количество контрольных точек в направлении  $v$ ;  $P_{ij}$  - массив (двумерный) контрольных точек, определяющих геометрию поверхности;  $w_{ij}$  - вес;  $d1$  - степень базисных функций в  $u$ ;  $d2$  - степень базисных функций по  $v$ ;  $N_i^d$  -  $i$ -я нормализованная базисная функция В-сплайна степени  $d$ .

Тип траектории	Схема	Шаг зигзага или ёлочка, мм	Участок круга
T1		2	
T2		1	
T3		1	
T4		2	
T5		4	

### Заключение

По результатам проведенных экспериментов можно сделать вывод, что применение промышленных роботов манипуляторов возможно для финишной обработки шнеков. По результатам измерений, шероховатость снизилась до 2 раз в среднем с  $Ra1,5$  мкм до  $Ra0,75$  мкм, характерная поверхность после фрезерования в виде ступенек отсутствует. Однако при работе фаской происходит её истирание и изменение геометрической формы, что может сказываться на образовании ряда погрешностей. Это, в свою очередь, приводит к изменению пятна контакта между поверхностями заготовки и круга. Тем самым изменяется фактическое давление и сила шлифования.

Работа периферией круга может обеспечить значительный съём материала с формированием новой поверхности со стабильными параметрами шероховатости. При шлифовании фаской стоит использовать эту схему только для окончательного чистового прохода после шлифования периферией круга.

### Список использованных источников

1. T. Fengjie, L. Chong, L. Zhengu, and L. Guangbao, "Modeling and control of robotic automatic polishing for curved surfaces", *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, vol. 14, pp 55-64, August 2016.
2. E. Villagrossi, L. Simoni, M. Beschi, N. Pedrocchi, A. Marini, L. Molinari Tosatti, A. Visioli, "A

virtual force sensor for interaction tasks with conventional industrial robots", *Mechatronics*, vol. 50, pp. 78-86, April 2018.

3. X. Xu, D. Zhu, J. Wang, S. Yan, H. Ding, "Calibration and accuracy analysis of robotic belt grinding system using the ruby probe and criteria sphere", *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, vol. 51, pp. 189-201, June 2018.
4. Петрушин С. И., Оголь И. И., Мухолзоев А. В. Разработка алгоритма генерации управляющей программы обработки винтовой поверхности шнека для станка с ЧПУ // *Проблемы информатики*. – 2012. – №. 5. – С. 52-57.
5. K. Wu, C. Krewet, B. Kuhlenkötter, "Dynamic performance of industrial robot in corner path with CNC controller", *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, vol. 54, pp. 156-161, December 2018.
6. S. Xing-Wei, G. Qin-Yuan, Y. He-Ran and Z. Zheng-Qing, "Research on Forming and Polishing Technology Based on Belt Flap Wheel", *Journal of Applied Mechanical Engineering*, vol. 6, pp. 294-299, November 2017.
7. J. Wei and G. Zhang, "A precision grinding method for screw rotors using CBN grinding wheel", *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 48, pp. 495-503, October 2009.
8. "KUKA System Software 5.5. Operating and Programming Instructions for System Integrators", KUKA Roboter GmbH, Augsburg, Germany, pp. 403, 2010.

# МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЛЬСОВОЙ ЛИНИИ

В.А. Целищев, К.С. Морозова  
Иркутский государственный университет железнодорожного транспорта  
Кафедра «Автоматика, телемеханика и связь»  
celishhev-vladimir@rambler.ru

## Введение

В организации перевозочного процесса на железнодорожном транспорте важную роль в контроле наличия или отсутствия подвижной единицы на контролируемом блок-участке играют рельсовые цепи. На них возложены функции путевого датчика, который используется в пределах перегонов и станций для получения первичной дискретной информации о состояниях путевых участков, на основе которой автоматизируется процесс интервального регулирования движения поездов и повышается его безопасность. Кроме этого рельсовые цепи используют в качестве телемеханического канала, устанавливающего беспроводную логическую связь между сигнальными точками в кодовой автоблокировке и для передачи оперативной информации с пути на локомотив в системах автоматической локомотивной сигнализации.

## Предлагаемая методика моделирования и анализа

Существующая методика расчета и анализа рельсовой цепи предполагает применение пассивных четырехполюсников. В ней каждый элемент рельсовой цепи представляется в виде четырехполюсника. В расчетах принимаются постоянными (не зависящими от внешних факторов) параметры питающего и релейного конца рельсовой цепи. А вот параметры рельсовой линии, входящей в состав рельсовой цепи, являются переменными. И они вносят существенный вклад в изменение эксплуатационных характеристик рельсовой цепи в целом. В составе четырехполюсника рельсовой линии учитывают такие важные параметры, как длина рельсовой линии, удельное сопротивление рельсов, удельное сопротивление изоляции. Указанные параметры изменяются непрерывно, вследствие воздействия климатических условий, или дискретно как при наложении поездного шунта, так и обрыва рельсовой нити.

В свою очередь рельсовая цепь может рассматриваться как автоматическая система, которая без участия человека выполняет возложенные на нее функции. Проведя математическое описание элементов рельсовой цепи, определив их передаточные функции можно провести анализ свойств и характеристик рельсовой цепи как автоматической системы (рис. 1).



Рис. 1. Структурная схема автоматической системы.

$W_{нрц}(p)$ ,  $W_{крц}(p)$ ,  $W_{рл}(p)$  – соответственно передаточная функция начала и конца рельсовой цепи, рельсовой линии.

Так как наиважнейшую роль в работе рельсовой цепи отводится рельсовой линии, предлагается рассмотреть ее свойства, представив в виде динамического звена автоматической системы.

Сигнал, приложенный к входу рельсовой линии, обнаруживается на ее выходе через некоторый промежуток времени. Он обусловлен конечной скоростью распространения электромагнитного процесса вдоль линии. Рассматривая рельсовую линию как динамическое звено автоматической системы обнаружения подвижной единицы на блок-участке, можно определить ее передаточную функцию, а уже по ней характеристики рельсовой линии.

Передаточную функцию можно определить следующим образом. Допустим, что к входу рельсовой линии, имеющей длину  $l$  и нагруженную на сопротивление  $Z(p)$ , приложено напряжение  $u_0(t)$  (рис. 2). На расстоянии  $x$  от входа напряжение равно  $u(t)$ . Единица длины рельсовой линии имеет индуктивность  $L$ , емкость  $C$  и активное сопротивление  $R$ . Тогда при перемещении вдоль линии на единицу длины напряжение изменится на величину, определяемую падением напряжения на индуктивности и активном сопротивлении

$$\frac{du(x)}{dx} = -L \frac{di(t)}{dt} - i(t)R, \quad (1)$$

где  $i(t)$  – величина тока в рельсовой линии на расстоянии  $x$  от ее входа.

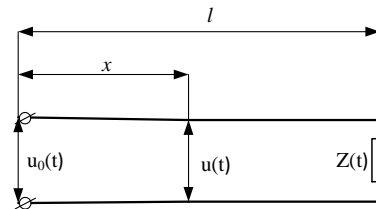


Рис. 2. Схема замещения рельсовой линии

Из-за утечки через емкость и изоляцию рельсовой линии величина тока вдоль нее изменяется. Вследствие этого, напряжение и ток в рельсовой линии являются функциями не только времени, но и расстояния от начала рельсовой линии:

$$u = f(t, x), \quad i = f(t, x).$$

Если проводимость изоляции для единицы длины равна  $G$ , то изменение тока по длине линии будет определяться суммой токов утечки через емкость и изоляцию:

$$\frac{di(x)}{dx} = -C \frac{du(t)}{dt} - Gu(t). \quad (2)$$

Совместное решение уравнений (1) и (2) дает уравнение в частных производных:

$$\frac{d^2 u(x)}{dx^2} = LC \frac{d^2 u(t)}{dt^2} + (RC + LG) \frac{du(t)}{dt} + RGu(t). \quad (3)$$

Уравнение (3) определяет динамические процессы в рельсовой линии. Применив преобразование Лапласа к уравнениям (1), (2) и (3), получим:

$$\frac{d}{dx} U(p) = -(Lp + R)I(p); \quad (4)$$

$$\frac{d}{dx} I(p) = -(Cp + G)U(p); \quad (5)$$

$$\frac{d^2}{dx^2} U(p) = [LCp^2 + (RC + LG)p + RG]U(p) = H^2(p)U(p). \quad (6)$$

Решение уравнение (4) относительно  $U(p)$  принимает вид:

$$U(p) = C_1 e^{H(p)x} + C_2 e^{-H(p)x}. \quad (7)$$

Подставив уравнение (7) в уравнение (5), решим полученное уравнение относительно тока  $I(p)$ :

$$I(p) = \sqrt{\frac{Cp+G}{Lp+R}} [C_2 e^{-H(p)x} - C_1 e^{H(p)x}]. \quad (8)$$

В уравнениях (7) и (8) постоянные величины  $C_1$  и  $C_2$  определяются граничными условиями. Если  $x = 0$  (начало рельсовой линии), из уравнения (7) следует, что:

$$C_1 + C_2 = U_0(p) = L[u_0(t)]. \quad (9)$$

В случае, когда  $x = l$  (конец рельсовой линии), определяя напряжение на конце рельсовой линии, как произведение  $I(p)Z(p)$ , получим с учетом уравнений (7) и (8):

$$\begin{aligned} C_1 e^{H(p)l} + C_2 e^{-H(p)l} &= \\ &= Z(p) \sqrt{\frac{Cp+G}{Lp+R}} [C_2 e^{-H(p)l} - C_1 e^{H(p)l}]. \end{aligned} \quad (10)$$

Уравнения (9) и (10) определяют постоянные величины  $C_1$  и  $C_2$ . Вычислив их и подставив в уравнение (7), найдем изображение напряжения в рельсовой линии на расстоянии  $x$  от ее начала:

$$U(p) = U_0(p) \frac{[\gamma(p)+1]e^{H(p)(l-x)} + [\gamma(p)-1]e^{-H(p)(l-x)}}{[\gamma(p)+1]e^{H(p)l} + [\gamma(p)-1]e^{-H(p)l}}, \quad (11)$$

где

$$\gamma(p) = Z(p) \sqrt{\frac{Cp+G}{Lp+R}}. \quad (12)$$

Уравнение (11) позволяет определить передаточную функцию рельсовой линии:

$$W_{рл}(p) = \frac{[\gamma(p)+1]e^{H(p)(l-x)} + [\gamma(p)-1]e^{-H(p)(l-x)}}{[\gamma(p)+1]e^{H(p)l} + [\gamma(p)-1]e^{-H(p)l}}. \quad (13)$$

Если рельсовая линия замкнута на волновое сопротивление, которое равно:

$$Z_B(p) = \sqrt{\frac{Lp+R}{Cp+G}}$$

то выражение (12) обращается в единицу, а передаточная функция (13) принимает вид:

$$W_{рл}(p) = \frac{U(p)}{U_0(p)} = e^{-H(p)x}. \quad (14)$$

В случае рельсовой линии без потерь, когда  $R = G = 0$ , передаточная функция (14) принимает вид динамического звена с запаздыванием:

$$W_{рл}(p) = e^{-(x\sqrt{LC})p} = e^{-\tau p}, \quad (15)$$

где  $\tau = x\sqrt{LC}$  – время запаздывания.

Рельсовую линию без потерь можно отнести к числу идеальных устройств. В реальной линии с потерями, распространение сигнала сопровождается не только запаздыванием, но и его ослаблением.

#### Заключение

В ходе данной работы была выявлена возможность применения методики анализа автоматических систем к рельсовой линии.

#### Список использованных источников

1. В.С. Аркатов, Ю.В. Аркатов, С.В. Казеев, Ю.В. Ободовский. Справочник. Рельсовые цепи магистральных железных дорог. 3-е изд. перераб. и доп. Под ред. кандидата технических наук В.С. Аркатова: М – «ООО Миссия-М», 2006 г.
2. Тарасов Е.М. Математическое моделирование рельсовых цепей с распределенными параметрами рельсовых линий: учебное пособие/ Е.М. Тарасов. – Самара: СамГАПС, 2003 г.
3. Кудинов Ю.И., Пашенко Ф.Ф. Теория автоматического управления: учебное пособие/ Ю.И. Кудинов, Ф.Ф. Пашенко – СПб: издательство «Лань», 2019 г.
4. Целищев В.А. Расчет параметров работы рельсовой цепи для участка с электротягой переменного тока : метод. указ. к выполнению курсового проекта / В.А. Целищев. – Иркутск : ИрГУПС, 2016 г.

# ПРИМЕНЕНИЕ WEB-ТЕХНОЛОГИЙ В СФЕРЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ (АСУ ТП)

А.С. Янусов  
В.В. Курганов

Томский политехнический университет  
asy14@tpu.ru

## Введение

В настоящее время тенденция развития производственных технологий направлена в сторону удалённого управления и мониторинга технологическими процессами.

Это обусловлено тем, что с каждым годом производственные масштабы по всему миру растут, усложняются технологии, и, следовательно, нужен постоянный контроль за функционированием заводов, предприятий и других разнородных промышленных объектов. Данный контроль может быть достигнут за счет применения WEB-технологий, наиболее распространённых по всему миру среди обычных пользователей.

Одним из решений удалённого управления в системах АСУ является применение протокола WebSocket, который лежит поверх TCP-соединения и предназначен для асинхронного обмена данными между сервером и браузером в режиме реального времени.

## WEB-Технологии в АСУ ТП

К любой разрабатываемой автоматизированной системе управления (АСУ) предъявляются множество требований, наиболее важным из которых является возможность функционировать АСУ в режиме реального времени: осуществлять получение и передачу актуальных данных.

При интеграции WEB-Технологий с АСУ встаёт важный вопрос: какие именно технологии нужно использовать для передачи данных по WEB?

Если использовать наиболее распространённые WEB-Технологии, такие как HTTP (HyperText Transfer Protocol), то передача актуальных данных в реальном времени будет под угрозой, так как HTTP-протокол подразумевает под собой клиент-серверное взаимодействие в виде: запрос серверу – ожидание – ответ, запрос – ожидание – ответ и так далее.

На каждый запрос от клиента (из браузера) сервер отдаёт ответ в виде данных. Если клиент по каким-либо причинам не сможет отправить запрос серверу, то ответ клиенту не придёт.

Схема функционирования HTTP-протокола представлена на рисунке 1.

## HyperText Transfer Protocol

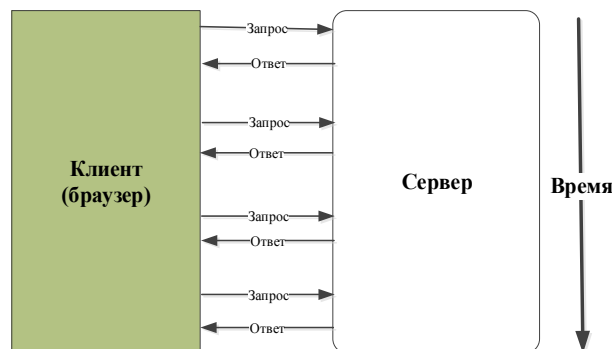


Рис. 1. Схема работы HTTP-протокола

Следовательно, наиболее популярный протокол передачи данных HTTP не применим в сфере АСУ, так как не удовлетворяет главному критерию – способности функционировать в реальном времени.

Также в настоящее время существует передовая технология в области WEB, именуемая WebSocket. Она позволяет в реальном времени обмениваться данными между сервером и клиентом (браузером) без постоянно повторяющихся запросов от клиента к серверу: нужно лишь один раз отправить запрос и слушать сервер, который по мере готовности (изменения) данных, будет отдавать всё клиенту. Web-сокеты, в отличие от HTTP, позволяют работать с двунаправленным потоком данных, что делает эту технологию совершенно уникальной.

Преимущества использования WebSocket: передача данных любого типа; безопасность от несанкционированных воздействий злоумышленников; компактная передача сетевого трафика.

На рисунке 2 представлена схема работы веб-сокета.

## Web Socket

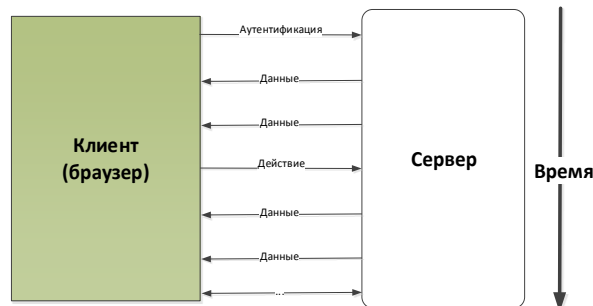


Рис. 2. Схема работы Web Socket

Интеграция промышленных технологий с WEB реализует концепцию удобства управления технологическими процессами с любого устройства на производстве без установки какого-либо дополнительного программного обеспечения на персональные компьютеры (ПК). Ведь WEB – это, прежде всего, браузеры, которые есть как на мобильных устройствах, планшетах, так и на ПК пользователей.

Концепция заключается в следующем: на сервере устанавливается специальное ПО, являющееся ядром системы автоматизированного управления, которое при авторизованных запросах от пользователей предоставляет диспетчерское управление и отображение данных. Данную реализацию можно назвать WEB-SCADA-системой, основным интерфейсом которой служит браузер.

В браузере отображается всё: от протекания технологического процесса и отображения информации с датчиков до отправки управляющих сигналов на исполнительные механизмы.

На рисунке 3 представлена схема передачи данных с WEB-SCADA посредством WebSocket.

С помощью специального драйвера технологические данные с промышленных объектов по технологии WebSocket передаются на Server, в котором производится манипуляция с данными: перерасчёт, запись в БД, запись в исторический журнал и т.д. Последующая передача данных в WEB-SCADA (в браузер) осуществляется также по технологии WebSocket, в которой управляющий персонал взаимодействует с системой как с SCADA-системой.

Обратное взаимодействие с объектами управления осуществляется аналогично через WebSocket.

## Заключение

Таким образом, в ходе данной статьи было рассмотрено новое веяние в АСУ-индустрии: использование WEB-технологий для управления удалёнными объектами.

В частности, было рассмотрено использование протокола WebSocket для передачи промышленных данных в реальном времени. Перспективы применения заключаются: от разработок собственных SCADA-систем, которые не будут уступать по своим функциональным возможностям установленным на ПК приложениям (а в некоторых случаях даже превосходить их по степени удобства пользователя и мобильности доступа к промышленной информации управляющему персоналу) до разработки систем ERP-предприятия, охватывающего весь комплекс систем управления.

## Список использованных источников

1. HTTP [Электронный ресурс] / Википедия – свободная энциклопедия. – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/HTTP> (дата обращения: 02.11.2018).
2. Асинхронный веб, или Что такое веб-сокеты [Электронный ресурс] / Tproger – создано программистами для программистов. – URL: <https://tproger.ru/translations/what-are-web-sockets> (дата обращения: 03.11.2018).
3. Четвёртая промышленная революция [Электронный ресурс] / Википедия — свободная энциклопедия – URL: <https://tproger.ru/translations/what-are-web-sockets> (дата обращения: 03.11.2018).

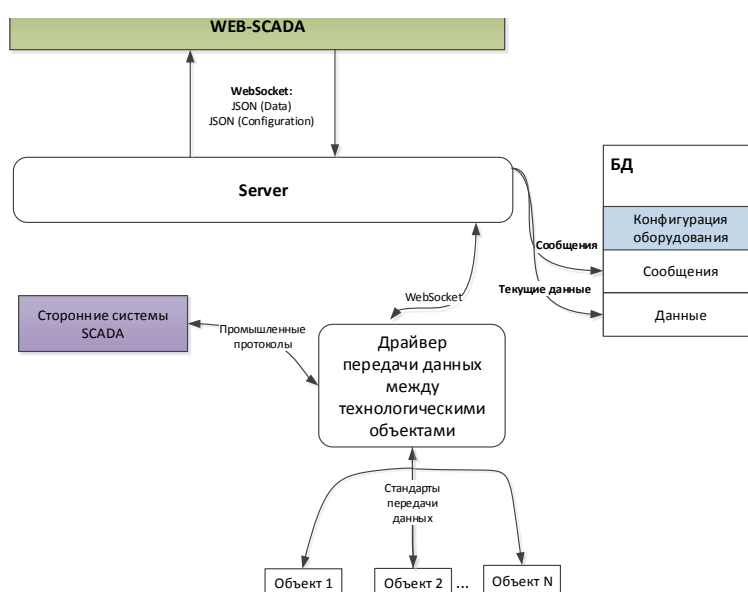


Рис. 3. Передача данных с применением WebSocket

# КОМПЕНСАЦИЯ ВОЗМУЩЕНИЙ В КОНТУРАХ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТРЕХФАЗНОГО СЕПАРАТОРА

А.С. Купин

Научный руководитель – И.А. Тутов  
Томский политехнический университет  
mrhyde777@yandex.ru

## Введение

Трехфазный сепаратор [1] – один из важнейших объектов нефтегазовой промышленности, осуществляющий первичную обработку эмульсии. Эффективное регулирование процессов в сепараторе позволяет свести к минимуму количество воды и газа в нефти, тем самым увеличив её качество.

Технологические [2] математические модели не учитывают влияние уровня воды в первой полости сепаратора на уровень нефти во второй, а также давление газа в обеих полостях. Взаимное воздействие приводит к повышению выбросов продуктов (воды и газа) на выходе сепаратора, поэтому предлагается снизить возмущения путем введения в контур управления связей компенсации возмущений, то есть использовать, помимо принципа управления по отклонению, принцип регулирования по возмущению.

## Описание алгоритма

Для решения задачи была построена математическая модель с тремя контурами регулирования. Контур регулирования уровня воды приведен на рисунке 1:



Рис. 1. Контур регулирования уровня воды

Для уменьшения перекрестного влияния контуров управления друг на друга и выбросов продуктов, используется принцип регулирования по возмущению. Если внешние возмущения, действующие на объект управления измеряемы, то они могут быть скомпенсированы. Поэтому в контур вводится компенсирующая цепь (рисунок 2):

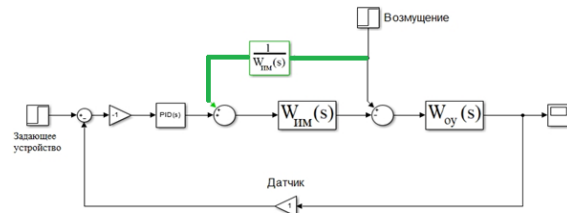


Рис. 2. Компенсация по возмущению

Применительно к математической модели трехфазного сепаратора строится она следующим образом: возмущение, возникающее в контуре регулирования уровня воды, поступает в контур регулирования уровня нефти, поэтому после ПИД-регулятора ставится сумматор и совершаются структурные преобразования. Так как в контурах регулирования есть интегратор, соответственно в прямой связи (компенсирующая цепь) ставится дифференциатор. Передаточная функция исполнительного механизма меняется на

обратно пропорциональную ей  $\left(\frac{1}{W_{им2}(s)} = 8,696, \frac{1}{W_{им2}(s)} = 0,02\right)$ .

Переходные процессы представлены на рисунках 3 и 4.

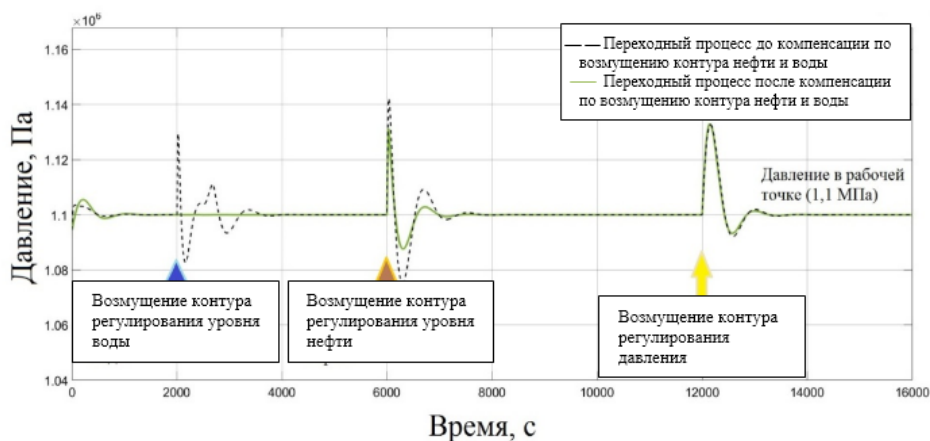


Рис.3. Компенсация возмущений контура регулирования уровня воды

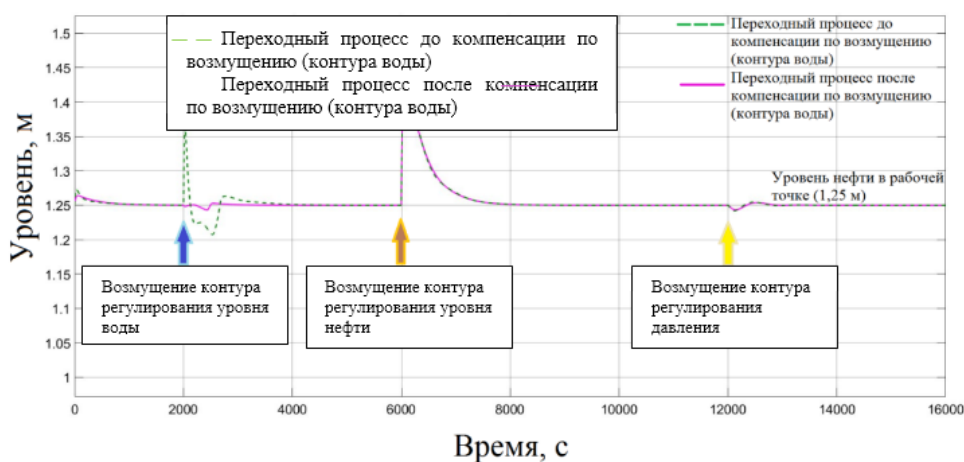


Рис.4. Компенсация возмущений контура регулирования уровня воды

### Заключение

В процессе исследования трехфазного сепаратора НГСВ 1,6 – 3400 построена его математическая модель. В контуры регулирования сепаратора добавлены связи компенсирующие возмущения. По результатам моделирования определено, что в контурах увеличилось качество переходных процессов, из чего следует физическое уменьшение нежелательных выбросов продуктов переработки на последующих более тонких стадиях подготовки нефти.

### Список использованных источников

1. Нефтегазовые сепараторы со сбросом воды НГСВ [Электронный ресурс]. URL: <http://www.tehnoeo.ru/product/separ/separato2/>
2. В. А. Зеленский, А.И. Щодро. Разработка имитационной модели работы нефтегазового сепаратора // Конференция «Современные наукоемкие инновационные технологии». – 2014. – С. 551-554.
3. ГОСТ 8.346-2000 «Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Резервуары стальные горизонтальные. Методы и средства»
4. РТМ108.711.02-79 Арматура энергетическая. Методы определения пропускной способности регулирующих органов и выбор оптимальной расходной характеристики.



# ПЛАНЕТА БЕЗ МУСОРА

А.А. Иванов

Научный руководитель: Антонова О.Н., преподаватель физики

МАОУ Гимназия №56

e-mail: [mrsnik66@gmail.com](mailto:mrsnik66@gmail.com)

Актуальность работы обусловлена обострением ситуации загрязнения планеты. В России свалки занимают 4 миллиона гектаров, их площадь сравнима с Нидерландами. Эта территория может быть засажена растениями или использована человеком, однако используется под свалки.

Что представляет собой бытовой мусор? Это товары, которые потеряли свои потребительские свойства, то есть стали не пригодны для дальнейшего использования и употребления. Такой мусор относится к отходам потребления. По агрегатному состоянию бытовой мусор в большинстве своем относится к классу твердых отходов.

Из чего состоит бытовой мусор? В состав входят следующие виды мусора: Биологические отходы. Синтетические, а именно: бумага и древесина, нефтепродукты, металлы, стекло. Состав мусора зависит от места его производства. В городе будут преобладать полимерные материалы и продукты целлюлозно-бумажной промышленности. Вне города большая часть будет состоять из органических отходов и древесины.

В настоящее время способы выброса ТБО в России отличаются их общим сбором, то есть в мусорные контейнеры и бункеры ТБО попадают общей массой, неотсортированные. Одним из факторов невысокого коэффициента переработки мусора является отсутствие его сортировки на первом уровне, т.е. поступление на базы переработки в смешанном виде. На заводе по переработке мусора работают вручную. Продажи не окупают расходы на переработку. В Европе же практикуется отдельный сбор. Это пластиковая и стеклянная тара, а также отслужившие ртутные приборы и аккумуляторы. После успешного сбора ТБО отправляются на утилизацию.

Целью проекта является повышение эффективности труда на предприятиях по переработке мусора и снижение негативного влияния на организм человека и на окружающую среду в целом.

Территории стран Европы являются более экологически благополучными. В них больше внимания уделяется этому вопросу. Люди замотивированы на грамотную утилизацию мусора. Предусмотрены штрафы за некорректное избавление от ТБО. Можно сделать вывод, что отходы могут быть качественно использованы для производства новых товаров, и таким образом, облегчить сложившуюся экологическую ситуацию. Очень важно, чтобы каждый человек был осведомлен в вопросах утилизации. Хотя бы в общих чертах, но иметь об этом представление. Ведь в городе кроме мусора

есть и другие опасности для экологии. Будь то выхлопные газы, которые наносят существенный вред атмосфере.

Разделение отходов может помочь уменьшить количество мусора на свалках и увеличить количество перерабатываемых материалов. Это поможет не только нам, но и будущим поколениям. Мы можем помочь уменьшить количество мусора на свалках и увеличить количество перерабатываемых материалов. [Рис. 1]

Разделение отходов не просьба или призыв, это обязательство и необходимость! Мы можем помочь уменьшить количество мусора на свалках и увеличить количество перерабатываемых материалов. Чем отличается утилизация отходов в других странах? В Европейских странах процент утилизации отходов выше, чем в России.



Рис. 1. Пример контейнеров для отдельного сбора мусора

## Демонстрационная модель

Модель отражает принцип работы алгоритма робота для сортировки мусора. Данная модель может считывать цвет контейнера и отвозить его на нужный контейнер. В моей модели предоставлен 1 датчик цвета для распознавания цвета конвейера, 3 сервомотора для перемещения и захвата контейнера и блок управления «EV3». [Рис. 2]

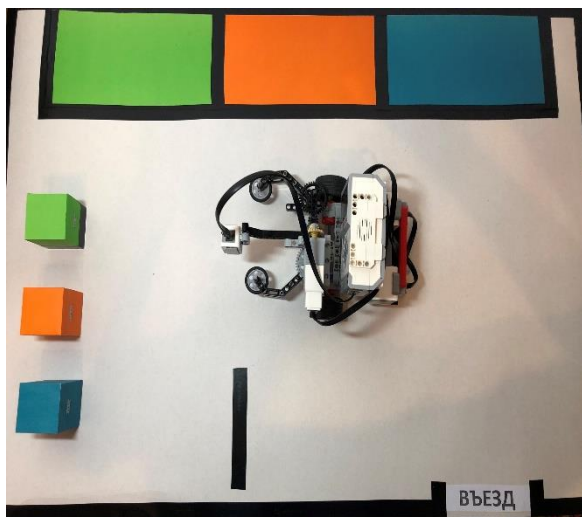


Рис. 2. Демонстрационная модель

#### Список использованных источников

1. Бенедиктов А. А. Насекомые — жертвы нашей беспечности // «Экология и жизнь». — 2007. — № 2. — С. 60—61
2. Сильги, Катрин де. История мусора. От Средних веков до наших дней. — М. : Текст, 2011
3. Боровский Е. Э. Отходы, мусор, отбросы... // Химия. —
4. Как просто разделить бытовые отходы на виды – сортировка мусора  
<http://rumpus.ru/idei-dlya-doma/kak-prosto-razdelit-bytovye-otxody-na-vidy-sortirovka-musora/>
5. Вред от батареек для окружающей среды  
<http://fb.ru/article/368987/vred-ot-bataareek-dlya-okrujayuschey-sredyi>
6. Промышленные и бытовые отходы и их влияние на здоровье человека  
<http://mirznanii.com/a/328511-3/promyshlennye-i-bytovye-otkhody-i-ikh-vliyanie-na-zdorove-cheloveka-3>
7. Утилизация и переработка отходов  
<http://vtorothodi.ru/utilizaciya/bytovoj-musor>
8. Как собирают и сортируют бытовой мусор в мире и России [Электронный ресурс]. - режим доступа: <http://greenologia.ru/othody/vyvoz/sortiruyut-bytovoj-musor.html>. 25.04.08.

# КОМПЛЕКС УДАЛЕННОГО АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ, СБОРА, ОБРАБОТКИ, ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДАННЫХ ТОМСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ РАДИОАКТИВНОСТИ И ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

Г.А. Яковлев

Научный руководитель: В.С. Яковлева

МБОУ Лицей при ТПУ, 634028, г. Томск, ул. А. Иванова, 4. Тел. 8 (3822) 41-98-00

E-mail: yakovlev-grisha@mail.ru

## Введение

Контроль радиационной обстановки, производимый в научных целях, имеет тенденцию к увеличению одновременно регистрируемых радиационных величин. Одним из необходимых условий, в целях верификации полученных закономерностей, является требование использования методов измерения одной и той же величины, различающихся по физическому принципу. Также развитие радиационного мониторинга идет по направлению к проведению градиентных измерений. Все это требует большого количества измерительных приборов, комплексов, датчиков, для управления которыми в каждом конкретном случае необходима собственная система удаленного контроля за состоянием всего приборного парка, а также автоматизации сбора и обработки данных наблюдений.

Следующим этапом является визуальный анализ временных рядов данных о радиационных величинах, совместно с потенциально влияющими факторами (метеорологические величины и пр.). Для этого необходима разработка системы визуализации накопленных данных.

В связи с вышеописанными основными задачами настоящей работы являлись: 1) создание и развертывание системы автоматизированного удаленного контроля за состоянием приборного парка Томской обсерватории радиоактивности и ионизирующих излучений (ТОРИИ), расположенной на экспериментальных площадках ТПУ-ИМКЭС; 2) комплекс сбора и обработки данных наблюдений за радиационными величинами; 3) программа визуализации

для первичного анализа данных на наличие сбоев в работе приборов, ярко выраженных зависимостей.

## Система контроля и обработки данных

Первой и достаточно важной частью системы является программа осуществляющая контроль за состоянием приборов и компьютеров ТОРИИ, т.к. поддержка продолжительного, полноценного круглогодичного мониторинга предполагает устранение любых неполадок в работе детекторов, а также срочную замену и ремонт в случае поломки, для чего так необходима актуальная информация о состоянии проведения эксперимента, а также оперативное информирование о сбоях в работе приборов. Схему комплекса, его физическое и программное устройство представлены на рисунке 1. Второй составляющей является система автоматического сбора и обработки данных, которая ежедневно сохраняет самые новые экспериментальные данные на сервере, давая возможность для последующего быстрого визуального анализа с целью поправки эксперимента и нахождению технических неисправностей в работе научного оборудования. В результате программа совершает поэтапную обработку (для минимизации ошибок и предоставления промежуточных результатов обработки с целью определения и исправления ошибок в алгоритмах) загруженных на сервер данных, и далее передает готовые отформатированные данные для конечной визуализации. Алгоритмы обработки данных наблюдений написаны на языке Perl [1,2].

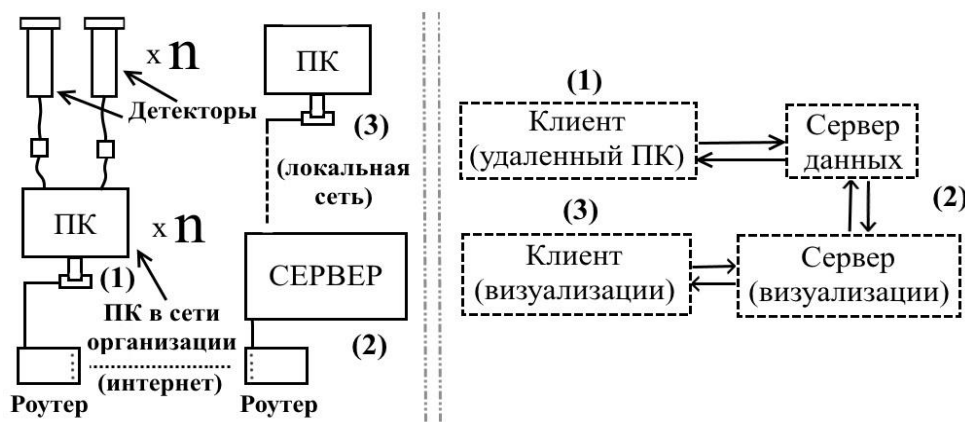


Рис. 1. Схема программного комплекса

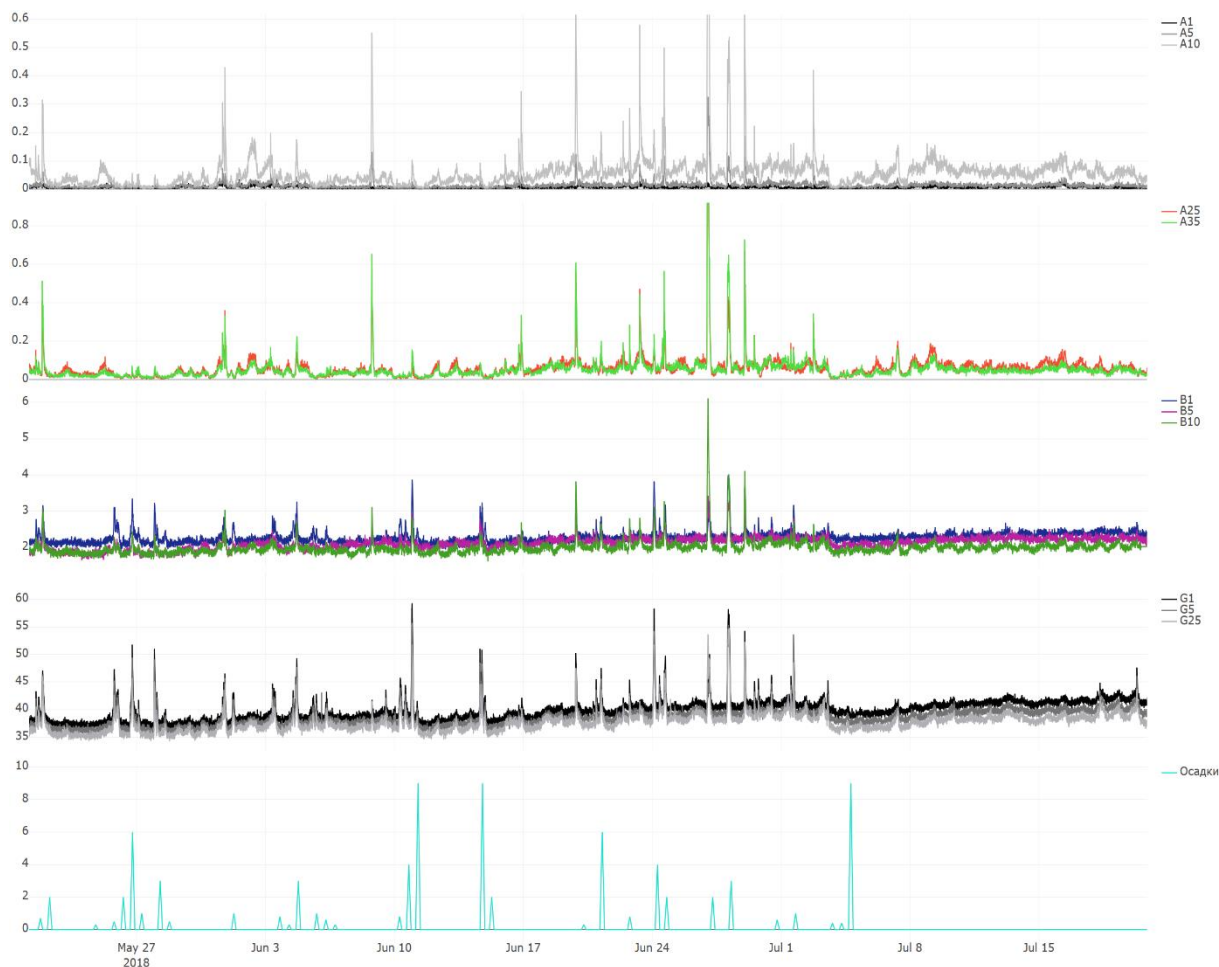


Рис. 2. Пример работы программы

### Программа визуализации данных

С целью упрощения этапа визуального анализа собранных данных была разработана программа визуализации данных, с использованием технологии Node.js [3]. Она включает в себя как сервер визуализации, необходимый для передачи данных между сервером данных и клиентом визуализации, благодаря чему достигается своевременное обновление данных (в отличие от использования локальных копий у клиента), так и клиент, обладающий множеством функций по построению рядов экспериментальных данных, с возможностью гибкой настройки их отображения. Другими преимуществами программы являются ее простота и удобство в использовании, возможность параллельного использования неограниченным числом пользователей в реальном режиме времени, а также поддержка построения и визуализации в сторонних программах, таких как MATLAB. Пример работы программы показан на рисунке 2.

### Заключение

В результате работы были разработаны и внедрены в ТОРИИ:

1. система автоматизированного удаленного контроля за состоянием приборного парка;
2. комплекс сбора и обработки данных наблюдений за радиационными величинами;
3. программа визуализации для анализа данных наблюдений.

Комплекс доказал свою работоспособность, а также в результате длительного периода использования был получен опыт работы с комплексом как в целом, так и с отдельными его частями, который в последствии будет использован для дальнейшего совершенствования комплекса.

### Список использованных источников

1. Язык программирования Perl 5 / М.В. Шохирев. – М: Интернет-Университет Информационных технологий; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. – 279 с.
2. Perl для профессиональных программистов. Регулярные выражения: учебное пособие / С.В. Мельников. – М: Интернет-Университет Информационных технологий; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. – 190 с.
3. Learning Node / Shelly Powers – O'Reilly Media, 2012. – 374 с.

## **Секция 3. Робототехнические и мехатронные системы**

# РАННЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ СЕМООПРЕДЕЛЕНИЕ ОБУЧАЮЩИХСЯ (НА МАТЕРИАЛЕ КУРСА «РОБОТОТЕХНИКА И СХЕМОТЕХНИКА»)

В.А. Борисова  
НИ Томский государственный университет  
e-mail: kitnessev@gmail.com

## Введение

Образование сегодняшнего века выходит за пределы здания школы. Современные педагоги все чаще проводят свои занятия на предприятиях и выставках, в театрах, кванториумах и различного рода высокотехнологических площадках, которые могут быть предоставлены им своим городом. Благодаря такому подходу и современным технологиям обучающиеся могут получить возможность познакомиться с различными видами профессиональной деятельности уже в средних классах школы и целенаправленно пробовать себя в рамках той или иной профориентационной линии.

Целью данной работы стало проведение краткого обзора имеющихся на сегодняшний день ресурсов по раннему профессиональному самоопределению обучающихся сфере робототехники и схемотехники, а также описание элемента образовательной программы по изучению интегрированного курса робототехники и схемотехники для школьников через обучающие мастер-классы.

## Анализ имеющихся ресурсов

Для формирования положительных установок необходимо создать образовательную атмосферу, которая будет на базе современной реальности давать знания и навыки для перспективного профессионального и личностного самоопределения обучающихся.

Вот почему необходимо более пристально приглядеться к современным технологическим возможностям для применения их на уроках в школе. Например, на уроках технологии, кроме изучения принципов использования молотков и лобзиков, во многих школах отводится время в учебном процессе для освоения функциональных возможностей 3D-принтеров, при воссоздании деталей конструкций и различного рода моделей. А наряду с информационными технологиями и физикой, на уроках и во внеурочной деятельности происходит процесс получения знаний в области основ микросхемотехники, которые необходимы для понимания принципов функционирования электроники и, которые помогут создавать и разрабатывать свои собственные высокотехнологические проекты на базе своей же школы. Предмет «схемотехника» также реализуется в образовательном процессе в качестве элемента дополнительного образования или организовать как внеурочную деятельность, тем самым обеспечить более глубокое изучение робототехники в тех школах, в которых робототехникой уже занимаются. Сложившаяся ситуация нуждается в анализе и исследовании, поскольку видится нам перспективной. На это указывает не только все воз-

растающий интерес к робототехнике, но увеличение количества олимпиад, конкурсов и пр., связанных с этим направлением. Интерес обучающегося к научно-техническому творчеству нуждается в научно-методическом сопровождении в рамках урочной и внеурочной деятельности. Например, увлечение компьютером при должном обучении и курировании со стороны педагога может перерасти в профессиональную деятельность программиста или системного администратора разного уровня. Это подтверждается результатами многочисленных исследований организации профильного обучения в старших классах школ. А изучение принципов работы различных радиодеталей и электронных схем может послужить отправной точкой для будущего инженера, конструирующего космические корабли.

Схемотехника, как пример интеграции разных предметных областей, может отразить сильные и слабые места в знаниях обучающегося, поскольку здесь проявляются знание физики, математики и информатики, и дополнительные познания, расширяющие базу уже имеющихся умений и навыков школьника. Обучение в рамках курса схемотехники необходимо для того, чтобы дети могли овладеть базовыми компетенциями, которые они смогут применить у себя дома, развивая тем самым практикоориентированность полученных знаний, а так же базовые составляющие характера - настойчивость, выдержка и упорство. Это подтверждается исследованиями в сфере здоровья и благополучия, что именно эти человеческие характеристики иногда являются более точными предсказателями успеха, чем уровень IQ. [1] Примеров технологических проектов очень много. Одним из реальных примеров эффективности преподавания основ схемотехники в школе, может явиться проект, который заслужил положительные отзывы на выставке технопарка в Москве. Данный проект представляет собой «интеллектуальный агрокомплекс», который в детском технопарке создали ученики из школы № 2087. Разработка полезна тем, что: если вы уехали в отпуск, то система сама способна поливать и освещать цветы, когда это необходимо. [2]

## Схемотехника в проектах через мастер-классы

Исследования показывают, что обучающиеся более вовлечены, внутренне мотивированы учиться и более успешны когда они могут соединить то, что они изучают с ситуациями в которых они могут проявить заботу о своем сообществе и увидеть свое изобретение в работе. Технологии могут обеспечить доступ к данным в реальном вре-

мени, моделирования расположения обучения в реальном мире, и возможностей для обучающихся связать обучение с их личными интересами в любой сфере. Схемотехника, представляет собой сферу творчества, новизны идей и почти безграничных возможностей практической работы. Если интересно то или иное устройство, то можно дать волю фантазии и своим умениям. Но для того, чтобы начать изучение мира электроники и дать выход своему творческому потенциалу, обучающимся необходим источник знаний, пример, который их вдохновит на исследования. Для организации такого вдохновения подходит формат мастер-класса. В процессе мастер-класса обучающиеся, следуя пошаговому алгоритму вместе с куратором, смогут самостоятельно спроектировать электронное устройство с пониманием принципов его работы и идей, заложенных в его конструкцию. Например, датчик влаги, который будет сигнализировать о протечках воды в ванной комнате или на кухне, или светодиодный фонарик, работающий без батареек на воде.

В процессе практического изучения и проектирования обучающиеся получают возможность развивать свою способность обучаться и упорствовать в достижении цели, организовывать собственное обучение, в том числе через эффективное управление временем и информацией, как индивидуально, так и в группах. В итоге обучающийся придет к неизменному финалу, который открывает безграничные возможности для его внутреннего потенциала. А именно к одному из главных вопросов, открывающих двери в научную фантастику, которая в свое время всегда становится реальностью: можно ли что-нибудь улучшить в этом устройстве и как это сделать?

При этом для создания электронных устройств разной степени сложности совсем не обязательно, чтобы ребенок обладал склонностью к точным наукам или в будущем обязан был связать свою жизнь с инженерией. В процессе постепенного изучения мира электроники все необходимые знания при помощи учителя будут открываться в рабочем режиме и накапливаться в памяти обучающегося, а непосредственно фундаментальные знания в сфере математики, физики, информатики могут стать как основой для закрепления и устранения затруднений по соответствующим предметам, так и углубляться в процессе самого творчества. Осведомленность о самом процессе обучения и потребностях, выявление имеющихся возможностей и возможностей для преодоления препятствий уже является неплохой основой для того, чтобы успешно

учиться. Серия обучающих мастер-классов по схемотехнике помогает обучающимся увидеть ранее неизвестные технологические возможности для уже знакомых сфер деятельности. Так, например, изучив очередное устройство и выполнив его модель на мастер-классе ученик может интегрировать свое изделие с моделью робота на уроке робототехники. В результате получить уникальную модель робота с расширенными функциональными возможностями.

#### **Заключение**

Количество школ, которые включаются в систему изучения робототехники, постоянно увеличивается, они занимают активную позицию, проявляющуюся на соревнованиях разного уровня. Начало преподавания таких предметов как, схемотехника, робототехника в начальных и средних классах школы, обуславливает постепенный рост знаний, умений, практических навыков обучающихся, и с достижением ими старших классов школы подвести обучающегося к осознанной проектной научно-исследовательской деятельности. Согласно результатам опытно-экспериментальной деятельности, очень важно организовать рефлексию в рамках курса - уделить внимание обучению управлять не только успешными проектами, но и неудачами и инвариантностью событий. Самостоятельная разработка и создание электронного устройства позволяет приобретать практический опыт и базу знаний, которые будут способствовать профессиональному самоопределению, проявляющегося через поиск и исследование новых и более сложных систем, проектирование и создание авторских электронных моделей и устройств. Все это, в свою очередь, будет определять профессиональную принадлежность обучающегося и будущую сферу профессиональной деятельности.

#### **Список использованных источников**

1. 21<sup>st</sup> Century competencies [Электронный ресурс] / The Ontario Public Service, - 2016 г. - URL: [http://www.edugains.ca/resources/21CL/About21stCentury/21CL\\_21stCentury-Competencies.pdf/](http://www.edugains.ca/resources/21CL/About21stCentury/21CL_21stCentury-Competencies.pdf/) (дата обращения 7.11.18)
2. Чем заняты школьники на современных уроках технологии [Электронный ресурс] / Официальный сайт мэра Москвы. - URL: <https://www.mos.ru/news/item/32425073/> (дата обращения 10.11.18)
3. Копкова Д. К. Формирование ценностных ориентиров и установок у подростка / Конопкова Д.К. - Молодой ученый. - 2015. - №17. - С. 484-485.

# МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ОСВЕЩЕНИЕМ ЗА СЧЕТ УСТАНОВКИ ДАТЧИКОВ ОСВЕЩЕННОСТИ С ЧАСТОТНЫМ ВЫХОДОМ

Е.А. Иващенко

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники,

А.С. Иващенко

Томский политехнический университет

Jeka96\_09@mail.ru

## Введение

На сегодняшний день существует много компаний по производству систем управления освещением. Такое производство стало инновационными. Мы все больше слышим про систему умный дом и о ее преимуществах. Организации по производству систем управления освещением сталкиваются с рядом вопросов, один из которых это возможность увеличить число потребителей.

Расширить круг потребителей очень просто: необходимо повысить точность измерения датчиков, рассмотреть варианты использования систем в экстремальных погодных условиях.

## Устройство датчика освещенности с частотным выходом

Альтернативой аналоговым и цифровым датчикам являются датчики с частотным выходом, генерирующие переменный сигнал, в котором информационным параметром является частота, значение которой зависит от значения физической величины.

Для создания датчика с частотным выходом используется явление Физического Эффекта. Одним из таких физических эффектов является осцилляторный эффект, физика которого основана на спиральной неустойчивости тока в полупроводниках, возникающей под действием магнитного поля, параллельного протекающему току. Осциллятор – это специальный полупроводниковый диод, размещенный в магнитном поле малогабаритных постоянных магнитов, включенный последовательно с резистором нагрузки  $R_n$  и источником питания.

Устройство осциллятора представлено на рисунке 1.

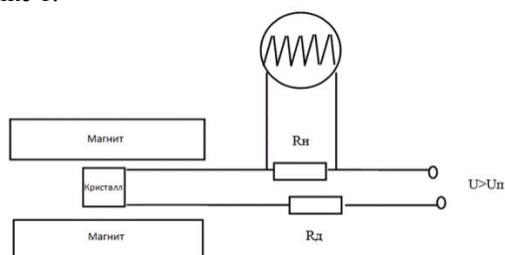


Рис. 1. Осциллятор

Частотные датчики обладают целым рядом преимуществ:

- 1) линейность характеристики преобразования;
- 2) прямое преобразование сопротивления в частоту - исчезает необходимость предварительного соединения датчика с цифровой измерительной системой посредством усилителей и аналого-цифровых

преобразователей, присущих системам с аналоговыми сенсорами; эта ситуация выгодна как с экономической точки зрения, так и с точки зрения технического упрощения;

4) удобство и высокая точность частотных измерений;

5) высокая помехозащищенность, в том числе, в условиях промышленных помех, так как полезная информация заключена в частоте, а не в амплитуде переменного сигнала;

6) высокая амплитуда выходного сигнала, что позволяет не применять усилитель.

## Интеграция датчика в систему управления освещением

Система управления освещением — это интеллектуальная сеть, которая позволяет обеспечить нужное количество света, где и когда это необходимо.

Системы управления освещением применяются для максимизации экономии энергии, в том числе с учетом норм, стандартов энергосберегающих программ. Системы управления освещением часто встречаются под названием Умный дом.

Необходимость внедрения систем управления освещением в офисных зданиях, гостиницах и т. д. обусловлена рядом факторов. Существуют обязательные требования по энергосбережению в городах, а также соответствие Green-сертификатам, которые очень жестко регламентируют средний расход электроэнергии для освещения на единицу площади. Обеспечить необходимый нормируемый уровень освещенности рабочей поверхности без использования системы управления освещением практически невозможно.

Еще одним преимуществом Системы управления освещением является возможность одновременно контролировать несколько источников света из одного устройства, что позволяет создать нужную световую атмосферу, в зависимости от предназначения помещения в тот или иной период времени.

Сегодня, системы управления освещением стоят достаточно дорого и круг потребителей для этих систем очень узкий.

Для увеличения числа потребителей можно рассмотреть вариант удешевления системы и увеличения точности считывания данных систем.

Сравнительная характеристики систем управления освещением представлена в таблице 1.



Таблица 1. Сравнение систем управления освещением

	Фирма PHILIPS	Фирма OSRAM	Фирма Световые технологии
Средняя цена, руб.	5147	6480	7500
Вес, г	200	130	100
Функция постоянного контроля	да	да	да
Диапазон температур, °С	0:+50	-5:+50	-10:+35
Площадь охвата, м <sup>2</sup>	15	12	20

При использовании датчиков с частотным выходом, мы добьемся того, что система станет дешевле, упростится монтаж и подключение данной системы, а также самое важное это данные будут передаваться на центральный пульт с высокой точностью.

Как мы видели ранее датчики с частотным выходом обладают рядом преимуществ по сравнению с аналоговыми и цифровыми датчиками. Используя в системе управления освещением датчик с частотным выходом, мы повышаем точность передачи сигнала, что дает нам возможность продавать системы в те области, где контроль света необходимо осуществлять на высоком уровне.

Вторым преимуществом внедрения датчика освещенности с частотным выходом в систему управления освещением является простота установки датчика и возможность использования датчика в экстремальных условиях. Так как датчики освещенности представленные в системах управления освещением имеют схемные решения, а датчик с частотным выходом построен на физическом эффекте – это дает возможность использовать датчик при различных условиях.

Датчики аналогового и цифрового типа нуждаются в усилении сигнала, для того чтобы достичь более высокой точности параметром. Применяя датчики с частотным выходом, усилитель сигнала просто не нужен. За счет отказа от усилителя (который применяется для каждого датчика отдельно) мы удешевляем систему.

Рассмотрим вопрос подключения систем управления освещением. Для того чтобы подключить систему управления освещенностью в необходимо затратить на это большое количество рабочего времени. Подключая стандартную привычную систему с аналоговым датчиком необходимо подвести к каждому датчику источник питания, опреде-

лить расположение самого блока питания и отладочной платы, надежно закрепить их. При использовании датчика с частотным выходом необходимо прикрепить датчик и проложить провода подключения к системе управления, что значительно сокращает время на установку. Сокращается время на установку систем освещенности.

#### Заключение

При модернизации системы управления освещением, за счет установки датчиков освещенности с частотным выходом, можно удешевить данную систему и выйти на довольно большой рынок.

Используя датчики освещенности с частотным выходом, можно не беспокоиться за достоверность данных и упростить установку данных систем.

Так как системы управления освещением можно применять в любом помещении, эти системы будут пользоваться спросом в учреждениях здравоохранения, образовательных учреждениях, производственных помещениях, теплицах и т.д. Для каждого вида помещений есть свои нормы по освещенности, которые должны соблюдаться. Установив систему управления освещенностью, компания раз и навсегда забудет о том, что этот контроль необходимо проводить. Освещенность будет всегда на высоком уровне.

#### Список использованных источников

1. Килина О.В. Технические основы проекта «Осцилляторный датчик освещенности с частотным выходом»: Сборник материалов XII Международной школы-конференции ИННОВАТИКА -2016, 2016. – С. 101-102.
2. Сабина А.Э., Дробот П.Н. Осцилляторные датчики для повышения эффективности контроля геологических скважин: Сборник материалов XII Международной школы-конференции ИННОВАТИКА -2016, 2016. – С. 165.
3. Иващенко Е.А. Осцилляторный датчик освещенности с частотным выходом: Материалы Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Научная сессия ТУСУР–2018», 2018. – С. 141-143.
4. Боос Е.Г. Автоматизированные системы управления освещением – это сегодня наиболее перспективный инструмент энергосбережения: журнал Энергосовет № 2 (15), 2011. – С. 33-35.
5. Системы управления освещением: виды умных систем и выгоды от их внедрения. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.trinova.ru/blog/view/sistemy-upravleniya-osvescheniem-vidy-umnyh-sistem/> (Дата обращения 10.11.2018).

# ОБРАТНАЯ КИНЕМАТИКА ДЛЯ НЕПРЕРЫВНЫХ РОБОТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛГОРИТМА FABRIK

Д.Ю. Колпашиков, Н.В. Лаптев  
 Научный руководитель: Гергет О.М.  
 Томский политехнический университет  
 dyk1@tpu.ru

## Введение

Непрерывные роботы – гибкие, постоянно изгибающиеся манипуляторы. У данного вида роботов число шарниров стремится к бесконечности, а длины жестких звеньев стремятся к нулю [1]. Такая конструкция позволяет использовать непрерывных роботов в местах со сложной геометрией. Они используются для неразрушающего контроля, ремонта трубопроводов, газотурбинных двигателей, ядерных реакторов, в качестве манипуляторов в космосе, для лазерной резки и в медицине [2].

Системы управления непрерывными роботами основаны на принципах прямой и обратной кинематики. На данный момент существует несколько подходов к решению обратной кинематики для непрерывных роботов, состоящих из нескольких управляемых секций. Наиболее часто используются обратные матрицы Якоби [3], которые пригодны для решения в большинстве случаев. Однако они имеют проблемы с сингулярностью и высокой вычислительной сложностью. В работе [4] с целью решения задач обратной кинематики используют геометрический подход. Данный подход прост для расчетов, но решение ищется для конкретной конфигурации и зачастую требуется перебор для поиска решения.

В данной работе используется алгоритм Обратной Кинематики Прямого и Обратного Следования (FABRIK) [5]. FABRIK это итеративный алгоритм, который является более эффективным для решения поставленных задач, в сравнении с обратными Якобианами и геометрическим подходом.

## Описание алгоритма

FABRIK изначально создавался для работы с традиционными дискретными роботами, состоящими из конечного числа жестких звеньев и шарниров. В свою очередь непрерывные роботы имеют бесконечное число шарниров и длины звеньев, стремящиеся к нулю. Это делает невозможным решение задачи обратной кинематики для непрерывных роботов. Поэтому секции изгиба представлены в виде звеньев с переменной длиной (хорд), которые соединяют начало и конец секции. Длины хорд зависят от угла изгиба и могут быть рассчитаны с помощью прямой кинематики [6]. В непрерывных роботах одна дуга изгиба плавно переходит в другую, что усложняет расчеты. Однако поскольку хорды только соединяют начало и конец секций, то угол между ними может быть любым. Это делает возможным представление непрерывного робота

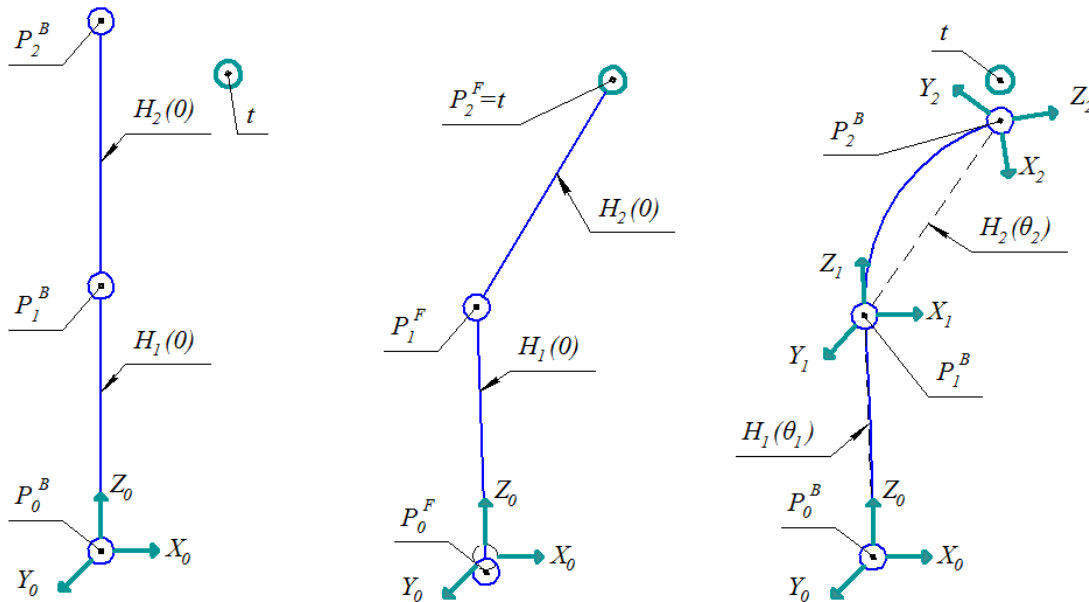


Рис. 1. Пример полной итерации алгоритма. Слева – начальная позиция робота. Центр – результат прямого следования. Справа – результат обратного следования и восстановления дуг из хорд. Вектора  $X_i, Y_i$  и  $Z_i$  – определяют ориентацию кончика дуги и получаются при восстановлении дуги.  $P_i^B$  – положение точки в результате обратного следования.  $P_i^F$  – положение точки в результате прямого следования.

как цепи из звеньев переменной длины соединенных шарнирами. Решение данной цепи является простой задачей для алгоритма.

Реализация алгоритма позволяет найти такую совокупность углов изгиба  $\theta$  и поворота  $\varphi$ , что кончик робота  $P_Q$  находится в окрестностях целевой точки  $t$  с допуском  $TL$ . Для работы алгоритма требуются длины дуг секций изгиба  $S$  и ограничения на угол изгиба  $\theta_{max}$ .

Алгоритм ищет решение за несколько итераций. Каждая итерация включает в себя этапы прямого и обратного следования. Пример работы алгоритма представлен на рисунке. В прямом следовании решение производится для хорд  $H_i(\theta_i)$  постоянной длины без наложения каких-либо ограничений. Конечная точка переносится в целевую и цепь перестраивается. При этом первая точка цепи смещается относительно первоначального положения, чего не может быть. Поэтому, чтобы вернуть её на место производится обратное следование.

В обратном следовании первая точка цепи возвращается на место. При этом цепь снова перестраивается. На данном этапе с помощью прямой кинематики происходит восстановление дуг секций изгиба из хорд и определение новых точек концов секций и обновление длин дуг. В конце обратного следования происходит проверка того, находится ли кончик робота в окрестностях целевой точки. Если данное условие не выполняется, то алгоритм производит еще одну итерацию. Итерации повторяются до тех пор, пока кончик робота не достигнет области допуска или пока алгоритм не превысит число допустимых итераций.

#### Тестирование алгоритма обратной кинематики

Алгоритм был протестирован в симуляции на двухсекционном непрерывном роботе. Каждая секция изгиба длиной 50 мм имела возможность совершать два вида движения – изгиб и поворот. Сочетание этих движений позволяет секции гнуться в любом направлении.

На алгоритм были наложено ограничение в 100 итераций для ускорения расчётов. Линейный допуск установлен в 1 нм. Для тестирования алгоритма было определено  $10^6$  случайных точек с помощью прямой кинематики. Использование прямой кинематики гарантирует, то что все точки лежат внутри рабочей области робота и для них существует как минимум одно решение. Эффективность алгоритма оценивалась по времени, затраченному на расчёт одной точки и по количеству достигнутых точек.

Алгоритм позволяет найти решение для 99.6% точек. Скорость расчета составила  $0.52 \pm 0.48$  мс. На каждую точку в среднем уходило  $9.8 \pm 9$  итераций.

#### Заключение

В результате проведенного тестирования можно сделать вывод о том, что алгоритм обратной кинематики для непрерывных роботов с несколькими секциями изгиба работоспособен. Реализация алгоритма позволяет найти 99.6% точек данных ему в качестве целевых с точностью в 1 нм. Скорость работы расчета каждой точки составила  $0.87 \pm 0.49$  мс. Быстродействие алгоритма говорит о возможности его применения для работы в реальном времени (30 кадров в секунду).

Полученный алгоритм планируется использовать для автоматизации управления непрерывными роботами.

Работа выполнена в рамках государственного задания Наука (тема «Моделирование и алгоритмизация процессов обработки, анализа и репрезентации графических данных в режиме реального времени для проведения эндоваскулярных операций на сердце», № 17.8205.2017/БЧ)

#### Список использованных источников

1. Walker I.D., Choset H., Chirikjian G.S. Snake-Like and Continuum Robots // Springer Handbook of Robotics. Cham: Springer International Publishing, 2016. P. 481–498.
2. Burgner-Kahrs J., Rucker D.C., Choset H. Continuum Robots for Medical Applications: A Survey // IEEE Trans. Robot. 2015. Vol. 31, № 6. P. 1261–1280.
3. Jones B.A., Walker I.D. Kinematics for multisection continuum robots // IEEE Trans. Robot. 2006. Vol. 22, № 1. P. 43–55.
4. Neppalli S. et al. Closed-form inverse kinematics for continuum manipulators // Adv. Robot. 2009. Vol. 23, № 15. P. 2077–2091.
5. Aristidou A., Lasenby J. FABRIK: A fast, iterative solver for the Inverse Kinematics problem // Graph. Models. Elsevier Inc., 2011. Vol. 73, № 5. P. 243–260.
6. Колпащиков Д. Ю., Шеломенцев Е. Е. Конструирование роботизированного катетерного устройства для доставки инструмента внутрь работающего сердца // Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов XV Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, 04-07 декабря 2017 г., г. Томск.—Томск, 2017. – С. 108-109.

# РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

К. П. Лошаков  
Томский политехнический университет  
kpl2@tpu.ru

## Введение

Рост сложности задач современных робототехнических систем послужил развитию алгоритмов и методов обнаружения, отслеживания, классификации и сегментации окружающего пространства. Эта тенденция охватила все сферы жизни человека, от промышленности до сельского хозяйства и медицины. Робототехнические комплексы могут обрабатывать окружающее пространство в двухмерном и трехмерном виде. В качестве систем 3D могут выступать стереокамеры - строящие карту глубины, RGB-D-датчиков, а также LIDAR-датчики, строящие окружающее пространство в виде облака точек.

LIDAR-датчики используются компанией “Waymo” для создания беспилотного автомобиля. Преимуществами является работоспособность в любое время суток, высокая точность. Вместе с тем эффективность снижается при работе в плохих погодных условиях (дождь, туман, снег), а также при загрязнении камеры.

Одним из представителей RGB-D-датчика является датчик Kinect, который был использован Rosell-Polo et al в проектах точного сельского хозяйства [1]. Эксперимент проводился с датчиками в разных сезонных условиях. Было обнаружено, что Kinect неэффективен при обнаружении малых или сложных целей при дневном свете. Дальность обзора 4 м. Обработка до 30 кадров в секунду.

Камера ZED является одним из представителей стереокамер. Камера позволяет обрабатывать до 100 кадров в секунду и строить карту глубины до 20 м. Однако в задачах распознавания объектов существенное значение имеют шумы [2].

В системах 2D зрения используются спектральные, промышленные или цифровые камеры.

Применение спектральных камер является также актуальным по решению ряда задач, несмотря на высокую стоимость. Их эффективность обуславливается анализом изображения в определенном диапазоне длин волн электромагнитного спектра, причем границы этого диапазона выходят за границы диапазона видимого света, что приносит дополнительную информацию, которая помогает решить множество различных проблем, в том числе мониторинг состояния растительности [3].

Для получения информации могут использоваться также промышленные или обычные цифровые камеры. Для дальнейшей обработки информации используются два подхода. Один из вариантов таких подходов – создание алгоритмов компьютерного зрения, недостатком которого является сложность разработки алгоритмов. Второй вариант основывается на использовании нейронных сетей.

Недостатком является приобретение дополнительных вычислительных мощностей.

Рисунок 1 отображает сравнительную характеристику каждого из устройств, используемого в компьютерном зрении.

Устройство	Стоимость	Скорость	Работа вне помещения	Стоимость доп. оборудования
LIDAR-датчик	Худший выбор	Средний выбор	Лучший выбор	Средний выбор
Сtereoкамера	Средний выбор	Средний выбор	Средний выбор	Средний выбор
RGB-D-датчик	Средний выбор	Средний выбор	Худший выбор	Средний выбор
Цифровая камера	Средний выбор	Средний выбор	Средний выбор	Средний выбор
Спектральная камера	Худший выбор	Худший выбор	Средний выбор	Средний выбор

Худший выбор      Средний выбор      Лучший выбор

Рис. 1. Сравнение устройств в системах компьютерного зрения

Исходя из данной таблицы, можно сделать вывод, что LIDAR-датчик имеет высокую стоимость и невысокую скорость обработки изображений, что ведет к необходимости дополнительных вычислительных мощностей. RGB-D-датчик рассчитан на малую дальность обзора и не работоспособен в уличных условиях. Спектральные камеры же имеют возможность решить задачу, но достаточно дорогие и обладают низкой скоростью обработки изображений. Именно поэтому для задачи детектирования и сегментирования необработанных участков сельскохозяйственных культур в поле применена нейронная сеть с архитектурой mask R-CNN на основе информации с камеры [4].

## Экспериментальная часть

В ходе работы использована одна из предобученных моделей репозитория Tensorflow Object Detection API [5] – mask\_rcnn\_inception\_v2\_coco\_2018\_01\_28 – для детектирования и сегментирования необработанных комбайном участков поля. Для составления обучающей выборки было получено 65 изображений с разрешением 640x480 пикселей в цветовой модели RGB в разных окружающих средах. К каждому элементу выборки прикреплялись два файла. Один из них содержал данные о картинке в том числе и об координатах ограничивающей объект рамки, полученной при выделении объекта. Другой содержал бинарную маску изображения, в котором каждому пикселю принадлежащему объекту присваивалось значение 1, другим 0. Данные из этих файлов перевели в стандартный формат для библиотеки, с которой работаем, то есть в формат TFRecords. После

чего настроен конфигурационный файл для обучения модели с нужным количеством обучающихся изображений за эпоху.

Визуализация данных обучения нейронной сети представлена на рисунке 2, график на котором отображает зависимость общей ошибки в ходе обучения, складывающейся из ошибок в определении класса, координат рамки и вероятности присвоения данного объекта к классу от номера эпохи.

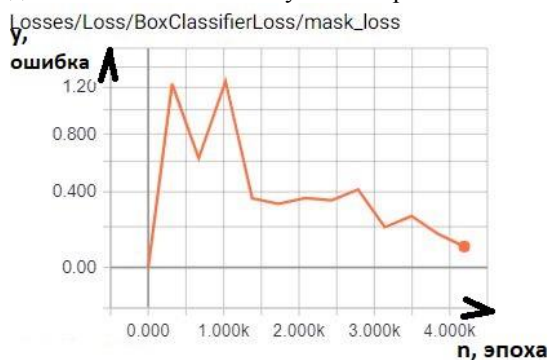


Рис. 2. Общая ошибка модели

Можно заметить, что в первой четверти процесса обучения ошибка увеличивается в связи с настройкой весов нейронной сети и такой продолжительный монотонный рост можно объяснить тем, что во время обучения за одну эпоху обрабатывалось одно изображение в связи с нехваткой технических ресурсов для более продуктивного обучения модели. В последующее время наблюдается монотонное уменьшение ошибки. Ошибка при выполнении задачи сегментации меньше 1.000 на протяжении всей времени обучения с тысяча двусотой эпохи, что может означать эффективную реализацию нейронной сети для задачи сегментации. На рисунке 3 представлены результаты обработки изображений из тестовой выборки обученной нейронной сетью.

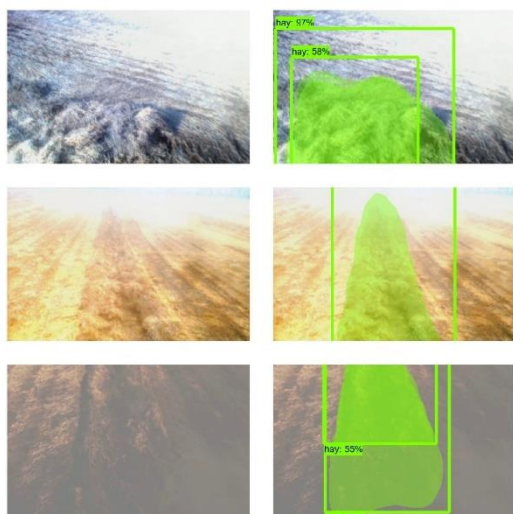


Рис. 3. Результаты тестирования модели

Тестовая выборка, часть изображений которых представлена на рисунке 3, состояла не только из объектов, располагающихся в центральной части камеры. Точность результатов сегментации на тестовой выборке, состоящей из 10 изображений, составила 90.00%.

### Заключение

Один из главных факторов, влияющих на эффективность нейронной сети является выделение каждого пикселя исследуемого объекта на изображении при подготовке данных для обучающей выборки. Факт того, что изображения на обучающей выборке содержали исследуемый объект по центру изображения, не повлиял на способность обученной нейронной сети определять необработанные участки поля, располагающиеся по краям камеры (рисунок 3).

### Список использованных источников

1. J. R. Rosell-Polo, F. A. Cheein, E. Gregorio, D. Andujar, L. Puigdomenech, J. Masip, and A. Escol` a, “Advances in structured light ` sensors applications in precision agriculture and livestock farming,” *Advances in Agronomy*, vol. 133, pp. 71–112, 2015.
2. R. Xiang, H. Jiang, and Y. Ying, “Recognition of clustered tomatoes based on binocular stereo vision,” *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 106, pp. 75–90, 2014.
3. Геоскан. Сельское хозяйство. – URL: <https://www.geoscan.aero/ru/application/agriculture> (дата обращения 10.10.2018).
4. Mask R-CNN. – URL: <https://arxiv.org/abs/1703.06870> (дата обращения 10.10.2018).
5. Tensorflow Object Detection API. – URL: [https://github.com/tensorflow/models/tree/master/research/object\\_detection](https://github.com/tensorflow/models/tree/master/research/object_detection) (дата обращения 8.10.2018).

# РАЗРАБОТКА МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО БЕЗЭКИПАЖНОГО КАТЕРА ПРОМЕЖУТОЧНОГО КЛАССА ДЛЯ РАБОТЫ С ОБЪЕКТАМИ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ

А.К. Насонов, М.И. Панкратов  
Ю.А. Чурсин  
Томский политехнический университет  
akn2@tpu.ru

## Введение

В сентябре 2017 года магистранты научно-исследовательской лаборатории телекоммуникаций, приборостроения и морской геологии Томского политехнического университета начали разработку безэкипажного катера промежуточного класса. Это было вызвано необходимостью облегчения развертывания длиннобазных гидроакустических систем навигации с одной стороны, а с другой отсутствием катеров данного типа. Для увеличения универсальности использования разрабатываемого катера отсек полезной нагрузки предполагается в модульном исполнении, в который могут устанавливаться компоненты, решающие различные задачи. В настоящий момент катер находится на стадии полноценной разработки, предварительно была создана уменьшенная модель, копирующая функции оригинального аппарата. Разработка участвовала в конкурсе Умник Маринет - 2017, вышла в финал и была поддержана.

## Описание разработки

Разрабатываемый многофункциональный безэкипажный катер промежуточного класса будет предназначен работы с объектами различных типов, в частности для расстановки сбора в акватории навигационных буев подводной длиннобазной навигации, в заданных точках с помощью GPS навигации, а также для захвата и

передачи видеоизображения оператору.

Уникальность разработки заключается в том, что разрабатываемый многофункциональный безэкипажный катер промежуточного класса сможет нести до 40 кг полезной нагрузки, что, с одной стороны, гораздо больше, чем у коммерческих моделей, используемых для рыбалки, а с другой стороны, имеет небольшие массогабаритные характеристики, что позволит эксплуатировать его одному человеку.

Предполагается использование так называемой модульной структуры для выполнения разнообразных задач.

Катер будет обеспечивать расстановку и сбор в автоматическом режиме навигационных буев в соответствии с заданием миссии. Возможно управление катером в ручном режиме. Одной из ключевых особенностей катера является возможность использования сменных блоков полезной нагрузки. Таким образом, катер сможет выполнять различные задачи, в зависимости от заданных требований

и условий. Научной новизной в разработке обладают программно-аппаратные решения для работы с объектами в акватории.

## Характеристики разработки

Практическим применением предлагаемой разработки является разворачивание системы длиннобазной навигации для АНПА и других объектов в автоматическом режиме. При проектировании автономно управляемого судна закладываются следующие технические характеристики: длина 1,6 м, ширина 1 м, высота 1 м, сухой вес 100 кг, осадка 25 см, грузоподъемность 40 кг, устойчивость к качке, ветер до 6 Б, волна до 2 м, автономность работы до 3 часов, скорость передвижения до 7 узлов.

Разрабатываемый безэкипажный катер предполагает наличие следующих компонентов (представлено на рисунке 1):

1) микроконтроллер с микропроцессором и периферийным оборудованием, таким как видеокамера для передачи видеоизображения оператору, датчик автоматического определения глубины, инерциальная система навигации, датчик скорости, ГЛОНАСС/GPS приемник.

2) программное обеспечение, основные функции которого инициализировать и устанавливать параметры датчиков, получать и обрабатывать данные, строить траекторию движения по точкам размещения буев, отображать ориентацию положения катера в пространстве. Используемые навигационные системы: ГЛОНАСС, GPS, инерциальная система навигации.

3) устройство управления включает в себя систему датчиков, инерциальную систему навигации, эхолот и осуществляют расчет управляющих воздействий, устройство питания величиной постоянного напряжения 48V, устройство сбора и установки буев, видеокамера для передачи изображения.

4) управление движительно-рулевым комплексом включает в себя контроллер заряда аккумуляторов, драйверы двигателей, контроллер управления движением.

5) устройство передачи данных состоит из GSM модема, коротковолнового приемопередатчика и устройства управления ими. Алгоритм выбора канала передачи данных адаптивный.

6) управление отсеком полезной нагрузки, состоит из специальных захватов для различных модулей, а также оборудованием для подключения к микроконтроллеру.



Рис. 1. Основные составляющие безэкипажного катера

Катер вместе со сменным модулем для расстановки навигационных буев следует по заранее определенной оператором программе, двигаясь с места старта от точки к точке тем самым разворачивая систему длиннобазной навигации и, проходя весь маршрут, возвращается к месту старта. После того как подводные аппараты завершили работу в области где была развернута система длиннобазной навигации, катер собирает навигационные буи и возвращается к месту старта, где катер, если его задачи завершены, увозят на склад. Либо к нему подключается другой модуль, и он выполняет другую задачу. Схема движения катера выполняющего задачу по расстановке буев представлена на рисунке 2.

В зависимости от поставленных задач, которые необходимо выполнить, к катеру подключаются различные модули. Оператор составляет маршрут, подключает необходимый модуль, например, модуль связи с подводными аппаратами или аппарат для сканирования и составления карты дна акватории. На рисунке 3 изображена схема движения аппарата, в ходе выполнения поставленной задачи, по заданному маршруту.



Рис. 2. Схема движения катера по расстановке навигационных буев



Рис. 3. Схема движения катера в ходе выполнения программы

### Заключение

На данный момент разработка безэкипажного катера ведётся во всех направлениях: производится проектирование и корректировка полезной нагрузки, в частности для решения задачи расстановки и сбора навигационных буев.

Большинство задач, связанных с программной реализацией, уже решены - такие как передача данных о местоположении (по GPS) катера и управление двигателями по радиоканалу, связь по GSM с сервером на Windows для управления и обработки поступающей информации, создано приложение для ОС Android для управления двигателями в зоне ограниченной акватории (бассейн), где передача данных осуществляется по Wi-Fi.

Так же была привлечена к разработке системы сбора буев нейронная сеть, которая будет определять с помощью камер расстояние до буев и его наличие на акватории.

Основная задача на данный момент заключается в ручной работе, итоговом сборе всех материалов и полноценной физической реализации безэкипажного катера.

### Список использованных источников

1. Пинский А.С.. Е-навигация и безэкипажное судовождение // Транспорт Российской Федерации. – СПб.: Т-Пресса, 2016. – Вып. № 65. – С. 50-54.
2. Круглеевский В.Н., Денисов В.И. Особенности развития, задачи и состав комплекса «Безэкипажный роботизированный катер» // Судостроение. – СПб.: Центр технологии судостроения и судоремонта, 2013. – Вып. № 810. – С. 23-25.
3. Новак Г.М. Справочник по катерам, лодкам и моторам // Судостроение. – 1982. – С. 5-106, 129-134.
4. Хейфец Л.Л. Гребные винты для катеров. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Судостроение, 1980. – С. 85-107.

# ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНИМОСТИ МЕТОДОВ СТАБИЛИЗАЦИИ ДВИЖЕНИЯ ДЛЯ МАЛОРАЗМЕРНЫХ АНТРОПОМОРФНЫХ РОБОТОВ

А.А. Протопопов, В.С. Стерехова  
Томский политехнический университет  
aap80@tpu.ru

## Введение

Анализ устойчивости движения антропоморфных роботов является сложной задачей, так как динамика перемещения таких роботов сильно нелинейна. Общие методы определения устойчивости систем, такие как анализ собственных значений, оценка фазовых траекторий или определение устойчивости по Ляпунову обычно неспособны характеризовать устойчивость движение антропоморфных роботов в целом. Поэтому стабилизация движения таких методов происходит с использованием специальных методов, некоторые из которых будут рассмотрены далее.

Стабильная походка бывает двух типов: статическая и динамическая. При статической походке проекция центра масс робота никогда не выходит за пределы опорного многоугольника. Такая ходьба слишком медленная и редко применяется в робототехнике. При динамической ходьбе проекция центра масс может покидать опорный многоугольник на ограниченное время. Такой тип ходьбы представляет больший интерес. Рассмотрим возможные методы реализации такого типа ходьбы.

## Whole-body control

В данном методе рассматривается полная кинематическая и динамическая модель робота (Рис. 1). Для достижения динамически стабильной походки происходит моделирование движения каждого звена и влияния звеньев друг на друга [1].

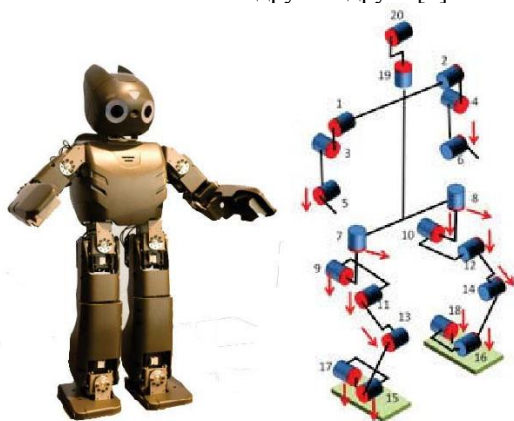


Рис. 1. Кинематическая схема робота

Контроль всего тела антропоморфного робота является сложной задачей из-за кинематической и динамической сложности системы. Реализация данного метода требует наличия больших вычислительных ресурсов, поэтому данный метод неприменим для стабилизации движения малоразмерных роботов.

## ZMP

Наиболее распространенный метод решения задачи динамической стабилизации — метод точки нулевого момента (ZMP). Данный метод стал основой для большинства исследовательских проектов по анализу и контролю ходьбы двуногих роботов.

Контакт робота между стопой и поверхностью не управляем напрямую, однако он имеет важное значение для реализации ходьбы, потому как позиция робота относительно окружающей среды зависит от позиции стоп относительно поверхности. Стопа может управляться только косвенным образом, путем обеспечения динамики робота выше стопы. Таким образом общий показатель поведения робота - это точка где влияние всех сил, действующих на робота может быть заменено одной единственной силой (Рис. 2). Это точка называется точка нулевого момента, так как вокруг нее все горизонтальные моменты равны нулю [2].

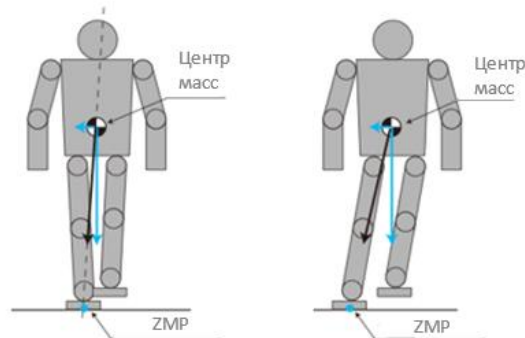


Рис. 2. Точка ZMP

Суть метода заключается в нахождении такой точки, и если эта точка выходит за пределы поддерживающего многоугольника, то РТК находится в неустойчивом положении и может упасть, если не предпринять опережающие действия приводами робота.

Нахождение этой точки возможно несколькими способами. Наиболее простой моделью для вычисления ZMP является модель стол-тележка (Cart-Table Model) [3]. На Рис. 3 представлена упрощенная модель, которая состоит из катающейся тележки и безмассового стола. Тележка имеет массу  $m$  и положение  $(X, Y)$ . Пусть это положение и есть центр масс системы (CoM). Предполагается, что стол имеет тот же поддерживающий многоугольник, что и двуногий робот.



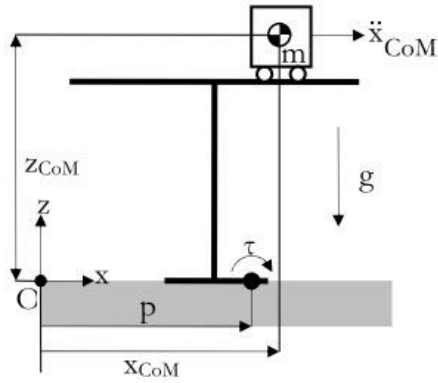


Рис. 3. Cart-Table Model

В этой модели крутящий момент  $\tau$  вокруг точки  $P$  можно записать по формуле (1):

$$\tau = -mg(x_{CoM} - p) + m\ddot{x}_{CoM}Z_{CoM} \quad (1)$$

Теперь, используя определение ZMP, получаем (2):

$$x_{ZMP} = p = x_{CoM} - \frac{\ddot{x}_{CoM}}{g}Z_{CoM} \quad (2)$$

Для Y-направления вывод формулы такой же (3):

$$y_{ZMP} = p = y_{CoM} - \frac{\ddot{y}_{CoM}}{g}Z_{CoM} \quad (3)$$

Другой подход к вычислению координат этой точки основан на том утверждении, что если все активные силы, действующие на систему уравновешены, то положение центра давления совпадает с положением точки нулевого момента (Рис. 4).

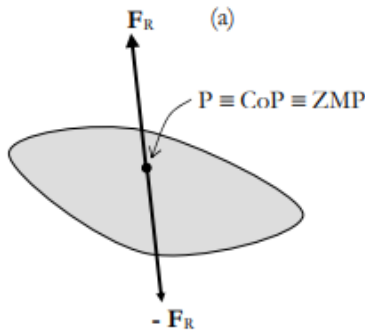


Рис. 4. Взаимное расположение точки нулевого момента и центра давления

### FRI

Критерий FRI расширяет критерий ZMP в том смысле, что не считает обязательным постоянное положение точки ZMP в пределах опорного многоугольника для получения динамически устойчивой ходьбы [4].

Точка FRI – это точка на поверхности контакта, в пределах или за пределами опорного многоуголь-

ника, в которой результирующий момент вращения, приложенный к стопе перпендикулярен поверхности.

Точка FRI указывает на величину несбалансированного крутящего момента в стопе. Так же она характеризует запас устойчивости робота, который может быть оценен как минимальное расстояние от границы опорного многоугольника до текущего положения точки FRI в его пределах.

### Заключение

В результате сравнения представленных выше методов было принято решение разрабатывать систему стабилизации на основе алгоритма ZMP. Это обусловлено хорошей проработанностью данного метода, приемлемыми показателями устойчивости, практической применимостью метода, а также небольшими вычислительными и материальными затратами на его реализацию.

Управление движением робота при таком алгоритме основано на измерении действительного положения точки ZMP робота в режиме реального времени с помощью сенсорного устройства и корректировании заранее сгенерированной траектории движения центра масс с помощью регулятора. В данной системе может применяться П, ПИ или ПИД регулятор. Выбор конкретного регулятора, а также его параметры предполагается осуществить экспериментально.

В качестве метода расчета точки ZMP может быть принят метод на основе вычисления положения центра давления робота на опорной поверхности. А значит стоит задача измерять силу давления робота на опорную плоскость и определять локальные координаты точки приложения этой силы. Для получения необходимой информации целесообразно применение тактильных датчиков, закреплённых на нижней поверхности стопы антропоморфной конечности.

### Список использованных источников

1. Oscar Efrain Ramos Ponce. Generation of the whole-body motion for humanoid robots with the complete dynamics. Robotics [cs.RO]. Universite Toulouse III Paul Sabatier, 2014. English.
2. M. Vukobratovic, B. Borovac, D. Surla, D. Stokic, Scientific Fundamentals of Robotics 7. Biped Locomotion: Dynamics Stability Control and Application, New York:Springer-Verlag, 1990.
3. Dekker M. H. P. Zero-moment point method for stable biped walking. Eindhoven, July 2009, DCT no.: 2009.072.
4. A. Goswami Foot rotation indicator (FRI) point: a new gait planning tool to evaluate postural stability of biped robots // Proceedings 1999 IEEE International Conference on Robotics and Automation, 1999, — [p. 47-52].

# РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ СТАБИЛИЗАЦИИ ДВИЖЕНИЯ МАЛОРАЗМЕРНОГО АНТРОПОМОРФНОГО РОБОТА

А.А. Протопопов, В.С. Стерехова  
Томский политехнический университет  
aap80@tpu.ru

## Введение

Антропоморфная робототехника – это перспективное направление исследований, изучающее методы построения человекоподобных роботов и их управления. На сегодняшний день на рынке робототехники представлено большое количество моделей антропоморфных роботов, стоимость которых варьируется от нескольких тысяч до миллионов долларов. Малоразмерные антропоморфные роботы вследствие их доступности, умеренной цены и относительной легкости в управлении широко используются в образовательных, научных и развлекательных целях.

Одной из основных проблем при управлении любыми шагающими роботами является проблема стабилизации их движения. Зачастую алгоритмы движения малоразмерных антропоморфных роботов построены на заранее вычисленных шаблонах ходьбы, вследствие ограниченности уровня их системных ресурсов. Поэтому особый интерес представляет разработка более адаптивных алгоритмов ходьбы.

В данной работе рассматривается разработка системы для решения задачи стабилизации движения малоразмерного антропоморфного робота, на основе метода ZMP [1-2] с использованием тензорезистивных датчиков.

## Проектирование системы

Для реализации алгоритма стабилизации движения робота необходимо знать положение точки нулевого момента (точки ZMP) в процессе движения. В качестве метода расчета точки ZMP было решено принять метод на основе вычисления положения центра давления робота на опорной поверхности. А значит стоит задача измерять силу давления робота на опорную плоскость и определять локальные координаты точки приложения этой силы.

Для получения необходимой информации целесообразно применение системы, состоящей из тактильных датчиков, закреплённых на нижней поверхности стопы антропоморфной конечности, средств для передачи результатов измерений в центральный процессор робота и алгоритмов расчета положения центра давления и использованием результатов измерений.

Структурная схема проектируемой системы представлена на Рис. 1. Система содержит, датчики давления для непосредственного измерения давления, АЦП для преобразования его в цифровой вид, микроконтроллер и приемопередатчик для связи системы с центральным процессором робота.

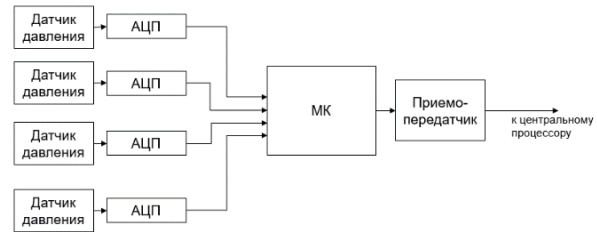


Рис. 1. – Структурная схема системы

## Разработка механической части

Одним из вопросов, которые необходимо решить при проектировании, является вопрос интеграции системы стабилизации в существующую робототехническую платформу. Одним из вариантов решения является замена имеющейся стопы робота на другую. Новая стопа, помимо крепления к ноге робота, должна обеспечивать размещение четырех датчиков давления для каждой ноги, а также место для размещения управляющей платы. Новая стопа должна обеспечивать защиту платы от механических повреждений.

С учетом требований была разработана новая стопа. Она состоит из металлических пластин, имеющих резьбовые отверстия для крепления к ноге, соединенных с помощью четырех болтов с втулками (Рис. 2). Печатную плату предполагается размещать между пластинами, тем самым обеспечивая ее защиту.

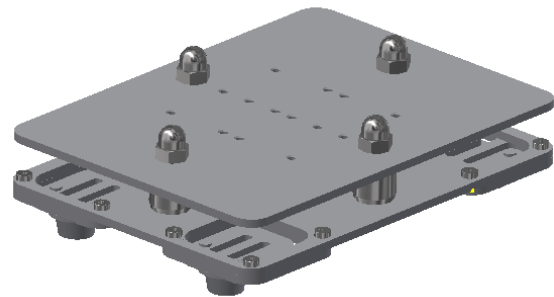


Рис. 2. – 3D модель платформы

Второй вопрос, требующий решения при проектировании механической части данного устройства, обеспечение точечного контакта чувствительного вывода датчика с поверхностью. Для решения этого вопроса предлагается использовать специальные накладки – шипы (Рис. 3).

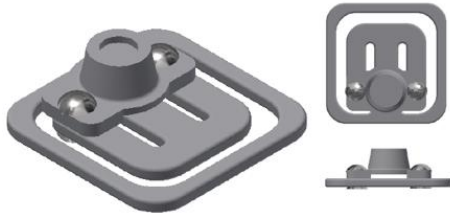


Рис. 3. – 3D модель датчика с шипом

### Разработка работка электрической части

В качестве первичного измерительного преобразователя выбраны датчики давления на основе тензорезисторов [3]. Два тензорезистора в каждом датчике образуют полумост Уитстона и для измерения их показаний необходимо дополнить схему до полного моста с использованием постоянных резисторов (Рис.4).

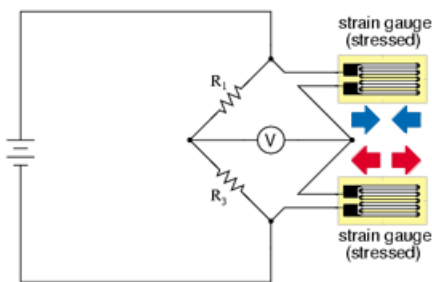


Рис. 4. Полумостовая схема включения

Выходной электрический сигнал с этих датчиков требует дополнительного усиления и преобразования в цифровой вид с помощью АЦП перед подачей на микроконтроллер.

Для организации связи с роботом сигналы UART с микроконтроллера преобразуются в полудуплексный тип для передачи данных по шине, состоящей из трех проводов: провода питания, общего провода и сигнального провода.

Данная схема подключения может быть реализована с помощью приемопередатчика MAX485.

### Разработка программной части

Разрабатываемая система может работать в двух режимах:

- Расчет общего веса: показывает применяется ли какая-либо сила к стопе. Это помогает определить, например, идет ли робот или упал.
- Расчет коэффициента распределения нагрузки на стопы: показывает распределение веса между двумя ногами. Это может быть полезно для определения текущей фазы поддержки во время ходьбы.

Сила, приложенная к каждому датчику, может быть представлена как (1):

$$F_i = K_i \Delta_i = K_i C_i R_i \quad (1)$$

Где  $\Delta_i$  – это деформация тензорезисторов в метрах,  $C_i$  – это коэффициент, показывающий связь между деформацией резистора и изменением выходного напряжения ( $R_i$ ).

В центральном процессоре робота происходит расчет локальных координат центра давления и визуализация полученных результатов.

Измерение положение центра давления основано на том утверждении, что все силы, действующие на стопу робота скомпенсированы, т.е. их сумма равна нулю (1):

$$\sum_{i=1}^{i=4} F_i + P = 0 \quad (2)$$

Тогда по осям X и Y (2):

$$\begin{cases} \sum_i x_i F_i + x_p P = 0 \\ \sum_i y_i F_i + y_p P = 0 \end{cases} \quad (3)$$

Из этих соотношений можно найти локальные координаты центра давления для одной или двух стоп робота (3):

$$\begin{cases} P = -\sum_i F_i \\ x_p = -\frac{\sum_i x_i F_i}{P} \\ y_p = -\frac{\sum_i y_i F_i}{P} \end{cases} \quad (4)$$

### Заключение

Для тестирования работы системы и проверки правильности проектирования был создан лабораторный макет системы (Рис. 5).

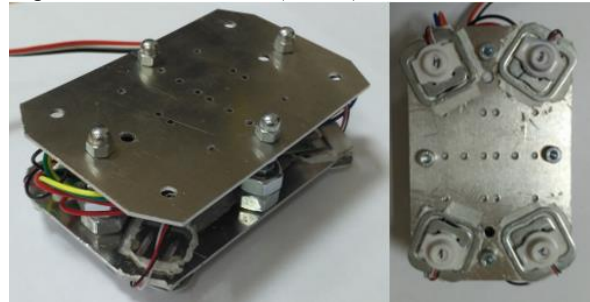


Рис. 5. Макет системы

Лабораторные тесты доказали работоспособность проектируемой системы. Также была доказана возможность вычисления локальных координат центра давления робота на основании показаний датчиков давления.

### Список использованных источников

1. M. Vukobratovic, B. Borovac, D. Surla, D. Stokic, Scientific Fundamentals of Robotics 7. Biped Locomotion: Dynamics Stability Control and Application, New York:Springer-Verlag, 1990.
2. Dekker M. H. P. Zero-moment point method for stable biped walking. Eindhoven, July 2009, DCT no.: 2009.072.
3. Тензодатчик YCB-133 [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный. Ссылка на ресурс: <https://www.robotshop.com/media/files/pdf/datasheet-3133.pdf> (дата обращения 10.11.2018).
4. MAX481/MAX483/MAX485 [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный. Ссылка на ресурс: <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/MAX1487-MAX491.pdf> (дата обращения 10.11.2018).

# РАЗРАБОТКА РОБОТОТЕХНИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО РЕМОНТА ДОРОЖНОГО ПОЛОТНА

В.А. Рачис, В.А. Галлингер, Э.И. Бейшенбаев, Г.М. Медетова

Томский политехнический университет

seva-ra4is@mail.ru

## Введение

Ни для кого не секрет, что современное состояние российских дорог далеко не на высшем уровне. Данные «глобального рейтинга конкурентоспособности», в котором сравнивают 140 стран, свидетельствуют, что их рейтинг очень низкий. В период с 2009 по 2016 годы позиции таковы: 118, 125, 130, 136, 136, 124, 124, 123 [1,2].

Техническими причинами низкого качества дорог [3, 4,5] являются:

- Несоблюдение технологий
- Отсутствие системного контроля
- Низкоквалифицированный персонал
- Отсутствие ремонта дорог

Эти проблемы можно решить путём автоматизации процесса контроля и ремонта дорожного полотна. Такой робот должен обладать функциями:

- Подключение к серверу
- Перемещение по дороге
- Ориентирование в пространстве
- Нахождение ямы
- Очистка с помощью компрессора
- Сканирование ямы
- Составление карты глубины
- Засыпание ямы
- Уборка мусора за собой

Проект ожидает несколько основных этапов:

1. Поиск информации о проблеме, изучение способов её решение, включая анализ технологий, аналогов и их недостатков

2. Разработка концептуального прототипа, суть которого в демонстрации технологии.

3. После презентации концептуального прототипа требуется найти финансирование (грант, приз) на выполнение следующего этапа

4. Создание лабораторного прототипа, в течении создания которого будут проработаны более мелкие проблемы, кроме этого, будут созданы более сложные алгоритма поиска.

5. После презентации лабораторного прототипа требуется найти стратегического партнёра, который не только обеспечит проект финансированием, но и поможет с выходом на рынок

6. Изготовление промышленный прототип, то есть окончательного варианта.

На данный момент проект лабораторного прототипа завершён примерно на 50-60%. Уже были завершены следующие стадии:

## Создание корпуса

1) Созданы 3D модели портативной и основной версии, которые представлены на рисунке 1 и на рисунке 2.



Рис. 1. 3D модель основной версии

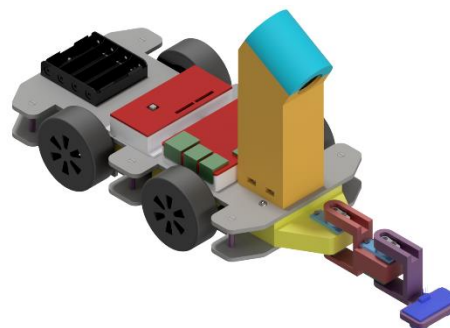


Рис. 2. 3D модель портативной версии

2) Собраны корпуса (рисунок 3 и 4).



Рис. 3. Фото основной версии



Рис. 4. Фото портативной версии

## Программирование

3) Составлены алгоритмы робота, а также были написаны программы для:

- Поиска ямы при помощи камеры глубины на Kinect 2.0 (рис. 7)

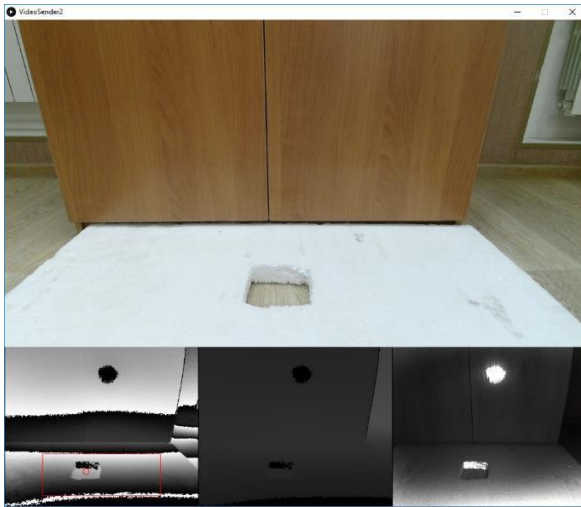


Рис. 7. Поиск ям по карте глубины (нижняя левая)

- Поиска дорожных знаков по цветному изображению с камеры (рис. 8)

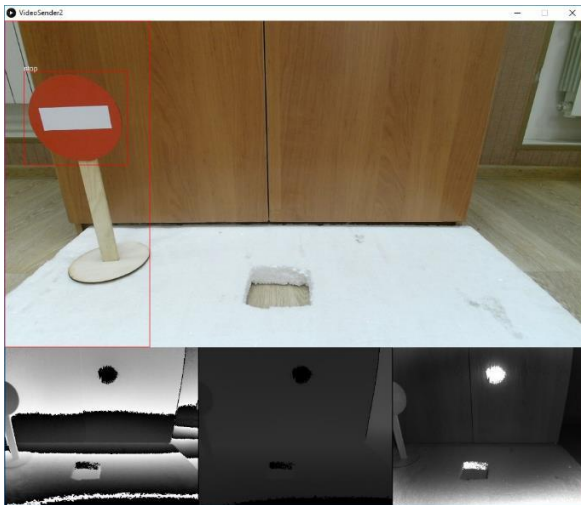


Рис. 8. Поиск дорожного знака по цветной картинке

- Поиск светофора и определение его сигналов (рис. 9)

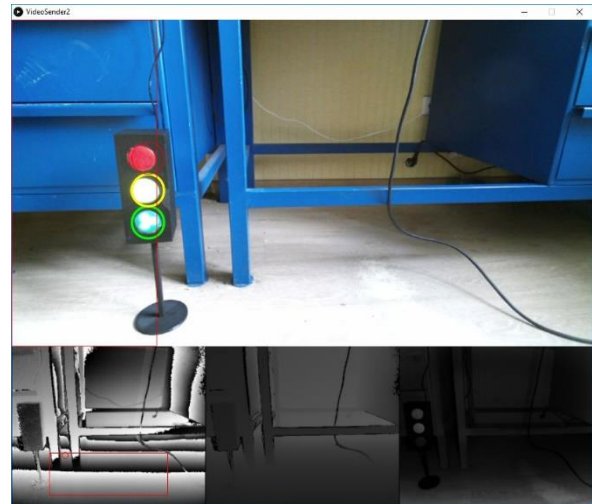


Рис. 9. Поиск светофора и определение его сигналов (красный выключен, остальные включены)

- Прочёта углов для позиционирования манипулятора «стрела»

Также реализованы программные модули передачи данных между роботом и пользователем:

- Видео с камеры при помощи UDP протокола
- Общение сервера с клиентом через TCP

## Список использованных источников

1. Российские дороги заняли 123-е место в мировом рейтинге // Известия URL: <https://iz.ru/news/598884> (дата обращения: 25.12.2017).
2. Рейтинг качества дорог России // Автомобильные дороги URL: <http://tomnosti.info/dorogikak-i-pochemu-2/rejting-kachestva-dorog-rossii.phtml> (дата обращения: 25.12.2017).
3. 10 причин, почему в России плохие дороги // VARLAMOV.RU URL: <https://varlamov.ru/1256164.html> (дата обращения: 25.12.2017).
4. Учёные рассказали, почему в России плохие дороги // DRIVE2 URL: <https://www.drive2.ru/c/298786/> (дата обращения: 25.12.2017).
5. Почему в России плохие дороги? // pikabu URL: [https://pikabu.ru/story/pochemu\\_v\\_rossii\\_plokhie\\_dorogi\\_2849813](https://pikabu.ru/story/pochemu_v_rossii_plokhie_dorogi_2849813) (дата обращения: 25.12.2017).

# КОНТРОЛЬ ПОВЕРХНОСТНЫХ ДЕФЕКТОВ КИРПИЧА-СЫРЦА С ПОМОЩЬЮ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ

К.В. Равдин

Н.В. Замятин

Томский политехнический университет

vrvavd@tpu.ru

## Введение

Процесс сушки керамического кирпича является энергоемким и длительным. Технологический процесс сушки керамического кирпича приходится проводить в широком диапазоне изменения входных параметров. Однако регламент сушки изделий на предприятиях остается неизменным. В результате, количество бракованных изделий составляет до 30% от общего объема выпуска. Из этого следует, что проблема создания алгоритмов оптимального управления процессом сушки керамического кирпича, обеспечивающих повышение эффективности использования сушильной установки является актуальной. Поэтому стоит задача обзора и анализа существующих решений и предложение нового решения.

## Обзор существующих решений

На сегодняшний день в России существует несколько решений. Одним из них является способ контроля сушки керамических изделий путем введения в образец локальных кондуктометрических датчиков в приповерхностный 1, промежуточный 2 и срединный 3 слои изделия-сырца 5 (рис. 1), где регистрируют убывающие по мере сушки электрические токи между электродами датчиков, экспериментально определяют допустимые для бездефектной сушки максимальные разности показаний датчиков, которые служат для составления программы автоматического регулирования процесса сушки. Используя АСУТП, работающей по составленной на экспериментальной основе программе, в сушильной камере регулируют количество сушильного агента ускоряющего, либо замедляющего сушку компонента [1].

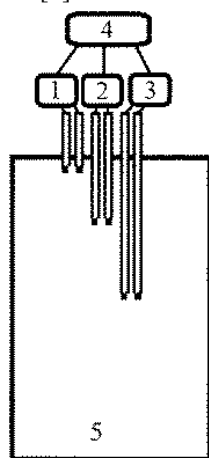


Рис. 1. Способ сушки керамических изделий

Следующий способ контроля сушки керамических изделий предусматривает после введения керамических изделий на тележке в сушильную печь и начала процесса сушки визуальный и выборочный инструментальный контроль. При этом визуальный контроль за состоянием изделий ведется непосредственно персоналом в сушильной камере, по крайней мере, в не самых горячих ее зонах. Таким образом, определяют скорость и температуру теплоносителя, место нахождения тележек, выявляют дефекты, осуществляют передачу данных о тележках с дефектными изделиями в компьютер, причем при выявлении дефектов в скорость и/или температуру теплоносителя изменяют, а за выявленными дефектами в изделиях осуществляют визуальный и/или инструментальный контроль [2].

Известен способ, включающий изменение подачи теплоносителя в зоны конвейерной сушилки по отклонению температурных режимов от заданных, измерение начальной влажности полуфабриката, а также геометрических размеров изделий, соотношение глинистых и отошающих масс, химический состав полуфабриката и давление прессования, после чего по измеренным параметрам рассчитывают предельные температурные режимы, определяют минимально допустимые длительности процессов сушки и обжига, по которым затем устанавливают максимально допустимую скорость перемещения изделий [3].

На кирпичном заводе ЗАО «Сибагропромстрой» (г. Красноярск) применяют АСУ ТП, разработанной ООО «Енисей-Автоматика». Здесь для сушки кирпича в туннельную сушилку подается теплый воздух из туннельной печи, который проходит по двум каналам над потолком сушилки и поступает к воздухоносителям, которые распределяют его равномерно по всей высоте туннелей. В третьем туннеле применяется система с пятью вентиляторными стойками, которые обеспечивают перемешивание атмосферы. Стойки жестко сцеплены между собой, и передвигаются вдоль туннеля. Система подачи воздуха в сушилку имеет электрифицированные шиберные заслонки, позволяющие в оперативном режиме изменять технологические параметры сушки на пульте управления оператора, контролируя протекание процесса по графикам (рис.2, 3) [4].

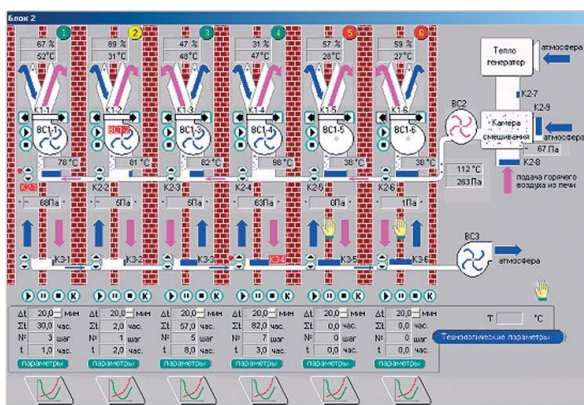


Рис. 2. Вид экрана на пульте управления технологическим процессом

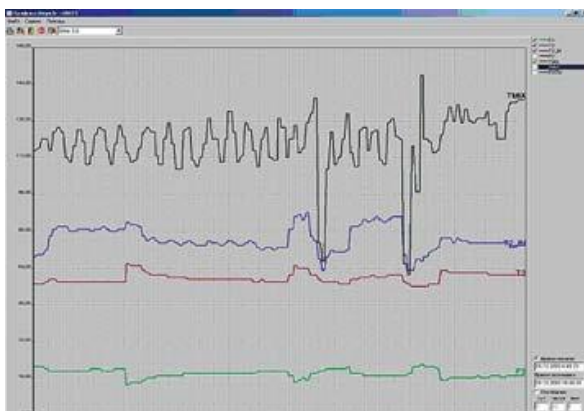


Рис. 3. Графики изменения технологических параметров в процессе сушки

Описанные выше примеры обладают одним общим недостатком, а именно трудоемкость производства. Предлагаемый способ должен решить эту задачу. Основная идея заявленного технического решения заключается в классификации дефектов с помощью нейронной сети и последующим заданием условий сушки. Известно, что дефекты возникают как при нарушении технологических режимов самого процесса сушки, так и в результате нарушения технологического режима предыдущих стадий обработки.

Трещины – это дефект изделия, появляющийся при повышенной скорости сушки.

Посечки – мелкие трещины шириной раскрытия 0,5 мм возникают при конденсации влаги на поверхности изделий в начальном периоде сушки.

Отбитости – механические повреждения, образующиеся в результате небрежной укладки сформированного изделия или сотрясения их при транспортировке.

Откол – дефект изделия, вызванный посторонними включениями. Происходят в последний период сушки при высокой температуре теплоносителя вследствие образования в изделиях паров воды, давление которых отрывает часть массы от поверхности изделий.

Выкрашивание – осыпание фрагментов с поверхности изделия.

Регистрируя названные дефекты на стадии сушки, можно предпринять действия по их дальнейшему не распространению, т.е. пресекать их развитие в дальнейшем. Для этого в сушильные установки необходимо вмонтировать видеокамеру, направленную на образец, выбранный из новой партии. Получаемый видеопоток обрабатывается на персональном компьютере и подает сигналы через управляющее устройство на вентиляторы в сушильном

### Заключение

Реализовав предложенное решение можно исключить непосредственный визуальный и инструментальный контроль персоналом в сушильной камере, ввод данных о процессе с бумажного носителя. Отпадает необходимость в предварительном экспериментальном определении допустимых показаний с помощью датчиков для составления программы, измерения геометрических размеров изделий, соотношений глинистых и отошающих масс, химический состав полуфабриката и давление прессования. Из выше изложенного следует, что есть возможность сократить время и трудозатраты в промежуточных операциях перед процессом сушки.

### Список использованных источников

1. Пат. 2615201 Российская Федерация, МПК С04В 33/30, F26В 3/04 . Способ сушки керамических изделий / Ю.А. Захаров, Р.Р. Кабилов, Л.Н. Гарипов, Г.Р. Фасеева, Д.С. Ирисов, Р.Р. Хайбуллин; заявитель и правообладатель Казанский (Приволжский) федеральный университет – № 2015137292; заявл. 01.09.2015; опубл. 04.04.2017, Бюл. № 7 – 19 с.
2. Пат. 2308649 Российская Федерация, МПК F26В 21/06. Способ контроля сушки керамических изделий / А. Ю. Чайка; заявитель и правообладатель ООО "Сибирский элемент" – № 2006114411/06; заявл. 28.04.2006; опубл. 20.10.2007, Бюл. № 29.
3. Пат. 881503 СССР, МПК F27В19/00. Способ автоматического регулирования процессов сушки и обжига керамических изделий в конвейерной линии/ В.И. Кубанцев, А.К. Тарасов; заявитель и правообладатель ВНИИ ПКИ по автоматизации предприятий промышленности строительных материалов – № 2689346/29–33; заявл. 28.11.1978; опубл. 15.11.1981, Бюл. № 42.
4. Садвокас А.Д. Автоматизация производства керамического кирпича [Электронный ресурс] / Сервис презентаций MyShared.ru. – URL: <http://www.myshared.ru/slide/1327492> (дата обращения 12.11.2018).

# СУЩЕСТВУЮЩИЕ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ НАВИГАЦИИ ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ OUTDOOR РОБОТОВ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

К.Ю. Усенко  
Томский политехнический университет  
kyu2@tpu.ru

В современных автономных робототехнических устройствах приведен широкий спектр решений задачи навигации. На сегодняшний момент в работах по outdoor робототехнике для определения координат робота используют глобальные системы позиционирования, однако в экстремальных условиях, глобальная навигация с помощью GPS и ГЛОНАСС невозможна. Условия outdoor предполагают, что среда априори неизвестна и динамически изменяется, что значительно усложняет решение задачи навигации, а также обуславливают актуальность разработки и усовершенствования алгоритмов навигации.

Для эффективной навигации необходимо получать данные от среды, в которой робот оказался. В различных робототехнических системах используются различные сенсоры, такие как IMU, видеокамеры, датчики тока [1], [2], [3].

Было выделено 5 групп сенсоров (Рисунок 1).

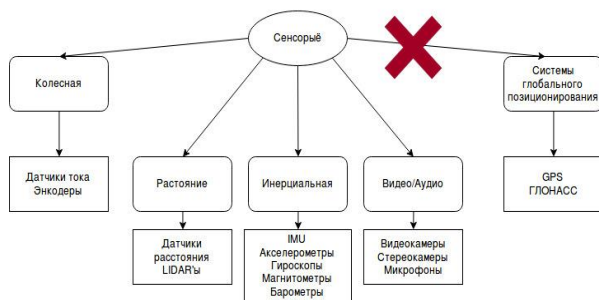


Рис. 1. Виды сенсоров

Применение датчиков, установленных на колесах, помогает получить информацию о пройденном пути (энкодеры) и его трудоемкости (датчики тока). Инерциальные датчики позволяют определить углы наклона робота, ускорения и, в последующем, перемещение робота. Для определения расстояния до препятствий и объектов используются датчики расстояния, такие как ультразвуковые и инфракрасные дальномеры. Разновидностью инфракрасных дальномеров является LIDAR, позволяющий “видеть” мир целиком. А использование видео и аудио информация дает широкий спектр информации от детектирования препятствия, до перемещения робота относительно сцены изображения. Однако, при разработке роботов не используют один вид сенсоров, а предпочитают различные виды сенсоров, для увеличения количества информации и в последующем улучшения точности.

Исходя из условий экстремальной outdoor робототехники можно выделить следующие подзадачи навигации (Рисунок 2).



Рис. 2. Классификация подзадач задачи навигации

Рассмотрим первую подзадачу, локализация - это определение координат и угловой ориентации робота в его локальной системе координат. Для этой задачи применяются методы одометрии [1], визуальной одометрии (VO) [4], некоторые вариации фильтра Калмана [4]. Лучшие результаты показали omnidirectional visual-inertial odometry [4] (Поступательная RMSE - 1,31, Вращательная RMSE, (гр.) - 4,18) и одометрия с оценкой проскальзывания колес [1] (Поступательная RMSE - 0,83).

Для задачи классификации территории используются, в основном, нейронные сети, однако обучаются данные сети на разных типах данных. Лучшие результаты показали работы [5] и [6] классифицировав поверхности с точностью 95,1% и 97,8% соответственно.

Для построения карты местности используются разные виды SLAM [7], [8]. Из сенсоров в этом методе используются видеокамеры, стереокамеры и LIDAR [9]. На данный момент существует множество алгоритмов SLAM и направлений дальнейшего развития этого метода. Еще одной задачей является планирование пути, которое невозможно без системы определения и обхода препятствий. Для этого применяются: SLAM, нейронные сети, алгоритм RRT [3], Reinforcement learning (далее RL). Использование алгоритма обучения с подкреплением для оценки траектории движения от точки к точке показана в работе [10].

Еще одной задачей является определение роботом проходимости участков среды. В работе [3] удалось создать карту проходимости для шагающего робота. А в [11] описан алгоритм планирования пути по ровной поверхности, по возможности, избежав неровности. Также в работах [2] и [12] использовались нейросетевые методы. Для решения задачи адаптации походки в работе [13] используется карта расстояний и собственный планировщик движений. Из всего вышесказанного, можно выделить 5 методов используемых для решения задач навигации (Рисунок 3).



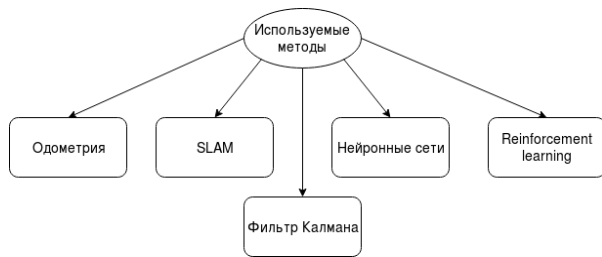


Рис. 3. Классификация используемых методов

Фильтр Калмана был выделен отдельно, так как данный метод часто используется для увеличения эффективности применения остальных приведенных методов, а также совмещения показаний с разного рода систем, для улучшения их точности [4].

Исходя из всего вышесказанного хочется отметить, что на сегодняшний момент для разных задач наиболее лучшим, с точки зрения точности и распространенности являются различные методы. Таким образом на этапе планирования решения задачи следует выбирать подходящие методы, которые в полной мере разрешают задачу исходя из ее специфики. Например, методы визуальной одометрии и одометрии с учетом проскальзывания колес на данный момент лучше всего справляются с задачей локализации. Однозначный лидер в решении задачи построения карты местности это SLAM и различные его вариации, также SLAM применяется для планирования траектории робота. Нейронные сети наиболее выгодно применять для задач: оценки проходимости, планирования траектории, и классификации территории. RL, достаточно новый метод, однако уже успешно применяется для решения задач планирования траектории и адаптации поход.

#### Список использованных источников

1. Performance Analysis and Odometry Improvement of an Omnidirectional Mobile Robot for Outdoor Terrain / Genya Ishigami, Elvine Pineda, Jim Overholt, Greg Hudas, Karl Iagnemma // IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems. San Francisco, - CA, USA, 2011. - С. 4091-4096.
2. Geometric and Visual Terrain Classification for Autonomous Mobile Navigation / Fabian Schilling, Xi Chen, John Folkesson, Patric Jensfelt // IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS). Vancouver, BC, Canada, - 2017. - С. 1317-1323.
3. Navigation Planning for Legged Robots in Challenging Terrain / Martin Wermelinger, Peter Fankhauser, Remo Diethelm, Philipp Krusi, Roland Siegwart, Marco Hutter // IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS). Daejeon, Korea, - 2016. - С. 1184-1189.
4. Omnidirectional Visual-Inertial Odometry Using Multi-State Constraint Kalman Filter / Milad Ramezani, Kourosh Khoshelham, Laurent Kneip // IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS). Vancouver, BC, Canada, - 2017. - С. 1317-1323.
5. Joshua Christie, Navinda Kottege Acoustics based Terrain Classification for Legged Robots // International Conference on Robotics and Automation (ICRA). Stockholm, Sweden, - 2016. - С. 3596-3603.
6. Fatemeh Ebadi, Mohammad Norouzi Road Terrain Detection and Classification Algorithm based on the Color Feature Extraction // Artificial Intelligence and Robotics (IRANOPEN). Qazvin, Iran, - 2017. - С. 139-146.
7. Yonggen Ling, Shaojie Shen Building Maps for Autonomous Navigation Using Sparse Visual SLAM Features // IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS). - Vancouver, BC, Canada, - 2017. - С. 1374-1381.
8. Yan Lu, Dezhen Song Visual Navigation Using Heterogeneous Landmarks and Unsupervised Geometric Constraints // IEEE Transactions on Robotics. - 2015. - № 3. - С. 736-740.
9. Real-Time Autonomous Ground Vehicle Navigation in Heterogeneous Environments Using a 3D LiDAR / Andreas Pfrunder, Paulo V K Borges, Adrian R Romero, Gavin Catt, Alberto Elfes // IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS). - Vancouver, BC, Canada, - 2017. - С. 2601-2608.
10. Virtual-to-real Deep Reinforcement Learning: Continuous Control of Mobile Robots for Mapless Navigation / Lei Tai, Giuseppe Paolo, Ming Liu // IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS). Vancouver, BC, Canada, - 2017. - С. 31-36.
11. Local Behavior-Based Navigation in Rough Off-Road Scenarios based on Vehicle Kinematics / Patrick Wolf, Thorsten Ropertz, Moritz Oswald, Karsten Berns // IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA). Brisbane, Australia, - 2018. - С. 719-724.
12. DEFO-NET: Learning Body Deformation Using Generative Adversarial Networks / Zhihua Wang, Stefano Rosa, Linhai Xie, BoYang, Sen Wang, Niki Trigoni, Andrew Markham // IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA). - Brisbane, Australia, - 2018. - С. 2440-2047.
13. Robust Rough-Terrain Locomotion with a Quadrupedal Robot / Peter Fankhauser, Marko Bjelonic, C. Dario Bellicoso, Takahiro Miki, Marco Hutter // IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA). - Brisbane, Australia, - 2018. - С. 5761-5768.

# ПРИМЕНЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ДАТЧИКОВ В ЗАДАЧАХ КАРТИРОВАНИЯ

И.Д. Щербаков, М.А. Мурин  
Научный руководитель: Н.С. Криницын  
Томский политехнический университет  
taraz1995@mail.ru

## Введение

Потребность использовать мобильных роботов в закрытых помещениях либо в условиях отсутствия сигналов ГНСС встречается довольно часто в последнее время. Для ориентации роботов в пространстве используются 2D/3D карты, получаемые с помощью различных датчиков, таких как ультразвуковые и оптические дальномеры, радары, видеокамеры.

В данной работе проведено исследование возможности идентификации расположения более одного объекта в зоне видимости датчиков, используя ультразвуковой датчик собственной разработки (РУЗ), серийно выпускаемым УЗ датчиком расстояния (URM37) и лидаром (Rplidar A1) [1]. Представлены результаты практического применения в задачах построения карт. Проведено сравнение полученных результатов.

## Оборудование и методы

Для проведения экспериментов была собрана измерительная система: MS2. Используя данную схему производился эксперимент по построению 2D карты помещения. В задаче построения карты перемещение датчиков производилось с использованием платформы KUKA youBot.

Существуют различные мобильные системы кругового обзора для построения карт окружающего пространства. Например, использование одного датчика и поворотного устройства (сервопривода) [2]. Либо можно использовать систему, состоящая как минимум из 4-х ультразвуковых дальномеров [3].

Система MS2 включает три измерительные подсистемы. Первая подсистема представляет собой 8 РУЗ, расположенных в горизонтальной плоскости на единой раме и сдвинутых на угол в 45 градусов относительно друг друга. Вторая подсистема представляет собой 8 URM37, расположенных в горизонтальной плоскости на единой раме и сдвинутых на угол в 45 градусов относительно друг друга. Третья подсистема – сканирующий лидар Rplidar A1.

Считывание данных с РУЗ производилось с помощью платы сбора. Плата сбора подключалась к РС youBot через USB. Для сбора данных с URM37 использовались аналоговые входы/выходы микроконтроллер Arduino Mega.

Для обнаружения нескольких препятствий в программном обеспечении был реализован алгоритм, когда после срабатывания пикового детектора, процесс измерения не прерывается, а анализируется дальнейшая принимаемая информация. В

случае наличия второго (третьего и т.д.) препятствия и превышения отраженного сигнала над порогом производится расчет соответствующего расстояния. В большинстве вариантов ультразвуковых дальномеров, представленных на рынке, расстояние определяется по первому препятствию, после чего цикл измерений завершается.

Амплитуда отраженного сигнала зависит от большого количества факторов, среди которых: отражательная способность материала, взаимное расположение нормалей приемника и отражающей поверхности, расстояние между приемником и отражающей поверхностью и т.д. Аналитически учесть влияние всех факторов на амплитуду принятого отраженного сигнала не представляется возможным. Для фильтрации отраженного сигнала от ложного сигнала были определены следующие правила:

- минимальные требования к амплитуде отраженного сигнала – 5 мВ. Данное правило позволяет отфильтровать шумы.

- амплитуда каждого отраженного сигнала должна составлять не менее 50 % от максимального среди пришедших ранее отраженного сигнала. Данное правило позволяет исключить переотраженный сигнал.

- анализировать только отраженный сигнал, соответствующие дистанции более 0.2 метров. Нижний предел обусловлен наличием переотраженного сигнала не связанного с препятствием.

## Проведение эксперимента

Регулярной задачей при построении карт является выявление объектов небольших размеров на фоне больших объектов.

В проводимом эксперименте в качестве препятствий использовалась стена, цилиндрический объект с диаметром 50мм и объект с длиной сторон 25мм. Высота объектов 2 метра. Для исследований использовалась схема MS2. Эксперимент заключался в определении расстояния до объектов и стен при перемещении измерительной системы параллельно стене.

Информация об амплитудах отраженного сигнала позволяет определить центр и ширину объекта, в экспериментах с квадратным в сечении объектом (амплитуда первого отраженного сигнала в этот момент максимальна, а амплитуда второго отраженного сигнала минимальна. Сложнее идентифицировать цилиндрический объект), амплитуда его отраженного сигнала после попадания в поле зрения сенсора меняется незначительно в силу одинаковой площади отражения во всех направлениях, но момент перекрытия цилиндрическим объектом

стены можно идентифицировать по снижению амплитуды отраженного сигнала от стены.

Построение карты помещения производилось методом инкрементного отражения [4], с применением схемы эксперимента MS2. Помещение имеет прямоугольную форму с размерами 6.7м и 4.6м. Препятствия располагались вдоль стены. Измерительная система передвигалась 4м по прямой линии вдоль стены. Экспериментальные данные не фильтровались. Построенные каждым из трех устройств карты приведены на рисунке 1.

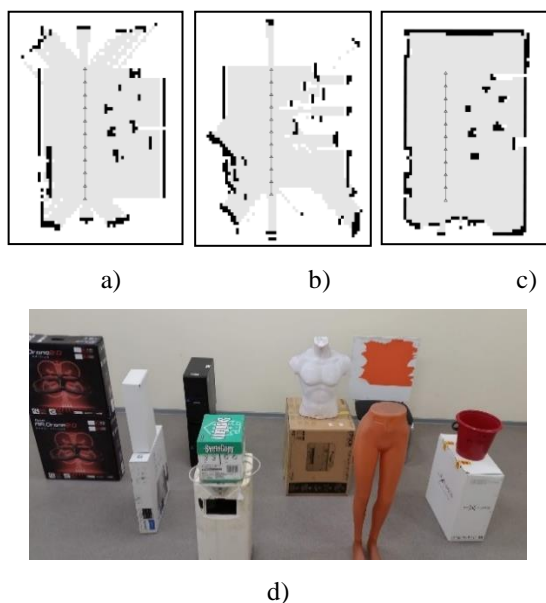


Рис. 1. Карта, построенная РУЗ (а), URM37 (б), RPLidar (с) и общий вид помещения (д)

В результате исследования получены экспериментальные данные по сравнению точности определения расстояний, возможности идентификации нескольких близко расположенных объектов, а также получены карты помещения с использованием лидара Rplidar A1, ультразвукового датчика DFRobot URM37 v4.0 и РУЗ датчика.

РУЗ позволяет непрерывно определять расстояние до двух объектов. URM37 в эксперименте так же видит оба препятствия, но информация поступает только об одном. Периодические переключения URM37 с одного препятствия на другое может исказить представление об окружающей ситуации для системы верхнего уровня. В задачах построения карт информация о расстоянии до нескольких объектов позволяет лучше сориентировать объекты, находящиеся не в прямой видимости сенсора.

А информация об амплитуде отраженных сигналов, можно использовать для расчета веса текущего измерения.

### Заключение

Доказано, что разработанный способ обработки отраженного сигнала позволяет определять расстояние до нескольких препятствий. Этим качеством не обладают ни серийно выпускаемые ультразвуковые датчики, ни оптические дальномеры. Способность РУЗ определять более 1 препятствия дает преимущество по идентификации объектов при их высокой концентрации. Это может быть полезным в задачах навигации внутри неподготовленных помещений, и демонстрирует конкурентные преимущества РУЗ в сравнении с другими образцами ультразвуковых датчиков.

В среднем точность построения карты с использованием РАЗ выше чем URM37, но уступает результатам Rplidar A1 как по точности, так и по затраченному времени.

Точность измерения расстояний примерно одинаковая у всех проверяемых датчиков.

Для улучшения получаемых карт рекомендуется совместное использование данных от Rplidar A1 и РАЗ. Ожидаемая карта будет содержать точные данные о препятствиях в прямой видимости плоскости сканирования лидара и информацию о препятствиях, расположенных вне этой плоскости, в том числе, не в прямой видимости.

### Список использованных источников

1. А.Н. Кудрявцев, М.А. Мурин, А.С. Раков, Д.С. Раков Ультразвуковая система обнаружения препятствий для беспилотных летательных аппаратов мультироторного типа // Современные проблемы дистанционного зондирования, радиолокации, распространения и дифракции волн: сборник трудов VIII Всероссийские Арmandовские чтения, г.Муром, 27-29 ноября 2017 г. – Муром: Изд.-полиграфический центр МИ ВлГУ, 2017.
2. J. Jeong, T. S. Yoon, J. B. Park, Towards a meaningful 3D map using a 3D lidar and a camera. *Sensors // Sensors (Switzerland)*. – vol. 18(8), 6 August 2018.
3. K. Nakajima, C. Premachandra, K. Kato 3D environment mapping and self-position estimation by a small flying robot mounted with a movable ultrasonic range sensor // *Journal of Electrical Systems and Information Technology*, vol. 4(2), С. 289-298, сентябрь 2017.
4. С. Stachniss, *Robotic Mapping and Exploration // Springer*, vol. 55, January 2009.

# РАЗРАБОТКА ИСКУССТВЕННОЙ МЫШЦЫ ИЗ НЕЙЛОНА ДЛЯ РЕАБИЛИТАЦИОННОГО ТРЕНАЖЕРА

В.С. Стерехова, А.А. Протопопов  
Томский политехнический университет  
vss45@tpu.ru

## Введение:

Развитая мелкая моторика рук человека необходима для выполнения основных видов повседневной жизни. Нарушения движения значительно снижают качество жизни. Расстройство произвольных движений той или иной части тела может быть последствием целого ряда заболеваний, начиная с механических травм, заканчивая инсультом. На данный момент доказано, что значительное влияние на восстановление оказывает именно стимуляция нейропластических процессов ЦНС [1]. Характерным вмешательством такой стимуляции является вынужденная активизация двигательного аппарата нефункционального органа. Такая стимуляция осуществляется с помощью реабилитационных тренажеров. Подавляющее большинство этих устройств можно использовать только в терапевтических институтах, поскольку они требуют помощь квалифицированного персонала. Их цена часто слишком высока, чтобы приобретать такой тренажер для личного использования, а функциональность в основном крайне низкая. Конкретно для пальцев от 1 до 3 степеней подвижности для 90% тренажеров, 4-5 для оставшихся девайсов, и только один для 10 степеней подвижности [2]. Это обусловлено использованием громоздких и дорогих движителей. Поэтому, в качестве движителей было решено использовать эластичный привод. Из имеющихся исследований по реабилитации конечностей, только две разработки работают на электрических моторах в конфигурации с эластичным элементом [3]. А развивающиеся технологии позволяют интегрировать новые типы эластичных приводов в тренажеры. Движителями модуля управления выбраны искусственные нейлоновые мышцы. Это сравнительно новая технология. Мышцы уже применялись в качестве движителей в протезе и успешно себя показали [4].

Задача исследования состоит в определении механизма работы искусственной мышцы и ее интеграция в тренажер для реабилитации моторной функции верхних конечностей.

## Обоснования выбора движителя:

В таблице 1 искусственная мышца сравнивается с электроприводом, который используется в существующих протезах, а в таблице 2 проведен расчет стоимости реализации системы с искусственной мышцей.

Таблица 1. Сравнение искусственной мышцы с электроприводом

	Pololu 250:1	Мышца
Напряжение пит.	6 В	5 В
Момент силы		0.282мНм
Крутящий момент	max 980мНм	–
Скорость	55 об в мин	достаточная
Цена	около 1500р	около 270 р

Таблица 2. Расчет стоимости реализации системы с искусственной мышцей

Компоненты	Цена (руб)
Датчик давления	115
Датчик температуры	20
Нейлоновая леска	1
Нихромовая проволока	15
Теплоизоляция	3
Кулер	120

Сравнительный анализ показал, что мышцы уступают по характеристикам электроприводу, но их достаточно, для выполнения поставленной задачи. А цена компонентов в несколько раз ниже, чем цена готового электропривода.

## Принцип работы мышцы:

Искусственная мышца берет в основу свойство нейлоновой нити, скрученной в спираль. При нагревании нить сжимается, что эквивалентно сокращению живой мышцы. После остывания или принудительного охлаждения мышца вновь принимает первоначальный вид. Одна мышца способна работать более 10500 циклов без потери производительности [5].

## Изготовление мышцы:

Мышцы изготавливаются из нейлоновой лески 6 или 6.6. Для того, чтобы получить мышцу, леску необходимо скрутить в спираль (рисунок 1). Далее мышцу нужно прокалить при высокой температуре, порядка 150 0С в течении получаса. После мышца подвергается тренировке. Необходимо подвергать мышцу однотипным воздействием. Можно проследить, что по началу мышца ведет себя по-разному, но в процессе тренировки это искореняется. После этого, мышца будет сокращаться на одинаковую длину, при одинаковых тепловых воздействиях.

В ходе экспериментов было выявлено, что время сокращения мышцы зависит от мощности

теплового воздействия на нее. Самостоятельно мышца остывает примерно 45 секунд без внешнего вмешательства [4]. В таблице 3 представлен один из режимов работы мышцы.

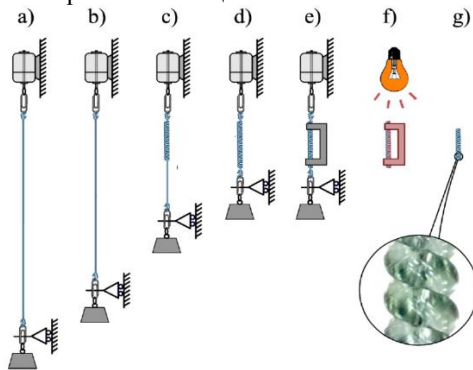


Рис. 1. Процесс изготовления и заковки мышцы

Таблица 3. Режим работы мышцы

Относительное удлинение, %	Время, с
0	0
7	5
12	10
14	15
9	20
5	25
2	30
0	40

Линеаризованный график работы мышцы в одном из режимов работы представлен на рисунке 2.

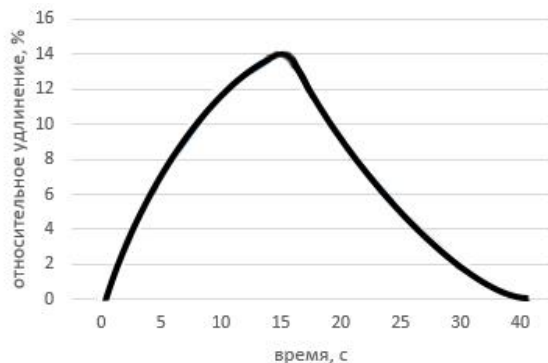


Рис. 2. Зависимость относительного удлинения от времени

Максимальная относительная длина, на которую может сократится мышца составляет 14 процентов от изначальной длины. Температура необходимая для сокращения мышцы близка к 100 °С. В качестве нагревательного элемента используется нихромовая проволока, скрученная в спираль вокруг мышцы [2]. На рисунке 3 представлена установка по изготовлению мышц из нейлоновой лески.



Рис. 3. Процесс изготовления мышцы

### Заключение

В данной работе была рассмотрена целесообразность использования нейлоновых мышц в качестве движителей, описан принцип их работы, представлен метод изготовления. В ходе эксперимента была изготовлена мышца, которая прошла процесс тренировки и показала стабильные результаты работы. Эти данные будут использованы для дальнейшей разработки тренажера для реабилитации моторной функции верхних конечностей.

### Список использованных источников

1. Pohl PS, McDowd JM, Filion D, Richards LG, Stiers W. Implicit learning of a motor skill after mild and moderate stroke. *Clin Rehabil.* 2006;20:246–253.
2. Wu L1, Jung de Andrade M «Compact and low-cost humanoid hand powered by nylon artificial muscles» // *Bioinspir Biomim.* 2017 Feb 3;12(2)
3. Paweł Maciejasz, Jörg Eschweiler, Kurt Gerlach-Hahn, Arne Jansen-Troy, Steffen Leonhardt, «NeuroEngineering and Rehabilitation» 2014, 11:3 <http://www.jneuroengrehab.com/content/11/1/3> REVIEW, дата обращения 20.05.18 г.
4. Lianjun Wu, «Compact and low-cost humanoid hand powered by nylon artificial muscles», *Bioinspiration & Biomimetics*/2017 Bioinspir. Biomim. 12 026004
5. Simple and strong: Twisted silver painted nylon artificial muscle actuated by Joule heating // *Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering* 9056:90560I · March 2014 with 514 Reads.

# РАЗРАБОТКА НЕЙРОННОЙ СЕТИ И АЛГОРИТМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАССТОЯНИИ ДО ОБЪЕКТОВ ДЛЯ УСТАНОВКИ В БЛОК ПОЛЕЗНОЙ НАГРУЗКИ БЕЗЭКИПАЖНОГО КАТЕРА ПРОМЕЖУТОЧНОГО КЛАССА

М.И. Панкратов, А.К. Насонов  
Ю.А. Чурсин  
Томский политехнический университет  
mip15@tpu.ru

## Введение

В сентябре 2017 года научно-исследовательская лаборатория телекоммуникаций, приборостроения и морской геологии Томского политехнического университета начала разработку безэкипажного катера промежуточного класса. В катере подразумевается использование самых современных технологий, в том числе нейронные сети. Для обхода препятствий катером и поиском навигационных буев блоком полезной нагрузки, а также измерение расстояния до объектов, создается система технического зрения на основе нейронно-сетевых алгоритмов, с использованием библиотеки Tensorflow.

## Работа с TF и настройка нейросети

Работа с TF строится вокруг построения и выполнения графа вычислений. Граф вычислений — это конструкция, которая описывает то, каким образом будут проводиться вычисления. В классическом императивном программировании мы пишем код, который выполняется построчно. В TF привычный императивный подход к программированию необходим только для каких-то вспомогательных целей. Основа TF — это создание структуры, задающей порядок вычислений. Программы естественным образом структурируются на две части — составление графа вычислений и выполнение вычислений в созданных структурах. Катер будет обеспечивать расстановку и сбор в автоматическом режиме навигационных буев в соответствии с заданием миссии. Возможно управление катером в ручном режиме. Одной из ключевых особенностей катера является возможность использования сменных блоков полезной нагрузки. Таким образом, катер сможет выполнять различные задачи, в зависимости от заданных требований и условий. Научной новизной в разработке обладают программно-аппаратные решения для работы с объектами в акватории.

В TF граф состоит из плейсхолдеров, переменных и операций. Из этих элементов можно собрать граф, в котором будут вычисляться тензоры. Тензоры — многомерные массивы, они служат «топливом» для графа. Тензором может быть как отдельное число, вектор признаков из решаемой задачи или изображение, так и целый батч описаний объектов или массив из изображений. Вместо одного объекта мы можем передать в граф массив объектов и для него будет вычислен массив ответов. Работа TF с тензорами похожа на то, как обрабатывает массивы numpy, в функциях которого можно указать ось массива, относительно которой

будет выполняться вычисление

Вычислительные графы выполняются в сессиях. Объект сессии (`tf.Session`) скрывает в себе контекст выполнения графа — необходимые ресурсы, вспомогательные классы, адресные пространства.

Существует два типа сессий — обычные, которые реализованы в `tf.Session` и интерактивные (`tf.InteractiveSession`). Разница между ними в том, что интерактивная сессия больше подходит для выполнения в консоли и сразу определяет себя как сессия по умолчанию. Основной эффект — объект сессии не нужно передавать в функции вычисления как параметр. В примерах далее я буду считать, что в данный момент работает интерактивная сессия, которую мы объявили в первом примере, и когда понадобится обращение к сессии, буду обращаться к объекту `sess`.

В нашей работе было принято решение использовать эту библиотеку как основную, на её основе была использована упрощенная нейронная сеть и были получены первые результаты для определения различных объектов. Процесс обучения сети занял достаточно большое время, но результатом было определение объектов на изображении для начала самых простых, ручка и линейка. В дальнейшем планируется переобучение модели на определение навигационных буев и возможных препятствий на воде. Ниже приведен результат классификации изображения — рисунок 1.

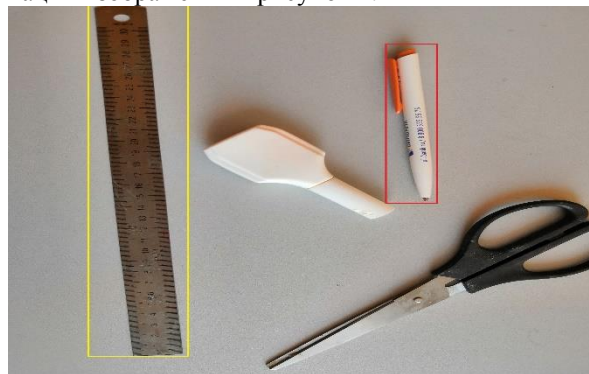


Рис. 1. Тестирование классификатора нейросети

Как видно из рисунка нейросеть смогла определить необходимые для нас объекты и выделила их на изображении, это хороший результат т.к. объектов на картинке несколько, а значит сеть обучилась достаточно хорошо.

## Определение расстояния до объекта по изображению

Мы создали сеть и смогли классифицировать объекты, но в акватории для поиска и сбора навигационных буев этого недостаточно. Так как камера используется с одной двояковыпуклой линзой. Чтобы решить эту задачу, необходимо использовать схему схода лучей в тонкой линзе из геометрической оптики – рисунок 2.

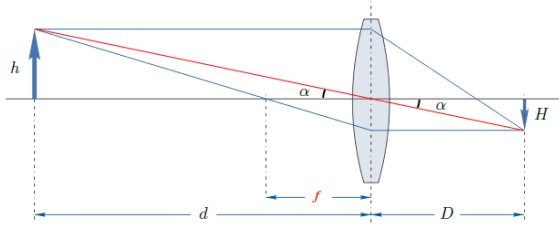


Рис. 2. Схема схода лучей в тонкой линзе

На этой схеме  $d$  — расстояние от линзы до объекта,  $D$  — расстояние от линзы до изображения объекта (на матрице или плёнке), а  $f$  — фокусное расстояние линзы. Формула тонкой линзы приведена ниже:

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{D} = \frac{1}{f}$$

Теперь ещё раз посмотрим на оптическую схему:  $h$  — это линейный размер объекта съёмки, а  $H$  — размер его уменьшенного изображения. Нетрудно заметить, что  $h = d \tan \alpha$ , а  $H = D \tan \alpha$  (это следует из свойств прямоугольного треугольника). Подставив эти величины в формулу тонкой линзы, увидим, что  $\tan \alpha$  сокращается, и в результате получим следующее уравнение:

$$1 + \frac{h}{H} = \frac{d}{f}$$

Неудобная величина  $D$  ушла, а остальные мы знаем или можем легко вычислить. На основе этого уравнения получаем вот такую формулу расстояния до объекта:  $d = (f(H + h)) / H$ .

$H$  — это размер изображения классифицированного объекта на матрице камеры. По фотографии мы можем подсчитать его в пикселях, но, лучше использовать конкретные физические размеры, которые имеет матрица камеры raspberry pi. b составляет  $0,37 \times 0,27$  см, а разрешение —  $2592 \times 1944$  пикс. Наша фотография не была кадрирована или повёрнута, поэтому мы можем узнать точный линейный размер изображения дома на матрице, составив пропорцию.

Зная физический размер матрицы и количество пикселей по длинной стороне снимка, делаем такой

расчёт:  $2592 / 0,37$  (размер матрицы в сантиметрах), и получаем правильное разрешение — 7005 пикс./см. Получается, что высота изображения объекта на матрице составляет 0,15 см, или 0,0015 м. Осталось только выяснить фокусное расстояние, но для этого, к счастью, ничего считать не нужно: оно сразу прописывается при съёмке в метаданных фотографии (EXIF) – рисунок 3.



Рис. 3. Метаданные фотографии

Фокусное расстояние при съёмке составляло 27 мм, или 0,027 м. Узнаем размер ручки, он равен 7 см или 0,07м. Теперь у нас есть все данные для расчёта. Подставляем их в формулу  $d = (f(H + h)) / H$  и получаем:  $d = (0,027 (0,0015 + 0,07)) / 0,0015 = 1,2$  м.

Исходя из расчетов погрешность относительно небольшая, т.к. съёмка производилась с расстояния 1.3м. такой результат нас устраивает, потому что на больших расстояниях погрешность будет уменьшаться.

## Заключение

На данный момент решается задача переобучения нейросети на определение реальных объектов и измерения расстояния до них, а также дообучение классификатора, чтобы увеличить точность определения объектов. Также разрабатывается алгоритм взаимодействия между нейросетью и управлением блоком полезной нагрузки для сбора и расстановки буев.

## Список использованных источников

1. Барский А.Б. Нейронные сети. Распознавание, управление, принятие решений// - Москва: Финансы и статистика, 2004. – С.34-50.
2. Li Deng, Dong Yu Deep Learning: Methods and Applications// Foundations and TrendsR in Signal Processing Vol. 7, Nos. 3–4 (2013) 197–387.
3. Deep Learning Papers Reading Roadmap [Электронный ресурс] режим доступа: <https://github.com/floodsung/Deep-Learning-Papers-Reading-Roadmap>

# СИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ СБОРОЧНОГО УЗЛА АВТОМАТИЧЕСКОГО КОМБАЙНА ПО СБОРУ ДИКОРОСОВ

А.В. Тырышкин, А.И. Кузнецов  
Томский политехнический университет  
kuznteh@gmail.com

## Введение

Одним из перспективных направлений развития робототехники является создание автономных роботов для сельского хозяйства и заготовки дикоросов. В Евразии площадь болот занимает более 100 млн. гектаров. Эти территории практически не пригодны для ведения хозяйственной деятельности кроме добычи торфа и сбора дикоросов. Особый интерес представляют верховые сфагновые болота. По официальным данным, природные запасы клюквы на таких болотах только в Томской области составляют 25 тысяч тонн [1]. Однако, можно предположить, что эти данные занижены, поскольку учитывают только те ягодники, которые доступны местным жителям и энтузиастам-горожанам. Это зоны в радиусе не более 50 километров от населённых пунктов. В этих зонах осуществляется РУЧНОЙ сбор ягод.

Авторами разрабатываются автономные роботы для сбора дикоросов, в частности клюквы. Одно из решений авторами запатентовано № 2424892.

## Основная часть

Практическая реализация робота требует обработки как механических узлов, так и программного обеспечения.

Особый интерес представляет собой узел сбора. Сбор клюквы механическими устройствами затруднён в связи с тем, что клюква практически лежит на поверхности мха и даже может быть погружена в травяной покров. [2]

На рисунке 1 представлен образец устройства сбора клюквы.



Рис. 1. Макетный образец узла сбора.

Применение таких узлов в автономном роботе требует непрерывного контроля их работоспособности. Для диагностики работы узлов сбора предлагается использовать систему технического зрения.

Система диагностики состоит из двух камер и вычислительного устройства, содержащего программу обработки входящих изображений. На рисунке 2 схематично изображён робот, снабжённый видеокameraми, расположенными в передней и задней частях робота соответственно.

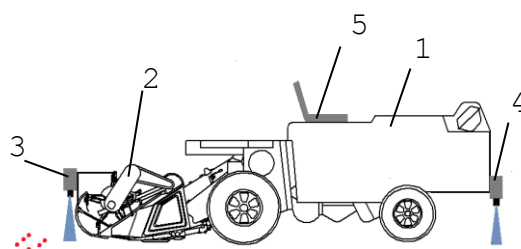


Рис. 2. Схема робота для сбора дикоросов.

На рисунке цифрами обозначены:

- 1 – самоходная платформа робота;
- 2 – сборочный узел;
- 3 – камера №1;
- 4 – камера №2;
- 5 – вычислительное устройство.

Целевой функцией узла сбора является уменьшение числа ягод на участке местности, пройденной роботом по сравнению с числом ягод до его прохода. В таком случае контроль сводится к подсчету количества ягоды на участке перед комбайном с помощью камеры №1, после узла сбора камерой №2 и сравнению этих двух значений.

Алгоритм работы системы выглядит следующим образом:

1. Делается снимок участка перед комбайном.
2. На кадре подсчитывается количество ягоды, данные сохраняются в памяти.
3. Спустя время, необходимое для проезда комбайна на длину его корпуса, делается снимок того же участка, но камерой после комбайна.
4. На втором кадре подсчитывается количество ягоды, данные сохраняются в памяти.
5. Подсчитывается коэффициент эффективности сбора, который численно равен  $1 - \frac{\text{Значение количества ягоды после сбора}}{\text{Значение количества ягоды до прохода комбайна}}$ .
6. На основе анализа коэффициента эффективности делается вывод о текущем состоянии узла сбора.

Для детектирования клюквы можно использовать ее цвет. Проблема заключается в том, что цвет



ягоды зависит от внешних условий и определить его одним значением невозможно. Для устранения этого эффекта применяется детектирование по интервалу значений.

Для выбора размера интервала проведен эксперимент. На изображении с заранее известным числом ягод проводится операция анализа с различными параметрами размера диапазона. Слишком малый диапазон приведет к потере пикселей ягоды, а слишком большой к искажению результатов в большую сторону. График представлен на рисунке 3.

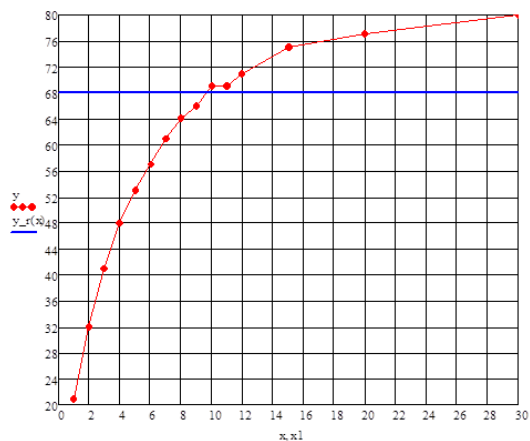


Рис.3. График зависимости количества детектированной ягоды от величины диапазона цветов в области эталона

На изображении было 68 ягод и оптимальным размером диапазона оказалось 10 единиц относительно эталонного значения цвета ягоды.

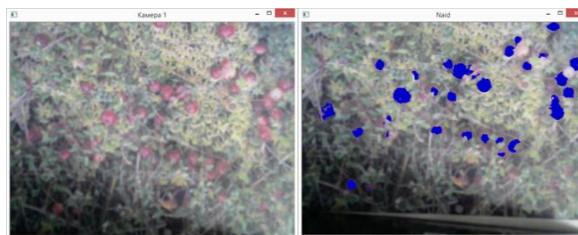
Проблема изменения цвета самой ягоды решена созданием интерфейса, который позволяет сделать фотографию с передней камеры комбайна и на ней выбрать образец ягоды, либо указать интервал на тоновой линейке.

Расчет количества ягод производится простейшим делением суммы всех пикселей клюквы на среднее число пикселей, приходящихся на одну ягоду.

Однако при работе в полевых условиях пользователь может столкнуться с ситуациями, когда детектирование ягоды только по цвету становится затруднительно. Для разрешения этой ситуации необходим еще один признак, по которому можно было бы отличать ягоду от других объектов и подобной характеристикой является ее форма. Клюква принимает форму, близкую к круглой, чем можно воспользоваться.

Проверяется размер областей схожего цвета для отбрасывания не подходящих под критерии ягоды. Определяется контур, вычисляется длина, а также площадь области. Каждая замкнутая фигура имеет соотношение периметра к корню из площади. Для окружности оно около 3,54. [3] Проверяется это соотношение для каждой из областей и детектированными остаются только области с близким к такому значению.

Исходное изображение и результаты распознавания представлены на рисунке 4.



Определение только по цвету захватывает примерно 75%-85% пикселей клюквы, а распознавание с использованием морфологических признаков около 90%.

Сообщения о неисправности посылаются при достижении коэффициентом эффективности сбора значений ниже требуемых, что говорит о проблемах в работе агрегата. Для защиты от ложных срабатываний при ситуациях, когда узел сбора работает нормально, но в силу особенностей окружающей растительности ягоды перед комбайном было видно меньше, чем ее было на самом деле, коэффициент сбора интерполируется и сообщения об ошибке выдается при снижении среднего коэффициента эффективности, а не по любому скачку.

#### Заключение

Представленные в статье алгоритмы и технические решения отлажены в лабораторных условиях с применением моделей и реальных образцов клюквы.

#### Список использованных источников

1. Адам, А.М. Методическое пособие по заготовкам дикоросов на территории Томской области/ А.М. Адам, А.И. Таловский, Е.Е. Тимошок [и др.]- Томск, 2006, -С. 11-12.
2. Тырышкин А.В., Андраханов А.А., Орлов А.А. Автономный мобильный робот для сбора дикоросов и способ управления им // Патент на изобретение № 2424892, опубл. 27.07.2011, Бюл. № 21.
3. А.Л.Горелик, В.А.Скрипкин, Методы распознавания, М.: Высшая школа, 1989.

# РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННОГО ТРЕНАЖЕРА ДЛЯ РЕАБИЛИТАЦИИ МОТОРНОЙ ФУНКЦИИ ВЕРХНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ

В.С. Стерехова, А.А. Протопопов  
Томский политехнический университет  
vss45@tpu.ru

## Введение:

Способность человека перемещаться необходима для выполнения основных видов повседневной жизни. Расстройство произвольных движений той или иной части тела может быть последствием целого ряда заболеваний, начиная с механических травм, заканчивая инсультом. Нарушение функциональности нервной системы, а именно ее двигательной функции серьезная проблема на данный момент. Дисфункция двигательного аппарата верхних конечностей распространена как общий клинический случай. По статистике, 5 процентов всех переломов приходятся на пальцы [1]. А болезнь нервной системы поражает в среднем 28 тыс. человек в России ежегодно [2]. Согласно исследованиям, 20% пациентов [3], проходящих реабилитацию, ощущают полноценное восстановление функциональности руки. А 60-70% замечают улучшения двигательной активности [4]. Применяются различные принципы реабилитации, направленные на конкретные задачи, включающие в себя как вмешательство на клеточном уровне, так и механическое воздействие извне. На данный момент доказано, что значительное влияние на восстановление оказывает именно стимуляция нейропластических процессов ЦНС. Характерным вмешательством такой стимуляции является вынужденная активизация двигательного аппарата нефункционального органа.

Большинство исследований, проводившихся на пациентах с дисфункцией верхних конечностей, были направлены на разработку крупной моторики, то есть подвижность плечевого, локтевого лучелоктевого и лучезапястного суставов. Таким образом, актуальным является направление исследований, касающееся тренировки моторной функции кисти.

## Анализ решений:

Для реабилитации моторной функции верхних конечностей используются тренажеры активной и пассивной реабилитации. Для активной реабилитации используются механические тренажеры, эспандер. Такие тренажеры подходят для пациентов, у которых здоровая нервная система и нет переломов пальцев. Эспандер развивает мышцы кисти и предплечья, а также укрепляет суставы. Для пациентов с проблемами нервной системы или переломами пальцев необходима пассивная реабилитация. К таковой относится лечебный массаж или аппаратная реабилитация.

Для комплексной аппаратной реабилитации руки в настоящее время применяется широкий спектр устройств. Данные аппараты можно

условно разделить на две основные категории: роботизированные и механотерапевтические. Роботизированными являются устройства, снабженные двигателями для обеспечения необходимого движения или помощи, обладающие антропоморфностью (схожестью с живым организмом или его частью), а также интерактивностью, т. е. способностью изменять стереотип своей работы в зависимости от условий окружающей среды, основываясь на показателях встроенных датчиков. Механотерапевтическими являются тренажеры, обладающие двигателями для обеспечения запрограммированного движения, также они могут быть снабжены датчиками и использовать принцип биологической обратной связи [5].

Проект основан на разработке механотерапевтического тренажера. Такие тренажеры уже есть в продаже, в отличие от роботизированных, которые изготавливаются в рамках научного исследования. Самые популярные производят зарубежные компании (Amadeo, Gloreha, Artromot). К числу недостатков можно отметить высокую стоимость и большую габаритность зарубежных аналогов или низкую функциональность при достаточно завышенной стоимости.

## Требования к разработке:

Для того чтобы повысить эффективность реабилитации, необходимо увеличить интенсивность тренировок. Для этого устройство должно быть максимально доступным, мобильным и функциональным.

Для достижения мобильности максимальный вес устройства не должен превышать 2 килограмма. Это необходимо для комфортного размещения тренажера на руке. Работа устройства должна осуществляться как в автономном режиме, так и от сети. Для повышения функциональности тренажер должен обеспечивать не менее 5 степеней подвижности для каждого пальца. Так же оно должно быть безопасным, и иметь кнопку экстренного выключения.

## Основная концепция:

Концепция тренажера заключается в модульной конструкции:

- Модуль перчатка
- Модуль питания
- Модуль управления

## Модуль перчатка:

У каждого пациента уникальная рука, и это нужно учитывать. Поэтому модуль перчатка - это персонализированный модуль. Он состоит из отдельных элементов для пясти (Рис 1.) и каждой фаланги пальца (рис. 2). Все элементы перчатки будут

изготовлены под индивидуальные размеры руки пациента. Модуль надевается на руку пациента. Для того, чтобы упростить процесс производства и реализовать максимально легкую конструкцию элементы модуля будут изготавливаться из пластика с помощью технологии 3D печати.

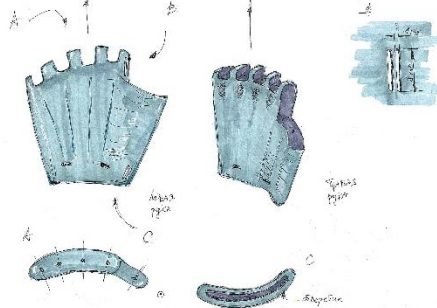


Рис. 1. Элемент для пясти модуля

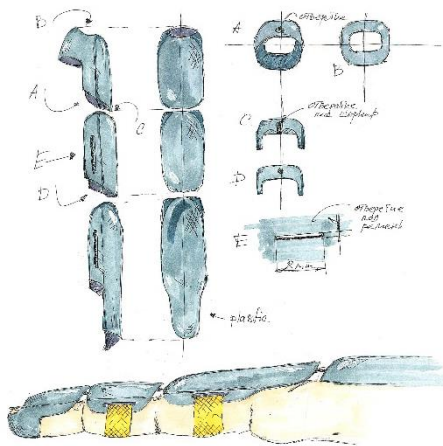


Рис. 2. Элементы для пальцев модуля

#### Модуль управления:

Этот модуль крепится к модулю перчатке и осуществляет ее работу с помощью двигателей. Это универсальный модуль, который подойдет к любой перчатке. Он будет иметь интуитивный интерфейс управления режимами работы и кнопку экстренного выключения.

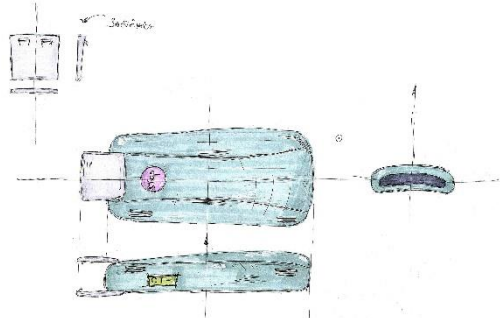


Рис. 3. Модуль управления

В качестве двигателей было решено использовать эластичный привод - искусственную нейлоновую мышцу. Из имеющихся исследований по реабилитации конечностей, только две разработки работают на электрических моторах в конфигурации

с эластичным элементом [6]. А развивающиеся технологии позволяют интегрировать новые типы эластичных приводов в тренажеры. Искусственные нейлоновые мышцы - это сравнительно новая технология. Мышцы уже применялись в качестве движителей в протезе и успешно себя показали [7].

#### Модуль питания:

Он вынесен в отдельный модуль, чтобы обеспечить большую мобильность. Кроме крепежа на перчатке, его можно будет закрепить на плече с помощью манжеты. Это позволит распределить вес тренажера по всей руке, что уменьшит нагрузку на слабые запястья.

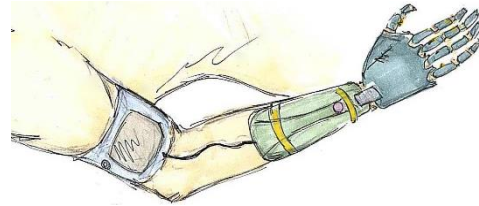


Рис. 4. Установка тренажера на руке пациента

#### Заключение:

В результате, была разработана концепция тренажера для реабилитации моторной функции верхних конечностей на основе принципа разделения конструкции на модули. Такая конструкция дает преимущества в персонализации, весе и как вытекающее мобильности.

#### Список использованных источников

1. Mishenin L., Fracture of the finger. Causes, symptoms, types, first aid and rehabilitation, <https://www.polimed.com/articles-perelom-palca-ruki-prichiny-simptom-vidy-reabilitacija.html>, дата обращения 12.03.18г.
2. Andreeva T.M., Traumatism in the Russian Federation on the basis of statistics data, <http://vestnik.mednet.ru/content/view/234/30/lang,ru/>
3. Beebe J.A., Lang C.L. Active Range of Motion predicts Upper Extremity Function Three months post-stroke // Stroke. 2009. May. P. 1772-1779.
4. Pohl PS, McDowd JM, Filion D, Richards LG, Stiers W. Implicit learning of a motor skill after mild and moderate stroke. Clin Rehabil. 2006;20:246-253. [5]
5. Роботизированные и механотерапевтические технологии для восстановления функции верхних конечностей: перспективы развития (обзор) / Н. А. Супонева, А. С. Клочков, А. Е. Хижникова и др. // Современные технологии в медицине. — 2016. — Т. 8, № 4. — С. 206-215.
6. Paweł Maciejasz, Jörg Eschweiler, Kurt Gerlach-Hahn, Arne Jansen-Troy, Steffen Leonhardt, «NeuroEngineering and Rehabilitation» 2014, 11:3 <http://www.jneuroengrehab.com/content/11/1/3> REVIEW, дата обращения 20.05.18г.
7. Lianjun Wu, «Compact and low-cost humanoid hand powered by nylon artificial muscles», Bioinspiration & Biomimetics/2017 Bioinspir. Biomim. 12 026004.

# БЮДЖЕТНАЯ ИНЕРЦИАЛЬНАЯ СИСТЕМА НАВИГАЦИИ, АДАПТИРОВАННАЯ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ПОДВОДНОЙ РОБОТОТЕХНИКЕ

Р.А. Нурмухаметов, В.В. Павличев  
Ю.А. Чурсин  
Томский политехнический университет  
nurruslan@yandex.ru

## Цель выполнения НИР

Разработать бюджетную инерциальную систему навигации адаптированную для использования в подводной робототехнике с себестоимостью компонентов не более 2000 рублей с погрешностью позиционирования не больше 10 метров за 60 секунд и точностью определения ориентации не ниже  $0.2^\circ$ .

Разрабатываемая бюджетная инерциальная система навигации будет использована для определения ориентации и кинематических характеристик подвижных устройств, в частности разработка будет адаптирована для использования в необитаемых подводных аппаратах для решения задач локальной навигации, а так же при групповом управлении автономными необитаемыми подводными аппаратами.

## Научная новизна предлагаемых в проекте решений

Инновационность разработки заключается в применении современных бюджетных датчиков, изготовленных по MEMS технологии, которые при низкой цене имеют относительно высокие точностные и шумовые характеристики. Большое внимание уделяется алгоритмам стартовой калибровки датчиков. От ее точности в значительной степени зависит точность определения целевых характеристик. В частности, отсутствие приемлемого качества калибровки в дешевых аналогах является причиной накопления значительной ошибки при интегрировании угловых скоростей с гироскопа и делает их непригодными для реальных задач навигации. Так же применяются новые AHRS алгоритмы математической обработки данных для подавления шумов акселерометра и борьбой с «уплыванием» показаний гироскопа, что являлось препятствием создания таких систем в прошлом [1].

## Обоснование необходимости проведения НИР

Необходимость такой разработки вызвана наличием широкого ряда навигационных задач, для решения которых не может быть использованы спутниковые системы, например, подводные аппараты [3].

В ходе разработки ИСН встает ряд задач, для решения которых необходимо проведение НИР:

1) Калибровка MEMS-датчиков. Для решения этой задачи необходимо провести комплексное исследование влияния различных факторов на показания датчиков, например, магнитные искажения,

температура, дрейф нуля, вызванный конструктивными особенностями датчиков. Необходимо выявить вес каждого фактора и их взаимосвязь.

2) Разработка/усовершенствования AHRS алгоритма математической обработки данных [2], получаемых с датчиков и расчета из них параметров ориентации в пространстве кинематических характеристик объекта. Оптимизация алгоритма позволит уменьшить процессорное время, а значит использовать в системе низкопроизводительные микроконтроллеры и повысить точность определения целевых характеристик.

## Основные технические параметры

Принцип работы ИСН заключается в измерении параметров с ряда датчиков – проекции вектора угловой скорости на оси ортогональной системы координат OXYZ с гироскопа ( $G_x$ ,  $G_y$ ,  $G_z$ ), проекции вектора гравитации на оси ортогональной системы координат OXYZ с акселерометра ( $A_x$ ,  $A_y$ ,  $A_z$ ) и проекции вектора напряженности магнитного поля Земли на оси ортогональной системы координат OXYZ с магнитометра ( $M_x$ ,  $M_y$ ,  $M_z$ ). Используя специальные алгоритмы, эти параметры совмещаются, что позволяет получить характеристики, определяющие положение тела в пространстве – кватернионы и углы Эйлера-Крылова (крен, тангаж, рыскание) и кинематические характеристики – линейное ускорение, линейная скорость, и координата. Разрабатываемая бюджетная ИСН позволит определять углы Эйлера-Крылова с точностью до  $0.2^\circ$  и координату устройства с точностью до 10 метров за 60 секунд. Использование современных микроэлектронных компонентов позволит добиться такой точности при относительно невысокой стоимости конечного продукта. Существующие аналоги имеют, как правило значительно более высокую стоимость или неприемлемую для задач навигации точность определения координат.

## Конструктивные требования

Разрабатываемая бюджетная инерциальная система навигации будет иметь две главные составляющие: микропроцессорное устройство со всеми необходимыми датчиками и программное обеспечение.

Первая составляющая должна иметь в своем составе микроконтроллер с микропроцессором и периферийным оборудованием для коммуникации с датчиками, исполнительными механизмами и устройствами для передачи информации в ПО на

ЭВМ. Набор датчиков должен содержать трехосевой акселерометр, трехосевой магнитометр, трехосевой гироскоп. Все датчики выполнены по MEMS-технологии. Датчики должны поддерживать обмен данными с микроконтроллером по одному из интерфейсов IIC(I2C)/SPI. Все устройство должно быть помещено в герметичный корпус. В корпусе должны присутствовать разъемы для подключения к исполнительным механизмам (не менее 8 разъемов) и гидроакустическим модемам (не менее 2 разъемов), по которым будет осуществляться связь с ведущим кораблем. Размер корпуса не превышает 75x200x150, вес не превышает 1 кг. Питание устройства осуществляется с помощью блока питания 5 В, 0.5 А. Вторая составляющая – программное обеспечение имеет возможность двухсторонней коммуникации с микропроцессорным устройством по протоколу Modbus. Так же программное обеспечение имеет следующие основные функции:

1) Устанавливать параметры датчиков, такие как чувствительность, частота генерирования данных и т.д.

2) Получать и отображать данные (по запросу или в постоянном режиме) о текущей ориентации устройства в пространстве, т. е. кватернионы, углы Эйлера-Крылова (крен, тангаж, рыскание).

3) Получать и отображать кинематические характеристики устройства.

4) Строить по полученным данным трек (траекторию) в двумерной ортогональной системе координат OXY, визуализировать информацию в виде приборной панели.

5) Отображать ориентацию и положение устройства в трехмерной ортогональной системе координат OXYZ.

6) Управление исполнительными механизмами (движителями) и отображение информации об их работе.

#### **Имеющиеся аналоги:**

На рынке сегодня большое количество аналогов, имеющих схожий функционал с большим разбросом цен и точностных характеристик. Самые близкие аналоги – это устройства фирмы x-IMU [4]. Сравнение по существенным параметрам приведено ниже.

1. Цена: X-IMU – 24000 рублей, разрабатываемая ИСН – 2000 рублей

2. Датчики: X-IMU – акселерометр до  $\pm 8$  g, гироскоп  $\pm 2000$  °/s, магнитометр до  $\pm 8.1$  G, разрабатываемая ИСН - акселерометр до  $\pm 16$  g, гироскоп  $\pm 2000$  °/s, магнитометр до  $\pm 8.1$  G.

3. Фабричная калибровка: X-IMU – есть, разрабатываемая ИСН – есть.

4. Температурная компенсация: X-IMU – только для гироскопа, разрабатываемая ИСН – для всех датчиков.

5. Частота дискретизации X-IMU – до 512 Гц, разрабатываемая ИСН – до 1 кГц.

6. Протоколы коммуникации: X-IMU – USART, Bluetooth, разрабатываемая ИСН – USART.

7. Точность определения крена, тангажа, рыскания: X-IMU 0.3°, разрабатываемая ИСН 0.2°

8. Точность определения кинематических характеристик, координаты: X-IMU – 100 метров за 100 секунд, разрабатываемая ИСН 10 метров за 60 секунд.

Косвенные аналоги, имеющие на порядок более высокую точность, соответственно имеют на порядок более высокую цену, что не удовлетворяет идее разработки. С другой стороны, "аналоги-поделки", разработанные на Arduino-подобной аппаратной платформе, имеют настолько низкую точность, что подходят только для учебных задач в масштабе письменного стола и не подходят для определения положения объекта при перемещении на расстоянии от 10 метров.

#### **Список использованных источников**

1. Риглей В., Вудбери Р., Говорка Дж. Инерциальная навигация. Под ред. проф. Фрилендера Г.О. — М.: Издательство иностранной литературы, 1958. — 89 с.
2. Фильтр Маджвика. Перевод. [Электронный ресурс] URL: <https://habr.com/post/255661/> (дата обращения 12.11.2018).
3. GPS под водой! Статьи о применении системы GPS. [Электронный ресурс] URL: <http://www.gps-info.com.ua/17288/> (дата обращения 12.11.2018).
4. X-IMU. Our original versatile imu board. [Электронный ресурс] URL: <http://x-io.co.uk/x-imu/> (дата обращения 12.11.2018).

## СТЕНД ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПИД-ЗАКОНА УПРАВЛЕНИЯ И ПРАВИЛ НАСТРОЙКИ РЕГУЛЯТОРА

А.Е. Баталов, Н.С. Локтев  
Руководитель: Д.Н. Репин  
МАОУ «Планирование карьеры» г. Томска  
e-mail: tyubis@mail.ru

На сегодняшний день практически во всех сферах человеческой деятельности присутствуют элементы автоматизации. Промышленность требует подготовки высококлассных специалистов для управления технологическими процессами. Для подготовки квалифицированных работников необходимо соответствующее материально-техническое обеспечение. Зачастую стоимость и доступность оборудования не позволяет проводить практического обучения. На сегодняшний день в городе Томске хорошо оснащенные аудитории для обучения специалистов в области автоматизации можно пересчитать по пальцам.

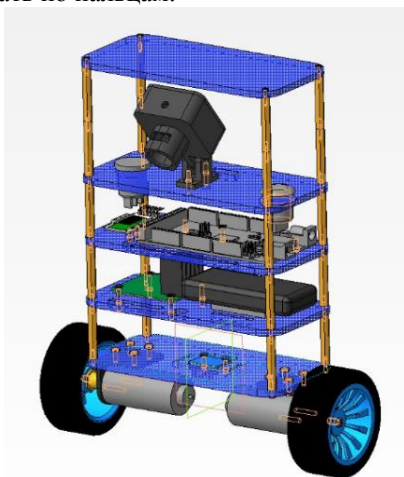


Рис. 1. Общий вид стенда

В работе рассматривается процесс разработки учебного стенда для решения проблемы технического оснащения. Объектом исследования являются учебные комплексы для изучения процессов автоматизации. Предметом исследования является учебный стенд для изучения ПИД-законов управления и фильтрации данных. Целью работы: разработать учебный стенд для изучения ПИД-законов управления и правил настройки регулятора.

Основными задачами являются: описание объекта управления, изучение ПИД регулирования, знакомство с правилами настройки регуляторов, организация фильтрации данных, подбор элементной базы для реализации модели стенда, разработка сборочного чертежа для изготовления стенда, изготовление стенда (балансирующая платформа), проведение экспериментов.

За основу стенда для изучения законов регулирования примем двухколесную платформу с дифференциальным приводом – два электрических мотор-редуктора управляемых независимо. Платформа имеет две точки опоры, выполнена по схеме

«сигвея» - электрического двухколесного самобалансирующегося транспортного средства. Задача регулирования состоит в том, чтобы подобрать такое управляющее воздействие, при котором платформа будет удерживать равновесие.

Очевидно, что платформа не способна сама сохранять положение равновесия, а единственная величина, которую мы можем регулировать это скорость вращения моторов и ее направление. В нашем случае возмущающим воздействием  $Z(t)$  будет отклонение платформы от вертикали. Для регистрации отклонения в платформе применяется цифровой гироскоп. Сигналы от датчика будут поступать на устройство управления (УУ). После включения платформы УУ фиксирует положение вертикали. По алгоритму находится так называемая ошибка (отклонение текущего положения от первоначального). В зависимости от величины отклонения/ошибки УУ выдает управляющий сигнал для устранения (минимизации) ошибки. По управляющему сигналу платформа занимает новое положение и снова происходит его замер и корректировка. Иными словами, описанная система является системой с обратной связью.

Подводя итог, делаем вывод, что обратная связь – способ учета ошибки управления. В действительности, информация с датчика является не единственной влияющей на объект управления. На положение платформы влияет как задающий сигнал  $x(t)$ , так и реальный выходной сигнал  $y(t)$ .

На структурной схеме представлен блок «сумматор». Сумматор складывает сигналы задающий  $X(t)$  и реальный  $Y(t)$ . При этом сигнал обратной связи берется со знаком минус т.е. на вход устройства управления поступает разность сигналов эта разность и есть ошибка управления. Такая система называется замкнутой (система с замкнутой цепью воздействия).

Наиболее популярным методом управления такими системами является применение ПИД законов управления. Стенд предназначен для отработки навыков подбора коэффициентов регулятора. Приведем схему настройки ПИД регулятора представленного стенда (балансирующей платформы). Описанный метод опирается на схему описанную в учебном издании Карпов В.Э. «ПИД-управление в нестрогом изложении».

### Настройка пропорциональной компоненты

Обнулить коэффициенты  $k_D$  и  $k_I$ . Примем, что коэффициент  $k_p$  может изменяться от 0 до 100. Установить сначала значение  $k_p$ , равное 1. Если система очень медленно выходит на вертикальную

линию, то  $k_p$  надо увеличивать. Если же начнутся колебания, то  $k_p$  надо уменьшать. При этом рекомендуют следующую методику изменения значений коэффициента. Установить сначала маленькое значение  $k_p$ . Допустим, колебаний еще нет. Далее увеличивать это значение в 10 раз, пока не начнутся колебания. Теперь уменьшить значение коэффициента  $k_p$ , но не в 10 раз, а в 2 раза. И так до тех пор, пока колебания не прекратятся. Т.е. поиск искомого значения идет сначала большими шагами, затем маленькими.

#### **Настройка интегральной компоненты**

Значение коэффициента интегральной компоненты  $k_I$  должно быть мало по сравнению с  $k_p$ . В качестве начального значения коэффициента  $k_I$  рекомендуется брать число от 0.0001 до 0.01. Процедура поиска (подбора) коэффициента  $k_I$  точно такая же, как и коэффициента пропорциональной составляющей (сначала большие шаги, а затем маленькие). Слишком большое значение коэффициента  $k_I$  также проявляется в появлении колебаний.

#### **Настройка дифференциальной компоненты**

Если заранее известно, что шумы в системе слишком велики, то использование дифференциальной компоненты не оправдано. Для настройки  $k_D$  установить значение коэффициента, равное 0. Далее установить небольшое значение коэффициента пропорционального звена  $k_p$  (например  $k_p=1$ ). Главное, что значение  $k_p$  должно быть таким, чтобы система при нулевом значении  $k_D$  не совершала колебаний. Далее установить небольшое начальное значение коэффициента  $k_D$  (например,  $k_D = 0.1$ ). Увеличивать коэффициент  $k_D$  до тех пор, пока не станут проявляться ошибочные колебания, вызванные малыми шумами. При этом колебания от слишком большого коэффициента происходят значительно быстрее, чем колебания от недостаточного коэффициента. Рекомендуется устанавливать коэффициент в половину или четверть от того, при котором начинаются колебания от слишком большой его величины. Главное в этом процессе – вовремя убедиться в том, что поведение системы является адекватным (платформа/робот сохраняет устойчивое положение относительно вертикали). Но помимо таких сугубо экспериментальных подстроек, имеются и вполне объективные принципы, которые необходимо соблюдать при создании регулятора.

1. Скорость работы программы. Управляющая программа должна работать максимально быстро. Это означает, что необходимо использовать максимально лаконичные алгоритмы и простые операции.

2. Равномерность работы программы. Не менее важно то, чтобы формирование управляющего воз-

действия происходило в как можно более равномерные моменты времени. Нельзя допускать, чтобы программа "задумалась" на непредсказуемое время, т.к. в этом случае сбой дадут и интегральное, и дифференциальное звено. Для предотвращения «потери» времени, можно использовать прерывания, которые гарантированно обеспечат равномерный сбор информации от датчиков.

3. Частота сбора данных и выполнения цикла управления. Помимо стабильности частоты сбора, необходимо определиться с тем, какова должна быть частота управления. Если частота управления слишком маленькая, то система получается не эффективной. Более того, при малой частоте управления может получиться система, которую вообще невозможно стабилизировать. Но и при слишком большой частоте возникает негативный эффект «зашумливание».

Для определения частоты управления существует следующее правило: продолжительность итерации управляющего цикла должна быть между 1/10 и 1/100 желаемого времени стабилизации системы. Например, если требуется, чтобы система стабилизировалась за 0.1 с. (за 0.1 секунды робот принял сбалансированное состояние), то частота управления должна быть от 100 до 1000 Гц (время итерации от 0.01 до 0.001 сек.).

В ходе реализации проекта был разработан учебный стенд для изучения ПИД-законов управления. Подобраны привила настройки ПИД регуляторов. Организована фильтрация данных. Подобрана элементная база для изготовления стенда. Разработана конструкторская документация и изготовлена модель стенда. Проведены эксперименты, подтверждающие работоспособность стенда. Написано программное обеспечение для работы со стендом на компьютерах под управлением операционной системы Windows. ПО позволяет менять коэффициенты регулятора в реальном времени. При совершении любого изменения можем в реальном времени наблюдать за изменением поведения балансирующей платформы.

#### **Список использованных источников**

1. Datasheet гироскоп акселерометр GY521.
2. ГОСТ 2.125-88 «правила выполнения эскизных документов» в редакции 2001г.
3. Быков А. В., Силин В. В., Семенников В. В., Феоктистов В. Ю. ADEM CAD/CAM/TDM. Черчение, моделирование, механообработка. —СПб.: БХВ-Петербург, 2003.
4. Карпов В.Э. «ПИД-управление в нестрогом изложении». Москва 2012 г.

## РАЗРАБОТКА РАКЕТЫ-НОСИТЕЛЯ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ТЯГЕ

Н.А. Леонтьев, И.А. Сукач

Руководитель: А.А. Герус

КГАОУ «Школа космонавтики», 11 класс, Красноярская ул., 36, Железногорск, Красноярский край

E-mail: kol\_leon@mail.ru

КГАОУ «Школа космонавтики» 11 класс г. Железногорск

В данной статье рассмотрена возможность нового, эффективного способа доставки научного оборудования для проведения атмосферных исследований, за счет использования высокоскоростного средства доставки на электрической тяге. Также, в работе кратко описаны конструктивные особенности, принцип действия и состав данного средства доставки.

Ключевые слова: турболет; телеметрия; бортовая обработка; радиоуправление; импеллер; атмосферные исследования; узел стабилизации.

Для проведения атмосферных исследований требуется подъем научного оборудования на определенную высоту (до 5000 м). Одним из традиционных средств, для запуска научно-исследовательского оборудования являются твердотопливные модели ракет, требующие определенных погодных условий и оснащаются достаточно дорогостоящими двигателями одноразового использования. Чтобы сократить расходы на запуск, как при проведении исследований, так и в процессе изготовления и отработки научного оборудования, требуется разработать летательный аппарат, такой как турболет ракетного типа (далее ракета Т).

**Цель:** разработка и изготовление турболета ракетного типа для доставки измерительного оборудования на необходимую высоту.

### Задачи:

- 1) Выбрать конструкционную схему ракеты;
- 2) Произвести необходимые расчёты;
- 3) Разработать конструкцию ракеты;
- 4) Разработать электрическую схему ракеты;
- 5) Изготовить прототип;
- 6) Провести летные испытания.
- 7) Проанализировать результаты испытаний

### Конструкция изделия «Ракета Т».

Ракета представляет собой оболочку из композиционных материалов с промежуточными силовыми элементами, конструктивных элементов, изготавливаемых посредством 3D печати. Габаритные размеры ракеты представлены на рисунке 1.

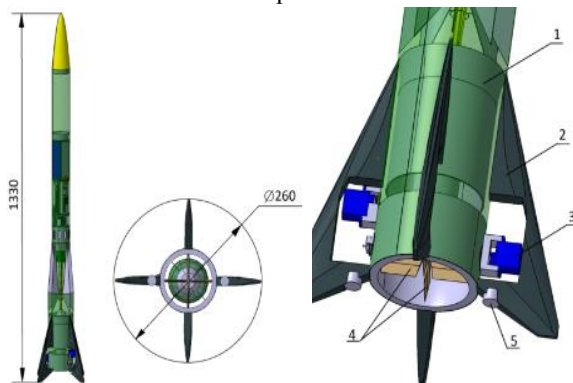


Рис. 1. Габариты турболета и устройство газодинамического руля

В качестве силовой установки используется импеллер Mercury II 90 с двигателем мощностью 2660 Вт и тягой 4,3 кгс. Двигатель приводится в действие посредством подключения к двум аккумуляторам LiPo 3S 3300 mAh 60-120C через регулятор оборотов YEP 150A. Стабилизация ракеты в полете осуществляется за счет трех AVCS гироскопов, управляющих газодинамическими рулями с помощью цифровых сервоприводов установленных внутри стабилизаторов, изготавливаемых посредством 3D печати. Управление креном ракеты осуществляется за счет механизма разворота рулей, представленного на рисунке 2 (также возможно управление креном за счет микширования сигналов, но этот способ представляется менее надежным). Система спасения представляет собой парашют, размещенный в обтекателе и выбрасываемый за счет энергии пороховых газов или пружины удерживаемой шнуром, пережигаемым нихромовой нитью. Обтекатель, изготавливаемый посредством 3D печати, отделяется за счет энергии газов при срабатывании вышибного заряда (другие способы отделения полезной нагрузки не обеспечивают достаточного быстродействия и надежности, и нежелательны к применению).



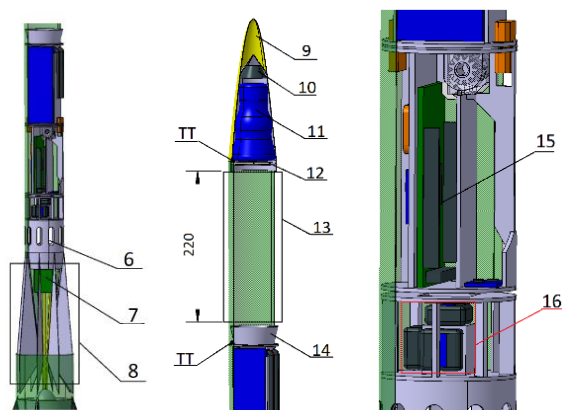


Рис. 2. 3D модель ключевых узлов

Управление полетом осуществляется за счет микроконтроллера (Arduino Mega 2560), набора датчиков и модуля радиосвязи устанавливаемых в приборном отсеке и в стабилизаторах.

Для фиксации и извлечения батарейного бокса с аккумуляторами, предусмотрен узел фиксации, представляющий собой зубчатую рейку, входящую в зацепление с подпружиненной шестерней перемещающейся линейно и входящую в зацепление со шлицами корпуса. Для фиксации/извлечения батарейного бокса в шестерню вставляется шестигранный ключ. К ключу прикладывается необходимая осевая нагрузка, после чего ключ поворачивается в нужном направлении.

#### Расчеты и основные характеристики.

1) Время полета - 96 сек (с 2-мя аккумуляторами LiPo 3300mAh 3Sч)

2) Для расчета ускорения в зависимости от времени нами было выведено выражение 1:

$$a(t) = \frac{-m + \sqrt{m^2 + 2SC_x t^2 p(f - mg)}}{pC_x S t^2} \quad (1)$$

благодаря которому, мы смогли определить ускорение в момент старта равное  $a = 28,7$ .

В наших расчетах мы использовали следующие данные:

$C_x = 0,66$  – коэффициент сопротивления воздуху;

$\rho = 1,2745 \text{ кг/м}^3$  – плотность воздуха;

$S = 0,03 \text{ м}^2$  – площадь обтекателя;

$F$  (тяга двигателя) = 43 Н;

$m = 2,671 \text{ кг}$  – масса ракеты;

3) При помощи выражения 2 найдем максимальную скорость (96-ая секунда полета)

$$v(t) = \int_0^{96} a(t) dt \quad (2)$$

$$V(t) = 94,85$$

4) а затем найдем максимальную дальность полета полета (за 96 секунд при плотности воздуха не менее  $1,2489 \text{ кг/м}^3$ )

$$s = \int_0^{96} v(t) dt + \frac{\int_0^{96} a(t) da^2}{2} \quad (3)$$

$$S = 6520 \text{ м}$$

#### Экспериментальная отработка

При разработке и изготовлении ракеты, будет проводиться наземная отработка устройства в целом, а также автономная отработка отдельных агрегатов и узлов.

На первом этапе будет проверена работоспособность рулевого механизма под действием воздушного потока двигателя. На втором этапе будет выполнена проверка функционирования ракеты с использованием специализированного дистанционного управления, на небольших высотах с вертикальной посадкой без парашюта. На третьем этапе проводится отработка контроллера, программного кода и измерительного оборудования. Проверяется функционирование дальномера, альтиметра, проверяется система спасения, связь с пультом, управление двигательной установкой.

На четвертом этапе проводятся летные испытания ракеты на высотах до 300 м.

В работе также представлены: подбор компонентов, электрическая схема, расчет запаса статической устойчивости, расчет площади парашюта и расчет энергобаланса.

#### Список использованных источников

- 1) Абианц В.Х., Теория авиационных газовых турбин., М.: «Оборонгиз», 1953
- 2) Elliot, Simon. Power Progress: World Turbine Engine Directory (англ.). // Flight International. 13-19 October 1993. — Vol. 144
- 3) Ружницкий Е.И., Европейские самолёты вертикального взлёта., Издательство «АСТ», 2000 год
- 4) Research on Balloon to Float over 50km Altitude. Institute of Space and Astronautical Science, JAXA.
- 5) Стасенко А.Л. Физика полета; М.: «Наука», 1988
- 6) Скорер Р. Аэрогидродинамика окружающей среды; М.: «Мир», 1980
- 7) Овсянников Л.В. Лекции по основам газовой динамики; М.: «Наука», 1980
- 8) Радиоуправляемая крылатая ракета на импеллерах. Возможно ли? <http://forum.rcdesign.ru/f101/thread435649.html>
- 9) Турболет или летающая мебель. <http://avia-simply.ru/turbolet-ili-letajuschaja-mebel/>
- 10) Тяга импеллера <http://aviamodelka.ru/forum/index.php?showtopic=3442>

# СОЗДАНИЕ ОБЪЕКТОВ ИНФРАСТРУКТУРЫ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ДВИЖЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

И.А. Кремлев, А.В. Тырышкин  
Томский политехнический университет  
iak40@tpu.ru

## Введение

За последние несколько десятилетий транспортные средства настолько сильно интегрировались в нашу повседневную жизнь, что сейчас трудно представить жизнедеятельность людей без них. Поэтому, общество старается постоянно улучшать данную отрасль не только с практической, но и с научной стороны.

С 1980 года количество личных автомобилей в мире увеличилось на 84%, что является следствием быстрого роста населения и стремительного темпа жизни. С ростом числа автомобилей возросло и количество дорожно-транспортных происшествий. Управление транспортным средством требует большого внимания и осторожности от водителя. Ежедневно на дорогах из-за невнимательности водителей происходят аварии, которые нередко заканчиваются травмами и даже гибелью людей. Поэтому, если бы имелось такое транспортное средство, которое позволяло бы человеку спокойно и безопасно добираться до необходимого места, одна из важных проблем для человечества была бы решена. При современном развитии технологий, данные мечты уже сейчас становятся реальностью.

Желание добиться улучшения ситуации дорожного движения за счет автоматизации подтолкнуло ученых к разработке автономных автомобилей, способных передвигаться без участия человека.

## Текущее состояние развития технологий

На текущий момент уже существуют прототипы практически всех видов беспилотных транспортных средств. Наиболее активно используются военные и промышленные роботизированные транспортные устройства. Но наука не стоит на месте и уже сейчас актуальными являются разработки беспилотных легковых и грузовых автомобилей, роботизированной авиации, водных видов транспортных средств, а также мотоциклы и даже велосипеды.

В этой связи важным становится вопрос организации движения беспилотных транспортных средств. Для этого желательно, чтобы все автомобили на дорогах были связаны друг с другом сетью передачи данных. Инженерами была разработана технология V2V. Это система обмена беспроводными сигналами автомобиля с другими рядом движущимися автомобилями - обмена данными о скорости соседних автомобилей, и статусе торможения и положения, что позволяет автоматически реагировать на внезапные изменения дорожной ситуации, чтобы избежать ДТП. Потенциал для повышения безопасности дорожного движения огромен.

На самом деле, по оценкам результатов исследова-

ния этой технологии, V2V может предотвратить более 500 000 ДТП и более 1 000 смертей в автокатастрофах ежегодно. Но большим недостатком, очевидно, является то, что технология должна быть установлена на большом количестве автомобилей, чтобы эффективно работать - в противном случае, автомобилям с V2V попросту не с кем будет "общаться".

Для реализации данной идеи была создана технология DSRC (Dedicated Short Range Communication). Это специализированная беспроводная связь на коротком расстоянии в диапазоне 5.9 ГГц. Устройства DSRC, созданные в соответствии с международными стандартами IEEE 802.11 и IEEE 1609 позволяют решать проблему оперативной передачи данных между автомобилями и объектами транспортной инфраструктуры с одновременной минимизацией расходов на центры обработки данных, без создания дорогостоящей инфраструктуры и задействования глобальных каналов коммуникаций [1].

Технология DSRC хорошо сочетается с существующими решениями в области геопозиционирования ГЛОНАСС/GPS, интерфейсами и протоколами передачи данных, кооперируются с мобильной и наземной связью и дополняют традиционные ИТС решения в тех случаях, когда скорости, надежности и гибкости других систем связи оказывается недостаточно. Решения на базе DSRC признаны в мире, как наиболее рациональные, дешевые и современные в своей области и интенсивно развиваются при поддержке автопроизводителей, академического сообщества и промышленных альянсов.

Этот пример иллюстрирует важную качественную перемену, которая должна будет случиться (и уже происходит) с автомобилем: из средства передвижения он превращается также в средство поглощения, обработки и передачи информации. Также как мобильные телефоны превратились из просто телефонов в телефоны умные — смартфоны — автомобиль должен поумнеть и расширить свой функционал. Сегодня продажи авто, претендующих на звание «подключенных» (Model S от Tesla Motors, Renault с установленной опцией R-Link, некоторые модели Audi, Ford, BMW, Lexus, Toyota, General Motors, и др.), невелики: суммарно они едва составляют несколько миллионов штук в год, а «цифровые возможности» их ограничены встроенной навигацией, умением воспроизводить музыку из интернета, да контролем состояния бортового аккумулятора (если это электромобиль). Но уже через пять лет аналитики ждут минимум ше-

стикратного роста продаж, в том числе за счёт проникновения идеи из премиального в бюджетный сегмент, и выявления новых полезных свойств у такой машины.

Без сомнения - каждый роботизированный автомобиль будет использовать интернет-соединение и разновидности V2V. И не только для уточнения маршрута, но, и чтобы сделать процесс движения эффективней. Ведь человек, вообще говоря, мешает эффективному дорожному движению. Роботы за рулём смогут не только быстрее и правильней реагировать на обстановку в пути, но и потратить на поездку меньше времени и бензина.

К примеру, собрав сведения о движении перед собой, оценив состояние светофоров и дорожные знаки, робокар может слегка сбросить или добавить скорости, чтобы успеть к следующему перекрёстку как раз в тот момент, когда там загорится «зелёный». Таким образом он не только избежит бесполезной остановки и последующего разгона сам, но и поможет более эффективно двигаться соседям. Дорожные службы тоже смогут и будут участвовать в управлении трафиком, собирая информацию от участников движения и в реальном времени реагируя на неё: меняя режим работы светофоров, освобождая новые полосы, варьируя разрешённую скорость. Опыты с подобными, как их называют, интеллектуальными транспортными системами, в развитых странах уже ведутся, но, когда львиная доля участников движения будет состоять из «подключенных авто», возможности по организации эффективного дорожного движения вырастут многократно.

При этом, намечаются и более серьёзные трудности. По мере того, как автомобили насыщаются цифровой техникой, ставятся всё более страшные эксперименты по несанкционированному дистанционному управлению. Ведь бортовой компьютер, постоянно подключенный к интернету, с точки зрения злоумышленников мало чем отличается от обычного компьютера: получив к нему доступ, уже сегодня на некоторых автомобилях можно активировать тормоза, отключить двигатель или сдуть шины — и всё это прямо во время движения. Специалисты Intel Security (бывшая McAfee), которые одними из первых обратили внимание на цифровую автобезопасность, говорят так: средний современный автомобиль содержит шесть миллионов строк компьютерного кода — а значит есть и ошибки, которыми могут воспользоваться взломщики или вирусы. Обновление автомобильного программного обеспечения должно стать рутинной операцией, частью регулярного технического обслуживания. Не за горами и появление программ для защиты автомобилей от вирусов и хакерских атак [2].

Однако опасность исходит и от самого водителя. Насыщение автомобиля цифровыми технологиями означает неизбежный переход от привычных рычажков и кнопок к виртуальным элементам управления, отображаемым на дисплеях. Вот только приспособиться к новым органам управления будет не просто.

Отсюда задача: организовать простой канал взаимодействия между водителем и электроникой автомобиля, не повредив удобству и безопасности. Полезную информацию, например, можно выводить прямо на лобовое стекло (так пробует делать Audi), а «джойстиком» сделать глаза человека (компьютер следит за направлением взгляда) или его речь (распознавать голосовые команды, как Apple Siri или Google Now). Впрочем, некоторые исследователи (Volkswagen) уверены, что на визуальные сигналы водитель реагирует медленней, чем на тактильные или акустические, либо их комбинации. Связано это, вероятно, с тем, что зрительный канал у человека, управляющего автомобилем, уже «загружен». Следовательно, автомобилю предстоит стать умней, чтобы донести до человека необходимую информацию и понять его реакцию.

#### **Заключение**

Интеллекта в любом случае много не бывает. Энтузиасты перечисляют идеи, которые можно будет реализовать, когда первые трудности — с оснащением автомобиля компьютерами и связью — будут пройдены. Например, можно научить машину оценивать степень занятости водителя — и, если человека опасно отвлекать от дороги, автоматически перенаправлять входящие звонки на автоответчик. А ещё автоматически распознавать (или узнавать через интернет от других машин или самой дороги) и обращать внимание человека на важные дорожные знаки впереди. Случись авария — самостоятельно оповестить спасателей, сообщив им координаты и состояние людей в салоне.

Важно то, что всё это в принципе осуществимо уже сейчас, а эксплуатация автомобиля не связана с необходимостью получения каких-то особых разрешений. Поэтому эксперты ждут взрывного роста популярности connected car в следующие пять-десять лет.

#### **Список использованных источников**

1. S. Eken, A. Sayar, "A Smart Bus Tracking System Based on Location-Aware Services and QR Codes", International Symposium on Innovations in Intelligent Systems and Applications, June, 2014.
2. First picture of Tesla's new NVIDIA onboard supercomputer for Autopilot installed in a car. [Режим доступа]: <https://electrek.co/2017/01/20/first-picture-of-teslas-new-nvidia-onboard-supercomputer-for-autopilot-installed-in-a-car/>

## **Секция 4. Цифровизация, IT и цифровая экономика**

# РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛА МОДУЛЯ АСИНХРОННОГО ПРОКТОРИНГА

К.Г. Виноградов  
Научный руководитель: А.С. Фадеев  
Томский политехнический университет  
kgv1@tpu.ru

## Введение

В настоящее время дистанционное обучение занимает важную роль в системе образования. С развитием новых цифровых технологий дистанционное обучение все больше применяется не только для обучения студентов заочной формы обучения, но и при реализации смешанной модели обучения студентов очной формы. Доступность Интернета и персональных компьютеров делает дистанционное обучение доступным для многих групп населения, в том числе и для тех, кто не имеет возможности очно посещать занятия.

Однако дистанционная форма обучения уступает очному, когда речь идет о доверии к результатам обучения и выданным по этим результатам дипломам, свидетельствам и сертификатам, в связи с проблемами верификации студента и распознавания его поведения в ходе тестирований. Эти проблемы призваны решить системы прокторинга.

В классическом представлении прокторинг – это процедура верификации личности испытуемого и дистанционного сопровождения онлайн экзаменов под контролем удаленного наблюдателя, который также именуется проктором, целью которой является повышение уровня доверия к результатам обучения.

Классический прокторинг является синхронным, то есть проктор и испытуемые находятся онлайн в один момент времени и проктор наблюдает за ходом процедуры тестирования. Другой вариант прокторинга является асинхронным. Испытуемый самостоятельно проходит процедуру верификации и тестирования, но все его действия записываются на камеру, после чего проктор в любой момент времени может проверить имеющиеся записи, выявить возможные нарушения и оценить степень доверия к полученным во время тестирования результатам.

Последним словом в сфере дистанционного обучения являются частично или полностью автоматизированные системы прокторинга, в которых функции проктора переключаются на программное обеспечение. Автоматизация таких систем повышает эффективность работы наблюдателя, а в некоторых случаях может полностью заменить его.

Автоматизированный прокторинг – это реализованная программными средствами система контроля за процессом дистанционного тестирования, основными функциями которой является верификация испытуемого и отслеживания нарушений во

время прохождения экзаменов без участия наблюдателя.

Целью данной работы является разработка веб-приложения, функционал которого можно будет использовать для внедрения прокторинга на образовательные платформы.

Основной задачей в данной работе является получение видео с веб-камеры испытуемого и передача видеопотока на сервер для его последующей записи.

## Обзор технологий

Для реализации передачи данных была использована технология WebRTC.

WebRTC (Web Real Time Communications) – это бесплатный проект с открытым исходным кодом, который предоставляет веб-браузерам и мобильным приложениям возможности взаимодействия в режиме реального времени (RTC) через простые интерфейсы прикладного программирования (API) [1].

Эта технология позволяет аудио и видеосвязи работать внутри веб-страниц, позволяя устанавливать прямое одноранговое соединение, устраняя необходимость установки плагинов или загрузки собственных приложений [2].

Для получения видео и аудио данных с веб-камеры и микрофона испытуемого использовался входящий в состав WebRTC JavaScript API `getUserMedia()`.

Как работает WebRTC:

1. Пользователь открывает страницу, содержащую HTML5 тег `<video>`.
2. Браузер запрашивает доступ к веб-камере и микрофону пользователя.
3. JavaScript код на странице пользователя контролирует параметры соединения для обхода NAT и Firewall.
4. При получении информации о собеседнике браузер начинает согласование используемых аудио и видео кодеков.
5. Начинается процесс кодирования и передача потоковых данных между WebRTC клиентами (в нашем случае, между браузером и сервером).

Преимущества стандарта:

1. Не требуется установка ПО.
2. Очень высокое качество связи, благодаря: использованию современных видео (VP8, H.264) и аудиокодеков, автоматическому определению качества потока под условия соединения, встроенной системе эхо- и шумоподавления, а также автоматической регулировке уровня чувствительности микрофонов участников.

3. Высокий уровень безопасности: все соединения защищены и зашифрованы.
4. Возможность использования встроенного механизма захвата контента, например, рабочего стола.
5. Возможность реализации любого интерфейса управления на основе HTML5 и JavaScript.
6. Проект с открытым исходным кодом – можно внедрить в свой продукт или сервис.
7. Настоящая кросс-платформенность: одно и то же WebRTC приложение будет одинаково хорошо работать на любой операционной системе, при условии, что браузер поддерживает WebRTC. Это значительно экономит ресурсы на разработку ПО [3].

#### Реализация веб-приложения

В ходе выполнения работы было реализовано веб-приложение, демонстрирующее возможности записи видео с веб-камеры и загрузки файлов на сервер, интерфейс которого представлен на рисунке 1.

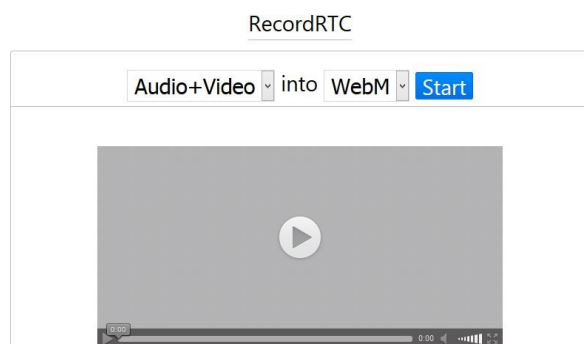


Рис. 1. Интерфейс веб-приложения

В реализованном веб-приложении пользователь может выбрать тип записи аудио и видео, а также только видео. Такой выбор доступен в связи с тем, что браузер Google Chrome не может передавать аудио и видео в одном потоке и, следовательно, их необходимо будет совмещать после записи.

После нажатия на кнопку «Start» браузер запрашивает разрешение на доступ к веб-камере и микрофону. Это реализовано с помощью метода `getUserMedia()`.

Метод `getUserMedia()` запрашивает у пользователя разрешение использовать до одного устройства ввода видео (например, камеру или общий экран) и до одного устройства ввода звука в качестве источника для `MediaStream`.

Если разрешение предоставлено, видео и звуковые дорожки, поступающие с этих устройств, доставляются на указанный обратный вызов. Если запрос на использование устройств отклонен, не существует совместимых устройств ввода или есть какого-либо другое условие вызывающее ошибку, обратный функции выполняется с `MediaStreamError` объектом, описывающим, что пошло не так [4].

После получения разрешения на использование устройств начинается запись.

Видео отображается в окне плеера. Кнопка «Start» заменяется на кнопку «Stop».

После нажатия на кнопку «Stop» происходит завершение записи видео с устройства, а также появляются кнопки «Сохранить» и «Загрузить на сервер». При нажатии на кнопку «Сохранить» файл из тега `<video>` скачивается средствами браузера в папку «Загрузки». При нажатии кнопки «Загрузить на сервер» файл сохраняется на сервере в папке «Uploads», и кнопка «Загрузить на сервер» заменяется на кнопку «Скачать с сервера», при нажатии на которую в браузере открывается новое окно с видео файлом, в адресной строке которой указан путь к файлу на сервере.

#### Заключение

В результате выполнения работы можно сделать вывод о том, что технология WebRTC пригодна для реализации асинхронного прокторинга, который впоследствии может быть внедрен на образовательные платформы, несмотря на то что технология создана для однорангового взаимодействия.

Реализованное веб-приложение, демонстрирующее лишь малые возможности данного стандарта, является началом большого проекта по внедрению прокторинга на сайт для дистанционного обучения Национального томского политехнического университета [5].

Функционал ляжет в основу сначала асинхронного, а потом уже и автоматизированного прокторинга, задачей которого будет не только запись студентов во время выполнения тестирований и загрузке заданий, но и автоматическое отслеживание нарушений поведения во время тестирования.

#### Список использованных источников

1. WebRTC. [Электронный ресурс] / WebRTC. – URL: <https://webrtc.org> (дата обращения 19.11.2018).
2. How WebRTC Is Revolutionizing Telephony [Электронный ресурс] / Trilogy-LTE. – URL: <http://blogs.trilogy-lte.com/post/77427158750/how-webrtc-is-revolutionizing-telephony> (дата обращения 19.11.2018).
3. WebRTC. Видеоконференции в браузере [Электронный ресурс] / TrueConf. – URL: <https://trueconf.ru/webrtc.html> (дата обращения 19.11.2018).
4. `Navigator.getUserMedia()` [Электронный ресурс]/MDN Web Docs. – URL: <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/API/Navigator/getUserMedia> (дата обращения 19.11.2018).
5. Платформа онлайн-обучения Томского политехнического университета. [Электронный ресурс] / ЭИОС ТПУ. – URL: <http://stud.lms.tpu.ru> (дата обращения 19.11.2018).

# ВЫБОР ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБОРОТА

В.В. Леухин, А.А. Цибульников  
Научный руководитель Чудинов И.Л.  
Томский политехнический университет  
vv118@tpu.ru

## Введение

Системы электронного документооборота (СЭД) становятся обязательным элементом ИТ-инфраструктуры в любой современной организации. При этом, в системе работает много пользователей, имеющих различные роли, опыт и квалификацию. Практически каждый из них имеет и владеет мобильным устройством приема-передачи информации, использующим операционную систему IOS или Android. Поэтому основной задачей совершенствования СЭД является использование мобильных устройств. Для реализации мобильных технологий требуется определить состав функций (процедур) СЭД, которые целесообразно и возможно реализовать в мобильном приложении, а также выбрать инструменты для реализации мобильного кроссплатформенного приложения. Что и является темой настоящей работы.

## Анализ предметной области

Обзор наиболее распространённых СЭД таких как: Дело,1С:Архив, CompanyMedia, EMC Documentation, Евфрат, Логика, Directum, Lotus Domino.Doc, Optima-WorkFlow, LanDocs приведены в [1].

Анализ описаний, приведенных в статье и апробация демоверсий этих систем позволяет выделить следующие типовые технологические процессы, которые целесообразны для использования в мобильном приложении:

- Регистрация документов;
- Визирование документов;
- Мониторинг документов;
- Автоматизация процесса согласования документов;
- Контроль исполнения заданий и поручений;
- Оповещение пользователей;
- Поиск документов по штрих коду/номеру.

В Томском политехническом университете электронный документооборот реализуется в рамках системы обработки управленческой документации (СОУД) [2]. Кроме перечисленных типовых в системе СОУД можно выделить следующие дополнительные процессы:

- Расширенный поиск документов (любые параметры);
- Визирование с использованием цифровой подписи;
- Проверка и оповещение об изменении документа;
- Делегирование полномочий;

- Создание отчетов;
- Мониторинг жизненного цикла документа;
- Просмотр и скачивание документа в различных форматах;
- Замещение.

Создание мобильного приложения для поддержания перечисленных технологических процессов является весьма трудоемкой задачей. Поэтому предлагается в первом прототипе мобильного приложения реализовать следующие функции:

- Регистрация документов;
- Мониторинг документов;
- Визирование с использованием цифровой подписи;
- Расширенный поиск документов;
- Просмотр и скачивания документов.
- Оповещение пользователя;
- Управление личным кабинетом.

## Выбор программного инструментария

Для написания кроссплатформенного мобильного приложения под основные ОС IOS и Android существуют множество фреймворков с использованием разных языков программирования. Обзор наиболее распространённых фреймворков таких как: PhoneGap, Xamatin, React Native приведены в [3]. При этом, приводится описание архитектуры каждого фреймворка, однако отсутствует сравнительный анализ необходимый для выбора. С учетом поставленной задачи (создание мобильного приложения для конкретной предметной области) были предложены следующие критерии сравнения.

- Кроссплатформенность;
- Максимизация использования кода – под данным определением подразумевается использование фрагментов кода для двух ОС без его изменения;
- Производительность;
- Использование нативных функций – под нативными функциями подразумевается функциональные возможности, которые предоставляет ОС;
- Возможность использование приложения без доступа в интернет;
- Бесплатное распространение полной версии продукта;
- Распространенность – под данным критерием подразумевается большое количество форумов, связанных с проблемами в этапах разработки приложения.

Результаты сравнения фреймворков по предложенным критериям приведены в таблице 1.

Таблица 1. Сравнение фреймворков

Критерии	PhoneGap	Xamarin	React Native
Кросс-платформенность	+	+	+
Максимизация использования написанного кода	-	-	+
Производительность	-	+	+
Использование нативных функций	-	+	+
Использования приложения без доступа в интернет	-	+	+
Бесплатное распространение	+	-	+
Распространенность	-	+/-	+

В результате анализа устройства архитектуры, возможностей применимости под конкретную предметную область и сравнения достоинств и недостатков среди выбранных продуктов, был выбран фреймворк React Native, так как не построен на основе WebView, как это делает PhoneGap, что дает преимущество в плане скорости работы (скорость работы сравнима с нативным приложением), может работать без доступа в сеть интернет. Нативный интерфейс позволяет создавать индивидуальный пользовательский интерфейс для различных платформ. Все нативные функции поддерживаются и могут быть реализованы с помощью React Native. Имеет бесплатное распространение в отличие от Xamarin. Еще одно важное преимущество React

Native заключается в том, что процент разделяемого кода тут до 90%, что помогает писать современные приложения, которые выглядят нативно.

Ресурсом «stackshare.io» было произведено голосование за самый используемый фреймворк для создания кроссплатформенного приложения в 2018 году. По результатам голосования [4] победитель с большим отрывом стал React Native. Второе место занял Xamarin и последним оказался PhoneGap.

### Заключение

В результате проведения анализа предметной области были выявлены функционал, которым должно обладать разрабатываемое приложение.

Было произведен анализ устройства архитектуры фреймворка, возможности его применения под конкретную задачу, связанную с особенностями предметной области, а также сравнения достоинств и недостатков по критериям. В результате анализа были выбраны программные средства, при помощи которого будет создаваться кроссплатформенное приложение для работы под операционной системой Android и IOS.

### Список использованных источников

1. Обзор системы электронного документооборота [Электронный ресурс]/Бизнес журнал «Жажда» – URL: <http://zhazhda.biz/lifestyle/obzor-sistemy-elektronogo-dokumentooborota/> (Дата обращения 15.09.2018)
2. Кузнецов Д.Ю., Цибульников А.А., Чудинов И.Л. Особенности реализации электронного документооборота в Томском политехническом университете. //Международная научно-практическая конференция: в сборнике: Научно-образовательная информационная среда XXI века, г. Петрозаводск, 2014. – С.119-122.
3. Архитектуры ReactNative, Xamarin, PhoneGap// [Электронный ресурс]. – URL: <https://slavachernikoff.gitbooks.io/architectures-of-reactnative-xamarin-phonegap-qt/>. (Дата обращения 20.09.2018).
4. React Native vs. Xamarin vs. PhoneGap// [Электронный ресурс]. – URL: <https://stackshare.io/stackups/phonegap-vs-react-native-vs-xamarin/>. (Дата обращения 06.09.2018).



# ОПЫТ СОЗДАНИЯ ПЕРВООЧЕРЕДНЫХ ФУНКЦИЙ МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ СЭД ТПУ

В.В. Леухин, А.А. Цибульников  
Научный руководитель Чудинов И.Л.  
Томский политехнический университет  
vv118@tpu.ru

## Введение

Целесообразность использования мобильных устройств участниками систем электронного документооборота (СЭД) в настоящее время не вызывает сомнений. Очевидно также и то, что создание мобильных приложений для СЭД связано с трудностями, обусловленными следующими причинами:

- Большое число процедур (функций) которые желательно реализовать в мобильном приложении
- Разнообразие операционных систем и ограничения имеющихся у них инструментальных средств программирования приложений
- Необходимость интеграции мобильного приложения с программным обеспечением СЭД

Обоснование состава функций, которые целесообразно и возможно реализовать в мобильном приложении СЭД Томского политехнического университета и инструментария программирования мобильных приложений (фреймворков) для двух наиболее распространенных операционных систем Android и IOS приведено в представленном на настоящей конференции докладе «Выбор программных средств для создания мобильного приложения в системе электронного документооборота» [1].

## Особенности разработки кроссплатформенного мобильного приложения

Для разработки кроссплатформенного приложения был выбран фреймворк React Native.

Так как приложение разрабатывается на две ОС Android и IOS, то одним из критериев в реализации графического интерфейса является максимальное соблюдение дизайна нативного интерфейса каждой ОС.

Для удобства и скорости разработки графического интерфейса была использована сторонняя библиотека NativeBase [2]. Хотя данная библиотека и существенно расширяет стандартный список графических компонентов, представленных самим фреймворком, то как правило этого недостаточно для специфических задач, поэтому и не обходится без написания собственных компонентов.

Основным достоинством этой графической библиотеки является соблюдение нативного дизайна компонентов в каждой ОС.

Один и тот же графический компонент отображается по-разному согласно дизайну той или иной ОС. Поэтому, разрабатываемое приложение использует свойства нативного дизайна и максимально гармонирует с ОС, создавая впечатление

законченности (качества прорабатывания дизайна).

Хоть кроссплатформенная разработка подразумевает, что один и тот же написанный код при помощи интерпретаторов используется в разных ОС, случаются и свои трудности. Основные трудности, встречаемые при разработке графического интерфейса в кроссплатформенном приложении, заключаются в некорректном отображении на экране компонентов или в отсутствии универсальных функций выполняющее одно и то же действие на разных ОС.

Для устранения данной проблемы было принято решение создавать отдельно под каждую ОС, те блоки кода, которые выполняются некорректно.

## Результаты реализации мобильного приложения.

После запуска приложения отображается главный экран (рисунок 1) приложения, на котором в нижнем меню доступны следующие действия:

- Переход на экран профиля пользователя
- Открыть боковое меню «Deawer» приложения.

Боковое меню «Deawer» (рисунок 2) приложения можно открыть с любого экрана, если потянуть его с левой стороны экрана вправо.

На экране профиля (рисунок 3) пользователя можно перейти на экран авторизации (кнопка «выход»).

На экране «Документы» (рисунок 4) можно перейти на экран быстрого выбора документов (кнопка меню), либо листать вкладки или экраны, смещая вправо и влево.

Так же доступно нижнее меню, с которого можно вернуться на главный экран, открыть боковое меню или зайти в профиль.

На экране поручения (рисунок 5) можно выбрать два типа поручений:

- Я поручил
- Мне поручили

В зависимости от типа поручений изменяется количество отображаемых вкладок и отображаемая информация.

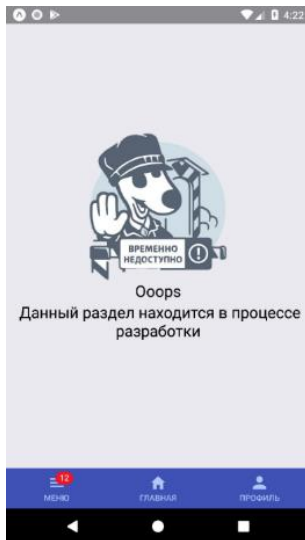


Рис. 1. Главный экран

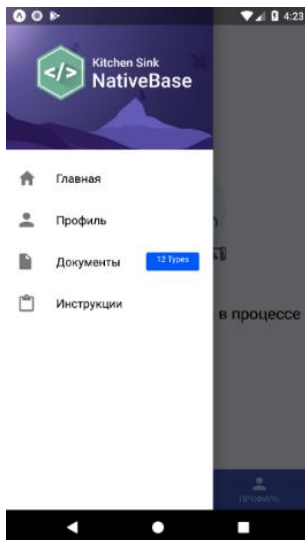


Рис. 2. Компонент Drawer

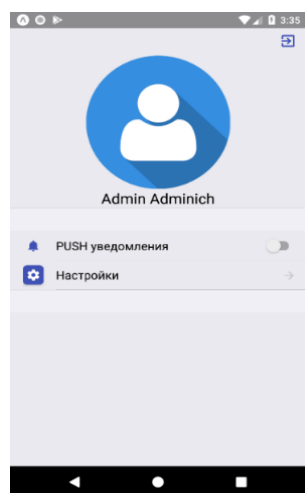


Рис. 3. Экран профиля пользователя

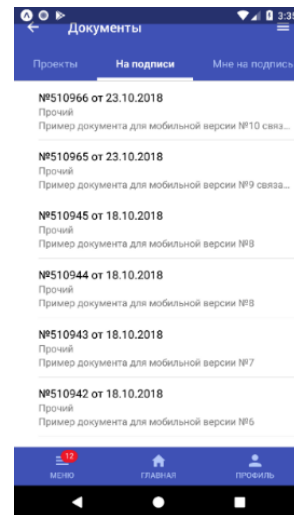


Рис. 4. Документы на подпись

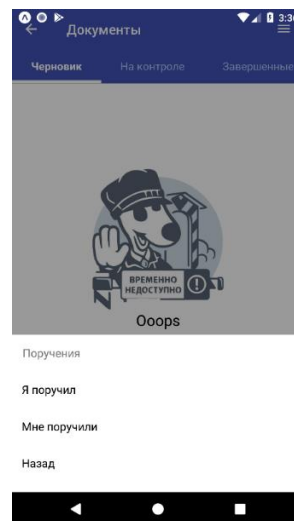


Рис. 5. Экран инструкций

### Заключение

В результате проделанной работы был реализован основной «скелет» графического интерфейса реализуемого приложения состоящих из 5 главных экранов, хранящих в себе большое множество компонентов. А также написана библиотека, отвечающая для обращения на сервер, получения и обработка ответа с сервера. Данное приложение было протестировано на двух ОС для исправления ошибок в отображении и функционировании графического интерфейса.

### Список использованных источников

1. NativeBase// [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.nativebase.io>. (Дата обращения 20.09.2018).

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНСТРУМЕНТОВ SAS ДЛЯ ОЦЕНКИ РИСКОВ ЗАЁМЩИКОВ

А.С. Вершинин

Научный руководитель: Е.И. Губин  
Томский политехнический университет  
vershinintmsk@gmail.com, gubine@tpu.ru

## Введение

В связи с возрастающей необходимостью в автоматизации и повышении качества оценки кредитоспособности заемщика и его дальнейшего поведения, современные скоринговые модели совершенствуются благодаря использованию методов интеллектуального анализа данных и машинного обучения. Сегодня эти методы уже не являются чем-то новым, это обязательный пункт банковских бизнес-процессов.

Скоринговая модель – это статистическая модель для прогноза вероятности попадания клиента в категорию «хороший» / «плохой» в течение периода времени после выдачи кредита, в течение которого определяется поведение заемщика по данному кредиту.

К интеллектуальному анализу данных принадлежит большое количество аналитических методов, которые обычно делятся на две большие категории: поиск закономерностей и прогнозное моделирование. SAS Enterprise Miner содержит множество методов и инструментов для поиска закономерностей и прогнозного моделирования. Программный продукт SAS Enterprise Miner (разработчик SAS Institute Inc.) - это интегрированный компонент системы SAS, созданный специально для выявления в огромных массивах данных информации, которая необходима для принятия решений. Разработанный для поиска и анализа глубоко скрытых закономерностей в данных SAS, Enterprise Miner включает в себя методы статистического анализа, соответствующую методологию выполнения проектов Data Mining (SEMMA) и графический интерфейс пользователя.

В данной работе для построения скоринговой модели рассматриваются такие статистические мо-

дели, как логистическая регрессия и деревья решений. Для построения модели были отобраны данные о заемщиках на основе анкетных данных.

Построение скоринговой модели подразумевает простой тип прогнозирования – решение или классификация. Такое прогнозирование обычно связано с категориальной переменной, что соответствует задачи принятия решения о заемщике.

Для подготовка исходных данных были использованы инструменты замены и импутации данных. Все интервальные переменные, значения которых отличались от среднего значения этой переменной более чем на три стандартных отклонения, были заменены на пропущенные значения. Кроме этого, были объединены разные уровни некоторых категориальных входных переменных. Далее интервальные входные переменные содержащие пропущенные значения, были заменены на среднее по всем непропущенным значениям этой переменной.

Такой подход исключает проблему неполных наблюдений. Любые изменения обучающий данных также распространяются на проверочные данные и другие данные из той же генеральной совокупности. Модель, построенная на измененных обучающих данных, не является смещенной, если те же изменения сделаны для любого другого набора данных, который обрабатывается этой моделью.

В ходе работы было построено дерево решений, где наблюдения оцениваются с помощью правил прогноза. Алгоритм поиска разбиения упрощает выбор входных переменных, а сложность модели управляется «обрубкой» дерева решений. На следующем рисунке изображено построенное дерево решений.

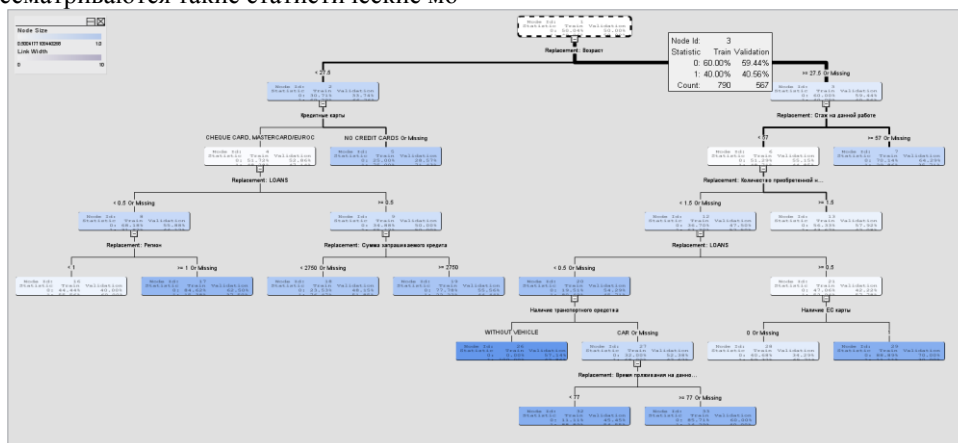


Рис. 1. Дерево решений

Основываясь на степени важности входных переменных и вероятностях, определенных алгоритмом дерева решений уже можно делать некоторые выводы по процессу принятия решения о заемщиках («хороший»/ «плохой»).

Для построения скоринговой карты была использована модель логистической регрессии с использованием метода пошагового добавления-удаления переменных. Результат построения скоринговой карты можно увидеть на рисунке 2.

Scorecard		Scorecard Points
Imputed: Replacement: Возраст (IMP_REP_AGE)	IMP_REP_AGE < 25	-1
	25 <= IMP_REP_AGE < 28	5
	28 <= IMP_REP_AGE < 33	18
	33 <= IMP_REP_AGE < 45, _MISSING_	25
	45 <= IMP_REP_AGE	34
Imputed: Replacement: Количество приобретенной недвижимости (IMP_REP_PERS_H)	IMP_REP_PERS_H < 2, _MISSING_	10
	2 <= IMP_REP_PERS_H < 3	22
	3 <= IMP_REP_PERS_H < 4	23
	4 <= IMP_REP_PERS_H < 5	20
	5 <= IMP_REP_PERS_H	19
Imputed: Replacement: Стаж на данной работе (IMP_REP_TMJOB1)	IMP_REP_TMJOB1 < 18	7
	18 <= IMP_REP_TMJOB1 < 60, _MISSING_	14
	60 <= IMP_REP_TMJOB1 < 144	23
	144 <= IMP_REP_TMJOB1 < 240	29
	240 <= IMP_REP_TMJOB1	44
Replacement: Кредитные карты (REP_CARDS)	NO CREDIT CARDS, OTHER CREDIT CAR, _MISSING_, _UNKNOWN_	14
	CHEQUE CARD, MASTERCARD/EUROC	25
Replacement: Общий доход (REP_INCOMETOTAL)	REP_INCOMETOTAL < 3500	25

Рис. 2. Скоринговая карта

### Заключение

В результате построения модели была произведена оценка эффективности модели по точности или ошибке классификации, прибыли или убыткам, и по статистике Колмагорова-Смирнова (KS). Точность и ошибка классификации подсчитывают правильные и неправильные прогнозы типа решений. В результате были получены следующие оценочные статистики: ошибка классификации – 0,36; KS – 0,3; коэффициент Gini – 0,37; Roc индекс – 0,69.

Последующими задачами данной работы являются оптимизация сложности регрессии, построение новых моделей, сравнение моделей и их применение.

### Список использованных источников

1. Построение скоринговых карт с использованием модели логистической регрессии [Текст] // Интернет журнал «Науковедение» Выпуск 2, март - апрель 2014.
2. Особенности применения методов Data Mining в скоринговых решениях для коммерческих банков [Текст]// Журнал «Научные записки молодых исследователей» №3 – 2017 – С.5.
3. Прикладная аналитика с SAS Enterprise Miner [Текст]/ SAS Institute Inc. – 2015.

# РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА НАЙМА ПЕРСОНАЛА

К.О. Борухина

Н.А. Шестаков

Томский политехнический университет

kob4@tpu.ru

## Введение

Для успешного роста и развития любой организации важной задачей является ее обеспечение качественным персоналом. Подбор персонала зачастую представляет собой монотонный ручной труд и для упрощения работы с кандидатами по вакансиям, необходимо наличие информационных систем, обладающих возможностью интеграции с сайтами для поиска работы и почтовыми службами, способных хранить и обрабатывать информацию по потенциальным кандидатам, и предоставлять нужные данные сотрудникам по подбору персонала.

Целью данной работы является проектирование и разработка системы для автоматизации работ по подбору персонала для ООО «РубиусГрупп».

## Бизнес-процесс работы с кандидатом

При найме на работу нового сотрудника происходят следующие процессы. Кандидаты откликаются на вакансию через сайт «hh.ru», сайт организации или через почту, отправляя свои резюме. Далее происходит первичный отсев кандидатов. Если кандидат подходит, то начинается переписка. Дальше выдается тестовое задание, и происходит его проверка специалистами и в зависимости от результатов его выполнения назначается или нет техническое собеседование.

В отделе кадров много монотонной работы. Для обработки данных и работы с кандидатом используются различные приложения, что приводит к разрозненности информации. Нет единого места, где можно просмотреть и сохранить всю информацию о кандидате: переписку, результаты собеседований, личные данные. Из-за того, что вся информация хранится в разных местах, нельзя быстро находить интересующие данные.

## Описание варианта решения

Существуют различные варианты для решения поставленной задачи: данные можно обрабатывать в существующей полнофункциональной HRM-системе, другим вариантом является разработка собственных систем для хранения, обработки и предоставления данных. Второй способ можно реализовать в виде разработки настольной информационной системы или разработки веб-приложения. Был выбран последний подход ввиду ряда причин [1]:

- Для корректной работы веб-приложения не требуют установки объемного программного обеспечения на компьютеры заказчика. Необходимо лишь доступ к интернету и браузер.

- Веб-приложение не требует специальной конфигурации и администрирования.

- Обновление данных, интерфейса и функционала приложения будет происходить автоматически, нет необходимости производить синхронизацию данных.

- Работать с веб-приложением можно фактически из любой точки, где есть доступ к интернету.

## Проектирование базы данных

На основе проведенного анализа системы была спроектирована база данных, состоящая из 9 сущностей (диаграмма представлена на рис. 1). «Applicants» – таблица для хранения данных о соискателях. «Applications» – таблица, содержащая информацию о заявках. «Status» - таблица-справочник, хранящая список возможных состояний кандидата. «StatusTypes» по аналогии хранит список возможных подстатусов. «StatusHistories» предназначена для хранения архивной информации о статусах, которые данный кандидат прошел. «Vacancies» – таблица для хранения вакансий организации. «Chats» - таблица для хранения переписки. Переписка может вестись между пользователем и кандидатом и между пользователем и другим пользователем. «Questions» - таблица-справочник, хранящая список возможных вопросов, которые задаются соискателям на сайте hh.ru. «Answers» - таблица для хранения информации об ответах соискателей на вопросы на сайте hh.ru.

## Проектирование веб-приложения

При проектировании архитектуры внимание уделялось компонентной архитектуре системы. Основу системы составляют пять компонент: сервер, СУБД, сервис-поставщик данных о вакансиях и соискателях (HeadHunter API), почтовые сервисы и клиенты.

Компонент «Сервер» - сервер, на котором развёртываются следующие подкомпоненты: «DataAccessLibrary» - библиотека для доступа к данным базы данных. «HR», который представляет собой приложение, содержащее логику взаимодействия с клиентами, отправляющее им необходимую информацию, работающих непосредственно с библиотекой для доступа к данным. Данные от «HR» к клиентским компонентам будут передаваться по протоколу HTTP.

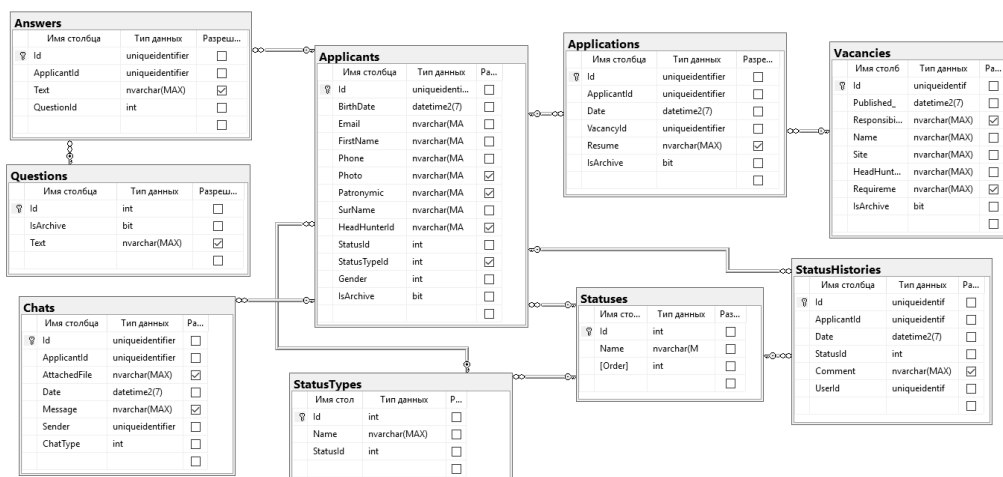


Рис. 1. Диаграмма базы данных

- Компонент «СУБД MS SQL Server 2017» - установленная на компьютере-сервере СУБД для управления базой данных.

- Компонент «ChromeExtension» - библиотека, обеспечивающая функционирование плагина для браузера Chrome. Плагин работает исключительно с библиотекой для доступа к данным.

- Компонент «MailIntegrator» - приложение, которое содержит логику для интеграции с почтой. Приложение работает с библиотекой для доступа к данным.

- В качестве клиентской компоненты будет использоваться браузер.

#### Реализация

При реализации системы использован фреймворк ASP.NET Core и шаблон MVC (Model-View-Controller) [2]. Веб-страницы генерируются на сервере при помощи фреймворка (язык разметки Razor). Также в клиентской части для интерактивности использован язык JavaScript и технология AJAX. Для создания элементов интерфейса с нестандартным поведением и внешним видом использованы такие фреймворки, как: jQuery, Telerik UI for ASP.NET Core, Bootstrap.

В качестве источника пользовательских данных в системе используется служба каталогов AD как источник, необходимых для аутентификации пользователей посредством протокола LDAP (LDAP-аутентификация).

Для связи приложения с веб-сервисами использована библиотека RestSharp, которая поддерживает автоматическую XML- и JSON-десериализацию, поддерживает вызов HTTP методов GET, POST, PUT, DELETE [3].

В компоненте «DataAccessLibrary» были разработаны 5 сервисов, для предоставления и обработки данных, связанных с пользователями

системы, кандидатами, вакансиями, статусами и чатом. Основу структуры компоненты «HR» составляют 7 контроллеров: «Account» - для реализации логики авторизации и аутентификации; «Applicants» - для управления данными, которые относятся к кандидату; «Applications» - для описания логики работы с заявками; «Statuses» - для реализации логики работы со статусами; «Chat» - контроллер, отвечающий за отображение чата на странице; «ChatApi» - apiController, отвечающий за ведение переписки пользователя с кандидатами или другими пользователями; «Vacancies» - контроллер, отвечающий за отображение списка вакансий и загрузку их с сайта «HeadHunter».

#### Заключение

Результатом выполнения работы является разработанная система для автоматизации процесса найма персонала. Система была развернута и уже используется в организации ООО «РубиусГрупп». В будущем планируется интеграция разработанной системы с сайтом организации, дополнение ее новыми функциональными возможностями.

#### Список использованных источников

1. Бейм К.О., Проектирование информационно-картографической системы гидрохимической информации // Сборник трудов XIII Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодежь и современные информационные технологии». Томск, 9-13 ноября 2015 г. – 2016 – Томск: Изд-во ТПУ. – Т. 2 – 63 - 64 с.

2. Шаблон MVC. [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Model-View-Controller> (дата обращения: 30.09.18).

3. RestSharp. [Электронный ресурс]. URL: <https://stackify.com/restsharp/> (дата обращения: 30.09.18).

# ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС УЧЕТА ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СТРУКТУРНОГО ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ

Д.А. Агеенко

Научный руководитель: к.т.н., доцент Д.Г. Лагерева  
Брянский государственный технический университет  
warmont.32rus@yandex.ru

## Введение

В современном обществе, для эффективного функционирования государственного образовательного учреждения, большое значение имеет состояние его материально-технического обеспечения. Бесперебойная работа и надежность оборудования во многом определяют качество образовательного процесса.

При внезапной поломке инструментария, это серьезно сказывается на продуктивности труда и образовательной деятельности учреждения, следовательно, необходимо наличие системы, позволяющей следить за состоянием оборудования.

Очень часто встречается ситуация, когда компоненты одного персонального компьютера, например, монитор и системный блок, находятся в разных помещениях. Все приспособления и принадлежности персонального компьютера, без которых данный объект не может использоваться в качестве средства труда, включается в состав единого объекта основных средств. Это приводит к проблеме о необходимости следить за перемещением каждого компонента персонального компьютера [1].

Для решения данных проблем было принято решение разработать программный комплекс, который позволил бы вести учет компьютерного оборудования внутри бюджетного учреждения, а также анализировать и прогнозировать состояние различного оборудования.

## Описание архитектуры

Спроектированная архитектура программного комплекса представляет из себя классическое клиент-серверное приложение.

На серверной стороне находятся автономные механизмы контроля текущего состояния компьютерного оборудования и база данных. Также, для возможности анализа и прогнозирования состояния оборудования и возможных закупок, было спроектировано хранилище данных.

В качестве клиентских приложений выступают три различные версии программного обеспечения.

Автоматизированное рабочее место предназначено для административного персонала, и должно соответствовать всем поставленным функциональным требованиям к программному продукту.

Веб-приложение и мобильное приложение используются в качестве информационной среды для обслуживающего персонала.

Архитектура программного комплекса представлена на рисунке 1.

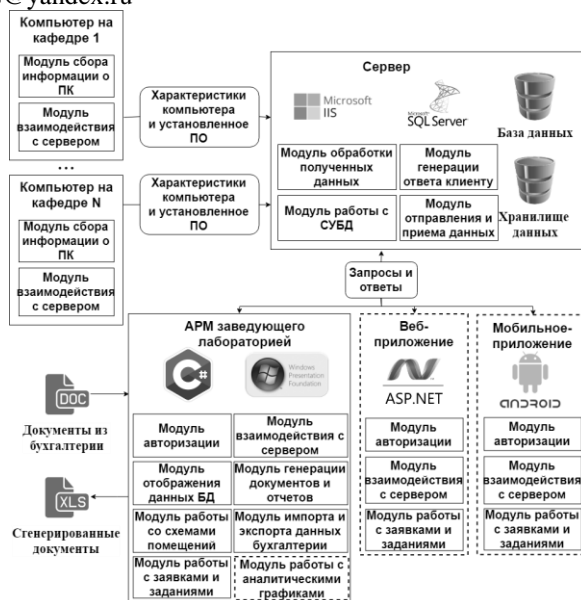


Рис. 1. Архитектура программного комплекса

## Разработка программного комплекса

Так как все приложения программного комплекса разрабатываются под платформу .Net Framework, то в качестве языка программирования для АРМ (автоматизированного рабочего места) был выбран язык C# [2, 3]. Для создания привлекательного и удобного интерфейса, были использованы компоненты, от компании DevExpress [4].

В качестве среды разработки системного программного обеспечения был использован продукт Microsoft Visual Studio 2017 [5].

В качестве СУБД используется MS SQL Server 2014 [6].

Ниже представлен список реализованных в рамках данной работы модулей для АРМ:

- Модуль авторизации – так как доступ осуществляется к достаточно важной и ценной информации, то необходимо ограничить доступ для посторонних лиц.
- Модуль взаимодействия с сервером – позволяет подключаться к серверу, отправлять и получать данные.
- Модуль отображения данных БД – данный модуль предоставляет информацию бизнес-пользователю в необходимом формате.
- Модуль генерации документов и отчетов – так как при работе с учетом оборудования необходимо поддерживать достаточно большой документооборот, то было решено разработать модуль, который позволит быстро формировать нужную документацию.

- Модуль работы с заявками и заданиями – позволяет выдавать задания и поручения обслуживающему персоналу.
- Модуль работы со схемами помещений – позволяет визуальное отображение расположения всех инвентарных объектов на схеме помещения.

Интерфейс АРМ с окном для добавления нового инвентарного объекта изображен на рисунке 2.

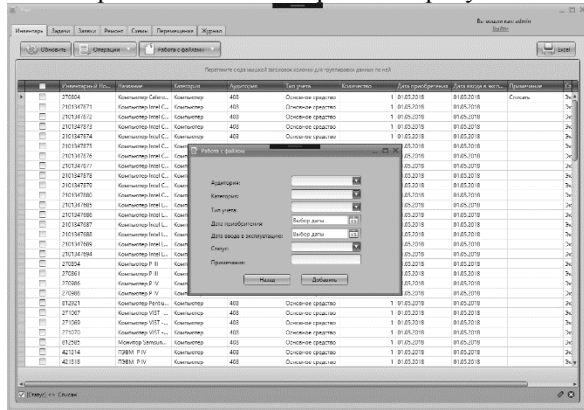


Рис. 2. Интерфейс разработанного приложения

Для более оперативного поиска инвентарных объектов, был разработан интерфейс с поддержкой функционала «Drag-and-drop», который позволяет создавать и редактировать схемы помещений. При необходимости, данные схемы можно распечатать. Пример одной из возможных схем помещения продемонстрирован на рисунке 3.

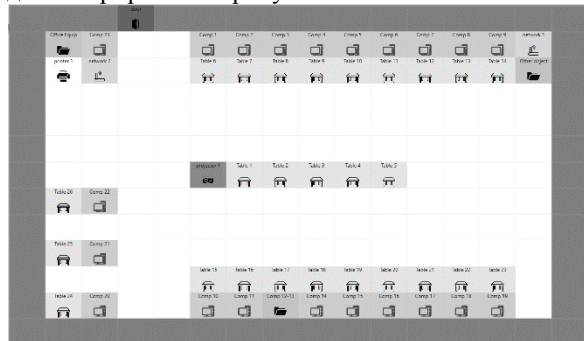


Рис. 3. Пример размещения объектов на схеме помещения

## Заключение

В результате выполнения данной работы была исследована предметная область, спроектирована архитектура разрабатываемого программного комплекса, реализовано и внедрено автоматизированное рабочее место заведующего лабораторией, которое уже сейчас позволяет выполнять ряд следующих задач:

- постановка на учет нового инвентаря;
- проведение и слежение за состоянием ремонта оборудования;
- списание инвентаря;
- журналирование всех операций, связанных с оборудованием;
- отслеживание текущего размещения компонентов инвентарного объекта;
- размещение объектов учета на визуальных схемах помещений;
- импорт и экспорт отчетной документации.

Использование разработанного программного комплекса в бюджетных учреждениях позволит значительно упростить процесс ведения учета оборудования, уменьшить риск возникновения проблем, связанных с возможным выходом из строя оборудования, а также, позволит составить оптимальный план закупок нового оборудования и комплектующих.

В процессе поддержки и сопровождения, планируется дополнить программный комплекс интерфейсом с возможностью обработки аналитических данных. Как наиболее перспективный вариант, рассматривается возможность интеграции отчетов, построенных при помощи продукта «Power BI» с данным программным комплексом.

В дальнейшем планируется разработать многомерное хранилище данных и аналитический модуль, наличие которых позволит организовать хранение всей исторической информации о закупках, перемещении, ремонте и списании объектов учета, и использовать данную информацию для прогнозирования поломок оборудования.

## Список использованных источников

1. Чувилова, В.В. Бухгалтерский учет и анализ: Учебник для бакалавров / В.В. Чувилова, Т.Б. Иззука. – М.: Дашков и К, 2015. – 248с.
2. Шилдт, Г. С# 4.0. Полное руководство / Г. Шилдт. – М.: Вильямс, 2015. – 1056с.
3. Рихтер, Д. CLR via C#. Программирование на платформе Microsoft.NET Framework 4.5 на языке C# / Д. Рихтер. – М.: Питер, 2017. – 896с.
4. WPF Controls / DevExpress [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.devexpress.com/Products/NET/Controls/WPF>
5. Мартин, Р. Чистый код: создание, анализ и рефакторинг. / Р. Мартин. – М.: Питер, 2016. – 464с.
6. Бондарь, А. Microsoft SQL Server 2014 / А. Бондарь. – М.: БХВ-Петербург, 2015. – 592с.



# РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫХ КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ

Р.А. Чугунов, А.Д. Кульневич  
Научный руководитель: С.В. Аксенов  
Томский политехнический университет  
manofnovel@gmail.com

Целью работы являлась разработка информационной системы для поддержки междисциплинарных курсовых проектов. Предложен проект десктопного приложения, осуществляющего поддержку при работе с междисциплинарными курсовыми проектами.

Ключевые слова: C#, ADO.Net, SQL, образование, междисциплинарный курсовой проект

## Введение

Разработанная информационная система обеспечивает контроль за выполнением междисциплинарных курсовых проектов и формирование связей между дисциплинами и компетенциями, которые задействованы в соответствующих проектах.

## Обзор существующих решений

Необходимо рассмотреть существующие решения, которые применяются в высших учебных заведениях страны для работы с учебными планами и учитывают деятельность студентов.

Тандем.Университет – комплексное решение для автоматизации основных процессов поддержки управления основной деятельностью государственных, автономных и коммерческих образовательных организаций высшего и среднего профессионального образования [1].

Данное программное решение, построено по модульному принципу, что позволяет конфигурировать необходимый состав модулей, под задачи конкретного высшего учебного заведения.

В рамках данной системы не рассматривается понятие курсового проекта, а значит отсутствуют инструменты для работы с междисциплинарными курсовыми проектами на различных этапах его выполнения.

Информационно-аналитическая система Ланит для высших учебных заведений - является эффективным инструментом управления деятельностью ВУЗа по ключевым показателям, обеспечивающим формирование аналитической, регламентированной отчетности и нетиповых отчетов для принятия управленческих решений на основе данных из различных учетных систем [2].

В рамках данной системы не предусмотрена непосредственная работа в рамках учебного процесса, например, формирования учебной программы или плана междисциплинарных курсовых проектов. Данная система предназначена исключительно для осуществления анализа и формирования различных отчетов по данным, которые хранятся в самой системе или смежных с ней.

Для разрабатываемой информационной системы были предъявлены следующие требования:

- ведение справочников по дисциплинам, компетенциям и междисциплинарным курсовым проектам;
- хранение документов с курсовыми проектами;
- формирование отчетов;
- предоставление необходимой справочной информации по междисциплинарным курсовым проектам;
- инструменты по формированию списка тем для междисциплинарного курсового проекта;
- сопровождение междисциплинарного курсового проекта на всех этапах выполнения.

## Проектирование базы данных

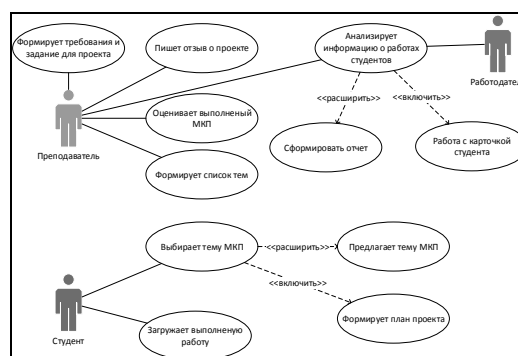


Диаграмма вариантов использования

На основе требований, предъявляемых приложению, необходимо выделить функции будущей системы и пользователей, которые с ней будут взаимодействовать. Для описания функциональных требований была сформирована диаграмма вариантов использования приложения, представленная на рисунке.

## Создание реляционной модели данных

На основе ER – диаграммы была сформирована реляционная схема, на основе данной схемы была сформирована база данных с помощью системы управления базами данных, которая будет выбрана в дальнейшем при проектировании информационной системы.

В проектируемой информационной системе будет использована модель доступа к удаленной базе данных.

## Разработка приложения

Как было определено ранее, данная информационная система является десктопным приложением и состоит из трех основных частей:

- слой представления;
- слой бизнес-логики (функции системы);
- доступа к данным.

При разработке графического интерфейса был использован интерфейс программирования приложений – Windows Forms.

Данные учетной записи пользователя хранятся на сервере в базе данных, при попытке авторизации пользователя пара значений «логин-пароль», проверяются на соответствие с хранимой парой в базе данных. Пароль в БД представляет из себя последовательность знаков, полученную после применения алгоритма MD5 для хеширования пароля.

Учитывая то, что приложения могут использовать три типа пользователей: «Преподаватель», «Студент», «Работодатель». У каждого типа пользователей должны быть доступны различные функции в рамках приложения, для этого у разного типа пользователей будет инициализироваться разный набор элементов на форме, соответствующий функциям доступным для конкретного типа пользователей.

Слой приложения включает в себя следующие подсистемы:

1. Подсистема «Управления междисциплинарными курсовыми проектами» отвечает за работу со списками планируемых курсовых проектов.
2. Подсистема «Поддержки проектов на различных этапах выполнения». Содержит методы по сопровождению проектов на различных этапах работы над ними.
3. Подсистема работы с текстовыми документами по проектам. Отвечает за загрузку документов в базу данных и сохранение их на компьютер пользователя из базы данных.
4. Подсистема генерации отчетов. Отвечает за формирование отчетов по заранее сформированным шаблонам.

Для работы базой данных с помощью технологии ADO.Net были сформированы классы, отражающие структуру таблиц базы данных, типы используемых данных и связи между соответствующими таблицами. Для получения, добавления и редактирования данных были написаны методы для работы с определенными классами и переменными в рамках приложения.

Для выполнения различных действий с данными используются транзакции. Для выполнения транзакций используются запросы к базе данных. В рамках приложения данные запросы формируются с помощью LINQ с использованием лямбда-выражений, на основе которых формируется логика запроса к базе данных.

### Заключение

Цель данного проекта – разработка информационной системы поддержки междисциплинарных курсовых проектов.

Результатом выполнения проекта стала разработка полнофункциональной информационной системы, которая соответствует проекту и обладает следующими функциями:

- ведение справочников по дисциплинам, компетенциям и междисциплинарным курсовым проектам;
- хранение документов с курсовыми проектами;
- формирование отчетов;
- инструменты по формированию списка тем для междисциплинарного курсового проекта;
- сопровождение междисциплинарного курсового проекта на всех этапах выполнения.

### Список использованных источников

1. Информационно-аналитическая система для ВУЗа [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://lanit-consulting.ru/products/lanit/vuz/>
2. Программный комплекс "ПЛАНЫ" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mmis.ru/programs/plany>

# DATA CLEANING FOR DATA ANALYSIS

Huang Shan, E. Gubin  
Tomsk Polytechnic University  
gubine@tpu.ru

## Introduction

Data preprocessing step is often ignored. However, it is a crucial step in data mining process, because if you put garbage in, you get garbage out. Data gathering is not always strictly controlled, so the data usually contains such imperfections as missing values, odd values (Age: -10), impossible data combinations (Gender: Male, Pregnant: Yes) etc. Performing analysis on the data that has not been preprocessed may lead to problems and misleading results. That is why the quality of the data is first.

If there is much irrelevant and redundant information or unreliable data, the quality of consequent analysis is nothing but poor. Thus, although this step may take considerable amount of time, it should not be omitted. Data preprocessing includes cleaning, normalization, transformation, feature extraction and selection, etc. The object of study is credit scoring dataset. The subject of study are methods of data cleaning.

The goal of the study is to develop and investigate algorithm of data cleaning for data analysis.

## 1. Formulation of the problem

Raw data is highly susceptible to noise, missing values, and inconsistency. The quality of data affects the data mining results. In order to help improve the quality of the data and, consequently, of the mining results raw data is preprocessed to improve the efficiency and ease of the mining process. Data preprocessing is one of the most critical steps in a data mining process, which deals with the preparation and transformation of the initial dataset. Data preprocessing methods are divided into following categories [1]: 1) data cleaning, 2) data integration, 3) data transformation and 4) data reduction.

Data cleaning routines work to clean the data by filling in missing values, smoothing noisy data, identifying or removing outliers, and resolving inconsistencies. Although most mining routines have some procedures for dealing with incomplete or noisy data, they are not always robust. Instead, they may concentrate on avoiding overfitting the data to the function being modeled. The tasks of data cleaning are: 1) missing values imputation, 2) identifying outliers, 3) correction inconsistent data, 4) resolving redundancy caused by data integration

Incomplete data can occur for a number of reasons. Attributes of interest may not always be available, such as customer information. Other data may not be included simply because it was not considered important at the time of entry. Relevant data may not be recorded due to a misunderstanding, or because of equipment malfunctions. Data that were inconsistent with other recorded data may have been deleted. Furthermore, the recording of the history or modifications to the data may have been overlooked. Missing data, particularly

for tuples with missing values for some attributes, may need to be inferred. Data can be noisy, having incorrect attribute values, owing to the following. The data collection instruments used may be faulty. There may have been human or computer errors occurring at data entry. Errors in data transmission can also occur. There may be technology limitations, such as limited buffer size for coordinating synchronized data transfer and consumption. Incorrect data may also result from inconsistencies in naming conventions or data codes used. Duplicate tuples also require data cleaning.

## Missing Data

Depending on what causes missing data, the gaps will have a certain distribution. Understanding this distribution may be helpful in two ways. First, it may be employed as background knowledge for selecting an appropriate imputation algorithm. Second, this knowledge may help to design a reasonable simulator, that removes missing data from a test set. Such a simulator will help to generate data where the true values (i.e., the potentially ideal imputation data) is known. Hence, the quality of an imputation algorithm can be tested [2].

Missing data mechanisms can be divided into three categories: 1) missing completely at random (MCAR), 2) missing at random (MAR), 3) Missing not at random (MNAR)

In practice, assigning data gaps to a category can be blurry, because the underlying mechanisms are simply unknown. While MAR and MNAR diagnosis needs manual analysis of the patterns in the data and application of domain knowledge, MCAR can be tested for with t-test or Little's test [3]. The vast majority of missing data methods require MAR or MCAR, since the missing data mechanism is said to be ignorable for them [4]. Since MAR enables imputation algorithms to employ correlations with other variables, algorithms can achieve better results than for MCAR. MNAR is called non-ignorable, because in order to do the imputation a special model for why data is missing and what the likely values are has to be included.

## Outliers

Outliers are extreme values that deviate from other observations on data, they may indicate a variability in a measurement, experimental errors or a novelty. In other words, an outlier is an observation that diverges from an overall pattern on a sample.

Outliers can be of two kinds: 1) univariate, 2) multivariate

Univariate outliers can be found by looking at a distribution of values in a single feature space. Multivariate outliers can be found in a n-dimensional space (of n-features).

Outliers can also come in different flavors, depending on the environment: 1) point outliers, 2) contextual outliers, 3) collective outliers.

Point outliers are single data points that lay far from the rest of the distribution. Contextual outliers can be noise in data, such as punctuation symbols when realizing text analysis or background noise signal when doing speech recognition. Collective outliers can be subsets of novelties in data such as a signal that may indicate the discovery of new phenomena.

## 2. Overview of current solutions

### Missing data, discarding data

Many missing data approaches simplify the problem by throwing away data. These approaches may lead to biased estimates. In addition, throwing away data can lead to estimates with larger standard errors due to reduced sample size.

### Complete-case analysis

A direct approach to missing data is to exclude them. In the regression context, this usually means complete-case analysis: excluding all units for which the outcome or any of the inputs are missing.

Two problems arise with complete-case analysis:

1) If the units with missing values differ systematically from the completely observed cases, this could bias the complete-case analysis. 2) If many variables are included in a model, there may be very few complete cases, so that most of the data would be discarded for the sake of a simple analysis.

### Available-case analysis

Another simple approach is available-case analysis, where different aspects of a problem are studied with different subsets of the data.

This approach has the problem that different analyses will be based on different subsets of the data and thus will not necessarily be consistent with each other. In addition, as with complete-case analysis, if the non-respondents differ systematically from the respondents, this will bias the available-case summaries. Available-case analysis also arises when a researcher simply excludes a variable or set of variables from the analysis because of their missing-data. In a causal inference context (as with many prediction contexts), this may lead to omission of a variable that is necessary to satisfy the assumptions necessary for desired (causal) interpretations.

### Univariate imputation

Rather than removing variables or observations with missing data, another approach is to fill in or “impute” missing values. A variety of imputation approaches can be used that range from extremely simple to rather complex. These methods keep the full sample size, which can be advantageous for bias and precision; however, they can yield different kinds of bias, as detailed in this section. Whenever a single imputation strategy is used, the standard errors of estimates tend to be too low. The intuition here is that we have substan-

tial uncertainty about the missing values, but by choosing a single imputation we in essence pretend that we know the true value with certainty.

### Mean imputation

Perhaps the easiest way to impute is to replace each missing value with the mean of the observed values for that variable. Unfortunately, this strategy can severely distort the distribution for this variable, leading to complications with summary measures including, notably, underestimates of the standard deviation. Moreover, mean imputation distorts relationships between variables by “pulling” estimates of the correlation toward zero.

### Last observation carried forward

In evaluations of interventions where pre-treatment measures of the outcome variable are also recorded, a strategy that is sometimes used is to replace missing outcome values with the pre-treatment measure. This is often thought to be a conservative approach (that is, one that would lead to underestimates of the true treatment effect). However, there are situations in which this strategy can be anticonservative. For instance, consider a randomized evaluation of an intervention that targets couples at high risk of HIV infection. From the regression-to-the-mean phenomenon, we might expect a reduction in risky behavior even in the absence of the randomized experiment; therefore, carrying the last value forward will result in values that look worse than they truly are. Differential rates of missing data across the treatment and control groups will result in biased treatment effect estimates that are anticonservative.

## 3. Conclusion

The proposed algorithm includes applying different methods to the given data and comparing their performance by further accuracy check of classification algorithms applied to the cleaned data.

## Bibliography

1. Anshu B. Data Preprocessing Techniques for Data Mining // Data Mining Techniques and Tools for Knowledge Discovery in Agricultural Datasets. New Delhi, 2011. P. 6.
2. Moritz S. et al. Comparison of different Methods for Univariate Time Series Imputation in R // CoRR. 2015. Vol. abs/1510.03924.
3. Little R.J.A. A Test of Missing Completely at Random for Multivariate Data with Missing Values // J. Am. Stat. Assoc. Taylor & Francis, 1988. Vol. 83, № 404. P. 1198–1202.
4. RUBIN D.B. Inference and missing data // Biometrika. 1976. Vol. 63, № 3. P. 581–592.

# «ЦИФРОВОЙ СЛЕД», КАК ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ИСХОДНЫХ ДАННЫХ СКОРИНГ-МОДЕЛЕЙ ПОТЕНЦИАЛЬНОГО ЗАЁМЩИКА

А.Б. Андреева

Научный руководитель: А.О. Савельев

Томский политехнический университет

aba17@tpu.ru

## Введение

Цифровой след (англ. digital footprint) — данные о посещениях и вкладе пользователя во время пребывания в цифровом пространстве. Цифровой след обеспечивает базу данных и фактов, имеющих отношение к работе кого-либо в цифровой среде. Это могут быть личные профили и учетные записи в социальных сетях, информация о посещаемых сайтах, открытые, созданные файлы, личные сообщения, комментарии, видео, фотографии, персональные данные пользователя.

Цифровые следы являются предметом сбора и исследования некоторых организаций, например, занимающихся онлайн-опросами. Также они могут использоваться правоохранительными органами для получения информации. Социальные медиа используют цифровой след для анализа личных интересов пользователей Интернета. Такие данные могут быть собраны и проанализированы без ведома пользователя, чтобы воссоздать его личность [1].

В банковской сфере применение технологии Digital Footprint на сегодняшний день встречается редко. Однако ее использование сможет способствовать более эффективному

функционированию системы банковского кредитования – повысить качество исходных данных для скоринг-моделей потенциальных заемщиков.

Скоринг представляет собой математическую или статистическую модель, с помощью которой на основе информации, известной о заемщике, банк определяет вероятность того, что потенциальный заемщик вернет кредит в срок. Задачи, решаемые с помощью кредитного скоринга:

1. Выявление кредитоспособных клиентов и формирование стратегии по их сохранению.

2. Предсказание будущего поведения существующих должников, выделение недобросовестных клиентов, уменьшение вероятности возникновения проблемных ссуд.

3. Выбор оптимальных схем поведения для сокращения числа должников.

Таким образом, задача кредитного скоринга состоит не только в выявлении платежеспособности заемщика, а также в привлечении добросовестных клиентов[2]. Процесс принятия решения о выдаче займа с использованием технологии «Digital footprint» представлен на рисунке 1.

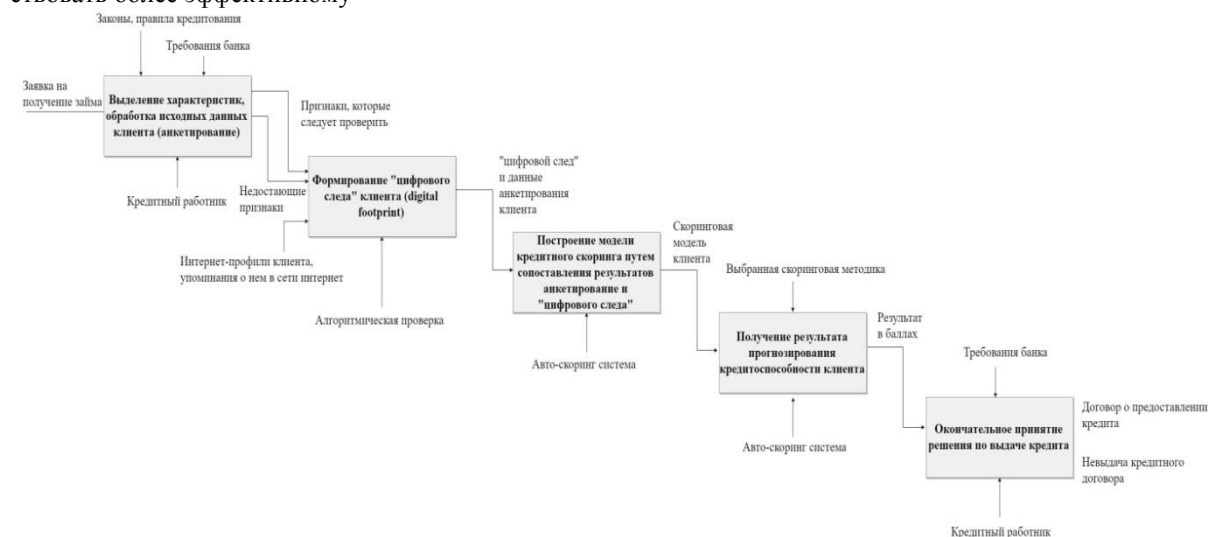


Рис. 1. IDEF-диаграмма процесса принятия решения о выдаче займа

## Задачи каждого из основных этапов процесса принятия решения о выдаче займа

*Обработка исходных данных клиента:*

1) Выделение характеристик клиентов и их признаков, которые принимают данные переменные.

*Формирование «цифрового следа» клиента:*

1) Восполнение недостающей информации о клиенте, формирование цифрового следа.

2) Проверка информации известной о клиенте из

анкетирования.

*Построение модели кредитного скоринга путем сопоставления результатов анкетирования и результатов «цифрового следа»:*

1) Построение скоринг-модели определения кредитного рейтинга заемщика.

2) Нахождение закономерности между данными профилей и целевыми переменными банка, которые влияют на решение.

- 3) Выявление попыток мошенничества.
- 4) Определение рисков, связанных с осуществлением сделки с конкретным потенциальным заемщиком, на основании оценки определенного набора его характеристик.

*Получение результата прогнозирования кредитоспособности клиента:*

- 1) Определение вероятности того, что конкретный потенциальный заемщик вернет кредит в срок.
- 2) Расчет конечного показателя.

*Окончательное решение по выдаче кредита:*

- 1) Принятие правильного решения относительно предоставления кредита, снижение рисков.
- 2) Проведение повторной проверки клиента, если принять решение не дается.

Скоринг-модель потенциального заемщика составляется на основе его «цифрового следа» и данных анкетирования. Скоринговая система оценки клиентов банка, как правило, содержит три раздела: информация по кредиту, сведения о клиенте, финансовое положение клиента.

Каждый клиент  $\{Z_i\}$ ,  $i = 1, \dots, n$ , имеет множество наборов данных полученных с помощью технологии Digital footprint:

$$DF = (I_1, I_2, I_3, \dots), \text{ где}$$

$I_1$ : Анализ данных взятых из социальных сетей клиента (возраст, образование, стаж и т.п.)

$I_2$ : Анализ лайков, групп, друзей и т.п.

$I_3$ : Анализ «языка» постов и сообщений.

$I_4$ : Анализ баз данных государственных служб.

$I_5$ : Поиск упоминаний в сети интернет.

Все наборы данных о клиенте характеризуются  $p$  – мерным вектором признаков  $X_i = (x_{i1}, \dots, x_{ip})^T$ . Признаки определяются требованиями банка. Известна принадлежность каждого клиента  $Y_i$  к одному из двух классов кредитоспособности:

$Y = 0$  – клиент некредитоспособен;

$Y = 1$  – клиент кредитоспособен.

На основе данной выборки необходимо описать процедуры, с помощью которых можно было бы с наибольшей точностью отнести клиентов  $\{W_j\}$ ,  $j = 1, \dots, m$  к одному из классов  $k \geq 2$ ,  $X_i = (x_{i1}, \dots, x_{ip})^T$ , описывающих их.

Так как клиенты могут характеризоваться и количественными, и качественными признаками, возникает задача их классификации в пространстве разнотипных признаков. Набор признаков  $x_{i1}, \dots, x_{ip}$  представляет собой данные из анкет, которые заполняются при подаче заявки на кредит. Основной набор признаков: ФИО, дата рождения, паспортные данные, образование, адрес, семейное положение, ФИО и дата рождения родственников, сведения об основной работе, ежемесячные доходы

и расходы, информация об имеющемся имуществе, информация об имеющихся долгах и обязательствах, запрашиваемая сумма и т.д. Кроме данных из анкеты, если клиент уже брал кредит в прошлом или имеет кредит в настоящее время, в качестве признаков могут также выступать данные о кредитной истории, полученные из кредитного бюро посредством запроса [3]. Для решения поставленной задачи применимы такие модели классификации как, дискриминантный анализ, логистическая регрессия, метод опорных векторов и т.д.

### **Заключение**

В данной работе исследован подход прогнозирования кредитоспособности клиентов банка, основанный на использовании технологий digital footprint. Подход потенциально позволяет найти недостающую информацию о клиенте, либо выявить ложную, которая может кардинальным образом повлиять на его скоринговый балл, рейтинг. Преимущество инструмента «цифрового следа» состоит в том, что он может использоваться как для извлечения требуемой личной информации, так и для проведения анализа его поведения в социуме. Открытая информация в сети Интернет является основным источником данных. Однако следует учесть, что клиент может влиять на свою сетевую идентичность, полностью контролировать и корректировать ее по своему усмотрению. Содержимое и метаданные цифрового следа способны воздействовать на конфиденциальность в Интернете, доверие, безопасность, цифровую репутацию. Правовая сторона вопроса использования данной технологии в РФ не проработана [1][4].

### **Список использованных источников**

1. Digital footprint definition. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://techterms.com/definition/digital\\_footprint/](https://techterms.com/definition/digital_footprint/), свободный (дата обращения: 20.11.2018).
2. В.В. Никаненкова. Кредитный скоринг как инструмент оценки кредитоспособности заемщиков, 2012. С. 2-3.
3. Юлия Сергеевна Шунина, Венера Арифзяновна Алексеева, Владимир Николаевич Клячкин. Прогнозирование кредитоспособности клиентов на основе методов машинного обучения. Издательский дом «ФИНАНСЫ и КРЕДИТ», 2015. С. 2-4.
4. Кирсанова Светлана Олеговна, Калинин Алина Александровна. Виртуальные следы: понятие, сущность, проблемы. // Вопросы студенческой науки 2018. Вып.3. С. 16.

# СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ И ОЦЕНКА МЕТОДОЛОГИЙ ПОСТРОЕНИЯ МНОГОПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ КЛИЕНТ-СЕРВЕРНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ В ОБЛАСТИ САПР БОРТОВОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА

М.А. Кагарманов

Научный руководитель: С.Г. Цапко  
Томский политехнический университет  
mak55@tpu.ru

## Введение

Существующая система автоматизированного проектирования бортового программного обеспечения космического аппарата (далее САПР БПО) выполняет роль информационной системы, хранящей совокупность данных об изделии, требуемых проектанту на этапах определения требований, архитектурного проектирования, тестирования и сопровождения.

Однако, из-за архитектуры клиента возникают трудности в плане обновлений или отката к предыдущим версиям. Так же существующее решение можно развернуть только на платформе с ОС Windows.

## Изучение существующего решения на базе WPF-клиент и WCF-сервер

На данный момент проект САПР БПО представляет собой клиент-серверное приложение. Сервером в этой системе является набор WCF-сервисов, хостящихся на IIS. Клиент – это WPF-приложение. В качестве СУБД выбрана Microsoft SQL Server. (Рисунок 1)

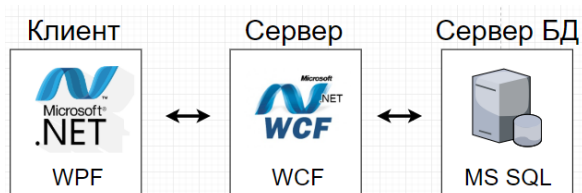


Рис. 1. Архитектура существующего проекта

Главным плюсом такого подхода является то, что он уже написан и исправно функционирует. Также, в очень крупной перспективе, толстый клиент будет мощнее своего браузерного аналога.

Но в такой архитектуре имеется и ряд проблем. Десктопный клиент сложен в обновлении: либо нужно писать систему обновлений, либо производить обновление на каждом клиенте вручную.

## Сравнительный анализ наиболее часто используемых подходов при построении клиентской части информационных систем.

Сегодня существует большое количество веб-фреймворков для построения масштабируемых и гибких веб-приложений. Согласно исследованиям CUBA Platform, веб-фреймворки можно разделить группы по степени скорости разработки, специализации и масштабируемости [1]. Для данного про-

екта подойдут узконаправленные Enterprise фреймворки такие, как Java EE, Spring, ASP.NET. Все они предназначены для оптимизации разработки в определенной достаточно небольшой области за счет повышения уровня абстракции и предоставления понятного API для своего домена. Связывание ORM, Middleware, UI, Messaging не является тривиальной задачей, и, останавливаясь в этом классе, мы имеем сочетание удовлетворительной скорости разработки с высоким уровнем гибкости.

Варианты реализации клиента: только Angular, только React, ASP.NET Core Web API + JS-framework (Angular/React).

### Чистый Angular:

Плюсы:

1. Есть опыт работы
2. Angular Material – язык дизайна для приложений, который был разработан Google.
3. TypeScript.
4. Angular включает в себя dependency injection, паттерн, в котором один объект(сервис) предоставляет зависимости другому объекту(клиенту). Это дает большую гибкость и более чистый код.
5. Больше подходит для Enterprise-решений.
6. У Angular, как у MVC-фреймворка, имеется поддержка MVC из коробки.
7. Angular производительнее React'a, хотя и незначительно
8. Двустороннее связывание в Angular чище в коде и проще для реализации разработчиком.
9. Angular – это фреймворк, “цельное решение”. Не нужно проводить анализ библиотек, решать вопрос с роутингом и т.п. – можно просто начать работать

Минусы:

1. У Angular, определенно, крутая кривая обучения. Это можно рассматривать, как минус из-за большой, сразу существующей экосистемы, которую вам нужно со временем изучить. С другой стороны, это может и хорошо в определенных ситуациях, поскольку многие решения уже приняты
2. Angular постоянно меняется
3. Нет прямой установки js-библиотек, однако Angular имеет возможность установки пакетов через npm.
4. TypeScript-разработчиков гораздо меньше, чем JavaScript-разработчиков

## Чистый React:

Плюсы:

1. С React`ом можно работать, просто добавляя JavaScript-библиотеки к исходникам. Это невозможно с Angular, потому что он использует TypeScript. React предоставляет полный контроль над размером приложения, позволяя включить только те вещи, которые действительно нужны.

2. Одностороннее связывание React позволяет получить лучшее понимание о том, что происходит с данными, потому что поток данных течет лишь в одном направлении (это делает отладку проще).

3. React более популярен, и число JavaScript разработчиков очень велико.

Минусы:

1. Из MVC в React есть только View; Model и Controller нужно реализовывать самому.

2. React – это только UI-библиотека. При создании приложений на React`е нужно использовать другие библиотеки для управления различными частями приложения. Например, состояниями приложения.

Различные best-practice советуют разделять приложение на два отдельных проекта (в данном случае это ASP.NET Core Web API (Backend) и Angular/React (Frontend). Использование .NET Core Web Api с frontend-фреймворком получает все плюсы и минусы конкретного фреймворка. Уже существующий код взаимодействия с сервисами легко может быть вынесен на backend. Однако, код контроллеров придется писать и в этом случае мы получаем дублирование кода.

Основными преимуществами такого подхода будет следующее:

1. Два независимых друг от друга проекта, что позволит в дальнейшем реализовать альтернативный интерфейс, не трогая проект с серверной частью.

2. ASP.NET Core Web API в качестве Backend`а из коробки имеет механизм внедрения зависимостей, JWT-аутентификацию, Code First на ORM Entity Framework, поддержку SQL Server. Angular на frontend`е позволит использовать Angular CLI и Angular Material в качестве дизайна.

3. Абстрагированность от рабочего окружения, в котором разрабатывается серверная часть. Visual Studio или Rider для backend`а, а VS Code, Sublime Text, Atom или другой удобный редактор для Frontend`а.

## Выбор методологии построения архитектуры проекта и обоснование выбора

Скорее всего, взаимосвязь .NET и Angular является в данном случае лучшим решением. Во-первых, имеется значительный опыт разработки на .NET, Angular и конкретно с этой архитектурой. Во-вторых, текущий проект написан на .NET и в результате проще переносить код из текущего

WPF-клиента (Например, для переноса модели или логики взаимодействия с WCF сервисами достаточно скопировать соответствующие модули и изменить пространства имен).

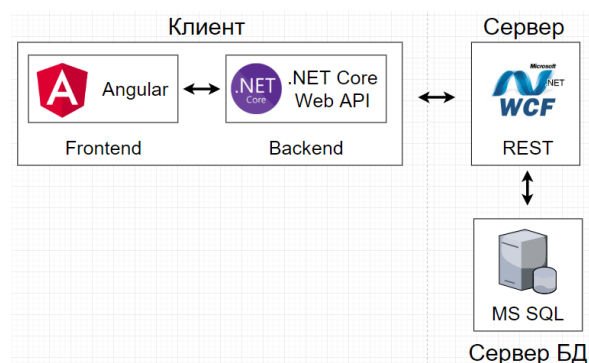


Рис. 2. – Выбранная архитектура приложения

В данной архитектуре Backend выполняет запросы на сервер, получает ответы, обрабатывает их и переводит в нужный формат клиенту. Также backend предоставляет API для клиента. Angular на frontend`е, в свою очередь, отправляет запросы на backend и получает необходимые данные для визуализации.

## Заключение

Таким образом, в данной работе было проанализировано существующее решение на базе десктопного клиента и WCF-сервисов. Определены плюсы и минусы такого подхода. Принято решение о переносе клиентской части на веб-версию. Определена методика переноса серверной части (WCF-сервисы) на архитектурный стиль REST. На простейших приложениях методика была протестирована. Рассмотрены наиболее подходящие технологии реализации веб-клиента. Выявлены их сильные и слабые стороны. Для реализации клиента выбрана архитектура ASP.NET Core Web API (Backend) + Angular (Frontend). Построена архитектура веб-версии САПР БПО.

## Список использованных источников

1. Classification of Development Frameworks for Enterprise Applications [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.cuba-platform.com/blog/classification-of-development-frameworks-for-enterprise-applications>, свободный.
2. Angular vs. React vs. Vue: Comparison 2017 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://medium.com/unicorn-supplies/angular-vs-react-vs-vue-a-2017-comparison-c5c52d620176>, свободный.



# ПРИМЕНЕНИЕ ИНСТРУМЕНТОВ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРОИЗВОДСТВ

А.Ю. Кайда, А.О. Савельев  
Томский политехнический университет  
ayk13@tpu.ru

## Введение

На сегодняшний день цифровизация промышленных производств является актуальной задачей, требующей современных подходов. Автоматизация процесса в некоторых ключевых отраслях требует дополнительного применения таких технологий, как компьютерное зрение. В данной статье описывается идея и реализация приложения по распознаванию объекта на плоскости, которой, предположительно, служит конвейерная лента. Прототип приложения является самостоятельным модулем, предназначенным для работы в связке с программным обеспечением для робота KUKA в пищевой промышленности.

## Концепция приложения

Потребность в использовании компьютерного зрения возникла и в отрасли пищевой промышленности, с использованием роботов KUKA [1]. Данный робот представляет собой подобие механической руки для захвата объекта, в данном случае, на конвейере. Задачей приложения является выявление требуемых объектов, движущихся в двух измерениях, внешний вид которых строго задан заранее пользователем. Конечным результатом должна стать прототип (proof of concept) REST-приложения, реализованный на языке программирования Python с использованием библиотеки OpenCV [2]. Приложение рассматривается как самостоятельно существующий модуль, не ориентированный на конкретную конфигурацию робота. Пользователь имеет возможность наблюдения за тем, как распознаются объекты определенного вида, выделяемые рамкой с центром объекта. Вместе с тем в качестве выходных данных передаются координаты объекта для последующего использования, чтобы задать движения манипулятора.

Текущая задача не предполагает использования алгоритмов аналогичных YOLO [3], способных распознавать любой объект определенной группы в силу того, что любой объект и его внешний вид – четко заданы, сам объект не вращается в трех измерениях, а расположение камеры и ее расстояние от поверхности конвейера являются фиксированными.

Было рассмотрено три алгоритма, потенциально применимых в качестве базовых для распознавания объектов:

- SIFT [4] – алгоритм масштабно-инвариантной трансформации признаков.
- SURF [5] – ускоренный алгоритм распознавания устойчивых признаков.
- ORB [6] – рекомбинация ранних дескрипторов BRIEF [7] и FAST [8].

В ходе рассмотрения данных алгоритмов, опираясь на предыдущие исследования [9], было отмечено, что SIFT имеет наивысший показатель сопоставимости точек двух изображений, в связи с чем было принято решение о его использовании.

SIFT выделяет локальные признаки изображений. Первоначально извлекаются ключевые точки (минимальное заданное значение – 10). Объект распознается путем сравнения каждого признака нового изображения с набором существующих признаков на основе евклидова расстояния между векторами признаков. Если говорить о принципиальном отличии на практике, то YOLO эффективно использовать в случае необходимости классифицировать случайный объект. YOLO классифицирует объекты по предварительно обученной модели, деля изображение на фрагменты, в то время как SIFT производит сравнение по точкам (признакам) на двух конкретных изображениях.

Данный алгоритм эффективен при вращении в двух плоскостях без отдаления, а также при отклонении на малые углы.

Для тестирования использовались камеры высокого разрешения 1920 x 1080 пикселей. Результаты распознавания представлены на рисунках 1 и 2.

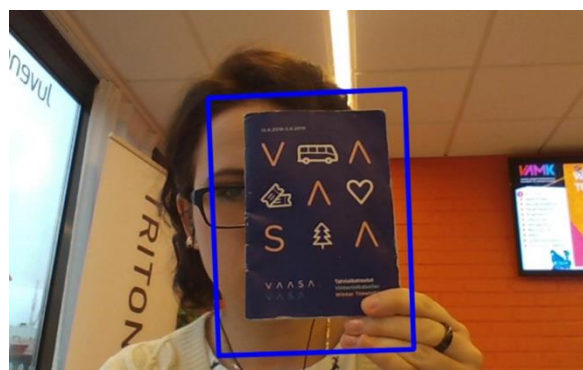


Рис. 1. Пример распознавания объекта в потоковом видео

Анализ результатов показал, что распознавание объекта возможно на расстоянии до 0.9 м, что является достаточным согласно первичным требованиям. Первый прототип производит измерения с частотой 1 fps. Распознавание является возможным при движении объекта со скоростью не более 20 м/с, открытой поверхности объекта >70% и угле отклонения <25°.

Данное приложение поддерживает возможность загрузки нового изображения объекта пользователем, используемое для распознавания в потоковом видео. Таким образом, достаточно одного

изображения высокого разрешения.



Рис. 2. Пример распознавания объекта с изображением (объект частично скрыт)

### Заключение

В настоящее время проводится тестирование на базе учебной лаборатории «Technobothnia» [10] при ассоциации университетов г.Вааса, Финляндия. Запланировано проведение тестов для различных объектов. Изменяемыми параметрами являются яркость освещения помещения, расстояние от камеры до объекта, угол отклонения и скорость перемещения. Первая демонстрация рабочего механизма прототипа без пользовательского интерфейса проведена успешно. Вторая и третья демонстрации запланированы до конца декабря 2018 г. Планируется внедрение приложения для дальнейшего использования в лаборатории «Technobothnia» для студенческих работ.

### Список использованных источников

1. Промышленные роботы | KUKA AG [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.kuka.com/ru-ru/>. – (Дата обращения: 21.11.2018).
2. OpenCV Library [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://opencv.org/>. – (Дата обращения: 21.11.2018).
3. YOLO: Real-Time Object Detection [Электронный ресурс] – Режим доступа:

<https://pjreddie.com/darknet/yolo/>. – (Дата обращения: 21.11.2018).

4. Introduction to SIFT (Scale-Invariant Feature Transform) Open-CV Python Tutorials [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://opencv-python-tutroals.readthedocs.io/en/latest/py\\_tutorials/py\\_feature2d/py\\_sift\\_intro/py\\_sift\\_intro.html](https://opencv-python-tutroals.readthedocs.io/en/latest/py_tutorials/py_feature2d/py_sift_intro/py_sift_intro.html). – (Дата обращения: 21.11.2018).
5. Introduction to SURF (Speeded-Up Robust Features) Open-CV Python Tutorials [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://opencv-python-tutroals.readthedocs.io/en/latest/py\\_tutorials/py\\_feature2d/py\\_surf\\_intro/py\\_surf\\_intro.html](https://opencv-python-tutroals.readthedocs.io/en/latest/py_tutorials/py_feature2d/py_surf_intro/py_surf_intro.html) – (Дата обращения: 21.11.2018).
6. ORB (Oriented FAST and Rotated BRIEF) Open-CV Python Tutorials [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://docs.opencv.org/3.0-beta/doc/py\\_tutorials/py\\_feature2d/py\\_orb/py\\_orb.html](https://docs.opencv.org/3.0-beta/doc/py_tutorials/py_feature2d/py_orb/py_orb.html) – (Дата обращения: 21.11.2018).
7. BRIEF (Binary Robust Independent Elementary Features) Open-CV Python Tutorials [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://opencv-python-tutroals.readthedocs.io/en/latest/py\\_tutorials/py\\_feature2d/py\\_brief/py\\_brief.html](https://opencv-python-tutroals.readthedocs.io/en/latest/py_tutorials/py_feature2d/py_brief/py_brief.html) – (Дата обращения: 21.11.2018).
8. FAST Algorithm for Corner Detection – Open-CV Python Tutorials [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://docs.opencv.org/3.0-beta/doc/py\\_tutorials/py\\_feature2d/py\\_fast/py\\_fast.html](https://docs.opencv.org/3.0-beta/doc/py_tutorials/py_feature2d/py_fast/py_fast.html) – (Дата обращения: 21.11.2018).
9. E.Karami, S. Prasad, and M.d Shehata, Image Matching Using SIFT, SURF, BRIEF and ORB: Performance Comparison for Distorted Images [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1710/1710.02726.pdf> – (Дата обращения: 21.11.2018).
10. Welcome to Technobothnia. [Электронный ресурс]. – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.technobothnia.fi/home/> – (Дата обращения: 21.11.2018).

# СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПО РАСЧЕТУ ЗАРАБОТНОЙ ПЛАТЫ И КАДРОВОМУ УЧЕТУ В МЕДИЦИНСКОМ УЧРЕЖДЕНИИ

Е.В. Кашеева

Научный руководитель: В.В. Соколова, к.т.н., доцент ОИТ ИШИТР

Томский политехнический университет

ev.kashcheeva@mail.ru

## Введение

В связи с тем, что в федеральные законы Российской Федерации периодически вносятся поправки о минимальном размере оплаты труда [1], бюджетные организации обязаны своевременно реагировать на данные изменения и обновлять используемое программное обеспечение по автоматизации процесса расчета заработной платы и кадровому учету.

## Постановка задачи

В бюджетном учреждении здравоохранения «Майминская районная больница» [2] ведение кадрового учета и расчет заработной платы в 2017 году осуществлялись посредством системы «1С: Зарплата и кадры бюджетного учреждения 1.0», которая в 2018 году сменилась информационной системой «Зарплата и кадры государственного учреждения 3.1» [3]. По этой причине возникла необходимость автоматизации процесса переноса данных из одной системы в другую, а также проверки их целостности и корректности.

В целом, процесс совершенствования информационной системы по расчету заработной платы и кадровому учету включает следующие этапы: предпроектное обследование, анализ основных проектных решений и совершенствование (доработка) информационной системы.

После переноса данных в новую информационную систему, их проверки и корректировки, была выполнена доработка модулей информационной системы по начислениям заработной платы. Например, сотрудникам БУЗ РА «Майминская РБ» оплачиваются различного рода дежурства: экстренные, дежурство в стационаре, дежурство на дому. Для решения этой задачи в системе были созданы следующие начисления: экстренные праздничные, экстренные часы, дежурство в стационаре в выходные и праздничные дни, дежурство в стационаре в ночь, дежурство на дому, дежурство в стационаре.

## Описание результата доработки информационной системы по учету начислений

В качестве примера рассмотрим начисление – «дежурство в стационаре дневное для женщин» (настройка остальных начислений осуществляется похожим образом).

Сотруднику оплачиваются часы дежурства в стационаре, исходя из должностного оклада, соответствующего должности. За норму берется график, по которому работают сотрудники стационара (как правило, данный график отличается от основного графика работы сотрудников). Для того чтобы

создать начисление, соответствующее поставленной задаче, были созданы три новых показателя: «Фиксированная Сумма Для Дежурство В Стационаре Жен», «Норма Стационар Жена», «Дежурство В Стаца».

Показатель «Фиксированная Сумма Для Дежурство В Стационаре Жен» (рис. 1) – это оклад, соответствующий должности сотрудника в подразделении «Стационар» согласно штатному расписанию. Данный показатель вносится в денежной форме для каждого сотрудника при приеме на работу, смене должности или изменении штатного расписания учреждения.

Согласно процедуре начислений, данным реквизитам назначили следующие значения:

1. «Назначение показателя» – «Для сотрудника»;
2. «Тип показателя» – «Денежная форма», «Точность» – «2»;
3. «Используется» – «Во всех месяцах после ввода значения (постоянное использование)».

Фиксированная сумма для Дежурство в стационаре (жен) (Показатель)

Наименование: Фиксированная сумма для Дежурство в стационаре (жен)  Показатель больше не используется

Краткое наименование: Фикс. сумм. для Деж.

Идентификатор: ФиксированнаяСуммаДляДежурс

Назначение показателя: Для сотрудника  Допускается нулевое значение

Тип показателя: Денежный Точность: 2

Является тарифной ставкой

Используется:

- Во всех месяцах после ввода значения (постоянное использование)
- Только в месяце, в котором вводится значение (разовое использование)

Вводится одновременно документом ввода данных для расчета зарплаты

Настраивается по отдельным значениям документа ввода данных для расчета зарплаты

Вводится при расчете, непосредственно в документе начисления

Рис. 1. Показатель «Фиксированная Сумма»

БУЗ РА «Майминская РБ» находится в сельской местности, норма часов для женщин и мужчин различна, поэтому был создан показатель «Норма Стационар Жена» (рис. 2), в который предполагается внесение числового значения, относящегося ко всему учреждению один раз в месяц. Реквизиты были заполнены следующим образом:

1. «Назначение показателя» – «Для организации»;
2. «Тип показателя» – «Числовой», «Точность» – «2»;
3. «Используется» – «Только в месяце, в котором вводится значение (разовое использование)» – Вводится одновременно документом ввода данных для расчета заработной платы».



# РАЗРАБОТКА ПАРСЕРА ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ PDF-ФАЙЛОВ

Л.М. Киселев

Научный руководитель: В.В.Соколова, к.т.н., доцент каф. ПИ  
Томский политехнический университет  
lmk2@tpu.ru

## Введение

В настоящее время формат Adobe PDF является весьма популярным, так как удобно сочетает в себе растровые и текстовые элементы. Однако процесс считывания PDF файла не является тривиальной задачей в виду сложного устройства документа.

В ходе разработки мобильного приложения «Wordlist» для развития вербальной аддитивности перед нами встала задача считывать данные из PDF файла, структурированного особым образом.

Так как основной задачей приложения является работа со списком слов, предоставленных студенту преподавателем в формате PDF файла, был реализован алгоритм считывания необходимых данных из таких файлов.

## Структура PDF файла

Текст в PDF файлах, созданных с помощью специальных программ-редакторов состоит из объектов, находящихся внутри тегов “object” и “endobj”, некоторые из которых содержат потоки бинарных данных, зашифрованных в формате GZIP и заключенных между тегами “stream” и “endstream”. В самом потоке и содержится текстовая информация, подлежащая извлечению. Перед тегом “stream” есть строка, содержащая информацию о данном потоке, необходимую для корректной расшифровки потока. Например, свойство Length - длина потока в байтах, FlateDecode - способ шифрования.

```
132 20 0 obj
133 <</Filter/FlateDecode/Length 322>>
134 stream
135 x[REDACTED]
136 [REDACTED]
137 endstream
138 endobj
140 21 0 obj
```

Рис.1. PDF файл в текстовом редакторе

Расшифрованные потоки, необходимые нам, содержат наборы блоков информации, расположенными между тегами “BT” и “ET”. Внутри данных тегов содержится метаинформация о характеристиках текста и о его расположении, а также сам текст, заключенный в квадратные скобки, внутри которых он хранится в следующем формате:

```
W* n
BT
/F2 12 Tf
1 0 0 1 71.424 755.16 Tm
[(a)-3( sh)-5(a)-3(re)9(h)-3(o)-3(ld)8(e)-3(r)] TJ
ET
Q
```

Рис.2. Блок текста из расшифрованного потока

Для того, чтобы получить текст, который можно зашифровать 128 первыми символами кодировки ASCII, нам достаточно склеить все символы, находящиеся в круглых скобках внутри квадратных скобок.

Текст из иных символов хранится в виде последовательностей шестнадцатеричных цифр, заключенных в треугольные скобки. Для перевода этих цифр в символы, необходимо использовать карту соответствия кодов символам, которая имеет следующий вид:

```
>> def
/CMAPName /Adobe-Identity-UCS def
/CMAPType 2 def
1 begincodespacerange
<0000> <FFFF>
endcodespacerange
3 beginbfchar
<0003> <0020>
<0005> <0022>
<000F> <002C>
endbfchar
2 beginbfrange
<0011> <0012> <002E>
<0045> <0046> <0062>
endbfrange
1 beginbfchar
<0048> <0065>
endbfchar
3 beginbfrange
<004B> <004C> <0068>
<0050> <0052> <006D>
<0055> <0058> <0072>
endbfrange
1 beginbfchar
<00B6> <2019>
endbfchar
1 beginbfrange
<025A> <0279> <0430>
endbfrange
4 beginbfchar
<027A> <0451>
<0525> <0259>
<075C> <028A>
<0796> <02C8>
endbfchar
endcmap
CMAPName currentdict /CMAP defineresource
```

Рис.3. Расшифрованный поток словаря

Два шестнадцатеричных числа, находящихся между тегами “begincodespacerange” и “endcodespacerange” задают диапазон шифрования, так же указывая количество цифр, обозначающих один символ.

Между тегами “beginbfchar” и “endbfchar” находятся пары шестнадцатеричных чисел, первое из которых задает номер символа в локальной шифровке, а второе – соответствующий символу код Юникода.

Между тегами “beginbfrange” и “endbfrange” находятся три шестнадцатеричных числа, задающие символьный интервал. Первые два из них задают, соответственно, начало и конец локального интервала, а третье – Юникод-кодировка первого символа интервала. Далее этому в местной кодировке ставится в соответствие первое число из

местного интервала, затем следующему символу в Юникод кодировке ставится в соответствие второй символ из местного интервала, следующему, третий, и так до конца интервала.

### Алгоритм парсинга PDF

Ввиду ограниченного размера оперативной памяти мобильных устройств, было принято решение реализовать парсинг потоково, не сохраняя промежуточных данных и проходя файл 1 раз.

Парсинг PDF файла происходит одновременно в двух параллельных потоках, связанных конвейером.

Сначала начинает работу парсер, ищущий ключевое слово Length, чтобы затем считать весь поток как один массив байт. Затем он с помощью декодера дешифрует поток, получая новый массив байт и пишет этот массив в конвейер, которым он связан со следующим потоком.

Другой поток получает порциями данные, вытаскивая из которых текст, он составляет сырой текст. Когда Экстрактор наткнется на словарь, он создает специальные структуры данных, хранящие и дополняющие словарь.

Когда поток данных в парсере закроется и экстрактор пройдет через последнюю порцию данных, он заменит все локальные коды символов на сами символы с помощью словаря и разобьет полученную строку на строки списка слов, записывая их в Базу Данных.

### Заключение

Как результат, был разработан и реализован на Java алгоритм, чье основное преимущество заключается в малом потреблении оперативной памяти независимо от размера PDF файла.

### Список использованных источников

1. Document management. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.adobe.com/content/dam/acom/en/devnet/pdf/PDF32000\\_2008.pdf](https://www.adobe.com/content/dam/acom/en/devnet/pdf/PDF32000_2008.pdf), свободный (дата обращения 18.11.2017).
2. Текст любой ценой: PDF – Хабрахабр [Электронный ресурс]: [офф.сайт] / ТМ, 2006-2018. Режим доступа:

<https://habrahabr.ru/post/321050/>, свободный. (дата обращения: 14.10.2017).

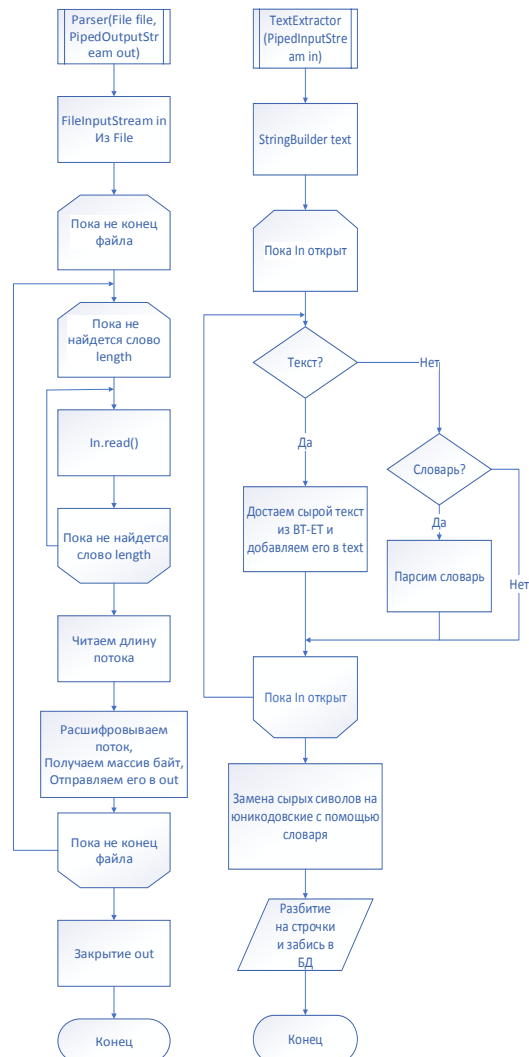


Рис.4. Блок-схема работы алгоритма

# РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ СУДЕЙСТВА СПОРТИВНЫХ СОРЕВНОВАНИЙ

П.Д. Ключов, В.А. Ворожейкин  
Научный руководитель: В.В. Соколова, к.т.н., доцент ОИТ  
Томский политехнический университет  
pdk3@tpu.ru

## Введение

В настоящее время информационные системы используются во всех сферах деятельности, позволяя автоматизировать и бизнес-процессы организаций, и процессы управления. Не является исключением и область спорта. Например, в восточном единоборстве «Тхэквондо ВТФ», для оценивания поединков по спаррингу используются электронные системы «Daedo», «K&P» и другие. Данные системы включают программное обеспечение, электронные жилеты и шлема, джойстики для судейства. Реализована возможность применения этих систем для оценивания поединков по технике, которая не совсем удобна и рациональна, так как не учитываются особые критерии оценивания поединков данного типа и правила их проведения. С целью автоматизации процесса судейства поединков по Пхумсэ было разработано новое приложение с учетом их специфики.

## Описание правил поединка и системы оценивания

Пхумсэ – набор показательных движений, комбинаций, применяемых в случае нападения от одного и более человек [1]. Пхумсэ является обязательной частью при сдаче экзамена на «пояса», а также используется в поединках по технике с целью выявления наиболее техничного спортсмена.

Сами поединки по Пхумсэ включают в себя следующие критерии:

1. Схема движения: оценивается максимально в 5 баллов и показывает насколько правильно спортсмен следует регламентированным траекториям, выполняя движение.
2. Техника: оценивается максимально в 4 балла и отражает насколько четко и концентрированно спортсмен выполняет удары и блоки на протяжении всего Пхумсэ.
3. Общее впечатление: оценивается максимально в 3 балла и показывает, выполнил ли спортсмен все регламентированные движения, как единое целое. Баллы снимаются, если спортсмен забыл какое-либо движение, из-за чего ритм всех движений теряется и образуется пауза.
4. Возврат в исходную точку: оценивается максимально в 2 балла. Один балл ставится, если спортсмен ушел меньше, чем на полметра от точки начала.
5. Внешний вид: оценивается максимум в 1 балл и показывает, насколько уважительно спортсмен относится к своей форме. Балл снимается, если форма мятая, грязная или если у спортсмена неправильно завязан пояс.

Разрабатываемая система включает в себя следующие части:

- 1) Настольное приложение, являющееся Bluetooth-сервером, которое должно принимать данные от судей, обрабатывать результат и объявлять победителя поединка [2].
- 2) Мобильное приложение, являющееся Bluetooth-клиентом, с помощью которого судья оценивает спортсменов и отправляет баллы на сервер для подсчета результата.

Наличие мобильного приложения позволит организаторам соревнований использовать мобильные устройства в качестве джойстиков электронной системы, что уменьшит затраты и увеличит аудиторию пользователей за счет общей доступности программного обеспечения.

Для написания серверной части была выбрана среда Visual Studio и язык C#. Для написания клиентской части была выбрана среда Android Studio и язык Java.

Для передачи данных от клиента серверу была выбрана беспроводная сеть Bluetooth. Все данные передаются в формате JSON [3].

## Проведение судейства с использованием разработанного приложения

Для оценивания поединка необходимы:

- Судья-администратор, отвечающий за проведение поединка и работу настольного приложения (Bluetooth-сервера).
- Один или трое боковых судей, отвечающие за судейство поединка и работу мобильного приложения (Bluetooth-клиента).

Для удобства описания процесса судейства выделены основные этапы подготовки и проведения мероприятия.

Этап 1: перед проведением соревнований судья-администратор вносит в систему предварительные данные: подгруппы спортсменов (по возрасту или по поясам), информацию о спортсменах. Данные о спортсменах сохраняются в файле для дальнейшего использования.

Этап 2: после внесения необходимых данных и непосредственно перед самым началом поединка происходит подключение клиентов к серверу. При дальнейшем отсоединении клиента (выход за радиус действия сети или закрытие приложения) судейство невозможно, о чем сервер оповещает администратора и требует переподключения.

Этап 3: когда все клиенты подключены и внесены необходимые данные для проведения поединка судья-администратор вызывает спортсменов, оповещает их о том, какое Пхумсэ необходимо выполнить, и командует о начале поединка.

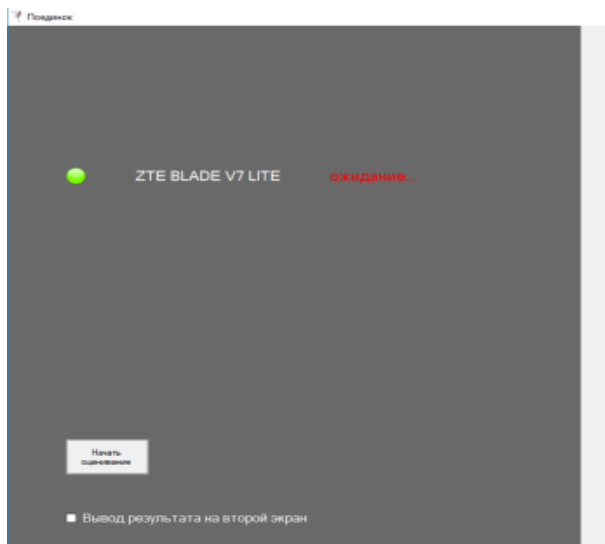


Рис. 1. Окно оценивания судьи-администратора в приложении

Этап 4: после выполнения всех действий администратор включает возможность оценивания нажатием на кнопку «Начать оценивание», находящаяся в окне оценивания для администратора (рис. 1). После нажатия на эту кнопку у судей появляется возможность выставить оценки, предварительно проанализировав все движения спортсменов, и отправить данные на сервер. Пример окна оценивания для судей в мобильном приложении представлен на рисунке 2.

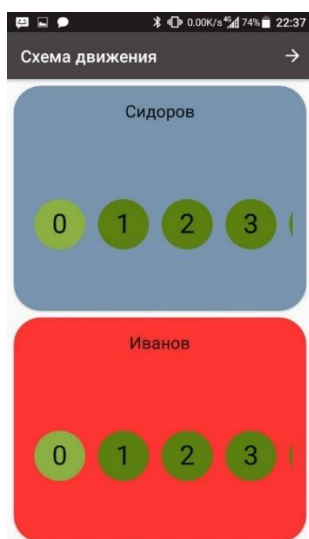


Рис. 2. Окно оценивания бокового судьи

Этап 5: получив данные от всех судей, на сервере автоматически подсчитываются баллы, результаты оценивания записываются в файл с расширением .txt и объявляется победитель поединка (рис. 3). Файл с результатами позволяет просмотреть историю поединков и аргументировать результат оценивания при возникновении спорных ситуаций между родителями спортсменов, тренерами и судьями.

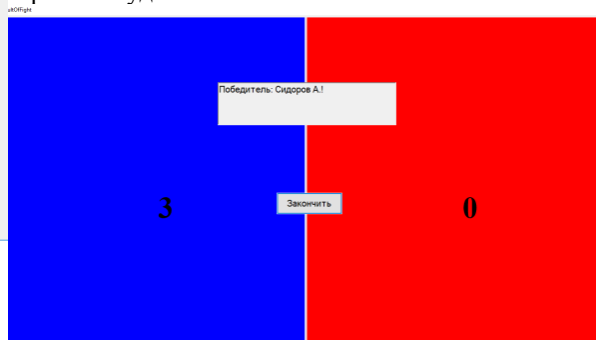


Рис. 3. Окно объявления результатов поединка

### Заключение

В результате работы была реализована информационная система, автоматизирующая процесс судейства. Данная система тестировалась на клубных и областных соревнованиях и доказала свою эффективность и удобство в использовании. На данный момент на рынке в общем доступе не существует аналогов такой системы, что является одной из причин её использования для проведения соревнований по Пхумсэ в Томской области.

### Список использованных источников

1. Определение Пхумсэ [Электронный ресурс]. – URL: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1328847> (дата обращения 20.11.2018).
2. Bluetooth Server C# – 32 feet [Электронный ресурс]. – URL: <https://stackoverflow.com/questions/30769966/bluetooth-server-c-sharp-32feet> (дата обращения 10.01.2018).
3. Запись данных в формате JSON [Электронный ресурс] – URL: <https://habr.com/post/230079/> (дата обращения 20.02.2018).



# СОЗДАНИЕ СЕРВИСА ЭЛЕКТРОННОГО ОБРАЗОВАНИЯ В УНИВЕРСИТЕТЕ

И.А. Кремлев

А. Я. Пак

Томский политехнический университет

iak40@tpu.ru

## Введение

Глобальной целью управления знаниями в ВУЗе является повышение конкурентоспособности образовательных услуг. Главная задача реализации цели управления знаниями - создание и внедрение научно-технических инноваций и инновационных форм обучения. Это работа необходима для дальнейшего продвижения образовательных услуг вуза и развития его инфраструктуры. Чтобы поддерживать свою конкурентоспособность на рынке образовательных услуг, ВУЗы нуждаются в постоянном появлении новых идей о способах, методах и содержании обучения.

ВУЗ должен создавать инновационные научно-методические проекты и реализовывать их на рынке образовательных услуг. Наиболее важным в управлении знаниями в вузе является создание новых знаний и использование их для инновационного обучения и научных проектов. Здесь существенную роль играют информационные технологии, которые дают программно-техническую основу для реализации стратегических целей [1].

## Применение информационных технологий в образовании

Информационные технологии (ИТ) в образовании в настоящее время являются необходимым условием перехода общества к информационной цивилизации. Современные технологии и телекоммуникации позволяют изменить характер организации учебно-воспитательного процесса, полностью погрузить обучаемого в информационно-образовательную среду, повысить качество образования, мотивировать процессы восприятия информации и получения знаний. Поэтому информационные технологии становятся неотъемлемым компонентом содержания обучения, средством оптимизации и повышения эффективности учебного процесса, а также способствуют реализации многих принципов развивающего обучения.

Важным преимуществом e-learning в России является реализация возможности гармонизации образовательного пространства при помощи обеспечения единого уровня учебных курсов, что предусмотрено Федеральным законом от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации». Кроме того, развитие дистанционного обучения помогает получать достойное образование людям с ограниченными возможностями при обеспечении инклюзивного образования, которое предполагает обеспечение равного доступа к образованию для всех обучающихся с учетом разнообразия особых образовательных потребностей и индивидуальных возможностей.

Зачастую «электронное обучение» и «дистанционные образовательные технологии» воспринимаются как синонимичные и взаимозаменяемые категории. Однако с точки зрения Закона об образовании существует четкое разграничение данных понятий.

Электронное обучение подразумевает использование информации, содержащейся в базах данных, а также применение информационных технологий и сетей для ее обработки и передачи между учениками и учителями.

Дистанционные образовательные технологии реализуются через информационно-телекоммуникационные сети, причем ученики и учителя находятся на расстоянии.

Таким образом, ключевую роль играет компьютер и сетевая инфраструктура, но в первом случае это инструменты личного (непосредственного) взаимодействия педагога и ученика, а во втором – удаленного [2].

Организации обязаны обеспечить особые условия: должны быть доступны ресурсы и технологии, позволяющие освоить программу в полном объеме без обращения к иным источникам информации и без привязки к местонахождению ученика. На практике это означает создание электронных библиотек, а также обеспечение доступа к базам данных и электронным архивам. Кроме того, преподаватели и обслуживающий персонал должны в полной мере владеть навыками использования информационных систем, задействованных в учебном процессе.

Законодательство обозначает перечень профессий и специальностей среднего профессионального образования, обучение по которым полностью в дистанционной форме не допускается (Приказ Министрства образования и науки России от 20.01.2014 №22). Документ ограничивает такую возможность не только для будущих зубных техников и операторов чесально-вязального оборудования, что представляется вполне логичным, но и для юристов, бухгалтеров и дизайнеров.

Примечательно, что на сегодняшний день аналогичный обобщенный перечень направлений подготовки и специальностей в рамках высшего образования не утвержден.

Основными приоритетными программами развития электронного образования в России на сегодняшний день остаются - формирование механизмов спроса на электронное обучение, формирование законодательной и нормативной базы, форми-

рующей требования, а также новые модели построения образовательных программ с учетом возможностей электронного обучения.

#### **Заключение**

В заключение, хотелось бы отметить возрастающий интерес к электронному образованию (e-learning) по всему миру, связанный с информатизацией общества и стремительным развитием рынков смартфонов и планшетных компьютеров, подталкивая тем самым тенденцию к развитию мобильного обучения. Однако, рост числа электронных систем и курсов, при высоком спросе, подвержен риску снижения качества как электронного контента, так и самих системы. В складывающейся ситуации необходим комплексный подход к организации электронных курсов, включающий в себя совершенствование методов и технологий разработки электронного контента и образовательных систем. Также основными приоритетными программами развития электронного образования в России

на сегодняшний день — это формирование механизмов спроса на электронное обучение, формирование законодательной и нормативной базы, формирующей требования, а также новые модели построения образовательных программ с учетом возможностей электронного обучения.

Таким образом, можно сделать вывод что e-learning, со временем, будет хорошо дополнять существующие образовательные университеты, предоставляя, качественное образование доступное всем и во всех уголках России.

#### **Список использованных источников**

1. Абросимов А.Г., Жабин А.П., Погорелова Е.В. Стратегические цели и принципы управления знаниями в вузе. Самарский государственный экономический университет (СГЭУ).

2. Дистанционное образование и закон. <http://www.edutainme.ru/post/distantionnoe-obrazovanie-i-zakon/>

# WEB-СЕРВИС ГЕНЕРАЦИИ ОТЧЕТОВ

А.А. Лесик, Т.Т. Газизов

Томский государственный педагогический университет  
xtshou@gmail.com

## Введение

В настоящее время тема электронного документооборота становится все более актуальной в России в то время, когда во многих образовательных учреждениях сам документооборот существует в бумажной форме. Современные информационные технологии предоставляют большие возможности образовательным учреждениям в области повышения эффективности организации учебного процесса и оптимизации работы его административных подразделений. В данном случае использование средств автоматизации учебного процесса дает возможность исключить ряд ошибок, которые могли бы быть допущены при ручной обработке документов с большими массивами информации.

Данная система имеет ряд положительных свойств:

- сокращение затрат времени на формирование документации;
- ускорение потоков информации;
- сокращение оборота бумажных документов;

- автоматизация бизнес-процессов;
- автоматизация контроля выполнения студенческих работ.

Автоматизацию процесса документооборота осуществляют различные сервисы генерации отчетной документации.

Создание такого сервиса освобождает пользователей от приобретения ПО, а также позволяет хранить и администрировать данные, необходимые для работы системы.

Целью работы является разработка сервиса для генерации отчетов об прохождении учебной практики базе ТГПУ.

При разработке бизнес-логики сервиса использовалась стандартная модель бизнес-логики. На схеме представлены процессы регистрации и авторизации, а также основной бизнес-процесс – генерация отчетной документации (рис. 1).

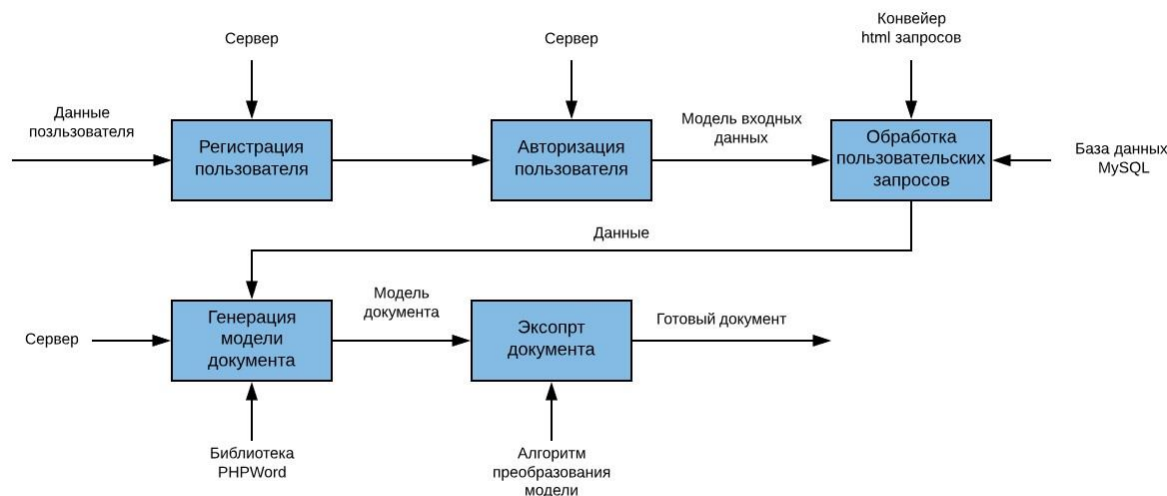


Рис. 1. Схема

В качестве языка программирования для разработки сервиса генерации документооборота был выбран PHP версии 7.1, так как:

- 1) имеет широкую поддержку разнообразных web-серверов;
- 2) поддержка различных типов баз данных;
- 3) портирован под большое количество аппаратных платформ и операционных систем [1].

Поскольку основная функция разрабатываемого веб-приложения заключается в генерации отчета в формате документа Microsoft Word по имеющемуся шаблону, поэтому была разработана интерфейсная HTML-форма, посредством которой осуществляется ввод информации в базу данных (рис. 2).

ФИО(сокращенно): Иванов В.В. *	ФИО(полностью): Иванов Виктор Владимирович *
Пол: <input checked="" type="radio"/> Муж <input type="radio"/> Жен	Факультет(полностью): Выберите факультет *
Факультет(сокращенно): Ф.М.Ф. *	Специальность: Математика и информатика *
Группа: 467 *	Предмет: Выберите предмет *
Курс: 2 *	Дата окончания практики: ДД.ММ.ГГГГ
Дата начала практики: ДД.ММ.ГГГГ	
<input type="button" value="Отправить"/>	

Рис. 2. Форма для ввода данных отчет

Модель входных данных представляет собой набор методов, описывающих динамические поля

шаблона. Кроме того, для осуществления проверки заданного текста необходимо осуществить вывод информации в таблицу значений выходных данных (рис. 3).

Full name	Gender	Faculty Short	Faculty	Group
Иванов Виктор Владимирович	Муж	ФМФ	Физико-математического факультета	456

Рис. 3. Таблица значений

Для того, чтобы осуществить процесс изменения шаблона, необходимо реализовать алгоритм, использующий данные из БД для заполнения полей. Для этого были сделаны метки соответствующих полей в шаблоне. Также нужно отметить тот факт, что сохранение полученного документа после генерации происходит на web-сервер, на котором осуществляется работа системы. Поэтому для того, чтобы пользователь смог сохранить конечный продукт, был создан класс File, позволяющий создавать файл с нужным расширением (Листинг 1).

Листинг 1.

Создание файла отчета

```
class File
{ private $file;
  private $ctype;
  ...
  private function setContentype(){
    switch ($this->getExtension()) {
    case "docx":

      $ctype = "application/msword";
      break;
    }
  }
}
```

## Заключение

Таким образом, был разработан и внедрен прототип сервиса генерации отчетов об успешном прохождении учебной практики на базе ТГПУ. Данный сервис повысит качество студенческих отчетов и ускорит их оформление. Кроме того, для дальнейшего развития этого сервиса поставлены следующие задачи:

- реализовать собственную систему авторизации;
- увеличить число используемых шаблонов;
- создать систему добавления собственных шаблонов.

## Список использованных источников

1. Forum PHP [Электронный ресурс]: Преимущества PHP — Режим доступа: <https://php.su/php/?oport/> (дата обращения: 15.09.18).
2. PHP [Электронный ресурс]: PHP Основы — Режим доступа: <https://mygusakov.ru/php-osnovy.html> (дата обращения: 03.09.18).
3. Manual PHP [Электронный ресурс]: PHP Documentation — Режим доступа: <https://php.net/manual/en/> (дата обращения: 12.09.18).
4. Клишин А.Н., Стась А.Н., Газизов Т.Т., Горюнов В.А., Кияницын А.В., Бутаков А.Н., Мытник А.А. Основные направления информатизации деятельности томского государственного педагогического университета // Вестник ТГПУ (TSPU Bulletin). 2015. 3 (156). С. 110–118 (дата обращения: 24.09.18)

# ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ СЕРТИФИКАТОВ

В.В. Власов, Т.Т. Газизов

Томский государственный педагогический университет  
fenxxx@sibmail.com

## Введение

Сложность технических систем, так же как интерес и необходимость использования интернет технологий, возрастает с каждым годом. Современный уровень развития компьютерной техники позволяет создавать веб-приложения, способные заменить разнообразное количество клиентских программ, оставив необходимым установку лишь веб-браузера. Одно из возможных применений веб-приложений – облегчить работу пользователей, например, автоматизировать повторяющиеся действия [1].

В данной работе рассмотрена задача автоматизации генерации сертификатов об успешном освоении программ курсов в детском центре образовательной робототехники ТГПУ, таких как «основы робототехники» и «легоконструирование», а также различные дипломы для участников выставок-конкурсов. На вход должен подаваться csv файл, содержащий имена участников, название дисциплины и дополнительную информацию. Сервер обрабатывает csv и выдаёт сертификаты с заполненными данными.

## Используемые технологии

Для решения поставленной задачи прежде всего необходимо выбрать язык программирования и фреймворк для дальнейшей комфортной разработки приложения.

Для нашей задачи был использован язык программирования Python. Преимущества, которыми обладает данный язык:

1. язык прост в обучении для новичков. Он легко читается, его можно использовать как первый язык программирования;
2. он позволяет построить больше функций, при меньшем количестве строк кода;
3. имеет обширную библиотеку со встроенными функциями. Это объясняет, почему так много программ написано на Python;
4. несколько IT-гигантов, а также IT-инфраструктура крупных организаций сильно зависят от Python. Примеры организаций: NASA, JP Morgan, Google, Yahoo!, Disney, Nokia и Mozilla.

Использование веб-фреймворка Django позволило быстро разработать безопасное и надёжное веб-приложение. Django – один из самых популярных веб-фреймворков, написанных на Python. Django является полнофункциональным MVC (Model-View-Controller, схема разделения данных приложения, пользовательского интерфейса и управляющей логики на три отдельных компонента: модель, представление и контроллер – таким образом, что модификация каждого компонента может осуществляться независимо) фреймворком

[2]. Данный фреймворк уже включает в себя: сервер разработки и тестирования, кэширование, систему Middleware, ORM (Object-Relational Mapping – объектно-реляционное отображение), движок шаблонов, обработку форм, работу с модульным тестированием Python. Django так же поставляется с встроенными приложениями, такими как авторизация, интерфейс администратора с автоматически генерируемыми страницами для CRUD операций, генерирование лент новостей(RSS/Atom), sitemaps [3].

Модель обработки HTTP-запроса в Django представлена на рисунке 1.

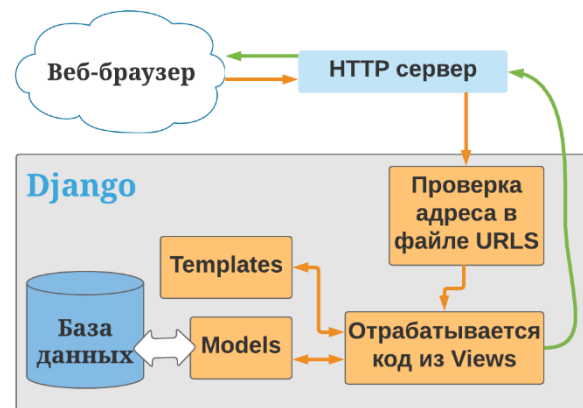


Рис. 1. Модель HTTP-запроса

## Разработка

В начале разработки командой python manage.py startapp был создан проект, затем написаны первые строки с адресами в файл urls:

```
urlpatterns = [
    url(r'^$', views.LoadData.as_view(),
        name='load_data'),
    url(r'^certificates_print/$', views.Certificates.as_view(), name='print_data'),
]
```

где LoadData – имя класса в файле views, отвечающего за загрузку csv файла на сервер. А Certificates – имя класса, отвечающего за разбор структуры csv и передачу данных в HTML-файл с сертификатами, готовыми к печати.

Для работы с формами создан класс LoadData в файле views:

```
class LoadData(View):
    def get(self, request, *args, **kwargs):
        form = LoadDataForm()
        context = {
            'form': form
        }
        return render(request, 'form.html', context)
```

В файле forms был подключен стандартный мо-

дуль Python – «csv» и выполнен структурный анализ загружаемого csv файла. Форма передается в HTML-файл form.html, для этого был написан следующий код:

```
<form action="/certificates_print/" method="post"
enctype="multipart/form-data">
  {% csrf_token %}
  {{ form.as_p }}
  <input type="submit">
</form>
```

Конечный результат рендера страницы с формой загрузки представлен на рисунке 2.

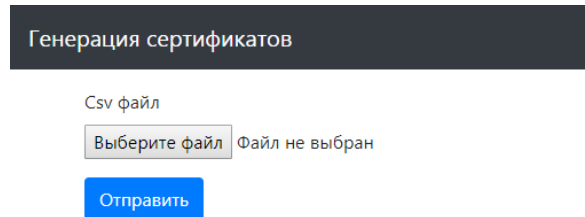


Рис. 2. Форма

Далее был написан класс Certificates в файле views: используя полученные данные формы, он создаёт словарь, содержащий необходимые данные для полей сертификата. Структура csv файла, поступающего на вход, должна иметь следующий вид:

- в первой строке должно быть "type", "fio", "organization", "teacher", "section";
- в первом столбце 1 из 5 на выбор: "диплом1", "диплом2", "диплом3", "благодарственное письмо", "сертификат";
- в сертификатах, где не используются поля teacher и section - оставляем их пустыми.

Пример заполненного csv файла показан на рисунке 3.

	A	B	C	D	E
1	type	fio	organization	teacher	section
2	диплом1	ИМЯ УЧАСТНИКА	ШКОЛА	РУКОВОДИТЕЛЬ	СЕКЦИЯ
3	сертификат	ИМЯ УЧАСТНИКА	ШКОЛА		

Рис. 3. Пример csv

В конечном HTML-файле прописаны стили, размечено точное позиционирование каждой из строк "type", "fio", "organization", "teacher" "section". В зависимости от поля "диплом1", "диплом2", "диплом3", "благодарственное письмо", "сертификат", добавлена background картинка с пустой заготовкой сертификата, поверх которой накладываются данные участника и мероприятия.

Пример получаемого сертификата представлен на рисунке 4.



Рис. 4. Сертификат

### Заключение

В результате получен рабочий прототип веб-приложения для генерации сертификатов об успешном освоении программ курсов в детском центре образовательной робототехники ТГПУ. Была проведена апробация веб-приложения на мероприятии под названием «я люблю науку!». Суммарно выдано 72 сертификата. Благодаря использованию фреймворка, дальнейшие доработки проекта осуществлять значительно проще. В будущем планируется внедрение системы документооборота, личного кабинета заказчика (родителя), электронного расписания.

### Список использованных источников

1. Клишин А.Н., Стась А.Н., Газизов Т.Т., Горюнов В.А., Кияницын А.В., Бутаков А.Н., Мытник А.А. Основные направления информатизации деятельности томского государственного педагогического университета // Вестник ТГПУ (TSPU Bulletin). 2015. 3 (156). С. 110–118.
2. A Complete Beginner's Guide to Django - Part 1 [Электронный ресурс] / Stories about Python, Django and Web Development — URL: <https://simpleisbetterthancomplex.com/series/2017/09/04/a-complete-beginners-guide-to-django-part-1.html> (дата обращения: 19.10.18).
3. Работа с формами [Электронный ресурс] / Документация Django 1.9 — URL: <https://djbook.ru/rel1.9/topics/forms/index.html> (дата обращения: 19.10.18).

# ВЛИЯНИЕ МЕДИАТЕКСТОВ НА ПОТРЕБИТЕЛЕЙ, АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА

А.Т. Лобкина, П.А. Мымрин  
В.П. Лебедев  
Иркутский государственный университет  
lobckina.nastya@yandex.ru

## Введение

Сознание людей склонно лучше воспринимать системы, построенные на основе некоторых закономерностей. Например, на основе закона золотого сечения, его работу мы наблюдаем во многих областях нашей жизни: архитектура, дизайн, биология. В том числе и социальная сфера. Психологи Иркутского государственного университета разработали методику, которая позволяет определить качество влияния медиатекстов на потребителей. Эта методика так же основана на принципе золотого сечения. [1] (Медиатекст – любая разновидность текста, связанная с кино, радио, видео.)

Основная идея этого метода заключается в том, что благодаря особенностям подсознания человека, наибольшее влияние на него оказывают слова и предложения, расположенные на определенных позициях в тексте (в сценарии мультфильма или фильма). Так же наиболее значимые для психологического анализа выражения проявляются в определенных «зонах» сочинения. Одну из этих «зон» называют «гармоническим центром» и найти его можно с помощью закона золотого сечения.

Изначально эта гипотеза была подтверждена с помощью статистического анализа сочинений порядка 1000 школьников. С помощью теста образной креативности Е.Торренса, интегрального показателя креативности и дисперсионного анализа Краскала – Уоллеса и затем некоторых статистических приемов, психологи выявили связь «золотого сечения» с оригинальностью текста и уровнем общей креативности автора сочинения, при условии, что сочинение написано на свободную тему без ограничений по объему и времени, данного на его написание. [1]

Следующим этапом было определение валидности метода золотого сечения и для анализа влияния медиатекстов – сценариев фильмов и мультфильмов – на зрителей, и методика успешно прошла испытание.

## Актуальность

Основной областью применения этого вида анализа задумывалась обработка медиаконтента, предназначенного для детей. Сейчас ее успешно используют для присвоения возрастного рейтинга.

В связи с растущими объемами контента, который необходимо обработать, со временем появились некоторые сложности ручной обработкой текстов. Перед нами стояла задача разрешить эти сложности. Далее мы рассмотрим этапы ручной об-

работки, которую нам нужно было автоматизировать, а затем опишем способы и инструменты, с помощью которых мы это сделали.

## Алгоритм работы

Итак, для диагностики профессионалам необходимо сначала привести текст к виду, пригодному для анализа, затем вычислить значения четырех основных параметров.

Этапы обработки:

1. Очистка текста от предлогов, союзов, частиц и других «служебных слов».
2. Подсчет количества уникальных слов (неповторяющихся, с учетом склонения по падежам и других изменений) – это «объем словаря».
3. Определение коэффициента «лексического богатства» - по формуле:

$$k = \frac{V}{\sqrt{N}} \quad (1)$$

где V – количество уникальных слов, а N – количество словоупотреблений всего, без учета служебных слов.

4. Поиск «гармонических центров» - это два предложения, первое содержит слово, позиция которого вычисляется по формуле:

$$i = \frac{N}{1.618} \quad (2)$$

считая от начала; второе содержит слово, которое вычисляется по такой же формуле, считая от конца текста.

Целью данной работы, как уже было сказано выше, является автоматизация процесса обработки текста и определение данных параметров. Авторами статьи было разработано программное приложение с удобным интерфейсом, на вход которому подается вербальный текст (в форматах \*.docx или \*.txt), а на выходе выдаются искомые параметры. Есть возможность настройки списка «служебных слов» (в частности добавление и удаление), а так же мы решили расширить функциональность и добавить историю проанализированных файлов и возможность предпросмотра выбранного документа.

## Инструменты

После некоторых поисков, мы пришли к решению реализовать приложение на языке Python. Так мы значительно ускорили разработку, что было важно для заказчика. Для корректной работы приложения было важно правильно определять уникальность слова, то есть программа должна считать

слова с учетом смысла, но без учета окончаний, например, слова «красный» и «красная» должны считаться формой одного и того же слова. В этом нам помогла библиотека со свободной лицензией Hunspell. Она реализована на C++, но имеет адаптацию для использования на Python.

Для разработки интерфейса мы использовали PyQt5 – это набор библиотек для создания интерфейсов на языке Python, по сути, набор «привязок» графического фреймворка Qt5, предоставленный компанией Digia.

Заключительный модуль определения «лексического богатства» и поиск позиций гармонического центра мы реализовали с помощью встроенных регулярных выражений и стандартной библиотеки math.

На данном этапе программа прошла тестирование у профессионалов – психологов и успешно выполняет свои задачи.

### **Перспективы и дальнейшее развитие**

Однако, мы не считаем, что работа закончена. С целью ускорения работы приложения, мы планируем переписать его на C++. Большинство наиболее необходимых методов обработки строк уже реализованы на нем. Кроме этого, мы бы хотели еще расширить функциональность приложения, сделать его более дружелюбным для непродвинутого пользователя. Последнее особенно важно, поскольку приложение нацелено на использование обычными людьми, мы бы хотели, чтобы взаимодействие с ним не вызывало никаких затруднений, а было максимально комфортным.

С этой точки зрения мы видим еще один, пожалуй, самый серьезный, недостаток. Анализируемые тексты – это в основном сценарии к видеоматериалам, и недостаток заключается в том, что на данный момент приложение позволяет анализировать только вербальные тексты. Дальнейшее развитие проекта мы видим в обработке речи в видео- и аудиоматериалах.

На сегодняшний день мы изучаем уже существующее программное обеспечение, которое выполняет похожие задачи. Понимая объем и сложность поставленной цели, мы решили начать с этого. Параллельно, мы начали работу над очисткой аудиофайлов от посторонних шумов. Существующие программы, в большинстве своем основанные на работе нейросетей, могут очищать

файлы либо от искажений сигнала, либо от последствий некачественной записи, но нам нужно и то, и другое. Кроме этого, поскольку анализировать нам предстоит озвучку мультфильмов, нам необходим модуль, который бы выделял речь и удалял посторонние звуки: спецэффекты, музыку и прочее подобное.

Для этого сначала планируется написать открытую библиотеку для C/C++, задачей которой будет распознавание речи в аудиофайлах, затем модуль для выделения звуковой дорожки из видеофайлов. Важной задачей, как сказано выше, является отделение речи от посторонних звуков – музыки, звуковых спецэффектов и так далее.

Распознавание планируется делать с помощью скрытых марковских моделей и нейросетей. Будет проводиться сравнительный анализ результатов распознавания разными способами и выбран наиболее подходящий для работы в оффлайн режиме, поскольку таково требование заказчика.

В заключение хотелось бы еще раз отметить, что в настоящее время разработано достаточно много приложений для обработки и распознавания речи, однако, с учетом специфики нашей задачи важна не только функция распознавания, но и целый комплекс сопутствующих признаков: паузы, ударение, динамика громкости, разделение диалогов по ролям и так далее, что приводит к необходимости серьезной адаптации и доработке существующих приложений и библиотек.

### **Список использованных источников**

1. Кыштымова И. М. «Психосемиотическая методика диагностики вербальной креативности» // Психологический журнал, 2008, том 29, № 6, с. 56–65
2. Теория звука. Что нужно знать о звуке, чтобы с ним работать. Опыт Яндекс.Музыки [Электронный ресурс] / Блог компании Яндекс. – URL: <https://habr.com/company/yandex/blog/270765/> (дата обращения 25.09.2018).
3. Распознавание речи от Яндекса. Под капотом у Yandex.SpeechKit [Электронный ресурс] / Блог компании Яндекс. – URL: <https://m.habr.com/company/yandex/blog/198556/> (дата обращения 27.09.2016)



## РАЗВИТИЕ ЭМОЦИОНАЛЬНОГО ИНТЕЛЛЕКТА СРЕДСТВАМИ ИНФОРМАЦИОННО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ

А.Н. Милованова

Н.Н. Абакумова

Томский государственный университет

e-mail: sanera50@gmail.com

**Аннотация:** Актуализирована проблема развития эмоционального интеллекта у учащихся с расстройствами аутистического спектра. Показана возможность использования информационной образовательной среды для понимания и выражения своих эмоций, соотношение эмоции с действительностью.

**Ключевые слова:** эмоциональный интеллект, расстройство аутистического спектра, компьютерные технологии.

### Введение

Данные современных исследований указывают на проблему роста количества установленных диагнозов у детей расстройства аутистического спектра (РАС) [1]. Данное явление имеет несколько объяснений: 1) возрастает информированность в данной сфере, а также совершенствуются способы диагностики; 2) факторы окружающей среды и генетики имеют вероятность быть причиной распространения РАС. Вместе с тем, точные причины расстройств аутистического спектра пока неизвестны.

Расстройство аутистического спектра—это название большой группы расстройств развития. Из-за них человек может испытывать трудности в общении, поведении и социализации, которые сопровождают его всю жизнь, зародившись еще в детстве. РАС характеризуются трудностями с социальным взаимодействием, социальной коммуникацией и гибкостью мышления. Это называется триадой нарушений. Однако многие эксперты [2] считают, что ключевая проблема при этом расстройстве – это неспособность вступать в обычное социальное взаимодействие. Детям с аутизмом часто сложно понять, что думают или чувствуют другие люди, и им трудно интерпретировать выражения лица – то есть распознавать эмоции.

Психосоциальные мероприятия на основе фактических данных, например, поведенческая терапия, могут ослабить затруднения в коммуникациях и социальном поведении, оказав положительное воздействие на благополучие и качество жизни личности.

**Эмоциональный интеллект.** Недавние исследования выявили закономерности, предполагающие, что детям с аутизмом нужно больше времени для восприятия и реакции на выражения эмоций на чужих лицах, например, счастья, злости, страха и так далее [3]. Это означает, что в повседневных социальных ситуациях, которые очень динамичны и изменчивы, люди с аутизмом испытывают трудности, так как они часто эмоционально «выпадают» или «не поспевают» за партнерами по социальному

взаимодействию.

Дефиницию «эмоции» в самом широком смысле психологи определяют, как общее состояние тела и психики, выражающееся в субъективном ощущении, которое либо приятно, либо неприятно, но никогда не нейтрально; сопровождается выразительным поведением или позой и физиологическими изменениями. Очень важно уметь распознавать как свои, так и чужие эмоции для полноценной социализации и успешной коммуникации.

Термин «эмоциональный интеллект» достаточно новый для науки. Понятие эмоционального интеллекта было введено в научный обиход J. D. Mayer, P. Salovey, согласно которым, эмоциональный интеллект – это группа ментальных способностей, способствующих осознанию и пониманию собственных эмоций и эмоций окружающих людей [5].

**Развитие эмоционального интеллекта.** Вопрос о разработке психокоррекционных программ по формированию и развитию эмоционального интеллекта у детей с ограниченными возможностями здоровья стал подниматься сравнительно недавно. Так, американские исследователи K. S. McClure, J. Halpern, P. A. Wolper, J. J. Donahue на основе анализа статей, посвященных проблемам детей с интеллектуальными нарушениями, ставят вопрос о необходимости обучения детей с легкой и умеренной степенью умственной отсталости навыкам узнавания и дифференциации эмоций других людей [4] для повышения качества их социального взаимодействия.

Развитие эмоционального интеллекта детей с РАС достаточно длительный процесс, реализация которого требует применения разнообразных методов, способов и средств чтобы дело сдвинулось с "мертвой точки". К традиционным методам стимулирования и коррекции эмоционального интеллекта можно отнести различные развивающие игры и упражнения. Например, интонационно окрашенное чтение книг, сказок беседа по рассказу, по сказке, по картинкам, а также разъяснение и объяснение [2]. Одним из популярных направлений в развитии эмоционального интеллекта является терапия с животными, арт-терапия и пр.

Особый интерес среди предлагаемых подходов к разработке психокоррекционных программ представляет применение компьютерных технологий с целью решения проблемы развития эмоционального интеллекта. Применение компьютерных программ при работе с детьми с ОВЗ, как дети с РАС, с точки зрения исследователей [4], обусловлено

тем, что эта категория детей предпочитает компьютеризованную среду, предполагающую минимальный контакт с посторонними людьми. Кроме того, в процессе использования компьютерных игр дети получают возможность работать в своем темпе, а повторение игровых упражнений позволяет закрепить у них формируемые навыки [4].

**Применение компьютерных технологий.** Современное общество активно применяет цифровизацию всех аспектов жизни. Информатизация затронула и процесс развития эмоционального интеллекта. В результате можно выделить следующие задачи, находящиеся на этапе поиска решений в информационно-образовательной среде: понимание своих эмоций, выражение этих эмоций в доступном для окружающих виде, понимание чужих эмоций, соотношение абстрактного понятия эмоции с его действительным проявлением. Решение указанных задач можно успешно сочетать с применением современных цифровых технологий, например, таких, как мобильные и веб-приложения.

Таким образом, в исследовании предполагается развитие эмоционального интеллекта посредством информационно-образовательной среды через реализацию следующих этапов: разъяснение дефиниций эмоций для улучшения соотношения абстрактного понятия с действительностью, многочисленные упражнения по распознаванию чужих эмоций (визуально - на фотографиях и картинках; и по контексту), обучение распознавать и выражать свои собственные эмоции (это могут быть пазлы или конструкторы эмоций на основе комбинирования характерных черт лица, а также трекер или дневник эмоций, заполняя который ребенок оттачивает навыки).

#### **Заключение**

В настоящее время уже разработан ряд приложений для развития эмоционального интеллекта. Вместе с тем, необходим комплексный подход к

формированию эмоционального интеллекта, учитывая индивидуальный темп обучающегося. Информационно-образовательная среда позволяет создавать для обучающегося с РАС свой неповторимый курс обучения. Применение компьютерных технологий дает возможность наглядно увидеть сюжет определенной эмоционально-сложной социальной ситуации, проиграв ее виртуально - на экране компьютера или другого устройства, и отреагировать свою ответную реакцию. В процессе выполнения игрового задания в такой среде ребенок может неоднократно возвращаться к вопросу задания для его повторения, пока оно не будет доведено до автоматизма, и в случае его ошибочного выполнения корректировать свой ответ. Мобильные приложения могут послужить отличным решением проблемы корректировки поведения ребенка, его эмоционального интеллекта, развить общительность и разрешить проблемы самовыражения.

#### **Список использованных источников**

1. Всемирная Организация Здравоохранения. Центр СМИ. Расстройства аутистического спектра (РАС), 4 апреля 2017 г.
2. Roth, M. For many with autism, reading facial expressions is a struggle. *Pittsburgh Post-Gazette*, 2010 Sept 27.
3. Nuske, H. J., Vivanti, G., & Dissanayake, C. (2013a). Are emotion impairments unique to, universal, or specific in autism spectrum disorder? A comprehensive review. *Cognition & Emotion*, 27(6), 1042–1061.
4. McClure K.S., Halpern J., Wolper P.A., Donahue J.J. 2009. Emotion Regulation and Intellectual Disability. *Journal on Developmental Disabilities*. 2, v.15: 38-44.
5. Социальный и эмоциональный интеллект детей с интеллектуальными нарушениями: подходы к изучению и коррекции: монография / Л.Ф. Фатихова. – Уфа: РИЦ БашГУ, 2017. – 140 с.

# ВЫЯВЛЕНИЕ ФАКТОРОВ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНТЕРНЕТ-МАРКЕТИНГА НА ПРИМЕРЕ САЙТА СТРОИТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

И.Ю. Михайлушкин

Томский государственный университет

server311@ya.ru

## Введение

Так как сайт строительной организации является неотъемлемой частью интернет-маркетинга и от его функционирования зависит эффективность коммуникации с пользователями, то появляется актуальная проблема выполнения сайтом основных задач. Их выполнению на должном уровне мешает существующая проблема нерационального поведения пользователей на сайте, которая, в свою очередь, ведет к низкой конверсии веб-сайта.

В области интернет-маркетинга существует набор факторов, позволяющий повысить его эффективность, вследствие чего, компания может достичь значительного преимущества над основными конкурентами и завоевать лучшую позицию на целевом рынке.

Целью работы является выявление и применение основных факторов, влияющих на интернет-маркетинг, для повышения эффективности деятельности предприятия.

Для достижения поставленной цели в работе были определены следующие задачи:

1. Выявить особенности и основные характеристики интернет маркетинга в сфере строительства деревянных домов;
2. Обозначить маркетинговую роль сайта компании в сети Интернет и обосновать необходимость изучения веб-аналитики;
3. Измерить ключевые показатели эффективности до модернизации веб-сайта;
4. Измерить ключевые показатели эффективности после модернизации веб-сайта;
5. Разработать методику повышения эффективности интернет-маркетинга в целях роста конкурентоспособности компании.

Объектом исследования является строительная организация «СибТерем», функционирующая на рынке строительных услуг.

Предметом исследования являются методологии и рекламные инструменты формирования и реализации интернет-маркетинга предприятия.

Теоретическую и методологическую основу исследования составляют отечественные труды в области веб-аналитики, рекламы и маркетинга.

## Обзор технологий

В настоящее время веб-аналитика располагает большим ассортиментом различных метрик, которые позволяют создавать систему показателей эффективности для сайта строительной организации.

При выполнении работы использовалась следующая система веб-аналитики – Яндекс.Метрика.

Яндекс.Метрика — это инструмент веб-аналитики, который помогает получать наглядные от-

четы, видеозаписи действий посетителей, отслеживать источники трафика и оценивать эффективность онлайн- и офлайн-рекламы [1].

Работа с Яндекс.Метрикой начинается с создания счетчика — кода, включаемого в содержимое веб-страниц. Одновременно с созданием счетчика Яндекс.Метрика создает связанное с ним хранилище данных.

Посетители взаимодействуют со страницами сайта, на которых установлен счетчик. Код счетчика исполняется и передает сервису Яндекс.Метрика данные как о самой странице, так и событиях, произошедших при взаимодействии с ней посетителя [2].

Основные показатели, используемые при анализе эффективности интернет-маркетинга:

1. Посетители – количество уникальных пользователей, посетивших веб-сайт за требуемый период;
2. Вернувшиеся посетители – пользователи, повторно посетившие веб-сайт за требуемый период;
3. Отказы – процент пользователей, просмотревших только одну страницу;
4. Глубина просмотра сайта – количество просмотров страниц за одно посещение сайта. По данному показателю можно судить, интересен ли наш веб-сайт пользователям или нет;
5. Целевые визиты – визиты пользователей, при которых была достигнута цель;
6. Конверсия – отношение целевых визитов к общему числу визитов.

Основные инструменты, используемые при анализе эффективности интернет-маркетинга:

1. Карта кликов - инструмент для измерения и отображения статистики по кликам на вашем сайте. Карта отображает клики по всем элементам страницы (в том числе по тем, которые не являются ссылками).
2. Карта ссылок — инструмент для измерения статистики переходов по ссылкам на вашем сайте. Ссылки на карте подсвечиваются разными цветами в зависимости от их популярности.
3. Карта скроллинга — инструмент для анализа того, как распределяется внимание посетителей на определенных областях страниц сайта. Карта поможет вам подобрать оптимальную длину страниц и правильно разместить важную информацию.
4. Вебвизор – данная технология позволяет проанализировать поведение посетителей на своем сайте на качественно новом уровне. Вы можете воспроизвести действия посетителей в формате видео и узнать, что они делают на каждой странице,

как передвигают курсор мыши, кликают по ссылкам [3].

### Измерение показателей эффективности

В ходе выполнения данной работы были созданы счетчики, а затем, после основной и дополнительной настройки, добавлены на веб-сайт. Стоит отметить, что код счетчика является асинхронным, то есть он не влияет на скорость загрузки страниц нашего веб-сайта. Также, если действия пользователя произошли до загрузки кода, то данные будут сохранены. Краткая сводка основных показателей представлена на рисунке 1.

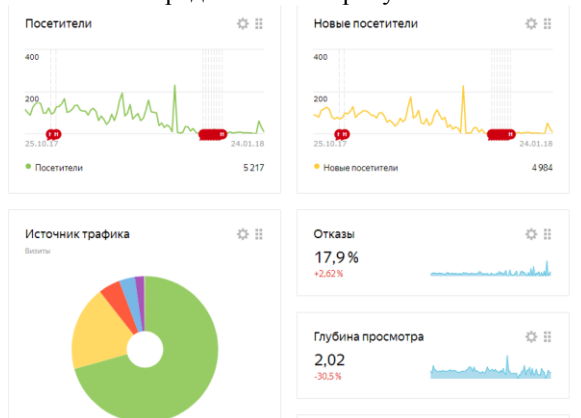


Рис. 1. Сводка основных показателей

Благодаря данной статистике можно оперативно ознакомиться с динамикой посещения веб-сайта. На рисунке 2 приведена карта кликов веб-сайта строительной компании.

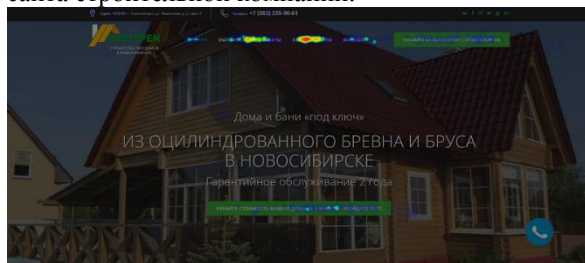


Рис. 2. Карта кликов

Исходя из данной карты, можно сделать выводы, что пользователи чаще всего нажимают на кнопки, ведущие в разделы «Наши проекты» и «Выполненные объекты». Переходы на онлайн-калькулятор осуществляются значительно реже.

При выполнении работы был использован такой инструмент как карта скроллинга. Она представляет собой графическое представление данных, которое использует систему цветового кодирования для отображения различных значений. Данная карта используется в различных формах аналитики, но чаще всего применяется для отображения поведения пользователей на определенных веб-страницах. Карта показывает куда именно нажимал пользователь или как далеко он прокручивал страницу [4]. На рисунке 3 представлена

карта скроллинга веб-сайта строительной организации.

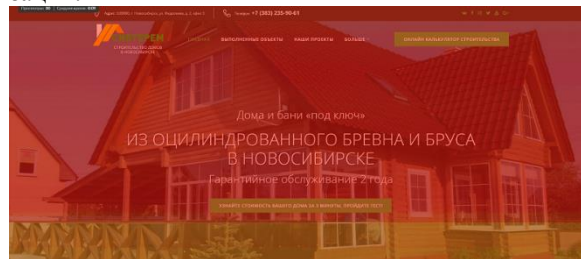


Рис. 2. Карта скроллинга

Исходя из этой информации, пользователи дольше смотрят первую часть веб-сайта. Многие пользователи не дожидаются загрузки раздела «Наши работы». Особо актуально это явление наблюдается в мобильной версии веб-сайта.

### Заключение

В результате выполнения данной работы можно сделать вывод о том, что сервис Яндекс.Метрика хорошо подходит для анализа ключевых показателей эффективности веб-сайта и повышения его конкурентоспособности.

На основе полученных данных можно определить дальнейшую политику по модернизации веб-сайта. В основном это касается онлайн-калькулятора и общей динамики веб-сайта строительной организации.

Данное исследование является основой для большой работы, задачей которой будет являться тестирование посадочных страниц, а также их проверка на технические проблемы и скорость загрузки [5].

### Список использованных источников

1. Яндекс.Метрика. [Электронный ресурс] / SiteEdit. – URL: <https://www.siteedit.ru/learning/post/yandexs-metrika> (дата обращения 20.11.2018).
2. Яндекс.Метрика работа [Электронный ресурс] / Яндекс.Метрика – URL: <https://yandex.ru/support/metrika/general/how-it-works.html> (дата обращения 20.11.2018).
3. Яндекс.Метрика инструменты [Электронный ресурс] / Яндекс.Метрика – URL: <https://yandex.ru/support/metrika/behavior> (дата обращения 20.11.2018).
4. Click map advantages [Электронный ресурс] / Optimizely. – URL: <https://www.optimizely.com/optimization-glossary/heatmap/> (дата обращения 20.11.2018).
5. Веб-аналитика как инструмент повышения эффективности рекламных кампаний [Электронный ресурс] / Конференции и мероприятия Яндекса. – URL: <https://events.yandex.ru/lib/talks/3805/> (дата обращения 20.11.2018).

# ИНСТРУМЕНТЫ ИЗУЧЕНИЯ ПОТРЕБНОСТЕЙ И ПРОБЛЕМ ТЕРРИТОРИИ ПО ДАННЫМ, ПУБЛИКУЕМЫМ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯМИ СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЕЙ

Ю.В. Пестова

Научный руководитель: А.Г. Балахчи, кандидат физико-математических наук, зав. каф. ЕНД

Иркутский государственный университет

E-mail: yupest@gmail.com

## Введение

Что требуется сегодня для устойчивого развития территории, ее эффективного управления? Наверное, одним из наиболее важных факторов осведомленность руководителей и администрации населенных пунктов об удовлетворенности или неудовлетворенности жизнью в том или ином месте территории, в то или иное время. Что может быть средством для получения таких данных? Наиболее подходящим вариантом, как нам показалось, являются социальные сети.

Социальные сети – один из крупнейших источников общедоступной информации. Ни для кого не секрет, что современные социальные сети представляют собой огромные базы данных, содержащие много интересной информации о частной жизни своих пользователей. Практически у каждого из нас есть учетная запись (а у кого-то две и более) в одной или нескольких социальных сетях. Тут мы делимся своими новостями, личными фотографиями, интересами в виде постов с кругом своих друзей.

Хочется заметить, что данная статья посвящена не готовым результатам, а пока лишь оценке подходящих инструментов для его получения. Здесь мы рассмотрим выбранные нами технологии сбора, обработки и представления информации, оставленной пользователями социальных сетей, находящимися на определенной, вполне конкретной территории.

## Технологии сбора информации

Web scraping (с англ. «соскабливание») – процесс извлечения с веб-страницы необходимой информации в структурированном виде. Такой процесс включает в себя создание агента для загрузки, анализа и организации данных из Интернета автоматическим способом. То есть посредством технологии webs scraping исключается ручное действие пользователя[1].

Вместо этого, осуществляется выполнение программы, которая отправляет запросы веб-серверу на получение данных, размещенных на странице (html и другие файлы). Затем применяется синтаксический анализ для извлечения данных и последующего преобразования в необходимый вид. Таким образом улучшаются показатели скорости и точности сбора данных. Данная технология используется при возникновении следующих прецедентов:

- требуется повторение процесса взаимодействия со страницей и сбора данных на ней,

- на странице большое число полей, которые необходимы для анализа,
- таких страниц большое число.

Также можно воспользоваться API социальных сетей или сайтов, которые предоставляют свои данные в открытом доступе. Однако не все сервисы предоставляют такую возможность. В таком случае использование web scraping вынуждено.

Python считается универсальным языком для реализации данных. Расширяется подключением необходимых библиотек, производителем. Для разработки на этом языке программирования потребуются библиотеки Requests и Beautiful Soap, либо их аналоги. Первая предназначена для выполнения http-запросов. Библиотека Beautiful Soap помогает отформатировать и систематизировать интернет-данные, позволяет исправить неявно размеченные html-страницы и вывод их в виде легко обрабатываемых объектов Python, представляющих xml-структуру.

Также для web scraping подходит язык R. В нем эффективно используются вектора и матрицы, что упрощает процесс реализации, а также имеет достаточное количество встроенных функций для анализа данных. Для написания кода программы web scraping необходима библиотека rvest[2]. Она необходима для копирования данных с веб-страницы, основной ее функцией является выделение фрагментов документа html-тегам.

Существуют сервисы не требующие знания программирования, например, Import.io – онлайн сервис, расширение браузера Chrome–Scraper или облачный сервис Octoparse.

Таким образом, выбор инструментов разнообразен. С точки зрения предоставления возможностей инструменты программирования выигрывают у готовых онлайн сервисов. Например, обход «ловушек» скрапинга (противостояния скрапингу), что подтверждает расширение возможностей сбора информации.

Определив значение web-scraping и его возможности, рассмотрим способы и области применения технологии.

Информация, сохраняемая в процессе сбора и анализа может в последствии быть обработана для создания типовой модели. Например, на основе поведения категории людей в соц. сетях можно построить модель покупателя конкретного магазина, студента университета, самого университета, целого города и т.д. Возможно получить не только ос-

новную информацию о местонахождении, возраста, пола, но и эмоциональное настроение, основываясь на тексте постов.

### Технологии обработки и представления информации

Существуют множество инструментов для визуализации данных. Во-первых, это все те же Python и R. Во-вторых, это огромное количество BI-платформ, наиболее яркими представителями которых являются Tableau и QlikView [3]. Безусловно, они многократно опробованы и отлично подходят для анализа и визуализации данных. Однако, они не подходят так, как платформа Chronotope от компании Habidatum. Рассмотрим, в чем преимущество этого инструмента перед другими.

Chronotope Cube – это веб-приложение, которое позволяет визуализировать данные в трехмерном пространстве (долгота, широта и время), обрабатывать, а также находить и исследовать возможные корреляции [4]. Данные представлены как объемная сетка, при этом каждый его элемент называется воксель (рис. 1). Каждый воксель содержит определенное значение данных из исходного набора, который в соответствие с цветовой шкалой метрики принимает свой окрас.

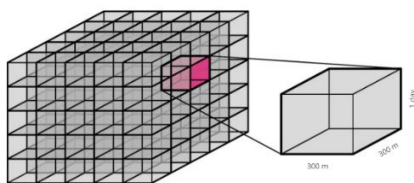


Рис. 1. Представление вокселя

На рис. 2 приведен пример визуализации данных по настроению постов с помощью Chronotope где интенсивность данных выражена цветовой палитрой от синего к коричневому.

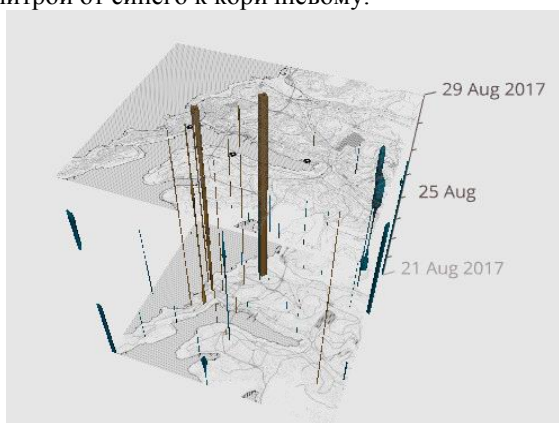


Рис. 2. Визуализация данных в пространстве и времени на примере г. Владивосток в рамках образовательного интенсива «Остров 10-21»

С помощью Chronotope можно управлять структурированными данными, подгружая различное

число метрик, представленных по категориям. Метрики и категории (далее: единицы данных) можно исключать на карте, применять агрегатные функции, смотреть в пересечении с другими единицами данных. Приложение предлагает инструменты для визуализации данных по желаемым территориям и временным периодам. Также, в многообразии инструментов входят – маркеры, при установке которых можно получить срез информации:

- по включенным категориям в определенные моменты времени и координатам,
- по координатам охватывая весь временной период,
- момент времени, охватывая все пространство.

Привязывая координаты к известным местам города, мы получаем скопления людей, что дает «ожившую» карту. Она показывает, как живет город: в какое время проявляется наибольшая активность жителей, какие самые популярные места у туристов, какое общее настроение у города?

Обработанные данные позволяют задуматься о решении видимых проблем (нежелательных пробок), развить туристические маршруты, развлекательные площадки и т.п. А главное, станет возможным проследить аномальные поведения города, то есть ситуации отличные от построенной модели, получить конкретные отличия по категориям связать с причиной их возникновения.

### Заключение

Используя API социальных сетей и web scraping, мы получаем доступ к данным, отображают мнения жителей и гостей о территории, на которой они находятся. Обработка данных с использованием платформы Chronotope позволит провести визуальный анализ с целью принятия решений относительно планирования и управления территорией (по Иркутской области), выявить закономерности, проблемы или способы повышения эффективности.

### Список использованных источников

1. Скрапинг веб-сайтов с помощью Python/ пер. с англ. А. В. Груздев – М.: ДМК Пресс, 2016. – 280с.: ил.
2. Introduction to Web Scraping in R [Электронный ресурс] / Stanford University – URL: <https://stanford.edu/~vbauer/files/teaching/VAMScrapingSlides.html> (дата обращения: 20.11.2018)
3. Сравнение топ-4 популярных BI платформ. Какую выбрать? [Электронный ресурс] / Хабрахабр – URL: <https://habr.com/company/newprolab/blog/349186/> (дата обращения: 20.11.2018)
4. Web application Chronotope Cube [Электронный ресурс] / Habidatum Chronotope – URL: <https://chronotope.io> (дата обращения: 15.07.2018)

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГОРОДСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СЕРВИСОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ

А.А. Ромме, Ю.Е. Курмазова, Ю.С. Худякова  
А.Г. Балахчи, кандидат физико-математических наук, зав. каф. ЕНД  
Иркутский государственный университет  
anna.romme22@gmail.com

## Введение

Дополненная реальность (AR) – динамическая, стремительно развивающаяся технология [1], которая имеет массу преимуществ для управления территорией. Использование технологий геолокационной AR позволяет спроектировать и создать городские информационные сервисы, позволяющие реализовать такие возможности как:

- интеграцию жителей территории в окружение через геолокационные сервисы и оживление окружающего пространства;
- построение маршрутов передвижения;
- знакомство с достопримечательностями;
- организация парков виртуальных развлечений и геолокационных игр с виртуальным компонентом;
- выражение гражданской позиции в не регламентированном, но привязанном к реальности пространстве;
- возможности управления и мониторинга цифровой территории: управление туристическими потоками; анализ поведения толпы с помощью системы видеонаблюдения, мгновенная визуализация данных в реальном времени для экстренных служб;
- формирование игрового иммерсивного контента и обеспечение доступной развлекательно-познавательной среды для лиц с ограниченными возможностями.

Все это формирует отношение к городской среде, как к ресурсному пространству нового типа, и напрямую влияет на притягательность городов, качество жизни в них, повышает привлекательность малых городов.

Приложения геолокационной дополненной реальности можно создавать как с использованием современных фреймворков (ARKit, ARCore), так и при помощи AR-браузеров [2]. Преимуществами браузеров перед другими инструментами являются простота расширения уже готового решения другими разработчиками, а также браузер – это универсальное приложение, которым пользователь может пользоваться в разных городах. Одними из самых удобных и стабильных AR-браузеров являются Wikitude и Layar, в данной работе мы использовали Layar.

## Layar

Layar [2] представляет собой AR-браузер, позволяющий использовать слои для отображения дополненной реальности. Каждый такой слой представляет собой массив точек интереса, привязанных к геопозиции пользователя, с информацией о них. Изображение, получаемое с камеры мобильного устройства, дополняется виртуальными элементами, связанными с конкретным слоем. Например, слой может содержать информацию обо всех библиотеках в радиусе 2 км от пользователя.

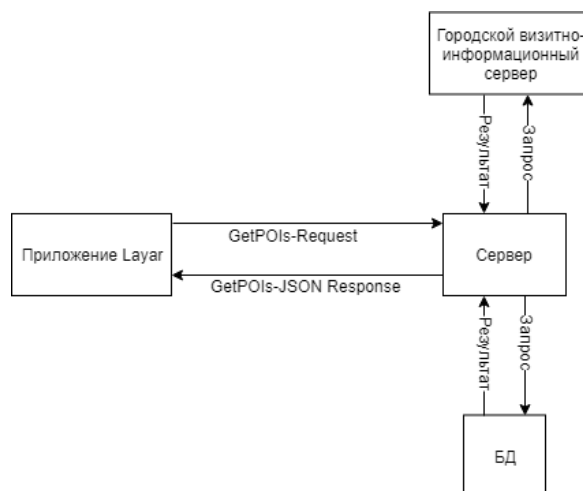


Рис. 1. Схема взаимодействия браузера с сервером

Приложение при открытии слоя отправляет на сервер запрос, в котором передаются координаты (широта и долгота), а также радиус, указанный пользователем. Сервер в качестве ответа отправляет в формате JSON так называемые точки интереса (POI - от англ. «Points of interest»). Каждая точка интереса содержит: географические координаты, название, краткое описание, подпись, фотографию.

## Концепция трансформации городской информационной среды

Объекты информационной инфраструктуры г. Иркутск, которые могут быть полностью или частично перенесены в цифровое пространство:

- Указатели на пересечении улиц;
- Информационные таблички на домах;
- Информационные таблички на остановках;
- Туристический маршрут “Зеленая линия” (рисунок 2) длиной 5 км, включающий в себя около 30 достопримечательностей в центре

города. Рядом с каждой достопримечательностью расположен стенд с исторической справкой и схемой маршрута.

У всех вышеперечисленных объектов есть один общий недостаток: информационные сервисы не всегда попадают на пути следования человека. Зеленая линия часто прерывается, туристу не всегда понятно, в каком направлении ему следует идти и каким образом проложить оптимальный маршрут по достопримечательностям.



Рис. 2. “Зеленая линия”, проложенная на дорогах Иркутска

Следовательно, если гость или житель города не встречает информационный сервис, то процесс взаимодействия с ним отсутствует, и поиск нужного объекта сводится к хаотичному перемещению по улицам.

В качестве решения данной проблемы мы предлагаем создать геоинформационную систему для города, которая будет включать в себя GPS координаты всех достопримечательностей и значимых Иркутска. Также данная система должна позволять фильтровать POI (кафе, памятники и т.д.). Кроме того, мы предполагаем дополнить уже существующие таблички AR-контентом, тем самым расширяя и дополняя их, позволяя туристу получить больше полезной информации о каком-либо городском объекте.

На данном этапе созданы маршруты и соответствующие слои в Layar:

- Обзорная экскурсия по Иркутску;
- Деревянное зодчество города Иркутск;
- Путь Адмирала;
- Декабристы в Иркутске;
- Предприниматели и меценаты
- По некрополям Иркутска
- Подземелья Иркутска

### Заключение

Дальнейшими перспективами развития нашего проекта являются, во-первых, образовательная функция городского информационного сервиса, т.е. образование в форме квеста, в котором жителям и гостям города предлагается выполнить определенные задания во время прогулки по городу. Во-вторых, создание виртуальной безбарьерной развлекательно-познавательной среды для лиц с ограниченными возможностями, предполагающей:

- взаимодействие со средой в рамках игрового сценария;
- составление маршрутов, наиболее приспособленных для передвижения на коляске;
- преобразование визуальной информации об объектах в аудиосообщения и наоборот.

### Список использованных источников

1. Azuma, Ronald T. A survey of augmented reality. Presence 6.4, 1997 - 355-385.
2. Баулин И. Н. Слои для Браузера Дополненной Реальности // International Journal of Open Information Technologies. -2013. -Т. 1. -№. 7. -С. 16-23.
3. Layar Developer Documentation. [Электронный ресурс] / Официальный сайт Layar – URL: <https://www.layar.com/documentation> (дата обращения 22.11.18).



# АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УЧЕТА РАБОЧЕГО ВРЕМЕНИ

Н.Д. Сергеева, А.Д. Кульневич, Р.А. Чугунов  
Томский политехнический университет  
nds4@tpu.ru

## Введение

В современных условиях автоматизация компании сильно влияет на ее экономическую эффективность. Эффективная автоматизация бизнеса может значительно снизить трудозатраты персонала, повысить производительность труда, а также сократить расходы и увеличить прибыль. Автоматизированная обработка и анализ информации, также позволяют менеджерам принимать наиболее полное решение для управления, исключает рутинную работу и позволяет сосредоточиться на актуальных проблемах.

Использование системы учета времени позволяет компании контролировать эффективность использования рабочего времени персонала, особенно в организациях, специализирующихся на предоставлении услуг.

## Система учета рабочего времени сотрудников

Существуют веб-сервисы учета рабочего времени, готовые к интеграции в бизнес-процесс, такие как Toggl, TSheets, Harvest, однако набор их функций является неподходящим или избыточным для некоторых организаций [1-3].

ООО «Силикон Еуроп» – IT компания, которая занимается автоматизацией бизнес-процессов и производственных процессов, разработкой программного обеспечения. Для интеграции в компанию системы учета рабочего времени и автоматизации составления отчетов был разработан сервис, предоставляющий следующие возможности:

1) ведение справочников по клиентам, проектам и сотрудникам;

2) возможность сотрудникам вести учет собственного рабочего времени;

3) возможность задания сроков выполнения этапов работ;

4) возможность контроля за учтенным рабочим временем посредством подтверждения ежедневных табелей рабочего времени;

5) возможность создания отчетов о стоимости рабочего времени с фильтрацией по клиентам, сотрудникам, проектам.

Была выбрана разработка новой системы для отслеживания времени только с необходимым функционалом – такая система может обеспечить требуемый уровень адаптации под задачи компании. На рисунке 1 представлена диаграмма вариантов использования для разрабатываемого приложения, описывающая функциональные требования.

Для работника действием, доступным для выполнения в программе, является регистрация рабочего времени. Для руководителя доступны функции по управлению клиентами, проектами и пользователями, созданию отчетов и подтверждению табелей учета рабочего времени.

После того, как табель сотрудника за неделю был подтвержден, он больше не может редактировать его; если же подтверждения не произошло, то табель имеет статус «ожидает подтверждения» и табель можно редактировать, пока менеджер не решит его подтвердить.

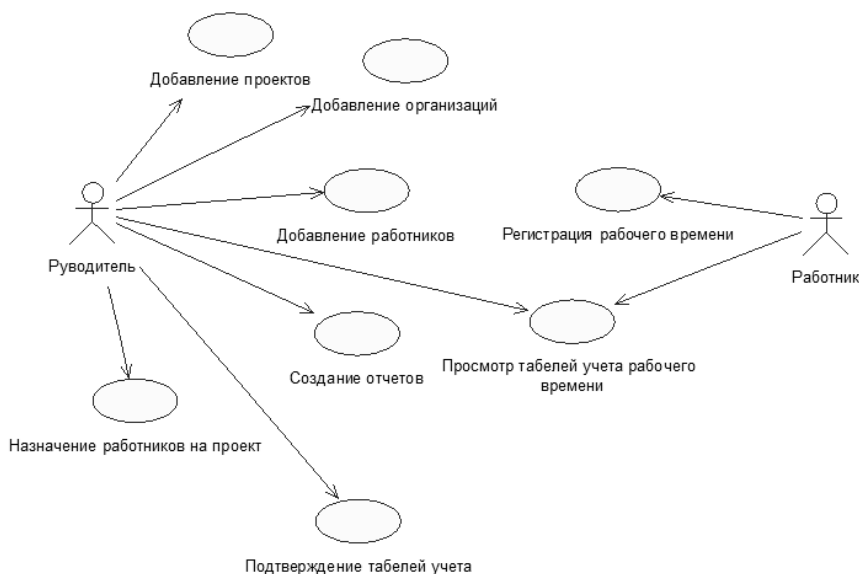


Рис. 1. Диаграмма вариантов использования рабочего времени.

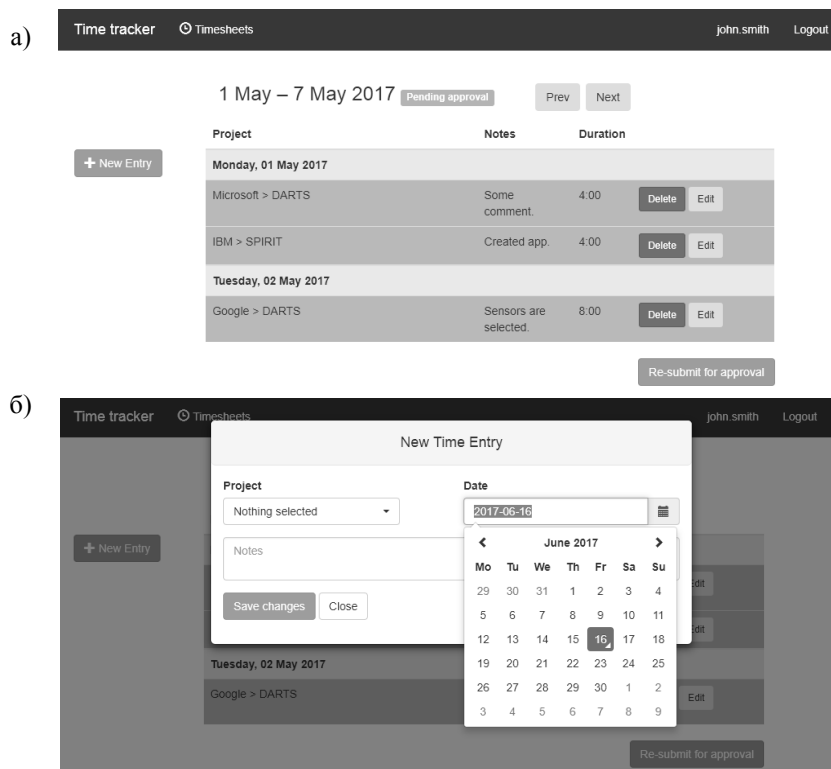


Рис. 2. Интерфейс веб-сервиса: а) список добавленных записей, б) окно регистрации рабочего времени.

Веб-сервис реализован с помощью средств:

- «PostgreSQL» – свободная реляционная система управления базами данных;
- «Java» – объектно-ориентированный язык программирования;
- «Spring MVC» – фреймворк, обеспечивающий архитектуру модель-представление-контроллер;
- «JPA» – технология, обеспечивающая объектно-реляционное отображение простых JAVA объектов и предоставляющая API для сохранения, получения и управления такими объектами;
- «Javascript» – язык сценариев, придает веб-страницам возможность реагировать на действия пользователя и превращать статичные страницы в динамические.

Для удобной работы с базой данных, было разработано клиент-серверное web-приложение на языке высокого уровня Java, в котором в качестве клиента используется браузер, а в качестве сервера приложений – сервлет-контейнер Apache Tomcat 7.0, который связан с серверной частью СУБД PostgreSQL. При разработке приложения были использованы технологии: JSP и Ajax – асинхронная загрузка данных, а также паттерн MVC.

Интерфейс веб-сервиса для доступа сотрудника был реализован с использованием фреймворка AngularJS, который позволил реализовать навигацию между данными по неделям без перезагрузки страницы, т.е. уменьшились задержки на загрузку страниц при работе пользователя сервисом. При

регистрации записи времени, запись динамически добавляется в список записей на текущей странице и обновляется.

Интерфейс сервиса представлен на рисунке 2.

### Заключение

Разработан веб-сервис для учета рабочего времени сотрудников, предназначенный для предоставления информации, необходимой для подсчета временных затрат на проект и учета задач сотрудника в течение недели. Набор функций системы позволяет использовать ее в компаниях, чья деятельность связана с предоставлением услуг, выполнение которых осуществляется в форме проектной деятельности.

Разработка внедрена в компании ООО «Силикон Еуропа».

### Список использованных источников

1. Toggl - Time Tracker & Employee Timesheet Software [Электронный ресурс] – Режим доступа <https://toggl.com/> (Дата обращения: 02.03.2017).
2. TSheets: Time Tracking - Best Employee Time Tracker Software [Электронный ресурс] – Режим доступа <https://www.tsheets.com/> (Дата обращения: 04.03.2017).
3. Simple Online Time Tracking Software - Harvest [Электронный ресурс] – Режим доступа <https://www.getharvest.com/> (Дата обращения: 04.03.2017).

# РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ФОРМИРОВАНИЯ ВАРИАНТОВ ИГРЫ ДЛЯ МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ "СУДОКУ"

А.М. Ширыкалов  
Томский политехнический университет  
ams28@tpu.ru

## Введение

Сегодня, в связи с распространенностью смартфонов, большой популярностью пользуются мобильные игры – головоломки. Одним из видов таких головоломок является Судоку. В целях изучения технологии разработки мобильных приложений для операционной системы *Android* нами было выбрано создание мобильной игры Судоку.

Одной из особенностей нашего приложения является то, что в нем не используется готовый набор головоломок, а каждый раз, когда пользователь начинает новую игру, генерируется новая таблица Судоку.

В ходе разработки алгоритма генерации Судоку, возникла необходимость подсчета количества возможных решений. Это нужно было выполнить, чтобы удостовериться, что конечная таблица соответствует основному правилу Судоку (правильно составленное игровое поле должно иметь единственное решение).

## Дерево решений Судоку

Далее, для упрощения объяснений, будет использована таблица 4x4. Ниже на рисунке приведен пример такой таблицы с её решением.

3			2
	4		
		1	

4	2	3	1
3	1	4	2
1	4	2	3
2	3	1	4

Рис.1. Судоку 4x4 и его решение

Хорошей визуализацией состояния нерешенного Судоку является «лес», где в каждом «дереве» на  $i$ -том ярусе расположены числа, подставляемые в  $i$ -тую свободную клетку первоначальной таблицы.

Деревья строятся по такому принципу: от каждого узла  $i$ -того яруса строим ветви с цифрами, которые можно по правилам поставить в  $i$ -тую свободную клетку изначальной таблицы, с учетом того, что в эту таблицу в предыдущие свободные клетки были поставлены цифры соответствующие пути из узла в корень дерева.

Ниже показан такой «лес» для первой таблицы с рисунка 1.

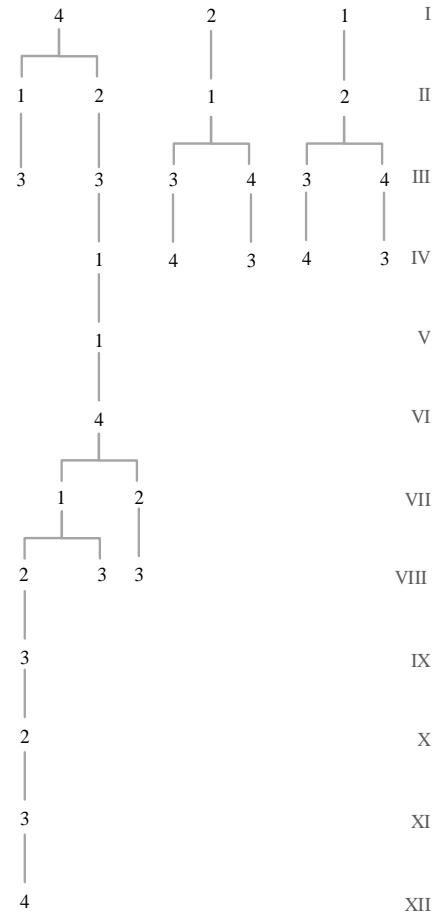


Рис.2. Полное дерево решений Судоку

Полученные таким образом леса и деревья будем называть *деревом решений Судоку*.

## Алгоритм полного обхода дерева решений Судоку

Разработанный алгоритм для обхода дерева решений Судоку и подсчета количества полных решений, является рекурсивным. Он состоит из двух методов, возвращающих целые числа, рекурсивно вызываемых друг в друге.

В одном из них в таблице находится первая нулевая клетка и вызывается второй метод, с передачей ему координат клетки. В случае, если нулевой клетки не найдено, таблица считается завершенной и методом возвращается единица.

Далее приведена блок-схема работы метода нахождения первой нулевой клетки - *findZeroAndTrySolving()*.

*findZeroAndTrySolving(table: Array<IntArray>): Int*

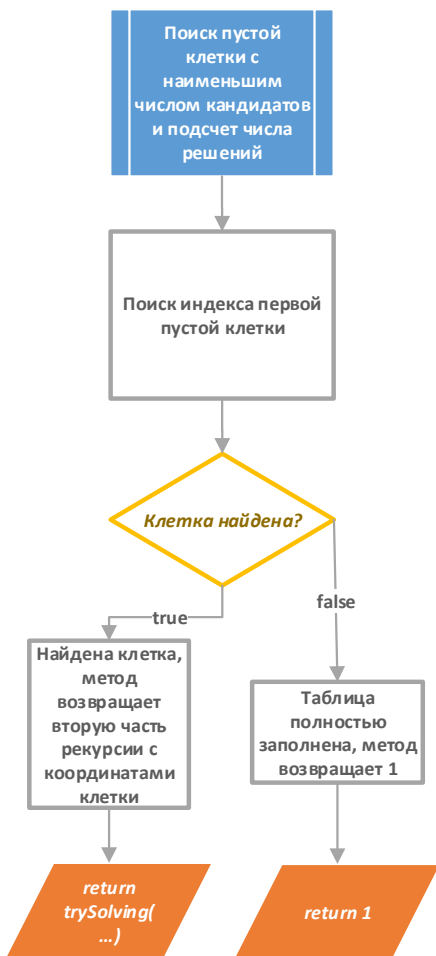


Рис.3. Блок-схема работы метода *findZeroAndTrySolving()*

Если нулевая клетка была найдена, вызывается метод *trySolving()*, в котором в эту клетку по очереди подставляются все возможные по правилам игры цифры, с вызовом при каждой подстановке метода *findZeroAndTrySolving()* с передачей в него измененной таблицы, при этом результаты суммируются. Далее приведена блок-схема его работы.

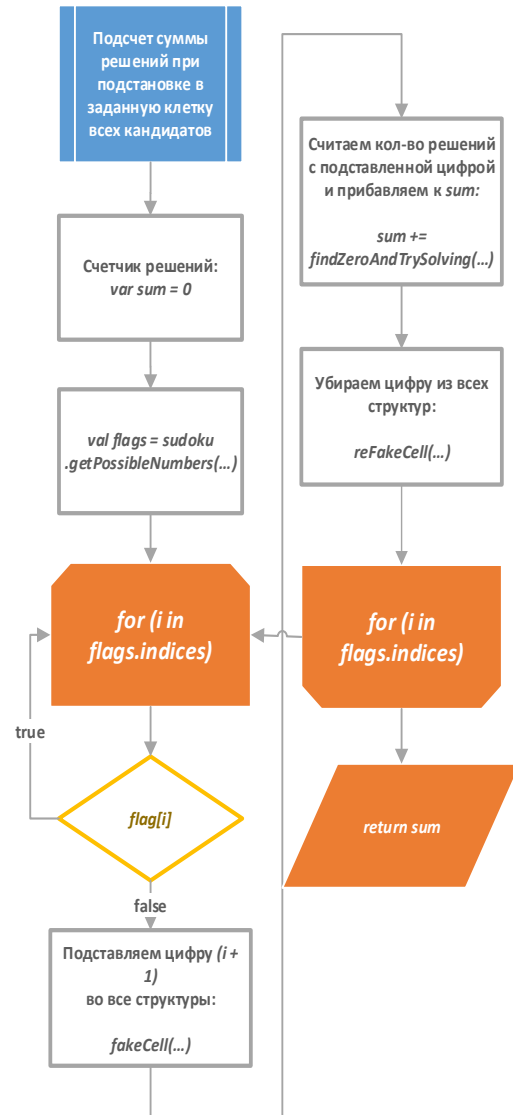


Рис. 4. Блок-схема работы метода *trySolving()*

### Заключение

Как результат, в ходе работы алгоритма полностью проходит дерево решений, при этом подсчитывается количество раз, когда таблица заполнялась полностью.

### Список использованных источников

1. Counting Sudoku Solution Grids using Monte Carlo. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://theartofmachinery.com/2017/08/14/monte\\_carlo\\_counting\\_sudoku\\_grids.html](https://theartofmachinery.com/2017/08/14/monte_carlo_counting_sudoku_grids.html), свободный (дата обращения: 10.08.2018).
2. Herzberg A. M., Murty R. Sudoku squares and chromatic polynomials // Notices of the AMS. – 2007. – Т. 54.– № 6. – С. 708-717.
3. Bertram F., Frazer J. Mathematics of Sudoku I. // Mathematical Spectrum. – 2006. – Т. 39 – С. 15-

# СБОР И ОБРАБОТКА ДАННЫХ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ СЕТЕВЫХ МАРКЕРОВ СУИЦИДАЛЬНОЙ МОТИВАЦИИ (НА ПРИМЕРЕ СОЦИАЛЬНОЙ СЕТИ «ВКОНТАКТЕ»)

А.А. Абдулов, З.А. Воловикова, Ю.А. Прошутин

Научный руководитель: А.Г. Балахчи, кандидат физико-математических наук, зав. каф. ЕНД

Иркутский государственный университет

E-mail: sanek\_015@mail.ru

## Введение

Немалую роль в нашей жизни играют социальные сети. Мы выкладываем туда свои фото, рассказываем о повседневной жизни, делимся интересами. Среди молодого поколения особой популярностью пользуется социальная сеть «ВКонтакте». По нашей странице в ВК можно полностью понять, кто мы и если даже не удастся получить всю необходимую информацию о человеке, то абсолютно точно можно выделить его цифровой след, по которому последовательно шаг за шагом, обходя глобальную сеть вычислить недостающие компоненты. Исследование контента страниц в социальных сетях людей с какой-либо характерной общностью, влияние его на других представляет большой интерес.

## Постановка задачи

За последние два года в СМИ разного уровня многократно обсуждался вопрос создания и развития в социальной сети ВКонтакте суицидальных групп. При этом назывались самые разные цифры количества таких сообществ. Ресурс <https://pravoslavie.fm> указывает цифру 1500 подобных объединений. С другой стороны, если в социальной сети есть такие группы, есть люди, совершившие акт суицида, то закономерным является вопрос о выделении в потоке данных их цифрового следа и нахождении (определении) в нем маркеров суицидальной мотивации.

Данная работа посвящена поиску основных идентификаторов участников социальной сети ВКонтакте, совершивших самоубийство, выделению их цифрового следа, и выявление в нем маркеров суицидальной мотивации.

## Инструменты и технологии

Для решения поставленной в работе задачи нами были использованы следующие технологии: Python, SciPy, Pandas, VK API [1].

Извлечение необходимой информации из социальной сети проводилось при помощи API Вконтакте.

API (application programming interface) — это посредник между разработчиком приложений и какой-либо средой, с которой это приложение должно взаимодействовать. API упрощает создание кода, поскольку предоставляет набор готовых классов, функций или структур для работы с имеющимися данными. API ВКонтакте — это интерфейс, который позволяет получать информацию из базы данных vk.com с помощью http-запросов к специальному серверу. Вам не нужно знать в подробностях, как устроена база, из каких таблиц и

полей каких типов она состоит — достаточно того, что API-запрос об этом «знает». Синтаксис запросов и тип, возвращаемых ими данных, строго определены на стороне самого сервиса. Например, для получения данных о пользователе с идентификатором 210700286 необходимо составить запрос такого вида: [https://api.vk.com/method/users.get?user\\_id=210700286&v=5.52](https://api.vk.com/method/users.get?user_id=210700286&v=5.52). Более подробно о возможностях API можно прочитать в официальной документации [2].

Используя API VK, можно построить социальный граф (рис. 1), граф связи друзей в социальных сетях [3]. На его основе можно решать различные аналитические задачи.

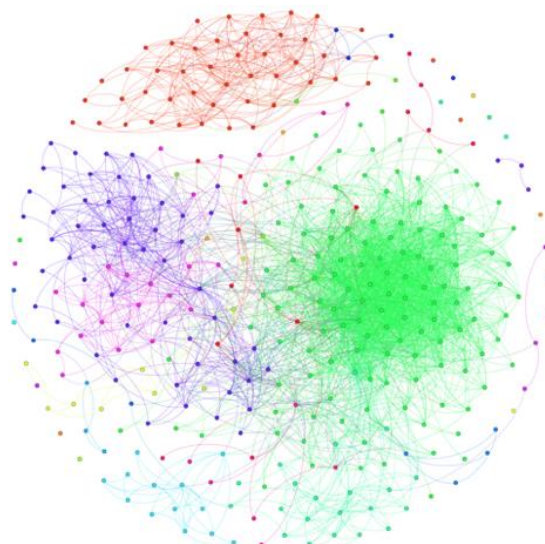


Рис. 1. Граф связей, построенный при помощи API VK

## Сбор и анализ данных

При помощи API мы можем извлекать самую различную информацию о пользователях, группах, записи со стены, фотографии и многое другое. Сбор идентификаторов мы вели на основе группы «дэдпейдж» - «Страница смерти» ВКонтакте. В этой группе размещается информация об умерших людях. Нам же были необходимы ID только тех из них, кто совершил самоубийство. Таким образом, был составлен набор слов, выявляющих только случаи суицида: «прыгун», «спрыгнул», «повесился», «бросился», «самовыпил», «выпилился», «вскрылся», «покончила» и т.п. Далее страница исследовалась на наличие блоков записей с подобными словами, результатом работы программы

стала таблица данных: ID - человека, причина смерти. Найденный ID - человека использовался для нахождения информации о нем в социальной сети ВК. Все возможные полученные со страницы данные записывались в csv таблицу: ФИО (ник в сети), дата рождения (возраст), город, аватарка, последний пост, последнее добавленное музыкальное произведение, место учебы, место работы, социальный статус и просто статус, последний диалог. Было получено 2000 данных, после очистки данных от мусора осталось 1000 записей.

Для дальнейшего анализа выделяется 1000 случайных живых людей, соответствующей возрастной категории (от 14 до 18 лет), и берется та же самая информация с их страницы. После чего тестовые данные переводятся в числовые с целью получения вектора значений, описывающих человека, а также его класс (суицидник - 1, не суицидник - 0). Здесь мы столкнулись с проблемой зашумления данных.

Стандартные категории данных в ВК имеют соответствующие числовые значения, но приблизительно 30% пользователей не выбирают данные из предложенных ВК категорий, а вносят их вручную, из-за чего возможность их однозначного сопоставления с числами без предварительного анализа невозможна. В нашей работе этот анализ проводится с использованием алгоритма нечеткого поиска, также известного как поиск по сходству или fuzzystringsearch. Для его реализации применяется метод "Расстояние Левенштейна"[4] или редакционное расстояние, или дистанция редактирования между двумя строками в теории информации и компьютерной лингвистике — это минимальное количество операций вставки одного символа, удаления одного символа и замены одного символа на другой, необходимых для превращения одной строки в другую.

После перевода данных в числа при помощи алгоритмов машинного обучения (строим дерево решений) приступаем к выделению в цифровом следе пользователя социальной сети маркеров суицидальной мотивации. В частности, исследуются: а)

типы символической идентификации (аватаров), б) цветовые презентации, в) контент-анализ постов и другой загружаемой пользователем на страницу информации, г) именные презентации д) социальные связи (по графу) е) объекты в кадре. Результаты выделенных маркеров заносятся в таблицы и визуализируются.

В ходе работы выяснилась потребность в программе, которая будет "читать" наиболее частотные слова в текстах, опубликованных на странице, или "считывать" в них заданные исследователем слова [5]. Это задача вместе с задачей определения (подтверждения) релевантности полученных данных и их интерпретацией определяет перспективу развития проекта. Важным также является факт четкого обозначения презентации людей, выявленных как покончившие жизнь самоубийством, определение степени влияния содержания их страниц на других пользователей социальной сети ВКонтакте.

#### Список используемых источников

1. Анализ социальных медиа на Python, М.Бонцанини, М.: ДМК Пресс, 2018. – 288с.: ил.
2. Официальная документация по API vk [Электронный ресурс] / – URL: <https://vk.com/dev/>(дата обращения: 20.11.2018)
3. Анализ дружеских связей ВК с помощью Python, Л.Тонких, [Электронный ресурс] / Habr – URL: <https://habr.com/post/221251/> (дата обращения: 20.11.2018)
4. Нечеткий поиск, расстояние Левенштейна алгоритм [Электронный ресурс] / Steptosleep – URL: <https://steptosleep.ru/antananarivo-106/> (дата обращения: 15.05.2018)
5. Приложение для вербального анализа креативности школьников и медийных текстов, А.Т. Лобкина, П.А. Мымрин, Н.А. Громик, Прикладная математика и информатика, Часть 2, Тольятти 2018, стр. 442.



После успешно завершённого этапа настройки обмена данными необходимо создать «Начальный образ», а далее перейти к настройке сценариев обмена. Обмен данными может выполняться по некоторому сценарию, с учетом расписания обмена данными и событий обмена данными (выгрузки и/или загрузки данных).

Таким образом, при взаимодействии магазина и центрального офиса все данные по магазину обобщаются. Розничные продажи сводятся в ежедневные отчеты о розничных продажах в разрезе касс ККМ. Внешние операции по каждому магазину (прием товара, продажа товара мелким оптом, передача товара в другой магазин, результаты проведенной инвентаризации на складах магазина и пр.), передаются полностью.

#### Автоматизированное рабочее место кассира

Работа на РМК начинается с открытия смены и регистрации продаж в окне «Продажа».

При выборе наличной оплаты покупки, в программе «1С: Розница 8» открывается окно, в котором отображается сумма к оплате (рис. 3). После указания суммы внесенных покупателем денег, программа рассчитывает сдачу, и после нажатия на кнопку «Enter» распечатывается чек.

Для соблюдения законодательства, до осуществления платежа в окне «Оплата наличными», необходимо выбрать способ передачи электронного чека покупателю (SMS, по электронной почте).

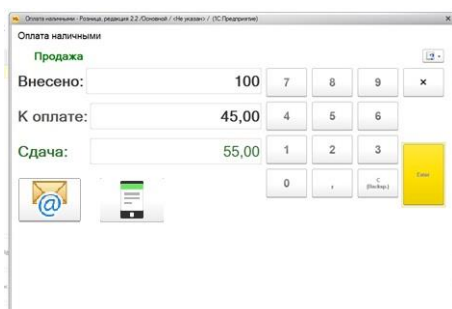


Рис. 3. Окно программы при оплате наличными

В зависимости от выбора, появляется окно, в котором необходимо указать или номер телефона или адрес электронной почты покупателя (рис. 4).

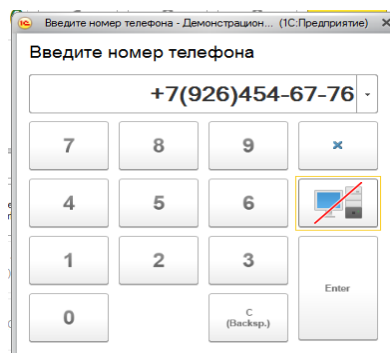


Рис. 4. Окно ввода номера телефона покупателя

В случае если был выбран безналичный способ оплаты, данная оплата производится с помощью эквирингового терминала, который предназначен для оплаты покупки банковской картой. После проведения оплаты данные об израсходованных товарах заносятся в базу, т.е. меняются остатки в номенклатуре товаров.

#### Заключение

Таким образом, внедрение «Онлайн-кассы» в деятельность организации, привело к оптимизации всех торговых бизнес-процессов.

Предложенное решение по автоматизации торговой деятельности позволяет:

- контролировать продажи магазина и оперативно отслеживать факты хищения продукции;
- более точно прогнозировать оборот денежных средств в кассе;
- минимизировать ошибки ввода необходимой информации.

#### Список использованных источников

1. О применении контрольно-кассовой техники при осуществлении наличных денежных расчетов и (или) расчетов с использованием электронных средств платежа: федеральный закон РФ от 22.05.2003 № 54-ФЗ (ред. от 03.07.2017) [Электронный ресурс]: URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_42359/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_42359/) (дата обращения: 30.05.2018).

2. Новый порядок применения контрольно-кассовой техники: [Электронный ресурс]: URL: <https://kkt-online.nalog.ru/> (дата обращения: 19.05.2018).



# ЭКОСИСТЕМА ПРОЕКТНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРИБОРОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ИНДУСТРИИ 4.0

Д.А. Заколдаев, И.О. Жаринов

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики  
d.zakoldaev@mail.ru

## Введение

Создание новых и модернизация существующих предприятий осуществляется сегодня в направлении внедрения современных специализированных систем, обеспечивающих существенную автоматизацию проектных и производственных процессов разработки и изготовления изделий. Такие предприятия сегодня принято [1, 2] относить к предприятиям будущего — предприятиям Индустрии 4.0.

Основная идея концепции Индустрии 4.0 заключается в стремлении представителей промышленного сектора к созданию проектно-производственной среды, функционирующей на принципах [3, 4] безлюдного и безбумажного производства.

## Внешние компоненты экосистемы предприятий Индустрии 4.0

Практическая реализация предприятий будущего (цифровая фабрика, умная фабрика, виртуальная фабрика) предполагает создание особой экосистемы для поддержки проектно-производственных процессов изготовления изделий приборостроения. Такая экосистема включает следующие внешние компоненты (см. рис. 1):

- контрагенты, обеспечивающие поставку комплектующих (материалы, элементная база), и производственную кооперацию (изготовление составных частей изделия на стороннем предприятии, обладающем для этого необходимыми ресурсами и технологиями);

- контрагенты, обеспечивающие транспортную логистику цепей поставок изделий приборостроения в точки эксплуатации, на склады промежуточного хранения, склады деталей и комплектующих;

- серийные заводы, обеспечивающие изготовление изделий приборостроения по литерной электронной документации (3D-модели), подготовленной на проектном предприятии в специализированных системах автоматизированного проектирования;

- отраслевые научно-исследовательские институты, выполняющие поисковые прикладные и фундаментальные исследования в предметной области приборостроения (электронное приборостроение, оптическое приборостроение и пр.), на которой специализируется конкретное проектно-производственное предприятие;

- точки эксплуатации изделий, обеспечиваю-

щие накопление и предварительную обработку статистических данных об отказах изделий в эксплуатации (проявление конструктивных, производственных и эксплуатационных дефектов изготовителя);

- образовательные центры компетенций (как правило, высшие учебные заведения), обеспечивающие подготовку профессиональных квалифицированных кадров для комплектования отделов приборостроительных предприятий Индустрии 4.0.

## Внутренние компоненты экосистемы предприятий Индустрии 4.0

Основными внутренними составляющими экосистемы цифрового приборостроения являются специализированные программные системы и технологическое производственное оборудование, представленное в классе киберфизических систем. Специализированные программные системы образуют в совокупности информационную инфраструктуру предприятия, состав которой зависит от типа предприятия будущего.

Для цифровой фабрики основными компонентами информационной инфраструктуры, обеспечивающими персоналу возможность выполнять проектную деятельность в автоматизированном режиме на автоматизированных рабочих местах (АРМ), являются системы электронного документооборота на предприятии, системы автоматизированного проектирования конструкторской и программной технической документации, системы автоматизированной поддержки инженерных расчетов и др.

Для умной фабрики основными компонентами инфраструктуры, обеспечивающими возможность выполнять производственную деятельность на предприятии в автоматическом режиме, являются:

- автоматизированные системы технологической подготовки производства;

- автоматизированные системы управления планированием деятельности предприятия;

- автоматизированные системы подготовки программного обеспечения для станков с ЧПУ, выполняющих производственные операции в автоматическом режиме;

- автоматизированные системы управления инженерными данными на производстве и пр., объединенные в единую компьютеризированную систему управления жизненным циклом изделия на производстве.

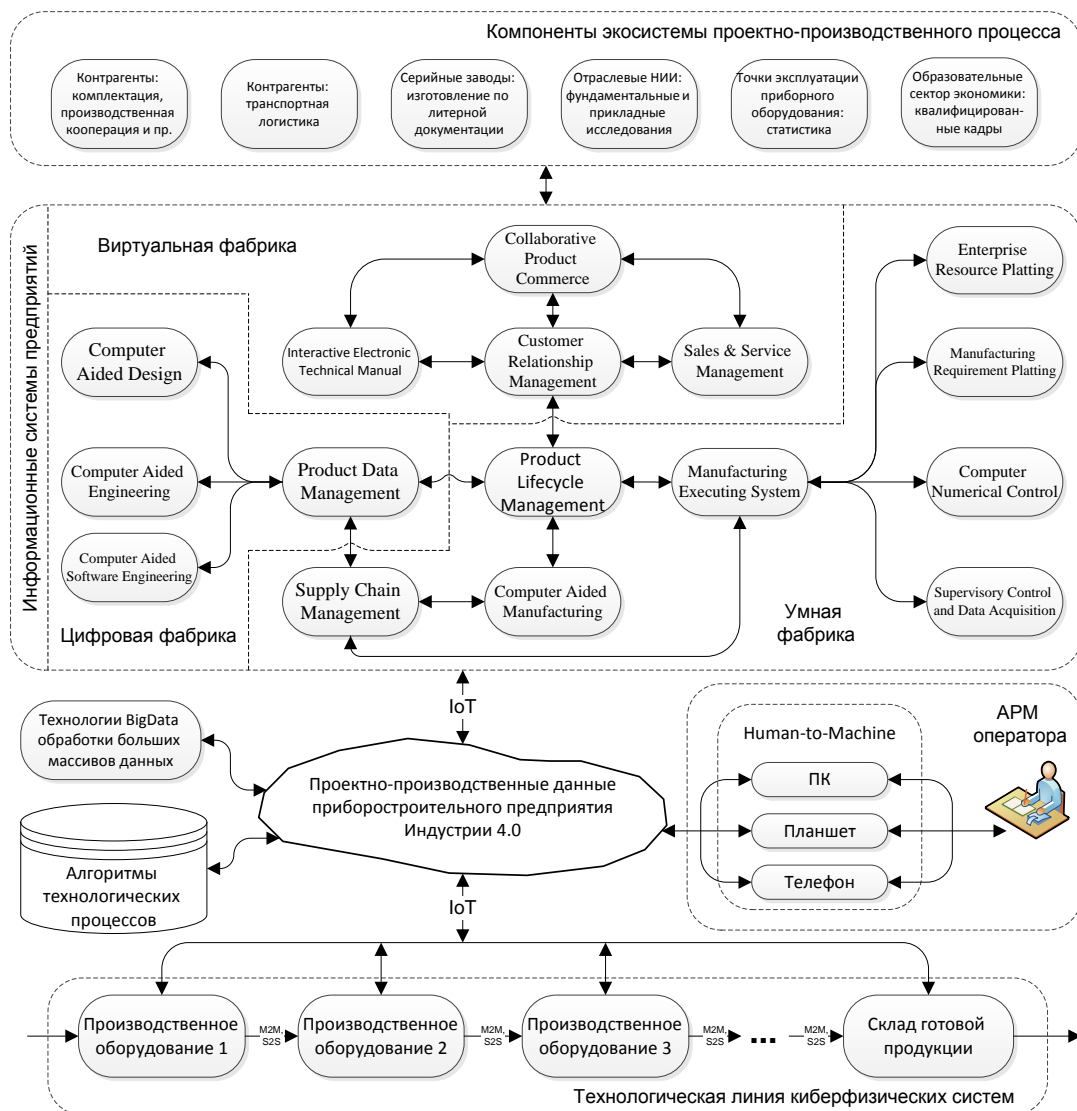


Рис. 1. Схема взаимодействия внутренних и внешних компонентов экосистемы, реализующей проектно-производственные процессы на предприятиях Индустрии 4.0 (IoT – Internet of Things)

### Заключение

Доступ к информационной системе на предприятиях Индустрии 4.0 обеспечивается с использованием IoT и облачных технологий:

- персоналу на основе интерфейсов, функционирующих по технологии Human-to-Machine, предоставляемых техническими средствами APM, с целью выполнения мониторинговых функций качества выполнения производственных операций и функций ситуационного управления на производстве;

- производственному оборудованию, функционирующему на основе технологий Machine-to-Machine (M2M) и Systems-to-Systems (S2S), с целью реализации на предприятии библиотечных алгоритмов выполнения технологических операций изготовления изделий.

Обработка данных осуществляется с использованием сервисов облачных технологий (уровень ресурсов), включающих технологии BigData.

### Список использованных источников

1. Gurjanov A.V., Zakoldaev D.A., Shukalov A.V., Zharinov I.O. The ontology in description of production processes in the Industry 4.0 item designing company // Journal of Physics: Conference Series, 2018, vol.1059, art.012010.
2. Gurjanov A.V., Zakoldaev D.A., Shukalov A.V., Zharinov I.O. Organization of project works in Industry 4.0 digital item designing companies // Journal of Physics: Conference Series, 2018, vol.1015, art.052034.
3. Gurjanov A.V., Zakoldaev D.A., Shukalov A.V., Zharinov I.O. Cyber and physical equipment digital control system in Industry 4.0 item designing company // Journal of Physics: Conference Series, 2018, vol.1015, art.052035.
4. Gurjanov A.V., Zakoldaev D.A., Shukalov A.V., Zharinov I.O. Algorithm for designing smart factory Industry 4.0 // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2018, vol.327, art.022111.

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВИРТУАЛЬНОГО ПОЛИГОНА ДЛЯ БЕСПИЛОТНОГО АВТОМОБИЛЯ

Н.И. Журбич

Томский политехнический университет

niz1@tpu.ru

## Введение

С каждым днём к нам приближается недалекое и так отчетливо видимое электронное будущее, которое принесет нам массу нововведений.

Уже сегодня мы можем наблюдать за рождением новых, ярких идей и технологий. Одной из наиболее интересных, перспективных и массовых технологий является идея создания беспилотного автотранспорта.

Статья посвящена исследованию и проектированию беспилотного автомобиля. В современном мире данное изобретение необходимо, так как на сегодняшний день человечество не может представить себя без транспорта [1].

Для проектирования данного программного комплекса необходимо построить диаграмму вариантов использования, диаграмму потоков данных и диаграмму классов.

## Обзор предметной области

«Беспилотные» автомобили, управляемые без участия водителя, разрабатываются с 1980-х годов компаниями по производству легковых автомобилей, «внутризаводского» и грузового транспорта, сельскохозяйственных машин и автомобильной техники военного назначения.

Наиболее активно работы ведутся в США, Германии, Японии, Китае, Великобритании, такими фирмами, как "General Motors", Volkswagen, "Audi" и другими. Значительный объем работ проводится по закрытой тематике в рамках оборонных заказов и по этой причине результаты работ в открытой печати не публикуются.

**Проблема** - отсутствие аналогов программного комплекса на рынке. Большинство компаний по разработке беспилотных автомобилей создают свои собственные полигоны для тестирования алгоритмов движения автомобиля. Создание таких полигонов занимает большое количество времени и требует больших затрат.

**Цель** - проектирование программного комплекса, который позволит проводить виртуальное испытание алгоритмов движения беспилотного автомобиля.

Проектирование подразумевает выработку свойств и функций системы на основе анализа предметной области.

В процессе проектирования ПО для выражения его характеристик используются различные

нотации: блок-схемы, диаграммы классов, UML-диаграммы.

## Диаграмма потоков данных

На рисунке 1 представлена контекстная диаграмма в нотации DFD.



Рис. 1. Диаграмма потоков данных в нотации UML для программного комплекса

Уровень контекстной диаграммы определяет масштаб и границы системы [2].

После составления контекстной диаграммы рассматриваемый комплекс необходимо разбить на модули, т.е. декомпозировать.

Программный комплекс будет состоять из нескольких модулей:

1. Модуль виртуальной среды (работа с 3D графикой: добавление дорог, зданий и других моделей для наполнения полигона).
2. Модуль движения автомобиля (разработка алгоритмов движения автомобиля по полигону).
3. Модуль движения пешехода (разработка алгоритмов для движения пешехода по тротуарам, пешеходным переходам и т.д.).
4. Модуль управления светофорами (управление движением автомобиля и пешехода по виртуальному полигону с помощью алгоритмов).

## Диаграмма классов

Диаграмма классов предназначена для демонстрации классов системы, их атрибутов (свойств) и связей между ними. На диаграмме классы изображены в рамках.

На 2 рисунке представлена диаграмма классов в нотации UML для проектируемого программного комплекса [3].

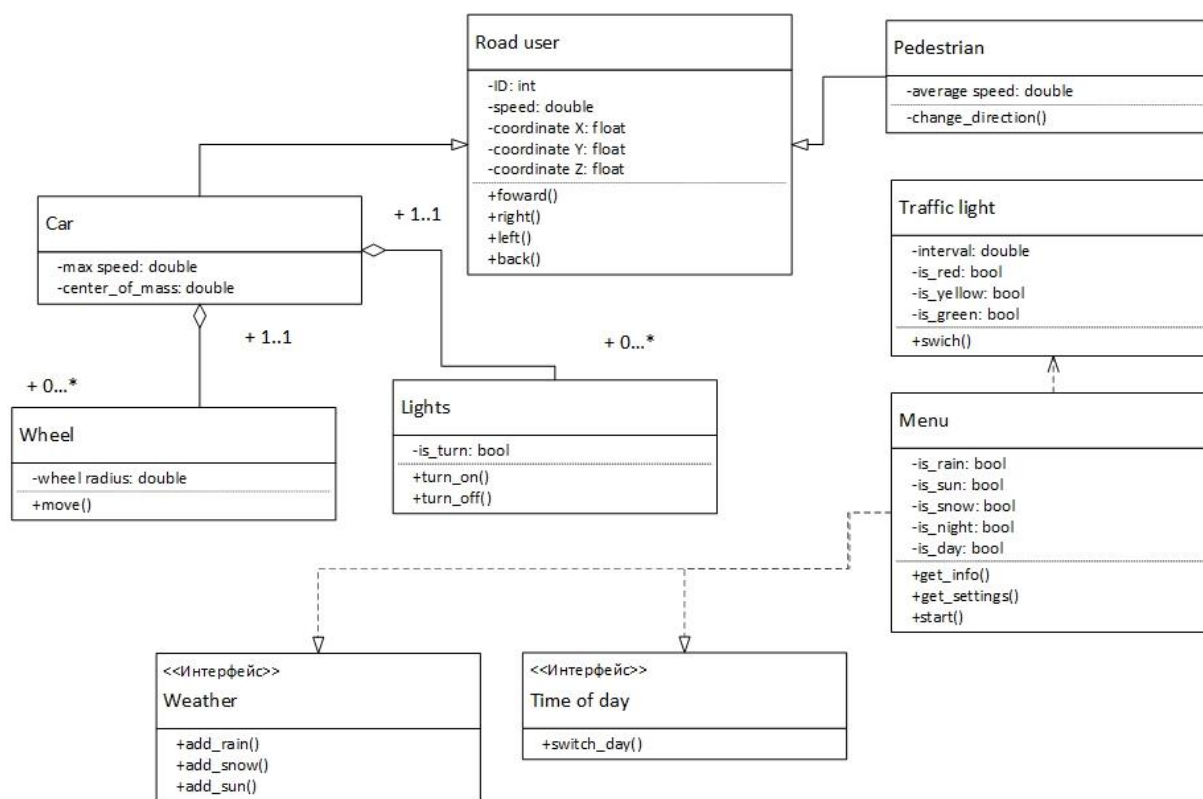


Рис. 2. Диаграмма классов в нотации UML для программного комплекса

### Выбор инструмента разработки

Для разработки данного программного комплекса была выбрана межплатформенная среда разработки компьютерных игр Unity 3D.

Unity 3D – это инструмент для разработки трехмерных приложений, работающий под любыми операционными системами.

Основными преимуществами Unity 3D являются наличие визуальной среды разработки, межплатформенной поддержки и модульной системы компонентов. К недостаткам относят работу с многокомпонентными схемами и подключением внешних библиотек.

Также одним из преимуществ данного инструмента является возможность создавать приложения для запуска в браузерах с помощью специального подключаемого модуля Unity (Unity Web Player), а также с помощью реализации технологии WebGL (Web-based Graphics Library – программная библиотека для языка программирования JavaScript).

Движок Unity 3D поддерживает два сценарных языка: C# и JavaScript (модификация). При разработке данного продукта будут использоваться оба языка программирования. Для реализации работы светофоров и других элементов полигона будет использоваться язык C#, для работы с алгоритмами движения пешехода и беспилотного автомобиля будет использоваться язык JavaScript.

### Заключение

В данной работе был спроектирован программный комплекс, позволяющий производить тестирование алгоритмов движения беспилотного автомобиля в виртуальном полигоне.

В процессе проектирования были построены следующие диаграммы:

- диаграмма классов (Static Structure diagram);
- диаграмма вариантов использования (Use-Case Diagram)
- диаграмма потоков данных и её декомпозиция (Data Flow Diagram).

### Список использованных источников

1. Япония потратит более \$25 млрд на беспилотные автомобили [Электронный ресурс]. ФАН. URL: <https://riafan.ru/789196-yaponiya-potratit-bolee> (дата обращения: 15.03.2018 г.).
2. DFD методология. [Электронный ресурс]. На заметку. URL: <https://e-educ.ru/bd14.html> (дата обращения: 01.04.2018).
3. UML-диаграммы классов. [Электронный ресурс]. UML-моделирование. URL: <https://prog-cpp.ru/uml-classes/> (дата обращения: 26.05.2018).

# РАЗРАБОТКА ВИРТУАЛЬНОГО ПОЛИГОНА ДЛЯ БЕСПИЛОТНОГО АВТОМОБИЛЯ

Н.И. Журбич, О.Б. Фофанов  
Томский политехнический университет  
niz1@tpu.ru

## Введение

По прогнозам аналитиков Berg Insight первые самоуправляемые машины на дорогах общего пользования появятся в 2020 году [1]. Их количество в это время составит порядка 200 тыс. единиц, а через 20 лет объем рынка технологий автономного вождения составит \$ 560 млрд [2]. С 2015 года технологии, необходимые для создания беспилотных автомобилей, активно развиваются и в России.

*Беспилотный автомобиль* – транспортное средство, оборудованное системой автоматического управления, которое может передвигаться без участия человека [3].

Целью проекта является разработка трехмерной реалистичной имитации процесса управления движением автомобиля в городской среде. Создаваемый программный комплекс позволит разрабатывать аппаратные и программные системы беспилотного автомобиля и проводить виртуальное испытание разработанных систем, в том числе, алгоритмов автоматического управления транспортным средством.

Данный программный комплекс разрабатывался на межплатформенной среде разработки компьютерных игр Unity 3D с помощью инструментов Microsoft Visual Studio 2017 и Mono Developer.

Отличительной особенностью данного проекта является реализация движения беспилотного автомобиля в виртуальной среде, что является новым подходом при создании беспилотного автомобиля. Большинство аналогов на рынке создают свои собственные полигоны для тестирования беспилотного автомобиля, что требует большого количества времени и денежных средств.

## Создание виртуального полигона

Проект в Unity делится на сцены (уровни) – отдельные файлы, содержащие игровые миры с определенным набором объектов, сценариев и настроек. Сцены могут содержать в себе объекты-модели и пустые игровые объекты, которые не имеют модели [4].

В данной работе используются сцены день/ночь с включением погодных условий (дождь/снег). Также присутствуют навигационные сцены «Меню», «Настройки» (установка требуемых параметров графики).

В сценах используются объекты для построения требуемых моделей. Объекты содержат наборы компонентов, с которыми и взаимодействуют скрипты. У объектов есть название, может быть тег (метка) и слой, на котором он должен отображаться. Например, у любого объекта на сцене обя-

зательно присутствует компонент *Transform*, который хранит в себе координаты местоположения, поворота и размеров объекта по всем трём осям.

У объектов с видимой геометрией по умолчанию присутствует компонент *MeshRenderer*, делающий модель объекта видимой.

Для создания модели и анимации пешехода использовался плагин *Mecanim*. *Mecanim* – это система анимации Unity, которая позволяет создавать «состояния» объекта. Данные «состояния» воспроизводят анимацию и определяют логику переходов между разными состояниями объекта.

Основной задачей являлось не только верное конструирование модели пешехода, но и его анимации. Необходимое условие заключалось в том, чтобы создать скелет пешехода для использования анимации. Реализация данного этапа работы приведена на рисунке 1.

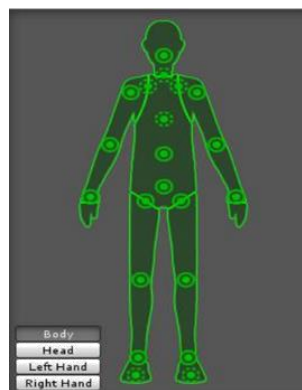


Рис. 1. Составление скелета для объекта

Следующим этапом была разработка анимации к скелету. С этой целью использовался контроллер аниматора (*AnimatorController*). Контроллер аниматора создается Unity и позволяет руководить набором анимаций для персонажа и переключаться между ними, когда выполняется некоторое условие. Контроллер управляет переходами между анимациями, используя, так называемую, машину состояний (*StateMachine*) – это некая программа, созданная языком визуального программирования в Unity.

## Описание алгоритма

Для дальнейшей разработки полигона потребовалось решить следующие задачи:

- внедрение пешехода в систему полигона;
- движение пешехода по определенному маршруту;
- движение беспилотного автомобиля по определенному маршруту.

Блок-схема алгоритма движения пешехода представлена на рисунке 2.



Рис. 2. Блок-схема алгоритма движения пешехода

Для создания маршрута пешехода было предложено использовать набор пустых точек (*Node*). Точки объединяются родительским объектом – полоса движения (*Point*). Точки были выбраны, потому что они самые легковесные и практически не несут нагрузку на вычислительные ресурсы.

На точки определяется скрипт, который содержит информацию о следующем: обязательна ли точка для возврата, является ли она точкой стыка, метка точки (*start, end, centerofrotation, none, constriction*), ID, позиция, все возможные пути из этой точки.

На пешехода определяется скрипт, также содержащий информацию о полосе. Основная функция скрипта – нарисовать в редакторе видимые линии для соединения точек необходимого маршрута.

В результате решения данной задачи пользователю достаточно определить маршрут, по которому следует двигаться пешеходу, и любой объект сможет двигаться по заданному пути.

### Заключение

В данной работе был создан программный комплекс, позволяющий производить тестирование алгоритмов движения беспилотного автомобиля в виртуальном полигоне.

В процессе разработки были решены следующие задачи:

- создание виртуального полигона;
- разработка анимации и алгоритма движения пешехода;
- разработка алгоритма управления системой светов на полигоне.

### Дальнейшие планы разработки

Следующим этапом разработки программного комплекса является отладка алгоритмов взаимодействия между автомобилем и пешеходом. Для решения проблемы взаимодействия пешехода и беспилотного автомобиля понадобится построить карту путей игрового уровня.

Построение карты (графа) путей происходит единожды при запуске уровня. Для этого проводится поиск всех отмеченных определенным тегом объектов и привязывается к заданной пользователем координатной сетке. Для каждого объекта должна существовать заранее заданная карта его проходимости, размеченная при моделировании объекта, таким образом, получается битовая карта проходимости. На рисунке 3 продемонстрирован процесс построения графа путей для автомобиля.

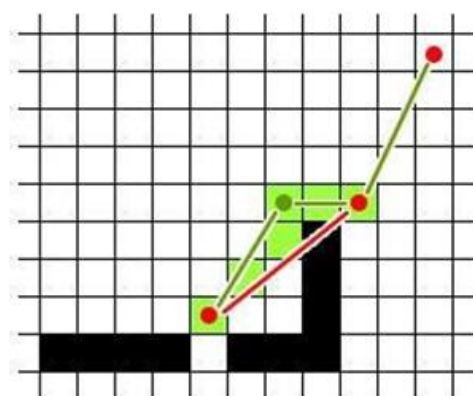


Рис. 3. Построение графа путей

### Список использованных источников

1. Беспилотные автомобили, мировой рынок [Электронный ресурс]. Деловой портал TAdviser. URL: <http://www.tadviser.ru/index.php/> (дата обращения: 16.03.2018).
2. Япония потратит более \$ 25 млрд. на беспилотные автомобили [Электронный ресурс]. Федеральное агентство новостей. URL: <https://riafan.ru/789196-yaponiya-potratit-bolee> (дата обращения: 15.03.2018).
3. Беспилотные автомобили интересуют больше половины россиян [Электронный ресурс]. 3D news. URL: <https://3dnews.ru/947327> (дата обращения: 28.03.2018).
4. Руководство к cartutorial (Unity 3D) [Электронный ресурс]. Habr. URL: <https://habr.com/post/247667> (дата обращения: 28.04.2018)

# ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ЦИФРОВОГО УСТРОЙСТВА НА ПЛИС С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ПРОГРАММИСТА

И.Г. Мещерова

Научный руководитель: А.Н. Мальчуков

Томский политехнический университет

E-mail: igm4@tpu.ru

## Введение

Разработка на ПЛИС — не типичное для программиста занятие, и без знания низкоуровневой структуры сложно достичь успехов в этой сфере.

Сама же ПЛИС представляет собой чип, содержащий в себе множество элементов. Какие именно это будут логические элементы, их взаимодействие с внешним миром определяется на этапе программирования ПЛИС. Проектирование ПЛИС отличается от программирования, в котором используются языки высокого уровня, и имеет свои особенности.

Целью данной работы является выявление особенностей разработки цифрового устройства на ПЛИС с точки зрения программиста.

## Область применения ПЛИС

В век цифровых технологий расширение сферы применения ПЛИС обусловлено минимальными затратами на проектирование и большим числом выполняемых функций. ПЛИС имеет более гибкую структуру, чем микроконтроллер, и служит для реализации нескольких задач. Такие схемы широко используются для построения различных по сложности и по возможностям цифровых устройств, например, устройств с большим количеством портов ввода-вывода, устройств, выполняющих цифровую обработку сигнала, а также широкое применение ПЛИС находит в системах защиты информации и т.д.[2]

## Опыт программирования на языках описания аппаратуры

Для проектирования цифровых устройств используются языки программирования, называемые языками описания аппаратуры.

В данной работе все вопросы будут освещены с опорой на язык SystemVerilog, так как именно на нём разрабатывался первый проект — автомобильно-пешеходный светофор с кнопкой на учебно-лабораторном комплексе SDK 6.1.

## Отличие от программирования на языках высокого уровня

Высокоуровневые языки программирования были разработаны для скорости и удобства использования программистом, в то время как низкоуровневые языки более приближены к машинному коду и позволяют работать напрямую с устройством.

Для разработки цифровых устройств используются именно языки низкого уровня, имеющие более сложный и далекий от понимания синтаксис. Если некоторые команды языков высокого уровня могут быть понятны людям, далеким от программирования, то понять HDL (hardware description

language, в переводе – язык описания аппаратуры) будет гораздо сложнее. Для примера в таблице 1 представлен синтаксис двух языков – C++ и SystemVerilog на примере конструкции конечного автомата. Синтаксис C++ является более интуитивно понятным.

Таблица 1. Синтаксис C++ и SystemVerilog

C++	SystemVerilog
switch (state)	always_ff @(posedge
{	clock) begin
case State_Start:	case (present_state)
.....	st_start:
state = State_Next;	.....
break;	next_state <= st_next;
case State_Next:	st_next:
.....	.....
}	end

В языках описания аппаратуры используются некоторые конструкции, которые не имеют аналогов в других языках, такие как провод (wire) и регистры (reg). Чтобы в дальнейшем не допускать ошибок, необходимо понять не только назначение этих элементов, но и базовые принципы работы цифровых устройств.

## Особенности работы с ПЛИС

В процессе изучения System Verilog и разработки цифровых устройств можно выделить несколько особенностей, которые отличают программирование на HDL от программирования на языках высокого уровня.

- Необходимость моделирования результатов. В отличие от программ, которые разрабатываются для электронно-вычислительных машин, программы на FPGA (Field-Programmable Gate Array, то же, что и ПЛИС) не дают возможности мгновенно увидеть результат работы. В некоторых случаях возможно провести моделирование в системе, в которой производится разработка программы (рис. 1), но большая часть проектов для просмотра итогов работы требует прошивки ПЛИС. Таким образом, для проектирования программы на ПЛИС недостаточно лишь среды разработки.



Рис.1. Моделирование результатов работы светофора в системе Quartus II

- Другой уровень абстракции. Если программисту не требуется вникать в сложную организацию устройства, для которого разрабатывается данная программа, то взаимодействие с ПЛИС возможно без знания основ схемотехники. Чтобы

результат работы при отладке проекта не стал неожиданностью, важно не только понимать, как запрограммировать логику устройства, но и представлять то, как это будет выглядеть со стороны платы.

- Программы для FPGA сложны в понимании. Из-за особенностей синтаксиса языков описания аппаратуры, для чтения кода требуется больше времени. Как было сказано выше, некоторые синтаксические конструкции нужно рассматривать со стороны взаимодействия элементов платы между собой, что занимает большой объем работы при изучении HDL.

- Разное видение реализации. При постановке какой-либо задачи программист старается представить ее в виде алгоритма, разработать его схему (рис.2), в то время как разработчик цифровых устройств представляет это в виде диаграммы переходов состояний (рис. 3).

Ниже представлен пример того, как одна и та же задача, в данном случае – автомобильный светофор, может быть представлена в двух формах.

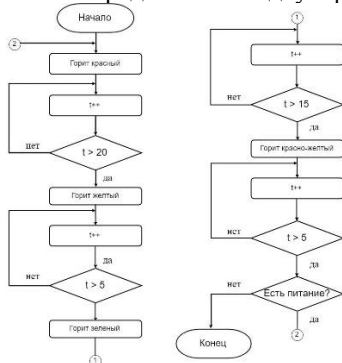


Рис. 2. Схема алгоритма работы светофора

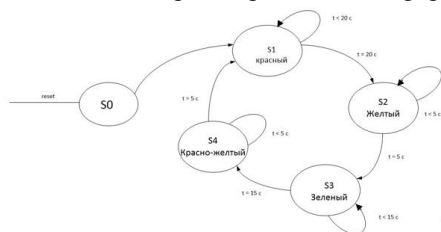


Рис. 3. Диаграмма переходов состояний автомобильного светофора

- Схематизация. Неотъемлемой частью разработки цифрового устройства на ПЛИС является проектирование его структурной схемы. Она определяет основные функциональные части устройства, их назначение и взаимосвязи между ними, а также наглядно отображает принцип действия устройства в общем виде. На рис.4 представлена структурная схема автомобильного-пешеходного светофора с кнопкой, на которой сплошной линией обозначается передача данных, а пунктирной — управляющих сигналов.

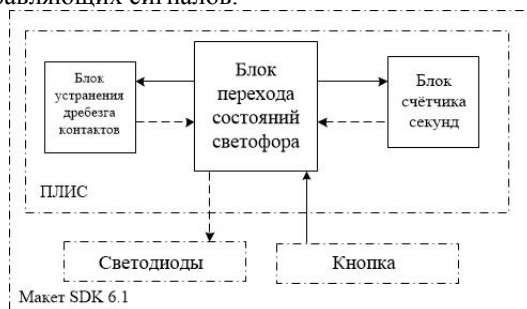


Рис. 4. Структурная схема светофора с кнопкой

### Заключение

Таким образом, в этой статье были выявлены основные особенности разработки цифрового устройства на ПЛИС со стороны программиста, а также были рассмотрены отличия программирования на языках описания аппаратуры от программирования на высокоуровневых языках.

### Список использованных источников

1. Дэвид М. Харрис, Сара Л. Харрис Цифровая схемотехника и архитектура компьютера. - 2 изд. Morgan Kaufman, 2013.
2. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники. - 6 изд. - Москва: Мир, 2003 – 153-155 с.



# ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ И КОНТРОЛЯ ЦИФРОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОДСТАНЦИЙ

А.С. Попов, И.Е. Меняйло

Научный руководитель: к.т.н., доцент Обходский А.В.

Томский политехнический университет  
asptomsktpu@gmail.com

## Введение

Отличительные особенности цифровых подстанций в сравнении с традиционными решениями заключаются в применении в их составе интеллектуальных микропроцессорных средств обработки данных, цифровых сетей для коммуникации и удаленного доступа к информации, автоматизация режимов работы подстанции и процессов возобновления работы после возникновения аварий. В дальнейшем цифровые подстанции будут составлять основу интеллектуальной энергосети России (Smart Grid).

Процесс создания технических и программных решений для дальнейшего внедрения цифровых подстанций нацелен не только на развитие экономики и повышение уровня техники, но и повышение энергетической безопасности страны в целом. Предварительные расчеты затрат на внедрение технологий цифровых подстанций показывают, что затраты при переходе на массовый выпуск аппаратных и программных средств цифровых подстанций не будут превышать стоимости традиционных решений для построения систем автоматизации электросетей, но при этом будет достигнут целый ряд технических и экономических преимуществ, таких как:

- оперативность запуска, удобство эксплуатации и обслуживания;
- унифицированная платформа обмена данными на базе протокола МЭК 61850;
- самодиагностика;
- предупреждение аварий;
- малое время восстановления.

Интеллектуальной основой цифровых подстанций являются расчетные модели, обеспечивающие предиктивный анализ состояния энергосети и ее отдельных объектов. С помощью этих моделей решаются задачи:

- 1) Расчет баланса мощности;
- 2) Контроль перетоков в опасных сечениях;
- 3) Контроль уровней напряжения в контрольных точках сети;
- 4) Мониторинг токовой нагрузки оборудования (контроль факта и длительности перегрузки);
- 5) Определение места повреждения;
- 6) Эффективное использование оборудования и адаптивное распределение нагрузки на узлы сети.

Наряду с широким набором преимуществ цифровых подстанций, существует ряд вопросов, требующих исследования и разработки новых отечественных аппаратно-программных решений.

Эти вопросы связаны с обеспечением надежности цифровых систем, переходом на отечественную аппаратно-программную микропроцессорную

платформу, с автоматизацией функций конфигурирования цифровых систем на уровне отдельной подстанции и сети распределенных подстанций, созданием общедоступных инструментальных средств формирования алгоритмов управления подстанциями, совместимостью микропроцессорного и электротехнического оборудования разных производителей на уровне форматов и протоколов обмена данными.

Другой проблемой является обеспечение достоверности рассчитываемых с помощью модели характеристик энергосети по результатам обработки больших объемов данных, получаемых с контрольно-измерительного оборудования цифровых подстанций.

Решение проблем в области создания цифровых подстанций возможно за счет применения современных информационных технологий, обеспечивающих автоматизацию прогнозирования поведения объектов энергосети при воздействии на них нагрузок разного типа в широком диапазоне изменения.

Применение нейронных сетей, быстродействующих аппаратных и программных решений для прогнозирования поведения энергосети и ее объектов с обеспечением высокого уровня достоверности измеряемых параметров технологического оборудования позволит значительно сократить издержки создания алгоритмов управления и защиты электросетей, распределительных и преобразующих подстанций, а также наладки и запуска модернизируемых и вновь создаваемых энергетических объектов.

## Структура системы прогнозирования аварий

Использование нейронных сетей в цифровых электрических подстанциях обладает большими перспективами. Нейронные сети могут не только прогнозировать поломку составных элементов подстанции [1-2], но и контролировать их работу [3-5].

Структурная схема системы нейросетевого прогнозирования аварий представлена на рисунке 1. На линии электропередач установлены датчики тока и напряжения, информация с которых преобразуется в цифровой вид и передается в нейронную сеть, представляющую собой однослойный перцептрон с прямым распространением сигнала.

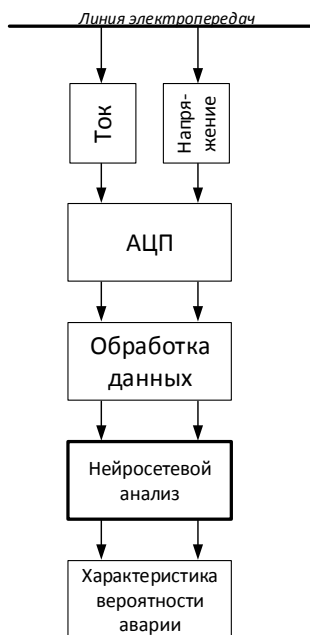


Рис. 1. Структурная схема системы прогнозирования аварий

Обрыв проводящей линии является аварийным случаем, который можно спрогнозировать с помощью нейронной сети.

#### Расчетный эксперимент и результаты

Для поиска обрыва использовался частотный анализ линии. Генераторы находились на одной стороне линии, регистраторы на другой. На протяжении всей линии были подключены потребители различной мощности (рисунок 2).

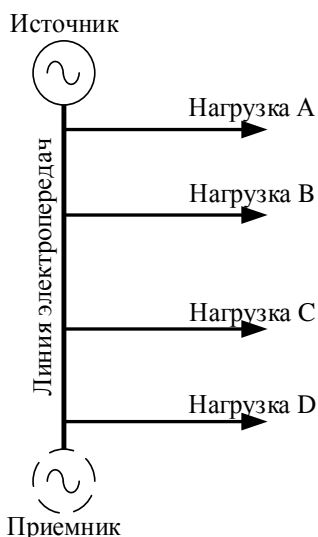


Рис. 2. Схема модели для эксперимента

Для обучения нейронной сети использовались результаты моделирования, полученные в программе MATLAB. Нейронная сеть разрабатывалась в программном пакете Nvidia Nsight Eclipse edition с использованием библиотеки cudNN, поз-

воляющей производить необходимые для нейронной сети расчеты на графическом ускорителе. Расстояние между нагрузками являлось неизменной величиной. Если расстояние подвергать изменениям, необходимо заново переучивать нейронную сеть. Расстояние между нагрузками в модели ограничено целесообразностью потерь, количество потребителей – вычислительной мощностью.

В результате, нейронная сеть верно определила место разрыва в 95% случаев. Предполагается, что при более качественном обучении нейронной сети результаты можно улучшить до 100%.

#### Заключение

В ходе работы было установлено, что использование нейронных сетей для цифровых подстанций является перспективным решением. Поскольку цифровая подстанция обладает множеством данных, изменяющих свое значение в реальном масштабе времени, то отсутствует возможность строгого алгоритмического прогнозирования аварий и контроля над компонентами. Именно для таких задач происходит интеграция нейронных сетей.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, уникальный идентификатор работ (проекта) RFMEFI57818X0224.

#### Список использованных источников

1. Tripathy, M. Neural network principal component analysis based power transformer differential protection // International Conference on Power Systems (80337). – 2009.
2. Lambert-Torres G., Carrasco A.C., Da Silva L.E.B., Coutinho M.P. & Santo D.E. Intelligent system for detecting failures in the switching of isolators in power substations // Joint International Conference on Power System Technology POWERCON and IEEE Power India Conference (4745369). – 2008.
3. Ma H., Jiang H., Ju P., Chen Z., Jiang N. & Wang C. Power transformer noise active control based on genetic radial basis wavelet neural network // Proceedings - SDEMPED 2015: IEEE 10th International Symposium on Diagnostics for Electrical Machines, Power Electronics and Drives (7303672). – 2015. – С. 77.
4. Nina D.L.F., Da Fonseca Neto J.V., Ferreira E.F.M. & Dos Santos A.M. Hybrid support system for decision making based on MLP-ANN, IED and SCADA for disturbances analysis of electrical power distribution transformers // Proceedings - UKSim 15th International Conference on Computer Modelling and Simulation (6527382). – 2013. – С. 12.
5. Kezunovic M. Future trends in protective relaying, substation automation, testing and related standardization // Proceedings of the IEEE Power Engineering Society Transmission and Distribution Conference. – 2002. – vol.1. – С. 598-602.

# ВЕБ-ИНСТРУМЕНТ ОЦЕНКИ ОБЪЕКТОВ ГОРОДСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

В.Е. Козловский, С.Г. Цапко  
Научный руководитель: С.Г. Цапко  
Томский политехнический университет  
v1teka@tpu.ru

## Введение

Развитие информационных технологий в области веб-коммуникаций и интерактивного взаимодействия пользователей через сеть интернет открывает перед современным обществом перспективы перехода к устойчивому развитию в самые короткие сроки [1]. Особую актуальность приобретает задача налаживания взаимодействия между администрацией, бизнесом и населением, т.к. только в условиях согласованной работы этих элементов можно говорить о прогрессе и процветании города [2]. Для решения этой задачи предлагается создание интерактивной платформы, которая позволила бы горожанам заявлять о проблемах и обсуждать пути их решения, в то время как представители власти получают возможность оперативно реагировать на вопросы, волнующие население.

Целью данной работы является разработка алгоритма и программная реализация динамического интерактивного веб-приложения для публикации позитивных и негативных сообщений о ситуации в городе с указанием географического местоположения объекта оценки.

## Интерактивная карта

Для реализации механизма публикации объекта оценки с указанием его местонахождения, в рамках веб-платформы “Томск 7.0”, содержащей информацию о реализуемых в городе социальных проектах и работе администрации, была разработана интерактивная карта Томска, на которой пользователи могут отмечать проблемные, либо наоборот понравившиеся места (рис. 1).

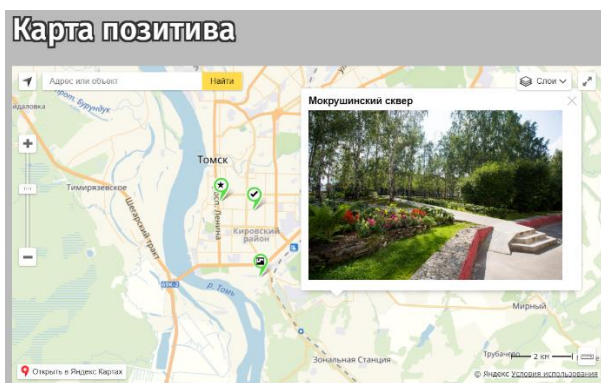


Рис. 1. Интерактивная карта г. Томск

С использованием API Яндекс Карт была предоставлена возможность отображения, создания и редактирования такого рода публикаций. Для хранения географических координат и сопутствующей информации в базу данных проекта была добавлена сущность с соответствующими атрибутами: название точки, географические координаты

точки, категория события, связанный городской проект. Для предоставления графического интерфейса взаимодействия с точками на карте для пользователей и администраторов были реализованы соответствующие представления: страницы карт позитива/негатива, страница с описанием отдельной точки на карте, страницы добавления, редактирования точек, страница со списком недавно созданных точек для модерирования в панели управления администратора. Реализована возможность оценивания и комментирования записей.

## Механизм модерации публикаций пользователей

В качестве объектов оценки городской инфраструктуры принято считать все объекты, относящиеся к городскому хозяйству и социальной среде, включая предприятия сферы обслуживания, отдыха и развлечений. В панель администратора веб-сайта был добавлен специальный графический интерфейс, позволяющий просмотреть полную информацию новой отметки на карте, принять её к публикации или отклонить.

Любой пользователь сети должен иметь возможность оценить любой объект городской инфраструктуры с указанием его геопозиции, однако, публикация данной информации в режиме реального времени невозможна, так как требуется проверка и модерация поступающих сообщений, которая выполняется администратором системы. Наличие большого потока информации об объектах городской инфраструктуры значительно затруднит обработку данных, а в некоторых случаях сделает её практически невозможной.

В ходе разработки приложения был программно реализован механизм, способствующий упрощенной модерации публикаций пользователей. Суть алгоритма заключается в анализе скопления отметок на карте: при наличии установленного предела кучности местоположений, автоматически формируется предположение, что данные оценки относятся к одному и тому же объекту городской инфраструктуры.

Таким образом, администратор незамедлительно получает сообщение о возникновении скопления однотипных точек в некоторой области (радиус до 500 метров). При этом предложено все объекты инфраструктуры типизировать на основе принадлежности к той или иной сфере использования.

Итоговый алгоритм состоит из следующих основных шагов:

для каждой точки на карте с помощью функции вычисления расстояния по заданным географическим координатам формируется список соседних (расстояние меньше 500 метров) точек;

в списке соседей каждой точки остаются только совпадающие по типу точки;

из списка исключаются дублирующие наборы соседствующих вершин;

если меньшие наборы поглощаются большими, они также исключаются из списка.

Для получения списка соседних точек на сервер базы данных были добавлены соответствующие хранимые функции. Расстояние между точками рассчитывается согласно формулам (1, 2):

$$L = R * d \quad (1)$$

$$\cos(d) = \sin(\varphi_A) * \sin(\varphi_B) + \cos(\varphi_A) * \cos(\varphi_B) * \cos(\lambda_A - \lambda_B) \quad (2)$$

, где  $\varphi_{A,B}$  – широты данных пунктов,

$\lambda_{A,B}$  – долготы данных пунктов,

R – радиус Земли [3].

В результате имеем список скоплений с идентификаторами входящих точек (рис. 2).

Скопления точек						
Категория	Количество точек	Дата создания				
	7	2018-11-13 22:15:49				
	5	2018-11-13 22:27:25				
№	Название	Карта	Автор	Проект	Дата создания	Модерация
1	Село Зырянское	Позитива	Виктор Козловский	Нет	11.11.2018 20:06:36	Одобен
2	Новая Новособорная	Позитива	Виктор Козловский	Нет	12.11.2018 09:39:38	Одобен
3	Мусор	Проблем	Новый Пользователь	Нет	12.11.2018 13:05:46	Рассматривается
4	Неубранный мусор	Проблем	Новый Пользователь	Нет	12.11.2018 13:06:18	Рассматривается

Рис. 2. Список скоплений точек

Графический веб-интерфейс наглядно демонстрирует модератору расположение группы точек и позволяет добавить в систему обобщающую запись (рис.3).

### Средства разработки программного обеспечения

Для разработки программного обеспечения были выбраны следующие инструментальные средства:

1. Языки программирования – PHP, Javascript;
2. Система управления содержимым – Laravel;
3. Сервис работы с картографическими данными – Яндекс.Карты [4];
4. Локальный сервер – Apache, MySQL, NodeJS. Выбор указанных инструментальных средств обоснован их наибольшей популярностью для разработки веб-приложений [5].

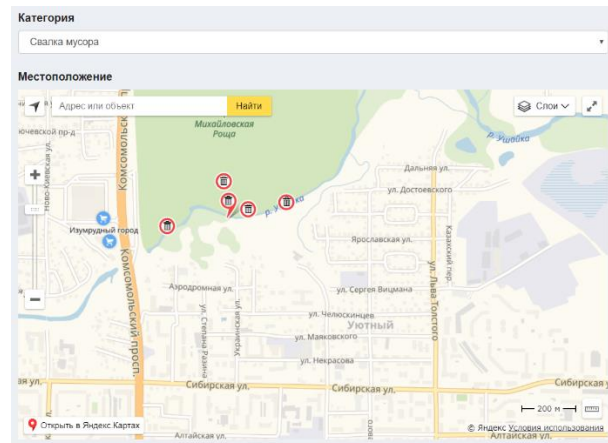


Рис. 3. Добавление обобщающей метки скопления точек

### Заключение

Автором данной работы был реализован полноценный инструмент публикации местоположений и оценки объектов городской инфраструктуры. Для упрощения модерации поступающей информации был разработан алгоритм, апробация которого также была выполнена в рамках проекта “Томск 7.0”.

Разработанная система выявления однотипных публикаций в дальнейшем может быть модернизирована с использованием машинного обучения: технологии компьютерного зрения позволяют определять, что на разных изображениях находится один и тот же объект, а нейронные сети успешно решают задачи классификации и кластеризации.

### Список используемых источников

1. Телешина Н. Н. Современные формы взаимодействия населения и органов власти. – М.: Юрист, 2017. – 3 с.
2. Зимин, В.А. Взаимодействие населения и администрации города в решении вопросов местного значения [Текст] / В.А. Зимин // Современные гуманитарные исследования, 2015. – 89 с.
3. Ivis, Frank. Calculating geographic distance, Concepts and Methods. – Washington, Columbia: NESUG proceedings, 2006. – 5 p.
4. Документация API Яндекс Карт [Электронный ресурс]. – URL: <https://tech.yandex.ru/maps/doc/jsapi/> (дата обращения 09.11.2018).
5. PHP. Фреймворки и системы управления содержимым [Электронный ресурс]. – URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/PHP#Фреймворки\\_и\\_системы\\_управления\\_содержимым](https://ru.wikipedia.org/wiki/PHP#Фреймворки_и_системы_управления_содержимым) (дата обращения 15.11.2018).

# ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ КАПИТАЛ В ЭПОХУ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ

И.Г. Кузнецова  
ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ  
finka31081988@list.ru

**Введение.** Последние несколько лет во многих литературных источниках и средствах массовой информации проблема цифровой экономики набирает все большую популярность за счет происходящих в обществе качественных технологических изменений. В условиях, сложившихся на сегодняшний день основную ценность представляет качественная составляющая трудовых ресурсов, именуемая человеческим капиталом.

**Результаты исследования.** В исследовании мы придерживаемся точки зрения, что «человеческий капитал» позволяет найти новые возможности решения таких проблем как, мотивация труда, эффективность производства, качество жизни, экономический рост и прочие проблемы, касающиеся общественного воспроизводства. Необходимо иметь в виду, что в условиях цифровизации экономики, возможно, значительно увеличить производительность и доходность труда. Однако, увеличение использования Smart-технологий постепенно вытесняет человеческий труд и приводит к сокращению численности работников в организациях. Если обратиться к определению цифровой экономики, то по определению Всемирного банка – это система экономических, социальных и культурных отношений, основанных на использовании цифровых информационно - коммуникационных технологий. Уже сегодня в некоторых российских агрокомплексах вполне успешно используются новые технологии ведения хозяйства, которые нисколько не уступают зарубежным [1].

Особое внимание обращает на себя то, что в Европе и США активно используются сельскохозяйственные роботы, которые с помощью технологий искусственного интеллекта умеют распознавать сорняки и выборочно уничтожать их. В Швейцарии на полях с сахарной свеклой тестируется робот-пропольщик, разработанный компанией Ecorobotix. Перемещаясь по полю, робот с помощью камеры сканирует побеги, выявляет среди них сорную траву и опрыскивает небольшой дозой гербицидов [2].

Исходя из данных предоставленных Министерством сельского хозяйства, на сегодняшний день не более 10% пашни обрабатывается с помощью использования цифровых технологий, что приводит к значительному недополучению урожая. Следует отметить, что основной задачей информационных технологий в сельскохозяйственной отрасли становится максимальная автоматизация всех этапов производственного цикла для сокращения потерь, повышения продуктивности бизнеса, оптимального управления ресурсами.

Исследование показывает, что уровень внедрения инноваций в российское сельское хозяйство значительно отстает от современных мировых тенденций. Об этом наглядно свидетельствует тот

факт, что размер посевных площадей в России составляет более 80 млн га, и только 8-10% используются с помощью инновационных технологий.

Справедливости ради стоит заметить, что в условиях, введенных к Российской Федерации санкций, использование инновационных технологий даст возможность отечественному рынку наиболее безболезненно и экономически эффективно стать конкурентоспособным государством на мировом агропромышленном рынке.

На сегодняшний день большая заинтересованность в повышении качественных характеристик человеческого капитала проявляется со стороны государственных органов власти. Подтверждением данного факта являются мероприятия, внедряемые государством, направленные на соответствие качества аграрного образования в условиях инновационного производства, применяемого в сельскохозяйственной отрасли. В 2016 г. Министерством сельского хозяйства России принята стратегия развития аграрного образования в Российской Федерации до 2030 г. данная стратегия направлена, на модернизацию системы аграрного образования обеспечивающую прирост человеческого потенциала АПК и устойчивое развитие сельских территорий Российской Федерации для укрепления продовольственной безопасности, и роста глобальной конкурентоспособности России на мировых агропродовольственных рынках [3]

Стоит заметить, что в целях реализации Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017 - 2030 годы, утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 9 мая 2017 г. № 203 в 2017 г. утверждена Программа «Цифровая экономика Российской Федерации», осуществление в жизнь которой происходит в соответствии с целями, задачами, направлениями, а также ожидаемыми результатами, содержащими основные условия для развития цифровой экономики в Российской Федерации до 2025 г. [4]

Основными целями направления, касающегося кадровой политики являются:

- создание ключевых условий для подготовки кадров цифровой экономики;
- совершенствование системы образования, которая должна обеспечивать цифровую экономику компетентными кадрами;
- рынок труда, который должен опираться на требования цифровой экономики;
- создание системы мотивации по освоению необходимых компетенций и участию кадров в развитии цифровой экономики России.

Правительство Российской Федерации Постановлением от 25 августа 2017 г. № 996 утвердило Федеральную научно-технологическую программу развития сельского хозяйства на 2017-2025 годы. На реализацию данной программы выделено 29 млрд

руб. Основными целями является обеспечение стабильного роста производства сельскохозяйственной продукции, полученной за счет применения семян новых отечественных сортов и племенной продукции, технологий производства высококачественных кормов, современных средств диагностики, методов контроля качества сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия.

Направлениями реализации научно-технической программы является:

- формирование условий для развития научной, научно-технической деятельности и получения результатов, необходимых для создания технологий, продукции, товаров и оказания услуг, обеспечивающих независимость и конкурентоспособность отечественного агропромышленного комплекса;

- привлечение инвестиций в агропромышленный комплекс;

- создание и внедрение технологий производства семян высших категорий (оригинальных и элитных) сельскохозяйственных растений,

- создание и внедрение технологий производства высококачественных кормов, кормовых добавок для животных и лекарственных средств для ветеринарного применения;

- разработка современных средств диагностики патогенов сельскохозяйственных растений;

- создание и внедрение технологий производства пестицидов и агрохимикатов биологического происхождения для применения в сельском хозяйстве;

- создание и внедрение современных технологий производства, переработки и хранения сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия;

- разработка современных методов контроля качества сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия, и экспертизы генетического материала;

- совершенствование системы подготовки и дополнительного профессионального образования кадров для агропромышленного комплекса, ориентированной на быструю адаптацию к требованиям научно-технического прогресса [5].

**Заключение.** Таким образом, внедрение цифровых технологий даст возможность значительно увеличить продуктивность сельхозпроизводства и привлечь в отрасль молодые кадры. Проведение успешной инновационной политики невозможно без качественной системы подготовки квалифицированных кадров, способных реализовать идею инновационных разработок в жизнь. Совершенно очевидно, что в условиях перехода к цифровизации сельскохозяйственной отрасли рабочая сила должна отличаться значительной мобильностью, гибкостью и цифровой компетентностью [6].

#### **Список использованных источников**

1. Дронов С.Н. Формирование системы информационного обеспечения сельскохозяйственных предприятий // Социально-экономические науки и гуманитарные исследования. 2016. № 13. С. 117.

2. Рудой Е.В. Развитие отечественного отраслевого образования в аграрной сфере: ретроспектива, современное состояние и ключевые проблемы / Е.В. Рудой // Профессиональное образование в современном мире, 2017. – Т. 7. № 4. – С. 1388-1400.

3. Стратегия развития аграрного образования в Российской Федерации до 2030 г. // Справочно-правовая система «КонсультантПлюс».

4. Программа «Цифровая экономика Российской Федерации». Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 июля 2017 г. № 1632-р // Справочно-правовая система «КонсультантПлюс».

5. Указ Президента РФ от 09.05.2017 № 203 «О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017 - 2030 годы» // Справочно-правовая система «КонсультантПлюс».

6. Кузнецова И.Г. Совершенствование государственной поддержки формирования человеческого капитала в сельском хозяйстве / И.Г. Кузнецова, С.А. Шелковников // Вестник НГАУ. – 2018. – №1. – С.174-180.

# АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ОРГАНИЗАЦИИ СОРЕВНОВАНИЙ ПО КОМАНДНОМУ ПРОГРАММИРОВАНИЮ

В.В. Юринская, В.В. Широков  
Иркутский государственный университет, ООО «Полюс-НТ»  
valeriayurinskaya@gmail.com

На данный момент, умение работать в команде становится одним из главных требований к современному работнику, особенно в сфере информационных технологий. Но, к сожалению, подавляющее большинство школьников и студентов не обладают данным навыком, так как привыкли работать в одиночку, решая индивидуальные задачи в школе или университете.

Это же касается и участников олимпиады НТИ [1]. Как показывает опыт, зачастую, умение работать в команде играет решающую роль в финале олимпиады, именно тут слаженность работы команды, умение коммуницировать друг с другом помогает ей более эффективно решить финальную задачу и занять первое место.

Цель проекта заключается в разработке программного комплекса для проведения соревнований по командному программированию, который позволит проводить хакатоны, подготовку к олимпиаде НТИ и уроки по программированию, направленные на развитие у студентов и школьников навыков работы и коммуникации в команде, профессиональных навыков работы с развивающейся системой и постоянно изменяющимися требованиями к этой системе, как это и происходит на реальных предприятиях.

Если говорить про новизну, то инновационными являются подход к организации самой командной работы в группе и подход к выполнению тестовых заданий.

Программа погружает участников соревнований по командному программированию или просто обучающихся в реалии профессии программиста, где разработка любого продукта и вся работа в целом ведется в команде, в отличие, например, от школ или университетов, где даются персональные задачи и решая их, учащиеся не задумываются о “красоте”, понятности и читаемости кода.

Сам процесс организации командной работы выглядит следующим образом: команде выдается одна задача и цепочка изменений для нее, первый участник пишет код для решения задачи, отправляет ее на проверку на сервер, если все верно, то сервер передает решение другому участнику команды, который вместе с кодом получает новое задание по модификации решения (Рис. 1, Рис. 2). И так, пока не будет выполнена вся цепочка модификаций.

При этом, при выполнении своей задачи участник должен думать о скорости выполнения работы, качестве и чистоте кода, чтобы другим участникам было легче решать свои задачи при модификации его программы.

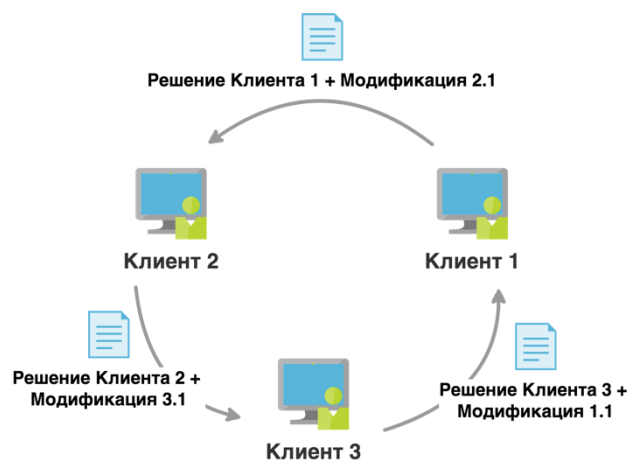


Рис. 1. Процесс организации командной работы.

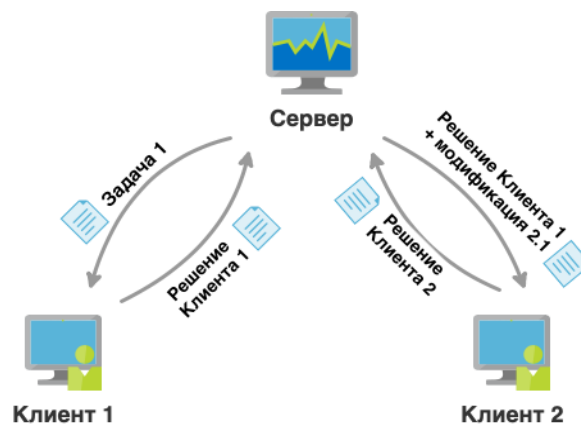


Рис. 2. Процесс проверки решения задачи.

Кроме этого, при такой организации работы, участникам необходимо общаться друг с другом “вживую”, чтобы выбирать определенный алгоритм решения задачи или, например, помогать тем, у кого возникли вопросы с выполнением задания.

На данный момент полных аналогов такому программному комплексу нет.

Косвенными аналогами являются: системы контроля версий, например, GIT - набор консольных утилит, которые отслеживают и фиксируют изменения в файлах [2], и code review - систематическая проверка исходного кода программы с целью обнаружения и исправления ошибок [3].

Все вышеперечисленные аналоги являются рабочими инструментами без образовательной части. Задача построения обучения при помощи этих инструментов очень трудна, школьники и студенты могут научиться инструменту работы, но не самой работе в команде или коммуникации “вживую” с другими разработчиками. Большинство функций в этих инструментах направлены на то, чтобы формализовать контакты между разработчиками в команде. Наш же программный комплекс учит студентов и школьников на

практике командной работе, не требуя от них глубоких познаний в программировании или навыков работы с профессиональными и сложными инструментами.

#### **Список использованных источников**

1. ОЛИМПИАДА НАЦИОНАЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ИНИЦИАТИВЫ [Электронный ресурс] // URL: <http://nti-contest.ru> (Дата обращения: 19.11.2018 г.)
2. Pro Git book [Электронный ресурс] // URL: <https://git-scm.com/book/ru/v2> (Дата обращения: 19.11.2018 г.)
3. Рецензирование кода (code review) [Электронный ресурс] // URL: <https://blog.not-a-kernel-guy.com/2007/02/21/151/> (Дата обращения: 19.11.2018 г.)



## РАЗВИТИЕ ИТ-ТЕХНОЛОГИЙ В БИМЕДИЦИНЕ

А.С. Сапожникова, М.И. Рудко  
Томский политехнический университет  
ass108@tpu.ru

### Введение

В последние десятилетия все чаще возникает потребность в цифровизации технологий, а также разработке новых «умных» устройств, способных решить наиболее актуальные проблемы человечества. Новейшие научные знания транслируются в передовые технологии, формируя новые направления в медицине, новые подходы к лечению и предупреждению заболеваний. Активно развивается медицинская биотехнология, включающая в себя генную и тканевую инженерию, клеточные технологии, биофармацевтику, генно-инженерно-модифицированные продукты.

В настоящий момент технологичные «умные устройства» позволяют: получать все больше информации о состоянии человека (частота сердечных сокращений, артериальное давление, метаболические маркеры и другое) – удобным и недорогим способом; оперативно извлекать информацию о деятельности всего организма из одной лишь клетки и переводить ее в цифровой формат.

### История

Весомый вклад в развитие инновационных устройств внесла компания Apple, которая разработала программное обеспечение «Health Kit» и «Research Kit». С его помощью появилась возможность «управлять» диабетом посредством iPhone или Apple Watch. Кроме того, было создано множество платформ на базе Android, позволяющих создавать приложения для здоровья. Эта идея была признана и Qualcomm, которая предложила Qualcomm Tricorder X-Prize. Компания стимулировала развитие первых ориентированных на потребителя мобильных диагностических устройств через призовой фонд в размере \$ 10 млн. Более 300 абитуриентов должны были продемонстрировать устройство размером с ладонь, которое могло бы захватить пять ключевых показателей здоровья, провести тесты для десяти основных состояний здоровья, включая хроническую обструктивную болезнь легких, инфекцию мочевых путей и фибрилляцию предсердий, а также, по меньшей мере, три дополнительных плановых состояния здоровья, таких как коклюш, ВИЧ и опоясывающий лишай. В 2017 году победителями Tricorder X-Prize стали «DxtER» от американской компании Final Frontier Medical Devices, получив первую премию в размере 2,5 млн долларов США. DxtER объединяет данные о неотложной медицинской помощи с данными пациента в реальном времени, используя неинвазивные датчики. Приобретенные данные используются диагностическим механизмом DxtER для быстрой оценки состояния. Другие устройства на базе смартфонов могут использоваться для множества приложений, включая флуоресцентную

микроскопию, секвенирование ДНК, анализ мутаций, сканирование глаз и диагностику инфекционных заболеваний с точностью до 98%. Главные достоинства этих устройств - низкая стоимость (<500 долл. США) и максимальная портативность. Данные также можно загрузить в облако с помощью смартфона. [2]

### Перспективы

Новая программа России предполагает развитие новых технологий, совершенствование законодательства и развитие системы образования, а также формирование рынков инновационных продуктов, значительное улучшение здоровья и качество жизни человека в России. [3]

В перспективах программы к 2035 году подавляющее большинство граждан будет «подключено» к системе мониторинга 24/7 и будет взаимодействовать с десятками разных устройств. Целями такого подключения является обеспечение возможности оперативной помощи в экстренных ситуациях, раннее выявление факторов риска и предикторов развития осложнений и обострений имеющихся у пациента заболеваний, повышение своевременности плановых мероприятий, в том числе информирование пациентов и здоровых граждан о порядке прохождения диспансеризации, напоминания о дате очередного планового диспансерного осмотра и другие. Результаты научных исследований позволили обосновать приоритетные профилактические мероприятия как на групповом, так и на индивидуальном уровнях, сроки их проведения и методы контроля результатов на основании информативных показателей, в том числе с использованием отечественных аппаратно-программных комплексов и информационно-компьютерных систем. Кроме того, разработаны технологии формирования единой профилактической среды в образовательных организациях, включающие формирование мотивации к оптимальной двигательной активности, межсекторальное взаимодействие в сфере профилактики и охраны здоровья детей; установлена высокая эффективность современных форм и средств физического воспитания в организации профилактической среды в образовательных организациях. В настоящее время в направлении региональной информатизации сферы здравоохранения наблюдается положительная динамика. С развитием региональных систем Единой государственной информационной системы в здравоохранении (далее - ЕГИСЗ) в субъектах Российской Федерации были внедрены региональные компоненты электронной регистратуры, обеспечивающие запись на прием к врачу. Таким образом, пациенты имеют возможность записаться дистанционно к

врачам с помощью Единого портала государственных услуг, региональных порталов государственных услуг, инфоматов, региональных Call-центров. [1]

### **Конкурентные преимущества и барьеры для России**

Ключевыми преимуществами для развития российского рынка являются:

1. Высокий научно-исследовательский потенциал российской медицины.

– Опыт прорывных открытий в отдельных терапевтических областях (офтальмология, ортопедия, методики трансплантации, технологии лечения собственными и донорскими стволовыми клетками) и сохранившееся ядро талантливых российских ученых в области медицины, биологии и химии, что дает основания для инвестиций в новые исследования;

– Опыт российской медицины, связанный с подготовкой организма человека к высоким спортивным достижениям и экстремальным условиям, а также с его последующей реабилитацией;

– Сообщество российских ученых, работающих в ведущих научно-исследовательских организациях за рубежом.

2. Широкие возможности для проведения исследований.

– Лояльное отношение к исследовательской работе с живыми организмами в целях медицинских открытий;

– Большая научно-медицинская инфраструктура и концентрация потоков пациентов;

– Большое разнообразие этнических и расовых различий, мировой уровень российских разработок в области их исследования.

3. Наличие опыта в сфере разработки прикладного программного обеспечения (далее – ПО) мирового класса, организации баз данных, опыт применения технологий BigData (больших данных), необходимых для сервисов персональной медицины. Возможности сотрудничества с АВВУУ (АБИИ), Яндекс, Лаборатория Касперского, Parallels (Параллелс), Acronis (Акронис) и др., что позволит развивать продукты и сервисы в области персональной медицины;

4. Наличие экологически чистых разнообразных природно-климатических зон, которые могут быть использованы для выращивания лекарственных растений.

– Возможность производства экологически чистых традиционных натуральных лекарственных средств (естественных биорегуляторов и геропротекторов) в международной кооперации с восточными соседями с гарантированным сбытом на локальных и зарубежных рынках. [1]

Одним из ключевых барьеров для развития телемедицинских приборов и платформ поддержки здоровья в ведущих странах мира является большое число заинтересованных сторон, с которыми

коммерческим компаниям требуется провести переговоры и согласовать свои действия для успешного вывода продукции на рынок. В этой части у России имеется серьезное конкурентное преимущество, поскольку в нашей стране ключевые процессы в области здравоохранения сосредоточены, прежде всего, в государственных институтах. Таким образом, новые модели и форматы оказания услуг и непосредственно технологические решения смогут проходить отладку и внедрение в существенно более короткий срок. Среди барьеров выделяется отсутствие четкой нормативной базы и стандартов оказания медицинской помощи в области цифровой медицины и телемедицины. Другим барьером выступает нехватка специалистов для фундаментальных и прикладных научных исследований в области исследований по продлению жизни.

В данный момент в части разработки и реализации неинвазивных устройств Российскую Федерацию можно отнести к числу лидирующих стран. Это же касается имплантируемых устройств. К настоящему времени подготовлен перечень изделий медицинского назначения, имплантируемых при заболеваниях глаза, его придаточного аппарата и орбиты в рамках Программы госгарантий бесплатной медицинской помощи. Указанные выше преимущества Российской Федерации могли бы стать основой для прорыва в части широкого внедрения существующих типов устройств и производства новых типов продуктов, а также услуг, оказываемых с их использованием. Аналогичным образом может быть накоплен корпус реальных сценариев использования Системы поддержки принятия решений (СППР) в сфере здоровья. Это позволит сформировать практически значимые продукты и услуги, основанные на СППР. [1]

### **Список используемых источников:**

1. Дорожная карта «Хелснет», утверждённая протоколом заседания президиума Совета при Президенте Российской Федерации по модернизации экономики и инновационному развитию России (протокол от 20 декабря 2017 г. № 6). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.nti2035.ru/markets/docs/DK\\_halthnet.pdf](http://www.nti2035.ru/markets/docs/DK_halthnet.pdf).
2. Gartland K. M. A., Gartland J. S. Opportunities in biotechnology //Journal of biotechnology. – 2018.
3. Министерство здравоохранения Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.rosminzdrav.ru>.

## **Секция 5. Компьютерная графика и дизайн**

# СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ РЕАЛЬНОГО И ВИРТУАЛЬНОГО ОБУЧЕНИЯ КАК СРЕДСТВ ФОРМИРОВАНИЯ МОТИВАЦИИ В УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

А.Ю. Ларионова, А.В. Шкляр  
Томский политехнический университет  
akalarik@gmail.com

## Введение

Одной из центральных проблем современного образования является проблема мотивации учащихся в учебной деятельности. Низкий уровень познавательного интереса ученика является показателем серьезных недостатков организации обучения. Частично эта проблема решается посредством модернизации учебного процесса, введения новых методик и новых технических средств. В связи с этим появился спрос на новые формы обучения. В настоящее время широкое развитие получает метод виртуального обучения.

Актуальность проводимого исследования обусловлена необходимостью формирования устойчивой мотивации учащихся для повышения эффективности педагогического процесса. Поиск практического решения данной проблемы вызывает определенные затруднения как у исследователей, так и у практикующих педагогов.

Исходя из этого, целью данной исследовательской работы является сравнение методов классического реального обучения с современным виртуальным, и исследование их влияния на формирование мотивации у учащихся. В данной работе сравнительное исследование приведенных методов производится на примере образовательного процесса в школах. Выводы данной статьи могут быть применены и по отношению к другим видам образовательной деятельности.

## Проблема формирования мотивации

Мотивация – это динамический психофизиологический процесс, управляющий поведением человека, определяющий его направленность, организованность, активность и устойчивость. [1]

Чем сильнее у учащегося мотивация к учебной деятельности, тем успешнее и активнее он будет проявлять себя на уроках. Высокий уровень мотивации способен восполнять недостаток способностей и может подтолкнуть ученика к расширению его запаса знаний, навыков и умений необходимых для освоения учебной дисциплины. Такое качество как внимание проявляется только в условиях заинтересованности учащегося. Оно способствует быстрому и эффективному усвоению учебного материала.

Отсутствие у учащихся положительной устойчивой мотивации к учебной деятельности может стать причиной их академической неуспеваемости. К этому обычно приводит наличие определенных черт характера и социально-психологических факторов индивидуальных для каждого ученика. Например, школьник может иметь склонность к избеганию неудач, и в связи с этим отказываться от

выполнения сложных заданий.

Существующие методы педагогической практики лишь частично помогают решить проблему формирования мотивации. Их главный недостаток в данном аспекте связан со сложностью дифференциации подходов к обучению и их индивидуализации. Методы и формы обучения, не учитывающие индивидуальные психологические особенности учеников, могут привести не только к снижению успеваемости и потере мотивации к учёбе, но и ухудшению состояния здоровья учащихся.

## Метод традиционного (реального) обучения

Метод реального обучения формировался на протяжении всего существования педагогической практики. Он требует непосредственного присутствия учащихся в классе, между классом и учителем устанавливается живое общение. Деятельность учителя несёт информативно-иллюстративный характер, а деятельность учеников – репродуктивный. Такой метод имеет свой ряд преимуществ, связанных с мотивацией.

Благодаря коллективной организационной форме реальное обучение способствует развитию коммуникативных навыков, особенно это хорошо наблюдается при работе на уроке в группах. Коллективная работа в группах с четким распределением задач между всеми участниками, способна развить навыки сотрудничества, сформировать чувство ответственности за результаты совместной деятельности. [2]

Проверочные работы под наблюдением педагога способны побудить учеников мобилизовать полученные ими на уроках знания. Работа в таком формате поможет повысить заинтересованность учащихся в предмете, активизировать их познавательную деятельность и сформировать самостоятельную деятельность.

На лабораторных работах знания ученика применяются на практике, и это наглядно демонстрирует ученику прикладной характер полученных навыков. Такой формат урока помогает ученику осознать необходимость обучения в плане подготовки себя как будущего специалиста, что способствует становлению мотивации.

Регулярные проверки и оценивание работ способствуют активному включению учеников в учебный процесс, мотивируют учащихся к повышению качества и результативности их работы. В основе механизма оценивания лежат качественный анализ работы и выявление причин, имеющихся в ней недостатков. Это приносит ученику чувство удовлетворения или неудовлетворения результатом своей работы и приводит его к рефлексии. [2]

## Метод виртуального обучения

Виртуальное обучение – форма обучения, поддерживаемая виртуальными учебными средами. Такая форма обучения даёт возможность ученику решать учебные задачи с использованием программных средств компьютера, позволяющих моделировать процессы проводимых опытов. Этот метод может решить проблему снижения интереса учащихся, связанную с отсутствием необходимых материалов и оборудования для проведения натуральных экспериментов. [3]

Одна из главных особенностей метода виртуального обучения заключается в том, что он открывает перед учащимся возможность дистанционного обучения. Удалённые занятия позволяют обучаться на расстоянии и могут иметь гибкий график, но в их условиях перед учеником устанавливаются дополнительные требования к самодисциплине, а также исчезает возможность живого общения с педагогом и классом. Для учащихся, мотивированных к учёбе на социальном уровне, влияние дистанционного обучения на их заинтересованность может быть крайне негативным.

Использование компьютерных средств на занятиях в классах способно разнообразить учебный процесс, при этом избежать проблемы связанной с дисциплиной учащихся.

При использовании компьютерных средств учащийся в большинстве случаев воспринимает «виртуальную лабораторию» как новый виртуальный мир компьютерной игры, это способно создать дополнительную мотивацию, и с применением средств компьютерной графики этот метод даёт возможность объяснить учебный материал наиболее доступно. Визуальные средства упростят восприятие новой информации и будут способствовать лучшему усвоению материала, что может во многом повысить качество образовательного процесса.

В то же время, сведение учебного процесса к игре может оказать негативное влияние на ход решения сложных творческих задач. Этому приёма следует избегать в случаях, если для решения серьёзной задачи требуется дополнительная концентрация, иначе ребёнок может отвлечься.

Графические средства, используемые в компьютерных программах виртуального обучения, позволяют визуализировать сложные многомерные процессы, которые невозможно воспроизвести при помощи лабораторного оборудования в условиях школьного класса. Но в отличие от удалённых лабораторий, эксперимент не будет проводится в реальности, что может привести к неверным результатам.

Технология дополненной реальности играет с каждым годом все большую роль в образовании. Она позволяет визуализировать виртуальные объекты в реальном мире с помощью устройств захвата изображения в реальном времени. Такой опыт способен вызвать у учащегося стимул к обучению на эмоциональном уровне, а представление информации в визуализированном виде поможет в усвоении учебного материала.

## Заключение

Наиболее сильной стороной традиционного метода обучения является возможность применения знаний и навыков на практических занятиях. Достаточный уровень владения учебным материалом будет приносить ученику успех в практической деятельности, что будет способствовать формированию мотивации и быстрому освоению необходимых умений.

Что касается виртуального обучения, то в настоящее время одним из самых перспективных направлений развития образовательных технологий считается дополненная реальность. Такой приём позволяет достичь полного погружения в учебный процесс за счёт получения необычного опыта, связанного с возможностью наблюдать объекты виртуальной реальности в реальном мире, которые способны наглядно представить и пояснить учебный материал.

Приёмы того и другого метода могут быть применены при создании наглядных пособий, являющихся частью оборудования классов. У учащихся будет возможность активного взаимодействия с ними, при этом потенциал использования дополненной реальности в таких устройствах может превратить образовательный процесс в вариативный виртуальный опыт. Вариативность содержания и интерактивность наглядных пособий будут способствовать положительному влиянию на заинтересованность учеников в учебном процессе.

## Список использованных источников

1. Айсмонтас Б. Б. Педагогическая психология: Программа курса. Методические рекомендации. Словарь терминов и понятий. – М.: МГППУ, 2004. – 80 с.
2. Ахметова Ю. Г., Воронин А. С. // Новые образовательные технологии в вузе : материалы X международной научно-методической конференции. – Екатеринбург, 2013.
3. Задоя Е.С. Виртуальные технологии в образовании // *Фундаментальные исследования*. – 2007. – № 6. – С. 75-76;

# РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ НАЛИЧИЯ РУТИННОЙ ЗАДАЧИ — СОЗДАНИЯ СЦЕНЫ ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ В AUTODESK 3 DS MAX

А.В. Шкляр, А.В. Гуменникова

А.В. Шкляр

Томский политехнический университет

gumennikova\_aleksandra@mail.ru

## Введение

В условиях глобальной компьютеризации, повышения наукоёмкости деятельности расширяются возможности использования компьютерных технологий в области дизайна. В свою очередь, процесс моделирования и визуализации включает в себя разные этапы, которые можно разделить на творческую деятельность и рутинную работу [1]. Рутинная работа заключается в выполнении одинаковой работы в нескольких проектах. При наличии соответствующего инструмента эту работу можно сделать единой, а потом при необходимости использовать ее результат без временных затрат. При моделировании рутинной работой является создание и настройка сцены для визуализации. Визуализация — термин в компьютерной графике, обозначающий процесс получения изображения модели с помощью компьютерной программы.

Целью работы будет являться написание скрипта для создания сцены [2], состоящей из фона, камеры и двух источников освещения и проведение эксперимента, подтверждающего оптимизацию рутинного процесса настройки сцены для визуализации.

Для достижения цели следует выполнить следующие задачи:

1) написать программу на встроенном скриптовом языке в 3Ds Max, включающую в себя фон, камеру и два источника освещения;

2) создать сцену вручную и сравнить скорость данного процесса и процесса использования созданного скрипта.

## Написание программы в MAX Script

Первым этапом написания программы будет создание фона, на которой будет находиться смоделированный объект. Для удобства написания программы были обозначены скриптовые блоки, и заданы переменные. Чтобы не создавать лишних полигонов, количество сегментов в длину «bg\_ls» будет равняться 1. Для последующего сгибания плоскости количество сегментов по ширине должно иметь достаточно полигонов. В случае, когда фон находится в вертикальной и горизонтальной плоскостях дает пользователю больше удачных ракурсов для установки камеры. применяем модификатор сгибания Bend. Это достигается путем вызова команды «addmodifier» и указания модифицируемого объекта. В скобках указывается угол сгибания, координата, относительно которой будет происходить преобразование (0- X, 1- Y, 2- Z), создание лимита и указание его значения [3].

```
--background
bg_l=140.0
bg_w=140.0
bg_ls=1 as integer
bg_ws=bg_w as integer
BG=plane length: bg_l width: bg_w
lengthsegs: bg_ls widthsegs: bg_ws wirecolor:
white
addmodifier BG (Bend Angle: -90.0 Axis: 0
limit: true UpperLimit: 19.0)
```

В профессиональной системе визуализации Mental Ray существует стандартная система дневного освещения, предназначенная для освещения открытых пространств, имеет небольшое количество настраиваемых параметров и несколько алгоритмов небесного освещения. Для ее создания была введена переменная «SL» и задан параметр позиции. Для создания направленного источника освещения была создана переменная «MAL», которой присвоена операция miAreaLight, задана позиция и положение target. Была выявлена необходимость уменьшения интенсивности освещения в связи с наличием skylight [5].

```
--light
SL=skylight pos: [-70.0,-70.0,0]
MAL= miAreaLight pos: [-140.0,-30.0,150.0]
AreaEnable: true target: (Targetobject transform:(matrix3 [1,0,0] [0,1,0] [0,0,1] [-2.0,0.0,12.0]))
MAL.multiplier = 0.50
MAL.Area_Type =1
MAL.Rectangle_Width =50.0
MAL.Rectangle_Height =50.0
MAL.falloff =150.0
MAL.hotspot =20.0
```

Для последующей комфортной работы со скриптом была создана камера. Пользователь сможет подобрать нужный ракурс объекта сразу после запуска программы или приступить к масштабированию объектов без потери времени, если во вьюпорте будет отображаться автоматически заданный взгляд камеры на цель.

```
--camera
Targetcamera fov: 45 pos: [-126.0,58.0,70.0]
isSelected:on target:(Targetobject transform: (matrix3 [1,0,0] [0,1,0] [0,0,1] [-2.0,0.0,12.0]))
actionMan.executeAction 0 "40068" --
Camera View
```

Дальнейшее работа с элементами сцены будет удобнее, если у всех объектов будет общий пивот (англ. Pivot). Пивот — это опорная точка 3d объекта, которая является центром масштабирования и поворота модели. Для удобства преобразования следует сгруппировать созданные элементы.

```
select objects
actionMan.executeAction 0 "40140" -- Grouping
```

Быстрый доступ к программе позволит значительно сократить время пользования скриптом.

Возможно произвести два инструмента комфортной оперативной работы с данным скриптом: установка горячих клавиш и создание иконки на панели быстрого доступа.

Для установки горячей клавиши телу скрипта назначается команда «macroScript». Для добавления горячей клавиши в Customize User Interface следует выбрать категорию MyScripts и в поле Hotkey написать желаемое сочетание клавиш. Например, Shift+K.

```
macroScript Standart_Render category:"MyScripts" tooltip:"MyScript"
(
  <Текст скрипта>
)
```

Для добавления кнопки на панель быстрого запуска потребуется вызвать Listner, нажав клавишу F11. В очищенное поле вводится «Filein<название скрипта с расширением>». Выделенный текст следует перетащить на панель быстрого доступа. Далее переименовать кнопку или добавить иконку.

Написание скрипта можно считать окончательным, в результате работы был создан скрипт «Standart\_Render» и созданы два инструмента, позволяющие быстро его запустить. Результат использования скрипта в сцене со стандартным примитивом представлен на рисунке 1.

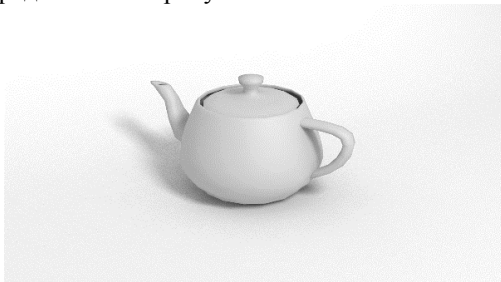


Рис. 1. Визуализация примитива с использованием скрипта

Говоря об особенностях программы следует отметить, что в некоторых случаях возможна необходимость изменения интенсивности освещения. Например, при использовании материалов в цвет фона, а также глянцевых или металлических текстур.

#### Эксперимент

Для доказательства рациональности использования скрипта «Standart\_Render» вместо ручной настройки сцены, был произведен эксперимент. Он заключается в сравнении времени, потраченного на настройку сцены путем использования написанной программы и ручной настройкой сцены.

Предполагается, что программу написали заранее, а в данный момент стоит только выбор: использовать его или настраивать сцену вручную. Поэтому в экспериментальное время «скрипта» не будет включен процесс его написания.

Первым этапом было засечено время, которое пользователь потратит на построение сцены с помощью скрипта. Фактором, задерживающим про-

цесс, будет являться необходимость масштабирования сцены, автоматически созданного скриптом. Также в случае использования материалов, активно отражающих поверхности и свет, потребуется настройка интенсивности освещения. На процесс создания сцены, импортирования объекта и создания первичной визуализации потребовалось 35 секунд. За это короткое время в сцене появились нужные объекты с базовыми настройками.

Второй этап подразумевает создание объектов в сцене вручную, а также настройку их параметров. На процесс настройки камеры, выставления ее цели и настройки параметров протратилось некоторое количество времени. Эксперимент показал, что с первого раза вероятность минимальна создать источники освещения с удачным выбором яркости и расположением направленного источника освещения. Последствием этого выбора является большое количество промежуточных визуализаций, значительно задерживающим процесс создания стандартной сцены. В результате на создание сцены вручную потребовалось 3 минуты 10 секунд. Неоправданный расход времени ушел на процесс создания элементов сцены, выбор удачного положения и корректировку их настроек.

Результаты эксперимента показали, что при использовании скрипта время на создание сцены затрачивается меньше, чем при создании и настройке аналогичных объектов вручную.

#### Заключение

Таким образом, в процессе работы была написана программа на языке MAX Script, и проведен эксперимент, в результате которого было доказано преимущество использования созданной программы над процессом создания сцены вручную за счет экономии времени на рутинную работу.

#### Список использованных источников

1. Простое полигональное моделирование // 3D MASTER URL: [https://3dmaster.ru/lessons/3dsmax/lesson\\_tv.html](https://3dmaster.ru/lessons/3dsmax/lesson_tv.html) (дата обращения: 23.08.2018).
2. Learning MAXScript // Autodesk 3Ds Max URL: [https://help.autodesk.com/view/3DSMAX/2018/ENU/?guid=\\_\\_files\\_GUID\\_4C14F474\\_CD23\\_4001\\_93DF\\_0F0F9A6025\\_C7\\_htm](https://help.autodesk.com/view/3DSMAX/2018/ENU/?guid=__files_GUID_4C14F474_CD23_4001_93DF_0F0F9A6025_C7_htm) (дата обращения: 23.08.2018).
3. MAXScript // TPU URL: <http://portal.tpu.ru:7777/SHARED/s/SHKLYARAV/disciplines/Subjects/Modeling/info.pdf> (дата обращения: 23.08.2018).
4. Визуализатор Mental Ray // 3d.demiart URL: [https://3d.demiart.ru/book/3D-Max-7/Glava\\_07/Index03.htm](https://3d.demiart.ru/book/3D-Max-7/Glava_07/Index03.htm) (дата обращения: 23.08.2018).
5. Освещение с Mental Ray // 3d.d3S Mir URL: [http://www.3dmir.ru/s\\_tutor/tutor/484.html](http://www.3dmir.ru/s_tutor/tutor/484.html) (дата обращения: 23.08.2018).

# ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КАК СРЕДСТВО РАЗВИТИЯ ИЗОБРАЗИТЕЛЬНЫХ НАВЫКОВ ДИЗАЙНЕРОВ (НА ПРИМЕРЕ ПАКЕТА ИНТЕРАКТИВНЫХ ЗАДАНИЙ ДЛЯ МОРФОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА)

Т.Д. Казакова, Е.В. Вехтер, В.Ю. Радченко  
Томский политехнический университет  
k.t.d2@mail.ru

## Введение

Выбор средств обучения является одним из важных факторов эффективной организации учебного процесса. Средства обучения представляют собой совокупность материальных, технических, информационных и организационных ресурсов, используемых для обеспечения методов обучения. В современной образовательной системе широко применяются технические средства обучения – средства, объединяющие дидактическое обеспечение с техническим. Наиболее популярны в настоящее время технические средства, основанные на информационных (информационно-коммуникационных) технологиях. По своему функциональному назначению такие средства обучения делятся на средства для передачи учебной информации (презентации, видеолекции, видеоуроки), средства контроля знаний (различные виды тестов), тренажеры. Многие современные технические средства предназначены для выполнения нескольких функций.

Наиболее востребованным техническим средством обучения студентов-дизайнеров является компьютерная графика, т. к. в комплекс профессиональных компетенций дизайнера входят навыки владения различными графическими программами [1]. В данном случае специализированные компьютерные программы применяются на занятиях для того, чтобы научить студентов активно пользоваться этими программами – оформлять итоговый дизайнерский продукт. Однако в процессе обучения дизайнеров информационные технологии могут применяться и на более раннем этапе как инструмент формирования начальных профессиональных изобразительных навыков. В настоящей публикации в качестве такого инструмента предлагается пакет интерактивных заданий для морфологического анализа.

## Развитие изобразительных навыков

Под изобразительными навыками в данной работе понимается комплекс навыков и умений, включающий технические умения, обеспечивающие способность к исполнительству; пространственное мышление, на котором основана способность к восприятию; художественно-образное мышление, являющееся основой способности к творчеству, к художественному выражению.

Проблема развития изобразительных навыков имеет долгую историю решения в отечественной и зарубежной педагогике. Основы методики преподавания рисунка в российской высшей школе были заложены А.В. Лосенко (1737–1773), который считал, что главным в художественном образовании является рисование с натуры, подготовкой к которому должно быть рисование с использованием гипсовых слепков [2]. Большой вклад в педагогику художественного образования внес А.Л. Королев [3],

предлагавший для развития у студентов умения изображать сложные пластические формы использовать простые «геометрические выкладки», доступные для понимания учащихся. Для правильного построения, например, фигуры человека художник-педагог представлял ее в виде пространственно-решетчатой конструкции. Однако методы академического рисунка, предназначенные для обучения профессиональных художников, нередко оказываются недоступными для понимания современных студентов-дизайнеров и не всегда отвечают задачам обучения дизайнера. В связи с этим в данном исследовании разработано инновационное дидактическое оборудование, ориентированное непосредственно на студентов, обучающихся по направлению подготовки бакалавра «Дизайн», профиль «Промышленный дизайн». Указанное дидактическое оборудование построено на принципе морфологического анализа как метода работы с пространственными объектами [4].

## Морфологический анализ

Суть морфологического анализа как способа развития изобразительных навыков основана на представлении о том, что любая сложная форма состоит из простых геометрических тел. Работа с простыми геометрическими телами (кубом, цилиндром, сферой, конусом) позволяет обучающимся понять базовые законы, лежащие в основе формообразования, и освоить основные принципы построения сложных фигур [5]. Морфологический анализ дает дизайнеру возможность вычленив в сложном объекте взаимосвязь простых геометрических тел.

В данном исследовании с целью развития умений морфологического анализа у бакалавров-дизайнеров на начальном этапе обучения разработано наглядное дидактическое оборудование [6], модель которого представлена на рис. 1.



Рис. 1. Дидактическое оборудование для морфологического анализа

На основе данной модели предлагается пакет интерактивных заданий для переноса работы студентов в виртуальную среду.



### Пакет интерактивных заданий

Функциями рассматриваемого пакета интерактивных заданий являются тренировка развиваемых умений и контроль их сформированности.

Интерактивные задания создаются на базе программы 3ds Max. С технической точки зрения данные задания могут быть выполнены в двух форматах:

файловый тип – в программе 3ds Max создается файл задания, который студенты могут редактировать в соответствии с инструкцией задания;

программный тип – в программе 3ds Max пишется программа на основном языке программирования, студенты работают на базе данной программы, выполняя поставленные перед ними задачи.

Пакет включает десять последовательно усложняющихся интерактивных заданий. В каждом задании представлен сформированный преподавателем набор элементов комплекта для морфологического анализа (например, 3 квадратные пластины, 2 круглые, 18 пластин в форме равностороннего треугольника (рис. 2)).

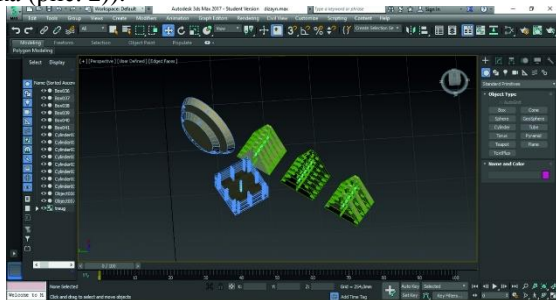


Рис. 2. Пример интерактивного задания

На основе предложенного набора студенты самостоятельно разрабатывают свой вариант композиции (конфигурации элементов).

Данный тип заданий направлен на развитие пространственного мышления и изучение геометрических фигур, а также позволяет студентам отработать технику построения композиции. Регулярное решение творческих задач по составлению композиции («формальные» задачи» [7]) обеспечивает формирование профессионального мышления дизайнера.

На заключительном этапе работы с пакетом интерактивных заданий студенты вручную отрисовывают получившуюся композицию на бумаге, благодаря чему развиваются навыки техники рисунка и художественно-образное мышление. Данный вид

деятельности также позволяет студентам подготовиться к созданию авторских пространственных композиций по заданным параметрам.

### Заключение

Перенос дидактического оборудования в виртуальную среду отвечает современным тенденциям компьютеризации образования, использования в учебном процессе электронных образовательных ресурсов. В современных условиях сокращения аудиторных часов, предполагаемых на освоение образовательных программ в вузе, применение интернет-технологий является эффективным решением проблемы. Организация образовательного процесса с использованием электронных ресурсов позволяет оптимизировать самостоятельную работу студентов, сделать студентов активными субъектами обучения, а также повысить их мотивацию.

### Список использованных источников

1. Хафизова П.И., Хайруллин А.Р. Компьютерная графика как средство обучения студентов-дизайнеров // Гуманистическое наследие просветителей в культуре и образовании: мат-лы конф. – Уфа, 2018. – С. 346-348.
2. Абдирасилов С.Ф. Художественные традиции как основа профессионального мастерства // Наука и образование сегодня. – 2016. – № 2(3). – С. 63-69.
3. Королев В.А. Учебный рисунок. – М.: Изобразительное искусство, 1981. – 128 с.
4. Горбунова Т.Г. Морфология как метод анализа вещественных археологических источников // Актуальные вопросы истории Сибири. – Барнаул: «Аз Бука», 2005. – С. 249-250.
5. Мамугина В.П. Рисование геометрических форм и композиций: метод. разработки. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2009. – 32 с.
6. Вехтер Е.В., Радченко В.Ю., Казакова Т.Д. Концепция мультимедийного дидактического комплекта для морфологического анализа в обучении студентов-дизайнеров // GraphiCon. – Томск, 2018. – С. 348-349.
7. Бакалдина Г.В. Композиционное формирование как средство профессионализации будущего дизайнера на начальном этапе обучения в вузе // Успехи современной науки и образования. – 2017. – Т. 1. – № 2. – С. 6-8.

# ПРОБЛЕМА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СВЕТОВОГО ПОТОКА В ДИЗАЙНЕ ФИТОТРОНА

О.В. Долгалева, В.А. Серяков  
Томский политехнический университет  
Olga1@tpu.ru, seryakov@tpu.ru

## Введение

Выращивание микрозелени на сегодняшний день является одним из самых перспективных направлений тепличного овощеводства. Микрозелень – это проростки растений, которые употребляют в пищу еще до того как появляются основные листики. Исследования проведенные Отделом питания и пищевой науки, Университета Мэриленда, Колледж-Парк, Мэриленд, США доказали, что такая зелень обладает большим количеством полезных веществ, такими витаминами, С, Е и К, лютеином и бета-каротином.

В современном мире микрозелень имеет большой спрос на рынке. Пару лет назад микрозелень имела спрос только в сфере питания (кафе, рестораны), на данный момент спрос вырос и в индивидуальном использовании.

Так как в осенне-зимний промежуток времени, растения в открытом грунте с естественным освещением испытывают недостаток солнечного света, возрастает промежуток времени проращивания и снижается качество зелени. Для эффективного выращивания микрозелени, является применение искусственного освещения, но в этом есть и свои минусы, увеличивается затрата на электроэнергию и себестоимость.

## Исследовательская часть

В исследованиях русского ученого К.А. Тимирязева [5] было доказано, что благоприятным для проращивания растений являются интенсивности в пределах 150-220 Вт/м. [5] Синий цвет – ускоряет развитие корневой системы, помогает растению сформировать компактную низкорослую крону. Освещение красного цвета стимулирует быструю всхожесть семян, способствует буйному цветению и образованию завязей. Цвета желтого спектра имеют узконаправленные задачи при освещении зеленых листьев [7].

На данный момент используются следующие источники искусственного освещения: лампы накаливания, люминесцентные лампы, натриевые лампы высокого и низкого давления. У всех есть свои преимущества и недостатки. Но основным недостатком является общий широкий спектр ламп, а также большое потребление электроэнергии, которая помимо освещения тратится и на нагрев воздуха, что нежелательно для растений.

## Фотосинтез при искусственном освещении

Прежде всего, освещение должно быть совместимо с требованиями фотосинтеза и светового восприятия растений, которые тесно связаны с двумя основными характеристиками света: длины волны и флюенса.

Искусственное освещение должно обеспечивать растения энергией. Для этого, люминесцентные лампы, с повышенным спектром синего и красного света (т.е. холодные люминесцентные белые

лампы), широко используется в ростовых камерах, вместе с дополнительными источниками света для достижения устойчивого фотосинтетического фотонного переноса необходимого для высокой производительности. Однако спектр и интенсивность флуоресцентных ламп нестабильны в течение длительного времени.

Среди систем искусственного освещения светодиоды представляют максимальную эффективность PAR (фотосинтетически активное излучение) (80%). Электронный дополнительный материал - Светодиоды, излучающие синий, зеленый, желтый, оранжевый и красный цвета, доступны и могут быть объединены для обеспечения либо высокой плотности (при полном солнечном свете, если требуется), либо специальных характеристик длины волны света, благодаря их узкополосному световому спектру. Высокая эффективность, низкая рабочая температура и малые размеры позволяют использовать светодиоды в импульсном освещении. Их долгая продолжительность жизни и простота управления делают их лучшими для использования в теплицах круглый год.[3].

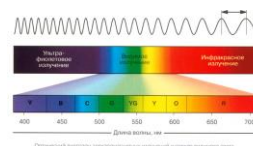


Рис. 1. Диапазон длин волн излучения светодиодов

Однако, требование различных растений к световому режиму выращивания практически индивидуальны. Совокупное использование этой информации позволяет создать принципиально новую, гибкую систему досветки растений. Следует регулировать световой поток (его недостающую часть), изменяя световой режим в зависимости от проращиваемого вида растений.

Количество света которое получает растение очень сильно влияет на внешний вид растений. Это дает понять изгиб стебля, он тянется к солнечному свету. Чтобы избежать нарушения проращивания и внешнего состояния растений следует понимать правильную установку света. Один из важных факторов размещения фитоламп является то, что свет должен падать перпендикулярно растениям, т.к. при такой установке наиболее рациональнее используется свет, в отличии если свет будет падать под углом.

Светодиоды, так же как и прочие осветительные приборы имеют коэффициент преобразования потребляемого электричества в свет, который не достигает 100%. Существующие модели имеют коэффициент полезного действия 30-40%[4]. Оставшаяся часть электроэнергии рассеивается в виде тепла. Что задает критерий расположения фитолампы, при

низком расположении, растение будет нагреваться и велика вероятность того что оно может получить ожог, а если высоко расположить фитолампу, эффективность досветки растений будет мала. Оптимальным расстоянием фитолампы до растений составляет 25-40 см. При этом так же следует учесть площадь освещения, считается оптимальной подсветкой 1м<sup>2</sup> не менее 70 Вт [8] (Рис. 2.).

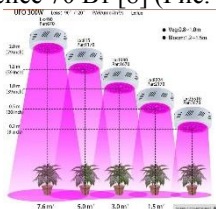


Рис. 2. Соотношение освещения, высоты и площади.

Так же следует учесть диапазон рассеивания различных светодиодов, растение должно освещаться равномерно для эффективного проращивания растений.

Для экономного и рационального использования фитолампы следует изучить и применить дополнительное освещение, который будет экономичным вариантом, таким вариантом стала флуоресцентная пленка. На сегодняшний день в практике сельского хозяйства разработали применение флуоресцентной пленки поглощающие часть УФ радиации с генерацией энергии в узкополосное люминесцентное излучение видимой области спектра [8].

В опыте проведенном в ТГПУ города Томска [8] было выявлено что под флуоресцентными пленками – интенсивное развитие репродуктивных органов, сопровождающееся формированием плодов лучшего качества, и удлинение сроков вегетации растений в среднем на 14 суток. А так же компания PhotoFuel провела ряд исследований, чтобы подтвердить целесообразность использования таких покрытий для теплиц. Эксперимент заключался в следующем: различные культуры были высажены под фотолюминесцентными пленками - и для контроля, под белыми и черными обычными парниковыми покрытиями. Исследование показало, что разработанные фотолюминесцентные пленки способствовали увеличению массы растений в среднем на 30%. Разные культуры реагировали на условия выращивания не одинаково (Рис. 3.).



Рис. 3. Фотолюминесцентные пленки для парника

#### Характеристики фотолюминесцентной пленки

Яркость свечения после отключения источника света:

10 минут- 200-230 мкд/м<sup>2</sup>

60 минут- 25-35 мкд/м<sup>2</sup>

Послесвечение: 1440 мин и более

Температура эксплуатации: -70°С... +70° [16]

#### Заключение

Для получения высокоэффективного роста микрозелени в закрытой системе проращивания «фитотрон» следует применять светодиодные фитолампы т.к. они представляют полный спектр необходимых для проращивания растений с помощью которого можно получить значительно увеличение времени роста растений до 40-50% , что позволяет получать дополнительные урожай круглый год. Так как растение необходимо освещать 16-20 ч в сутки, при условии небольшого потребления электроэнергии фитолапы, следует сократить затрату на освещение при помощи фотолюминесцентной пленки т.к. она поглощает и рассеивает не только свет, но и тепло, что дает возможность поддерживать определенную температуру в фитотроне. Предполагаемое размещение пленки является один уровень с фитолампой. Определенное расположение фитоламп и размещение фотолюминесцентной пленки дает критерий в разработке дизайна фитотрона и его габаритные размеры.

#### Список использованных источников

1. Минтруд России разработал методические рекомендации по определению по требительской корзины для основных социально-демографических групп населения в регионах, - URL: [http://www.Tosm\]ntmd.ru/social/living-standard](http://www.Tosm]ntmd.ru/social/living-standard) 15
2. Стенограмма совещания о новых технологиях в тепличном хозяйстве от 5 марта 2013 года. - UR1.: <http://i.p.a.v.i.e.TbCTBO.p4>/stens23108/>
3. Астафурова Г. Гончаров А.. Лукаш В . Юрченко В Ф июгрон для светодиодной досветки растений в теплицах и на дому // Полупроводниковая светотехника. - 2010. - № 3.
4. Андриенко О.С., Климкин В.М., Райда В.С., Сокоиков В.Г. Оптические испытания пленок для теплиц и вопросы их сертификации // в сб. статей «Светокорректирующие пленки для сельского хозяйства». -Томск: Изд. «Спектр» ИОА СО РАН, 1998. -С. 31-37.
5. Бахарев И , Прокофьев А , Туркин А . Яковлев А. Применение светодиодных светильников для освещения теплиц: реальность и перспективы // Современные технологии автоматизации. - 2009. -№ 2.
6. Карасев В. Е. Полисветаны – новые полимерные светотрансформирующие материалы для сельского хозяйства // Вестн. Дальневост. отд-я РАН. 1995. № 2. С. 66–73.
7. Минич А. С. Физико-химические свойства систем полиэтилен: люминофор на основе аддуктов редкоземельных элементов: дис. ... канд. хим. наук. Томск, 1995. 211 с.
8. Ivanitskiy A. E., Raida V. S., Ivlev G. A. Research of properties of photoluminescent films at excitation by a solar radiation // Вестн. Томского гос. пед. ун-та.

# РАЗРАБОТКА СОВРЕМЕННОГО ДИЗАЙНА ДЛЯ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЙ

Д.А. Решетнева

Научный руководитель: В.В. Соколова, к.т.н., доцент каф. ПИ  
Томский политехнический университет  
dar18@tpu.ru

## Введение

В последнее время количество обращений к глобальной сети с мобильных устройств стало превышать количество обращений с настольных компьютеров [1]. Теперь для владельцев компаний, имеющих веб-сайты, актуальной становится проблема корректного отображения ресурса на всех видах портативных устройств. Игнорирование этого вопроса привело бы к потере достаточно большой части клиентов, а, следовательно, и прибыли. Разработчиками было сформулировано несколько основных способов решения данной проблемы, каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки [2].

## Стратегии создания мобильных веб-сайтов

Одним из первых способов стала практика создания отдельной мобильной версии «полноценного» сайта. Этот метод требует сокращения функционала, что является плюсом при загрузке страницы с использованием низкоскоростного соединения с сетью Интернет. С другой стороны, существует проблема разных доменных имен (в имени мобильной версии сайта обычно присутствуют символы «m» или «mobile»). Разные доменные имена затрудняют продвижение и рекламу сайта. Также мобильная версия предоставляет пользователю возможность перехода на основной сайт. В настоящее время данный подход не популярен и, в основном, поддерживаются методы адаптивного и «отзывчивого» дизайнов [3].

Понятия адаптивного и отзывчивого дизайнов пришли из книг А. Густафсона [4] и И. Маркотта [5], чем породили споры среди веб-разработчиков о том, чем различаются эти подходы. Одни считают, что понятие адаптивного дизайна включает в себя отзывчивый, т.е. адаптивность – это отдельное направление веб-дизайна, а отзывчивость – это способ реализации модели. Другие же напротив, считают, что эти понятия абсолютно различны. Для них адаптивный дизайн представляет собой набор макетов для различных размеров экранов, где размеры блоков и элементов указаны в абсолютных величинах. Отзывчивый дизайн подразумевает указание всех размеров в относительных величинах, тем самым макет и элементы в нем имеют возможность «подстраиваться» под текущий размер экрана.

В последнее время отзывчивый дизайн, в понимании второй группы разработчиков, находит все больше сторонников. Как бы то ни было, реализация любого из этих подходов в дизайне сайта позволяет сохранить полную его функциональность, единое доменное имя, но одновременно проиграть

в объеме занимаемой памяти отдельной мобильной версии.

## Основные инструменты «отзывчивой» верстки

Популярность подхода отзывчивого дизайна во многом обосновано тем набором инструментов, которые он предлагает разработчикам. Ниже перечислены некоторые из них:

1. **Адаптивная сетка** – это инструмент, позволяющий разделить все наполнение сайта на блоки. На системе сеток основана система компоновки CSS Grid Layout, расширяющая их функционал.

2. **Медиа-запросы (media queries)** – это правила CSS, которые позволяют изменять стили элементов в зависимости от значений физических параметров устройств. Эти конструкции определяют, какие стили необходимо использовать в данный момент на веб-странице. На сегодняшний день медиа-запросы поддерживаются во всех современных браузерах.

3. **Flexible Box Layout Module (Flexbox)** – модель веб-макета CSS3, предоставляющая способ компоновки элементов с помощью контейнеров, а также элементов внутри этих контейнеров.

Пример изменения дизайна сайта с помощью медиа-запросов вы можете наблюдать на рисунках 1–2. Также на рисунке 2 приведен пример использования адаптивной сетки (основная часть) и модели Flexbox (навигационная панель).

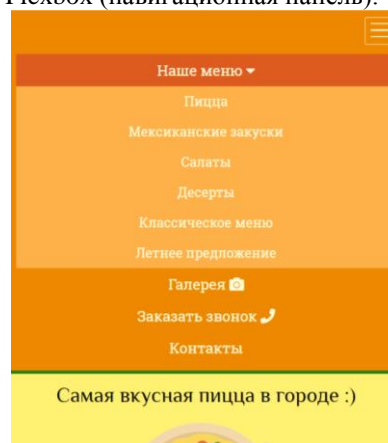


Рис. 1. Меню сайта для портативных устройств



Рис. 2. Пример верстки с использованием адаптивной сетки и Flexbox

### Другие аспекты верстки для мобильных устройств

В процессе разработки дизайна может возникнуть ряд важных вопросов, не касающихся инструментов непосредственно программной разработки. Например, диапазон поддерживаемых экранов. Один из самых маленьких экранов смартфонов имеет iPhone 3GS. Параметры его экрана всего лишь 320x480 пикселей, но в настоящий момент средней минимальной шириной экрана смартфона можно считать 480 пикселей [6]. Также существуют стандартные размеры экранов, от которых нужно отталкиваться во время разработки адаптивного дизайна [6].

При разработке веб-приложений для мобильных устройств важно учитывать низкую скорость доступа к сети Интернет, что накладывает дополнительные ограничения. Например, многие разработчики используют специальные веб-шрифты, которые загружаются на устройство вместе с сайтом [7], тем самым замедляя загрузку. Поэтому, стоит указывать в стилях веб-страницы несколько шрифтов с обязательным указанием системного.

Еще одним немаловажным аспектом является тестирование адаптивного дизайна на физических устройствах. Смартфоны с одинаковым размером экрана могут иметь разное разрешение, вследствие чего один и тот же дизайн будет выглядеть на них по-разному, а тестирования на эмуляторе мобильных устройств будет недостаточно.

Последним аспектом является учет ориентации устройств. Хорошим тоном считается поддержка как горизонтальной, так и вертикальной ориентации, т.к. соотношение сторон при повороте устройства может значительно изменяться.

### Заключение

В результате разработки шаблона сайта для предприятия общественного питания использовались такие методы адаптивной верстки, как адаптивная четырехколоночная сетка, модель веб-макета Flexbox, а также медиа-запросы для изменения дизайна сайта в зависимости от размеров экрана. Эти инструменты позволили увеличить адаптивность сайта, а, следовательно, и охват клиентской аудитории.

### Список использованных источников

1. Интернет-пользователей, заходящих с настольных компьютеров, стало меньше, чем мобильных /Хабр [Электронный ресурс]: [официальный сайт] ТМ, 2006-2018. Режим доступа: <https://habr.com/post/314188/> свободный. – Загл. с экрана (дата обращения: 13.11.2018).
2. Мобильная версия сайта или адаптивный дизайн? /Хабр [Электронный ресурс]: [официальный сайт] ТМ, 2006-2018. Режим доступа: <https://habr.com/post/239441/> свободный. – Загл. с экрана (дата обращения: 27.09.2018).
3. Цифры: сайты каких российских компаний адаптивные – Блог ADN Digital Studio [Электронный ресурс]: [официальный сайт] ADN, 2015-2018. Режим доступа: <https://blog.adn.agency/tsifry-sajty-kakih-rossijskih-kompanij-adaptivnye/> свободный. – Загл. с экрана (дата обращения: 27.09.2018).
4. Густафон А. Адаптивный веб-дизайн / А. Густафон. – Москва, 2011. – 144 с.
5. Маркотт И. Отзывчивый веб-дизайн / И. Маркотт. – Москва, 2012. – 176 с.
6. Популярные разрешения мобильных устройств [Электронный ресурс]: [официальный сайт] FORTRESS-DESIGN, 2006-2018. Режим доступа: <https://fortress-design.com/razresheniya-mobilnyh-ustrojstv> свободный – Загл. с экрана (дата обращения: 18.11.2018).
7. Google Fonts [Электронный ресурс]: [официальный сайт] Google, Inc., 1999-2018. Режим доступа: <https://fonts.google.com/> – Загл. с экрана (дата обращения: 27.09.2018).
8. 9 основных принципов отзывчивого веб-дизайна /Хабр [Электронный ресурс]: [официальный сайт] ТМ, 2006-2018. Режим доступа: <https://habr.com/post/243247/> свободный. – Загл. с экрана (дата обращения: 27.09.2018).

# ХУДОЖЕСТВЕННЫЙ МЕТОД ФОРМООБРАЗОВАНИЕ В ПРОЕКТИРОВАНИИ ОСТАНОВОЧНОГО ПАВИЛЬОНА

Е.М. Давыдова, В.В. Юриков  
Томский политехнический университет  
vvy8@tpu.ru

## Введение

Остановочный павильон является одним из важнейших объектов благоустроенной городской среды, который служит защитой от ветра, снега и дождя для ожидающих транспорта горожан. Для наиболее гармоничного внедрения в городскую среду, внешний облик павильона должен соответствовать стилистике окружающих архитектурных сооружений. Но рассматривая образы многих городов России, редко можно наблюдать стилистическое соответствие остановочных павильонов и окружающей архитектурной среды. Актуальность данной проблемы обусловлена потребностью человека, связанной с эстетикой восприятия среды обитания.

Целью проекта является создание концепции остановочного павильона, который расположен в исторической части города Томска. Для достижения цели необходимо решить следующие задачи:

- провести обзор методов формообразования;
- выполнить стилистический анализ архитектурных сооружений исторической части города Томска;
- выполнить эскизы остановочного павильона на основе стилистического анализа.

## Обзор методов формообразования

Основой проектирования в промышленном дизайне является формообразование и композиция. Формообразование является процессом создания формы какого-либо объекта в соответствии с требованиями, имеющими отношение к эстетической выразительности будущего объекта, его функциональности и конструктивным особенностям. Методы формообразования разделяются на две группы: художественные (стилистические) и инженерные (технологические, функциональные).

Художественный метод формообразования основан на индивидуальном творческом процессе и художественных методах проектирования, которые были выработаны в процессе развития и становления искусства. Основным инструментом художественного метода формообразования является стилизация, которая подразумевает следующее:

- сознательное использование дизайнером элементов того или иного стилистического направления при проектировании объекта;
- прямой перенос наиболее характерных визуальных признаков культурного образца на проектируемый объект;

- создание подчеркнуто декоративной формы объекта дизайна путем подражания внешним признакам формы природных или созданных человеком объектов.

Инженерный метод формообразования решает проблему формирования конструкции объекта с точки зрения инженерных и технических особенностей и возможности производства проектируемого объекта. Форма продукта определяется технической функцией, параметрами структурных единиц и в основном осуществляется на основе профессиональных (инженерных и конструктивных) знаний и практического опыта взаимодействия с аналогичными объектами. Вопросы эстетической выразительности объекта имеют второстепенное значение и решаются чисто формальными средствами [1].

В процессе создания концепции остановочного павильона был применен метод художественного формообразования, поскольку он соответствует цели проекта т.е. способствует созданию определенного образа, соответствующего стилистике исторической части города Томска.

## Создание концепции остановочного павильона

Прежде чем приступить к созданию концепции остановочного павильона, необходимо провести стилистический анализ архитектурной среды, в которой он находится, а также определить критерии, которым он должен соответствовать. В качестве анализируемых объектов были выбраны: здание Томского областного краеведческого музея (1886 год) и Администрация города Томска (1900 год).

Здание Томского областного краеведческого музея выполнено в стиле ампира (поздний классицизм), об этом свидетельствует наличие таких черт как: применение ордерной системы, преобладание прямолинейных очертаний, массивных геометрических объемов (рис. 1)



Рис. 1. Областной краеведческий музей

Здание Администрации города Томска выполнено в стиле эклектика [2]. Само понятие эклектика означает смешение, соединение разнородных архитектурных стилей. Основой формообразования здания Администрации города Томска послужило

смешение таких стилей как неоренессанс и необарокко. Характерными элементами данных направлений являются купола, фронтоны, балюстрады (рис. 2).



Рис. 2. Администрация города Томска

Анализируя данные архитектурные сооружения, можно сказать, что они контрастны, как по форме, так и по цветовому решению. Данные условия задают определенные сложности в работе над созданием художественного образа. Здание краеведческого музея выглядит строгим и сдержанным, цветовая гамма приглушенная. Здание Администрации города Томска выглядит прямо противоположно: оно отличается наличием куполов, обилием декоративных элементов. Так же на восприятие формы этого здания влияет контрастное цветовое решение, которое достигается за счет комбинации красного кирпича с желтым песчаником [3].

Для дальнейшего проектирования остановочного павильона, были сформулированы критерии, которым он должен соответствовать:

- Наличие навеса. Исходя из климатических условий города Томска остановочный павильон должен быть оснащен навесом, который защищает ожидающих людей от атмосферных осадков.
- Наличие мест для сидения [4].
- Наличие информационного табло с расписанием автобусов.
- Стилистическое соответствие павильона окружающей архитектурной среде.

На основе полученных данных был выполнен первый этап работы - эскизные зарисовки остановочных павильонов, которые объединили в себе элементы обоих архитектурных стилей (рис. 3).

Из четырех эскизных вариантов был выбран вариант 3, поскольку он соответствует всем четырем критериям. Вариант, который был выбран как итоговый имеет места для сидения, имеет поверхности, на которых в дальнейшем возможно размещение информационного табло, имеет одну прозрачную стенку, которая открывает обзор на движущийся транспорт, гармонично вписывается в окружающую среду.

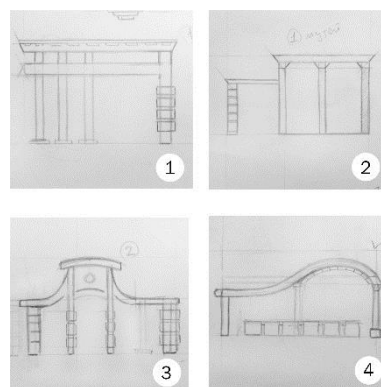


Рис. 3. Эскизы

Гармония достигается за счет того, что форма остановочного павильона объединяет в себе элементы, заимствованные у обоих стилей: круглые колонны, угловой руст, арки, пилястры.

Для более наглядного представления объемной формы была создана трехмерная модель посредством программы для 3D – моделирования (рис. 4).

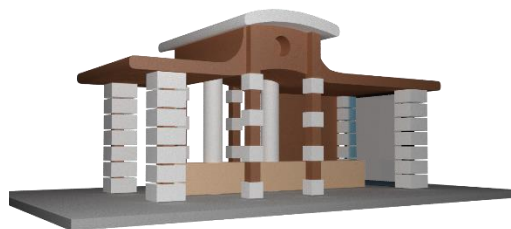


Рис. 4. Трехмерная модель на основе эскиза

## Заключение

В ходе работы над данным проектом была создана концепция остановочного павильона на основе художественного метода формообразования. Концепция, созданная в рамках данной работы, отвечает поставленной цели и выдвинутым критериям. Образ павильона соответствует облику окружающей архитектурной среды, имеет навес, места для сидения и информационное табло.

## Список использованных источников

1. Кухта М.С. Промышленный дизайн: учебник / Куманин В.И., Соколова М.Л., Гольдшмидт М.Г. под ред. Голубятникова И.В., Кухты М.С. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 312 с.
2. Улицы старого Томска [Электронный ресурс]. – режим доступа: <http://oldtomsk.narod.ru/arch.htm> 19.11.2018.
3. Романова Л.С. Творчество архитектора Константина Лыгина в Томске. – Томск: Д-Принт, 2004. – 193 с.
4. ОСТ 218.1.002-2003. Автобусные остановки на автомобильных дорогах. Общие технические требования. – Введен впервые; введ. 30.06.2003. – М.: Минтр РФ, 2003. – 21.

# ГРАФИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОНЛАЙН-СЕРВИСОВ DESMOS И GEOGEBRA ПРИ РЕШЕНИИ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

У.О. Сухова  
Р.М. Нигматулин

Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет  
ravil@cspu.ru

## Введение

В настоящее время информационные технологии активно используются при решении математических задач. Изначально компьютер был использован, как правило, для того, чтобы быстро проводить громоздкие вычисления. В настоящее время применение ИКТ направлено на визуализацию данных и упрощение работы с ними. Средства ИКТ помогают преодолевать многие трудности, возникающие в процессе решения задач за счет наглядности, которая очень важна в учебной деятельности [3, 4]. Использование графики, мультипликации, мультимедиа, интерактивной доски и др. дает возможность качественно продемонстрировать изменения и зависимости величин, используя числовую ось, координатную плоскость, графики функций и геометрические иллюстрации. Именно поэтому важно знать все особенности использования графических возможностей используемых программных продуктов.

В настоящее время популярными являются динамические математические среды Desmos и Geogebra (Graphing Calculator), позволяющие их использование не только на стационарных компьютерах, но и планшетах, смартфонах [1, 2]. Широкое использование этих программных продуктов объясняется их бесплатностью, естественным математическим языком и разнообразным инструментарием для решения математических задач. Наша цель – выявить графические возможности этих сред при решении математических задач.

GeoGebra является динамической математической средой, включающей в себя огромное число функций и инструментов для решения задач геометрии, алгебры и математического анализа [1]. С ее помощью можно изображать точки, векторы, отрезки, прямые, многоугольники на плоскости, тела и многогранники в пространстве. GeoGebra (Graphing Calculator) позволяет наглядно демонстрировать взаимное расположение графиков функций, исследовать их преобразования в зависимости от различных параметров.

Desmos – в первую очередь это графический калькулятор, представленный в виде приложения для браузера и мобильного приложения. Он позволяет просто и удобно строить и изучать различные графики функций и кривые на плоскости.

В связи с широким использованием динамических графических сред при решении математических задач в различных источниках [3, 4] обращается внимание на то, что компьютерные технологии являются всего лишь инструментом, и при неправильном использовании, они могут негативно

повлиять на процесс решения, привести к искаженному восприятию.

Учитывая мощные возможности работы как Desmos так и Geogebra (Graphing Calculator) при построении графиков функций и графиков уравнений может создаваться впечатление, что выдаваемое ими изображение является безоговорочно правильным при решении любой математической задачи. Однако это не так.

Рассмотрим несколько примеров построения графиков уравнений в Desmos (в Geogebra (Graphing Calculator) получаются аналогичные изображения и мы не будем их дублировать), укажем замеченные нами ошибки или неточности в изображении графиков и уравнений.

**Пример 1.** Найдите площадь фигуры, состоящей из точек  $(x, y)$  координатной плоскости, удовлетворяющих уравнению

$$|x| + |x + 3y| + 3|y - 2| = 6.$$

Для построения точек этого уравнения рассмотрим три прямые:

$$x = 0, x + 3y = 0, y - 2 = 0.$$

Они делят плоскость на 7 частей. В каждой части, раскрывая модули, строим часть графика.

График этого уравнения вырождается в часть плоскости, ограниченную тремя данными прямыми (см. рис. 1).

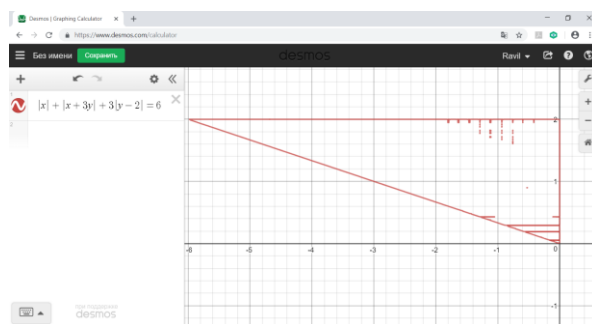


Рис. 1. Изображение в Desmos для примера 1.

Можно заметить, что Desmos не делает заливку области, вместо этого возникают точечные элементы внутри полученной фигуры на плоскости. Возникает вопрос: «Точки, лежащие внутри треугольника, удовлетворяют данному уравнению или нет?» Ни Desmos ни Geogebra (Graphing Calculator) не выполняют правильного построения множества точек, удовлетворяющих такому уравнению. При этом оба приложения не предупреждают пользователя о возможных неточностях в решении.

**Пример 2.** Изобразите на плоскости множество точек, удовлетворяющих условию



$$y \geq \frac{x^2}{x^2 - 1} \cdot \left| \frac{x^2 - 1}{x} \right|$$

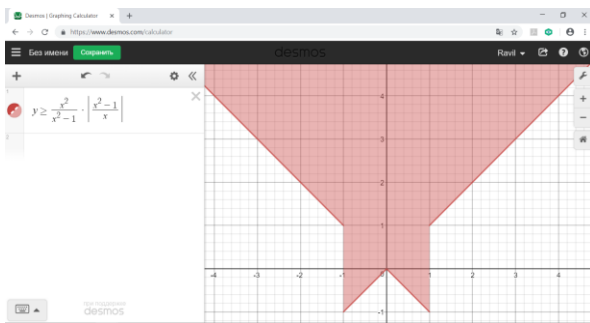


Рис. 2. Изображение в Desmos для примера 2.

Очевидно, что алгоритмы построения Desmos и Geogebra (Graphing Calculator) не справляются с решением этой задачи. Оказываются не выколотыми прямые  $x = 0$ ,  $x = -1$ ,  $x = 1$  (см. рис. 2).

**Пример 3.** Изобразите на координатной плоскости множество точек, удовлетворяющих уравнению

$$2|x + y| - |x + 2y| = x.$$

Изображение, полученное в Desmos, представлено на рис. 3.

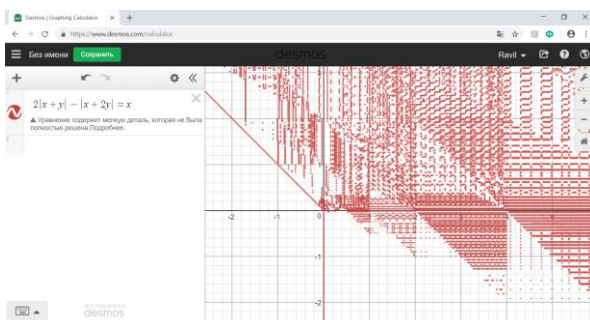


Рис. 3. Изображение в Desmos для примера 3.

В этом примере обнаруживается единственное в Desmos предупреждение о возможных проблемах при построении линий (см. рис. 3). По крайней мере, в вырожденных случаях иногда Desmos может обнаруживать некоторые трудности в отличие от Geogebra (Graphing Calculator).

### Выводы

Учитывая все достоинства использования ИКТ, нужно помнить об ограниченности возможностей программных продуктов именно при решении математических задач. Выявление таких ограничений направлено не на создание негативного фона для применения программных продуктов, оно имеет большой образовательный потенциал, а также способствует совершенствованию алгоритмов и приложений.

На основе выявленных нами особенностей при решении задач на построение графиков и линий на плоскости мы можем сформулировать следующие рекомендации, которые позволят избежать ошибок при построении в Desmos и в Geogebra (Graphing Calculator):

1) при построении графиков функций, графиков уравнений и неравенств строить вместе с искомым множеством точек, множество «запрещенных» точек или линий (не входящих в область допустимых значений). Сравнивать эти два множества на наличие общих точек и отбрасывать (выкалывать) соответствующие точки (или линии).

2) если на изображении искомого множества точек обнаруживаются «неестественные» точечные объекты в некоторой области, то пользователю требуется дополнительная проверка средствами отличными от Desmos и Geogebra (Graphing Calculator).

### Список использованных источников

1. Есаян А.Р. Динамическая математическая образовательная среда GeoGebra: Учеб. пособие / А.Р. Есаян, Н.М. Добровольский, Е.А. Седова, А. В. Якушин. – Тула: Изд-во Тул. гос. пед. ун-та им. Л. Н. Толстого, 2017. – Ч. I. – 417 с.

2. Нигматулин Р.М. Выполнение учебных проектов бакалаврами с использованием GeoGebra 3D при изучении профильных математических дисциплин / Р.М. Нигматулин, М.Ю. Вагина, Е.О. Шумакова // Информатизация непрерывного образования – 2018: материалы Международной научной конференции. Москва, 14–17 октября 2018 г. – М.: РУДН, 2018. – Т. 2. – С. 351–355.

3. Севостьянова С.А. Применение информационных технологий в организации проектной деятельности со студентами как фактор повышения качества профильной математической подготовки [Электронный ресурс] / С.А. Севостьянова, Р.М. Нигматулин, Е.В. Мартынова // CONTINUUM. Математика. Информатика. Образование. – 2018. – № 4. – URL: <http://pmi.elsu.ru/journal.php> (дата обращения 01.10.2018).

4. Ярошевич В.И. Особенности использования информационных технологий в обучении решению математических задач / В.И. Ярошевич, А.М. Сафуанова, И.С. Сафуанов // Вестник РУДН. Сер. Информатизация образования. – 2018. – № 2. – С.221–228.

# ЗНАЧЕНИЕ АРХЕТИПОВ В РАЗРАБОТКЕ ПРОЕКТОВ ПО ГРАФИЧЕСКОМУ ДИЗАЙНУ

А.В. Маркова

Научный руководитель: Н.А. Лукьянова  
Томский политехнический университет  
avm83@tpu.ru

## Введение

Правильное воздействие на восприятие человека в графическом дизайне является одной из наиболее важных составляющих полноценного продукта. Образ, заложенный в дизайн-проекте, отвечает за коммуникацию между дизайнером и аудиторией, именно поэтому высокую степень в разработке проекта занимает понимание потребительских запросов и восприятие аудитории, на которую нацелен конечный продукт дизайна.

Актуальным методом в графическом дизайн-проектировании является метод архетипов, благодаря которому происходит установление психоэмоциональной корреляции аудитории с продуктом, а, следовательно, достижение конечной цели – закрепление продукта на рынке.

На сегодняшний день существуют различные исследования о роли и применении архетипов в рекламе и дизайне. Наиболее развернутой по данной теме является работа «Герой и бунтарь» М. Марка и К. Пирсона [1], в которой изложен анализ конкретных брендов и отражена взаимосвязь архетипов с визуальными образами и восприятием.

## Архетипы в графическом дизайне

Теория архетипов знакома современному человеку благодаря исследованиям швейцарского психиатра К.Г. Юнга в начале XX века. Согласно его теории, все архетипы произрастают из понятия «коллективного бессознательного», которое характеризуется как «духовное наследие всего, что было пережито человечеством», «характерные типичные свойства большой группы людей». Архетипом же (от греч. *arche* – начало, *typos* – образ) является обозначение изначальных первобытных образов, универсальных символов и мотивов, которые существуют в коллективном бессознательном и проявляются в сновидении каждого из нас [2]. Также понятие архетипов связано с мифологическими образами.

На сегодняшний день выделяют 12 архетипов, которые максимально применимы в области дизайна, рекламы, маркетинга, – Творец, Ребенок, Мыслитель, Искатель, Бунтарь, Маг, Герой, Любвник, Шут, Славный мальчик, Заботливый, Правитель [1]. Каждый из этих архетипов обладает своим характером, образом, который возникает в голове, когда человек слышит имя архетипа. Например, Творца можно охарактеризовать как стремящегося к самовыражению, к желанию выделиться, Правитель устанавливает свои правила игры, создает ореол статуса, власти, Маг обладает высоким уровнем

интеллигентности, ума и одновременно загадочности, а Бунтарь нарушает созданные правила и идет вразрез с канонами и ограничениями. Безусловно, каждый архетип имеет несколько сторон и характеристик, как позитивные, так и негативные. Основываясь на этом принципе, использование архетипов в различных каналах передачи информации позволяет создавать удачные образы для достижения необходимых целей. Таким примером может служить образ какой-либо медийной личности, литературного персонажа, героя компьютерной игры и т.д.

В дизайне, маркетинге и рекламе данный метод используется с начала 2000-х годов, именно в этот период была пересмотрена стратегия и принципы взаимодействия с аудиторией, направленные по своему существу больше на бессознательное восприятие продукта [3].

Применение архетипов в сфере графического дизайна, используется для достижения сразу нескольких целей. Во-первых, это создание определенной истории продукта, которая вводит потребителя в состояние сопереживания и эмпатии. Образы, созданные на основе какого-либо архетипа, затрагивают подсознательные раздражители и вызывают определенные ассоциации и ощущения. Во-вторых, выбирая архетип будущего продукта, дизайнер также выбирает или опирается на целевую аудиторию. Например, создавая рекламу детского питания дизайнер вероятно вложит архетип Ребенка, который характеризуется бесхитростным отношением к новому, к жизни в целом, гибким характером и некоторой задорностью. Ко всему прочему, применение этого метода решает проблему быстрого, мгновенного восприятия, поскольку из-за большого потока информации, поступающей в сознание человека, появляется своего рода снижение восприимчивости.

Проявление архетипа в графическом дизайне можно отследить по таким параметрам, как цветовая гамма, подбор шрифтовых групп, расположение элементов, формы, образы, сопутствующие слоганы.

Следует отметить, что архетипы сами по себе воспринимаются как система классификации и, как и многие из них, обладает определенными границами и алгоритмом. Однако, метод архетипов – инструмент, который не следует помещать в рамки. Особенность данного метода кроется в гибкости и комбинировании, следовательно, продукт, к которому применяется данный метод, обладает чертами сразу нескольких архетипов, но ведущим и явным аудиторией будет только один из этого числа [4].

### Анализ графических работ

Для обоснования теоретической базы о роли архетипов в разработке проектов по графическому дизайну следует прибегнуть к анализу конкретных графических работ.

На рисунке 1 представлена упаковка известного десерта «Киндер Шоколад», в котором наиболее очевиден заложенный архетип.



Рис. 1. Упаковка «Киндер Шоколад»

Первое, на что потребитель обратит внимание, разглядывая данную упаковку, фотореалистичный рисунок мальчика. Исходя из этих малочисленных данных, можно сразу же вычислить архетип, заложенный в данном проекте, - Ребенок. Анализируя дальше, обращаем внимание на цвета — яркие красные оттенки можно трактовать как активность и динамику архетипа Ребенка, голубые оттенки возвращают в детство, ассоциируются с нежностью, небом, а белый цвет отражает такую черту, как невинность. Формы графических элементов плавные, образ капли в нижней части упаковки усиливает архетип Ребенка, показывая некоторую неаккуратность, задорность и беспечность этого архетипа. Образы стакана молока, цветка и ломтика шоколада вызывают ощущение детства и сейчас. В шрифтовых группах используются простые гротески, буквы стоят плотно друг к другу. Подобные шрифты можно встретить в детских книжках, что также усиливает образ Ребенка. На основе этого можно сделать вывод, что отсутствие фотореалистичного рисунка мальчика не помешало бы определить архетип, который был заложен дизайнером. Дополнительным архетипом в данном случае может являться архетип Творца, поскольку сама форма упаковки для шоколада не бумажная с фольгой, как привык видеть потребитель, а картонная и шоколад поделен на порции в индивидуальной обертке. Также стоит обратить внимание, что продукт в конечном своем виде находит свою основную аудиторию потребителей — дети.

На рисунке 2 изображен сайт «Страховка.ру», на котором представлены и отсортированы по ценам программы страхования от различных страховых компаний.



Рис. 2. Логотип «Страховка.ру»

Логотип был разработан известной российской дизайн-студией Артемия Лебедева. Основные компоненты для анализа — цвет, формы, шрифтовые группы, композиция. Первое, привлекающее взгляд, — яркий зеленый цвет подушки, на которой размещается буква заглавная буква «С». Зеленый цвет принято трактовать как цвет жизни, спокойствия, умиротворения. Далее читается форма. Подушка вызывает ассоциации с отдыхом, мягкостью. Далее шрифты — округлые, гротескные. Шрифтовая группа в верхней части защищает основную композицию. Композиция симметрична, создает образ стабильности и правильности. На данном этапе можно определить архетип — Заботливый. Заботливый создает ощущение защищенности, щедрости, сострадания. Заботливые бренды направлены на получение доверия и лояльности от аудитории. Такой продукт

### Выводы

Таким образом, применение архетипов в дизайн-проектах является одним из актуальных методов для установления коммуникации с целевой аудиторией и создания визуального образа. Данный метод используется как с конкретной целью его применения, так и бессознательно, но в большинстве случаев в работах по графическому дизайну тенденции использования архетипов отслеживаемы.

### Список использованных источников

1. Марк М. Герой и бунтарь // М. Марк, К. Пирсон — СПб: Питер, 2005. — 336 с.;
2. Юнг К.Г. Структура психики и архетипы // пер. Т.А. Ребеко - М: Академический проспект, 2015. — С. 15-74;
3. Теория архетипов применительно к дизайну упаковки товара: часть 1 [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://www.designf.ru/inform/view/teoriya-arhetipov-primenitelno-k-dizajnu-upakovki-tovara-chast-1> (дата обращения 20.10.2018);
4. Метод архетипов в брендинге [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://www.cossa.ru/234/21626/> (дата обращения 20.10.2018).

# ЗНАКОВАЯ СИСТЕМА КАК НЕОТЪЕМЛЕМАЯ ЧАСТЬ ДИЗАЙНА

О.В. Долгалева, Е.В. Вехтер  
Научный руководитель: Е.В. Вехтер  
Томский политехнический университет  
Olga1@tpu.ru

## Актуальность работы

Жизнь современного человека перенасыщена информацией, которая его окружает, человек получает такое количество информации, что не успевает ее переработать и просто забывает об этом и больше не вспоминает. Когда идет перенасыщение информацией у человека случается «информационная перегрузка» [1], то состояние когда человеку трудно понимать и принимать решения. В таком случае он абстрагируется и ничего не воспринимает. Решением данной проблемы может стать упрощение поступающей визуальной информации с помощью знаковой системы.

Поэтому целью нашей работы являлось исследование возможностей знаковой системы при проектировании объектов в промышленном дизайне.

Исходя из поставленной цели сформулированы следующие задачи:

-описать роль знаковой коммуникации в дизайне;

-выявить коммуникативную роль знаковой системы в промышленном дизайне.

В данной статье понятие «Дизайн» понимается как эстетическая организованность формы проектируемого объекта[2].

## Роль знаковой системы

Знаки играют немало важную роль в развитии и формировании человеческого сознания. «Человеческая цивилизация невозможна без знаков и знаковых систем, человеческий разум неотделим от функционирования знаков — а возможно, и вообще интеллект следует отождествить именно с функционированием знаков» (Ч. У. Моррис) [3]. Применяя знаковую систему и знаки, человек привлекает, перерабатывает и хранит информацию об объектах которые его окружают, оперируя не самими предметами, а их знаками, создает знаковые модели действительности, выявляет свойства и отношения между такими объектами, а также производит основную часть мыслительных операций [4]. В таком виде, мыслительная деятельность человека, в большей или меньшей степени развитых формах, неотделима от использования знаков того или иного рода. Совокупности знаков и знаковых систем составляют ту материальную форму, в которой осуществляется хранение (иногда весьма длительное) различного рода информации, приобретенной людьми [5].

Одна из сфер деятельности промышленного дизайнера - создание интуитивно понятного объекта. В современном мире дизайн является инструментом управления сознания и формирования пользовательского опыта и модных потребительских тенденций. В зависимости от целей и задач, стоящих

перед дизайнером, можно, использовать семиотический подход, добиться высоких результатов при разработке объектов.

В современном промышленном дизайне существует проблема перенасыщения функциями одного объекта, от этого в большинстве случаев он становится не понятным пользователю, а соответственно не интересным. «Хороший дизайн - это как можно меньше дизайна» - одна из самых известных фраз Дитера Рамса, известного немецкого промышленного дизайнера [6]. Так же существует проблема не понимания предназначения объекта, из за этого потребитель попадает в неловкую ситуацию, которую старается избежать – просто не использовать данный предмет. Человек для понимания объекта использует свой пользовательский опыт, а данный опыт он приобретает в течение жизни при помощи все той же знаковой системы и ее составляющих. Под знаковой системой в данном исследовании подразумевается набор знаков.

## Коммуникативный дизайн

Как происходит понимание, что за объект находится перед человеком? Прежде всего, потребитель обращает внимание на объект в совокупности (в целом), далее вдается в детали и с помощью выявления каких либо знаков, старается понять какое действие следует совершить далее с этим объектом. Рассмотрим пример: перед вами находится два объекта одинакового внешнего вида (Рисунок 1а и б), но функцию которую они выполняют разная, дизайн объекта одинаков в обоих случаях, а понимания что это за объект нет.



Рис. 1а.



Рис. 1б.

Дизайн не выполнил часть своих функций, он не донес той информации которую должен был, а следовательно он не является коммуникативным дизайном.

Добавив в разработку дизайна этого объекта простейший знак «язык» т.е. слова, буквенную составляющую, становится понятна функция пред-

ставленного объекта (Рис. 2 а и б), и в данном случае дизайн становится коммуникативным, так как он несет информацию о своей функции.

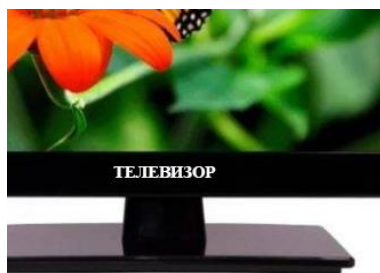


Рис. 2 а.



Рис. 2 б.

Значительную часть функциональной сферы дизайна, где проектируются объекты, предназначенные главным образом для передачи сообщений, далее будет называться коммуникативным дизайном [7]. Можно отметить, что коммуникация - это процесс передачи информации от отправителя получателю через дизайн объекта. Следовательно, дизайнер общается с помощью коммуникативного дизайна с потребителем, но дизайн может являться коммуникативным в том случае если в нем присутствует некая знаковая система (Рис. 3.), при ее отсутствии дизайн перестает быть коммуникативным, следовательно, дизайнер не взаимодействует с потребителем. Потребителю не нужен объект с непонятным дизайном, интуитивно непонятный и не основан на его пользовательском опыте. В этом случае дизайнер остается наедине с предметом своего дизайна, соответственно такое изделие не является конкурентоспособным.

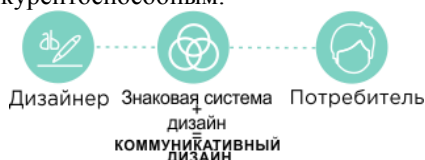


Рис. 3. Цепочка связи дизайнера и потребителя

**Вывод:** Дизайн является коммуникативным в том случае, если в нем содержится знаковая система, которая позволяет потребителю облегчить

восприятие объекта. Связь между дизайнером и потребителем будет выполнена в том случае, если дизайн донесет до потребителя нужную информацию. Данная тема является актуальной на сегодняшний день в сфере дизайна и требует дальнейшего глубокого изучения.

#### Список использованных источников

- 1 Википедия [Электронный ресурс]/ Термин «информационная перегрузка» - URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki> (дата обращения 16.11.2018)
2. Алексей Полеухин Развитие коммуникативного дизайна [Электронный ресурс]- URL:<https://gonzo-design.ru/education/articles/development> (дата обращения 16.11.2018)
3. А. Г. Шейкин. Г. Б. Гутнер. В. Нёт. В. С. Бернштейн. А. Н. Симонов. Знак [Электронный ресурс]/ Знак — это абстрактный или материальный объект - URL: <https://gtmarket.ru/concepts/7038> (дата обращения 16.11.2018)
4. А. Б. Соломоник. Функции знаков, знаковых систем и семиотической реальности [Электронный ресурс]/Научная статья- URL: <http://mic.org.ru/new/233-funktsii-znakov-znakovykh-sistem-i-semioticheskoy-realnosti> (дата обращения 16.11.2018)
5. Развитие коммуникативного дизайна// текст научной работы//автор: А. А. Полеухин - URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/razvitie-kommunikativnogo-dizayna> (дата обращения 17.11.2018)
6. «Хороший дизайн – это как можно меньше дизайна»: 10 принципов хорошего дизайна Дитера Рамса [Электронный ресурс]/ 10 принципов хорошего дизайн - URL: <https://te-st.ru/2014/01/28/good-design/> (дата обращения 16.11.2018).
7. Соломоник А.// Философия знаковых систем и язык. Москва, изд-во ЛКИ, 2010, с. 244-250.
8. Автор: А. Д. Еляков. Информационная перегрузка или «напиться из пожарного шланга» [Электронный ресурс]/ Дефицит и избыток информации- URL:<https://pycode.ru/2014/12/informatsionnaya-peregruzka-ili-napitsya-iz-pozharnogo-shlanga/> (дата обращения 16.11.2018)
9. Соломоник А. Философия знаковых систем и язык. Москва, изд-во ЛКИ, 2010, с. 244-250.
10. Фоли Д. Энциклопедия знаков и символов / Д. Фоли. М.: Вече, 1998.-509 с.11. Флоренский П.А. Письма Флоренского А.В. Ветухову / П.А. Флоренский // Вопросы философии. 1995. - № 11. - С. 67-89.

# ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА ПАРАМЕТРОВ ПРЕДПРОЕКТНОГО АНАЛИЗА

Е.А. Бугаева

В.А. Серяков

Томский политехнический университет

kate.bugaeva96@gmail.com

## Введение

Предпроектный анализ - начальный этап процесса дизайн-проектирования. Именно на этом этапе происходит знакомство с ситуацией, выявление основных параметров и свойств будущего объекта, изучение соответствующей литературы, аналогов, формулирование проблем, задач, формирование концепции. Так как, изучая проектную ситуацию, дизайнер сталкивается с большим объемом информации, возникает потребность, связанная с обработкой и анализом данных. Существует большое количество методов, позволяющих работать с данными, ускорять процесс дизайн-проектирования. Однако, есть проблема, связанная с выявлением и структурированием основных параметров объекта на стадии предпроектного анализа.

## Основные параметры объекта и формирующие их критерии на стадии предпроектного анализа.

Любой объект – это, прежде всего, материальный носитель *функции*. Функция первична и является наиболее важным свойством утилитарного объекта. Выполнение требуемой функции — главная цель и основа разработки объекта. Потребителю нужны, в первую очередь, не вещи, их морфологическое воплощение, а их свойства, содержательность.

Рассматривая изделие как сложную систему, можно анализировать его функции на всех уровнях: от функции общей системы до функции подсистем и элементов (подфункции)[1]. Далее должен проводиться попеременный поиск средств для их реализации.

Выделение подфункций приводит к образованию **структуры объекта**. Основная структура может быть выражена структурными схемами, чертежами. Отдельно рассматривается количественно определенная структура, отражающая состав и относительное расположение основных элементов. Она может быть представлена условными принципиальными схемами или условными обозначениями элементов.

Согласно модели процесса проектирования по Рунге (рис. 1), следующим этапом после определения функции и структуры объекта является поиск формы. Необходимо понимать, что влияет на свойства, структуру, качество формы. Несмотря на то, что художественный аспект нельзя измерить, он всё же поддается оценке, которую можно объективировать в определенной степени. Принципы формообразования и композиции не устанавливаются произвольно. В дизайне данные принципы связаны

с рядом объективных характеристик объекта, в том числе, с его назначением, функциями, конструкцией, материалом, технологией изготовления. Задача дизайнера соединить в гармоничной форме и целостной структуре все необходимые свойства проектируемого продукта. Для этого нужно изучить различные потребительские и технические аспекты вещи. Для выявления формы используются следующие критерии: анализ образного решения, функциональности, структуры, технологичности, композиционной целостности, стиля.



Рис. 1. Модель проектирования по Рунге

Опираясь на данные критерии, возникает необходимость в выделении этапов, в процессе которых происходит анализ таких параметров, как эргономика и технологичность. Образное решение и стиль в данном случае не выделяются в отдельные этапы, так как создаваемая модель рассматривает начальный этап проектирования, не предполагающий проработку концептуального решения, но подводящий к нему.

Большую помощь в процессе проектного поиска оказывает дизайнеру эргономика. На основе эргономических знаний дизайнер строит самографические модели, благодаря которым удается визуализировать процесс эксплуатации проектируемого изделия человеком, определяя необходимые пространственные параметры для этого процесса, его наиболее напряженные участки и т.д. Особое значение имеет эргономический анализ трудовой деятельности, в ходе которого составляется ее характеристика – профессиограмма. Показатели эргономического качества оборудования классифицируются по соответствию *антропометрическим, биомеханическим, психофизиологическим и психологическим* свойствам человека. При эргономической оценке промышленных изделий используются определенные схемы такой оценки. Наиболее удачной является схема под названием «Эргономические контрольные карты». Она утверждена II

международным конгрессом по эргономике (ФРГ, 1964 г.)

Свойством, определяющим качество изделия, является *технологичность* конструкции, которая характеризует приспособленность конструкции к достижению оптимальных затрат ресурсов в производстве и эксплуатации. Технологическая рациональность конструкции изделия – совокупность ее свойств, выражающих уровень соответствия принятых технологических решений условиям производства, эксплуатации, ремонта. Она характеризует возможность изготовления продукции из имеющихся в распоряжении производителя и потребителя трудовых, материальных и др. ресурсов. Технологичность конструкции определяется следующими критериями: 1. Схемы устройства изделия в целом. 2. Состав и взаимное расположение сборочных единиц и деталей. 3. Формы, размеры и расположение поверхности деталей и соединений, их состояние. 4. Применяемые материалы.

### Создание функциональной схемы

Для создания функциональной схемы необходимо обратиться к одному из способов визуального представления данных. Разрабатываемая схема предполагает системный подход, т.е. рассматривает совокупность взаимосвязанных элементов, имеющих связь с внешней средой.

Примером данного подхода служит одна из стратегий дизайн-проектирования системотехника (рис. 2). Цель данной стратегии - добиться внутренней совместимости между элементами системы и внешней совместимости между системой и окружающей средой. Для реализации данной стратегии необходимо найти входы и выходы системы, определить систему функций, при помощи которых входы можно преобразовать в выходы.

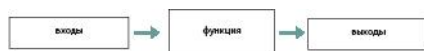


Рис. 2. Стратегия системотехники

Способ представления данных этой стратегии удобно применить для разрабатываемой функциональной схемы, которая в дальнейшем будет проверена экспериментальным путем. (рис.3). Однако, в данном случае центральный блок определяется в первую очередь, так как представляет собой анализ параметров, определенных изначально. Далее

входные данные – критерии, определяющие центральные параметры, и затем ищутся выходы, т.е. параметры, полученные в ходе анализа и используемые при дальнейшем проектировании.

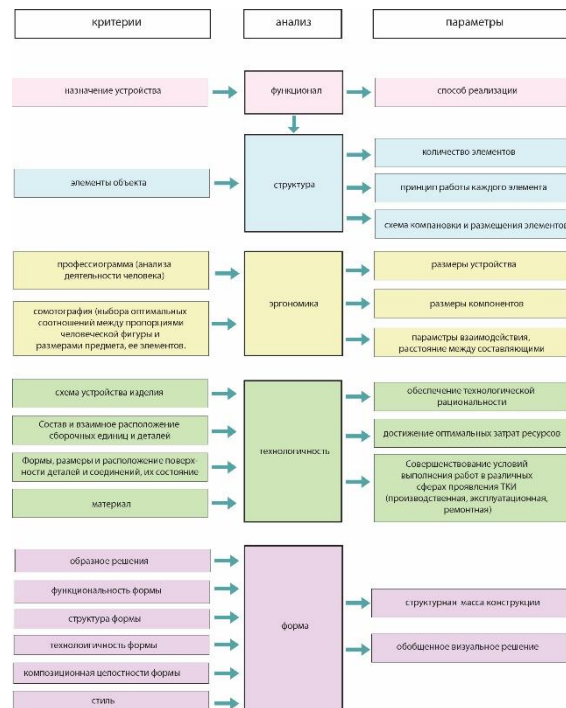


Рис. 3. Функциональная схема

### Заключение

В ходе проделанной работы были выявлены базовые параметры на стадии предпроектного анализа. Определены критерии, определяющие эти параметры и обозначены необходимые показатели, получаемые в ходе анализа, которые составляют основу дальнейшего проектирования.

### Список использованной литературы

1. Рунге В.Ф. Основы теории и методологии дизайна/ Рунге В.Ф., Сеньковский В.В. под общ. Ред. Рунге В.Ф. – М: МЗ- Пресс, 2003. – 78 с.
2. Технологичность конструкции изделий [Электронный ресурс] / Studfiles. – URL: <https://studfiles.net/preview/5761220/page/8/> (дата обращения: 21.11.18)
3. Джонс Дж.К. Методы проектирования/ М: Мир, 1986. – 131 с.

# СРЕДСТВО ВИЗУАЛЬНОЙ КОММУНИКАЦИИ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБЩЕНИЯ ДИЗАЙНЕРОВ И ДРУГИХ СПЕЦИАЛИСТОВ В ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ СРЕДЕ

С. В. Монхоев, В. А. Серяков  
Томский политехнический университет  
svm31@tpu.ru

## Введение

Средства визуальной коммуникации (СВК) такие как мудборд (от англ. mood –настроение и board – доска – коллаж из изображений, надписей и т. п.) уже давно используются в сфере дизайна и показали свою эффективность по сравнению с вербальными средствами коммуникации. Однако для междисциплинарного общения используются в основном вербальные средства. Учитывая сложности в общении различных специалистов, а особенно специалистов творческих и технических профессий, есть необходимость в разработке новых средств коммуникации.

В данной статье будет исследована гипотеза, что использование средства визуальной коммуникации для неформализованного описания позволит повысить эффективность коммуникации по сравнению с вербальными средствами.

## Разница в мышлении дизайнера и инженера

В профессии промышленного дизайнера используются как творческие, так и конструкторские качества, поэтому в подходе дизайнера не применяется сугубо интуитивное мышление, а сочетание интуитивного и аналитического, что имеет сходства с подходом инженера [1]. Однако у дизайнера большая часть задач вовлекает дивергентное мышление, а у инженера конвергентное [2]. Данные особенности также влияют на то какие средства коммуникации используются разными специалистами.

Различия в подходе дизайнера и инженера можно представить в ситуации где дизайнеру надо будет описывать объект другому дизайнеру при помощи удобных им средств, а инженеру другому инженеру. Вероятней всего, дизайнер будет использовать экспрессивные средства визуальной коммуникации, а инженер попытается формализовать объект, описать его характеристики, на подобии спецификации. Если дизайнер попытается прочесть результат работы инженера, а инженер работу дизайнера, то появятся очевидные проблемы в понимании. Подобные ситуации возникают при коммуникации инженеров и дизайнеров в рабочей среде.

На рисунке 1 изображены средства коммуникации, используемые дизайнерами и инженерами. Дизайнеры в настоящий момент используют мудборды для общения с не дизайнерами [3], инженеры могут, в свою очередь, выписывать требования в техническом описании. Использование традиционных средств коммуникации для междисциплинарного общения намного менее эффективно

по сравнению общению между специалистами одной профессии [4].



Рис. 1. Средства, используемые в линейной коммуникации дизайнеров и инженеров и их эффективность

Для общения инженера и дизайнера в случае, когда требования слабо формализованы, может использоваться СВК, разделяющее свойства как мудборда, так и технического описания. От мудборда в данном случае заимствуется концепция визуальной коммуникации и использование дивергентного мышления, но также использование унифицированных обозначений и целенаправленность на решение задач от технического описания.

## Набор графических обозначений

Для эффективного общения и предотвращения недопонимания специалистов с разным набором знаний, необходимо использовать общие обозначения и приемы.

Одним из приемов предполагается использование графиков для передачи идеи и понятий, вместо сложного описания. Например, на графике можно отобразить в визуальном понятной форме сложные математические понятия, что уже используется в сфере образования [5]. Также на графике можно показать приблизительные отношения и вероятности. На рисунке 2 изображены приблизительные требования к размеру разрабатываемого предмета в виде зависимости желательности для заказчика от размера.

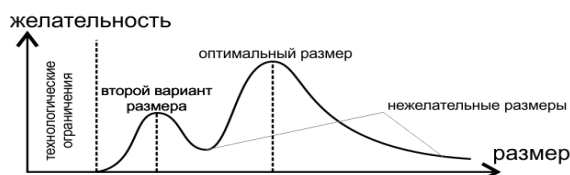


Рис. 2. Пример использования графика для передачи слабо формализованных требований

Недостаток в понимании физических процессов можно решить в их графическом отображении, однако для этого получатель должен обладать базовыми обозначениями и понятиями.



Такие понятия как точка, вектор, момент, поле имеют в физике графические обозначения и используются для иллюстрации физических процессов.

На рисунке 3 изображен в графической форме сложный физический процесс: в ткани разрастаются разрывы под воздействием внешней нагрузки. Направление разрывов и реакция ткани изображены векторами, а внешняя нагрузка векторным полем.

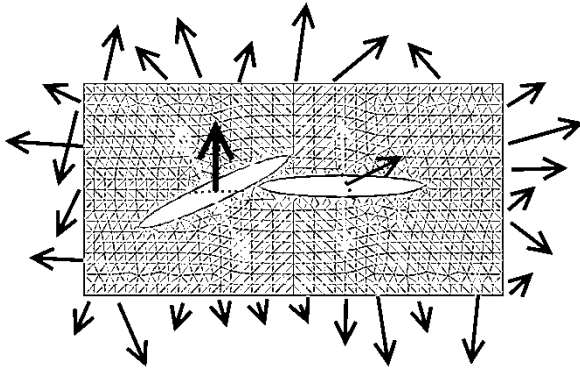


Рис. 3. Пример использования физических обозначений в модели ткани под сложной внешней нагрузкой

Также немаловажны понятия систем, сигналов, преобразований, прямых и обратных связей. Эти понятия также имеют свои обозначения и правила составления схем, они используются для объяснения работы систем. В данном случае под понятие систем может входить не только электронные устройства, а также любые взаимодействующие элементы в том числе природные системные процессы, экономические процессы, взаимодействие с человеком и обществом.

Для избегания недопонимания при изображении трехмерных объектов должны быть использованы правила построения в чертежах. Данная дисциплина изучается как дизайнерами, так и инженерами, а чертежи уже используемое средство коммуникации в профессиональной среде.

Комбинация физических, математических и чертежных обозначений используется в иллюстрациях технической литературы, однако не применяется для коммуникации дизайнерами.

### Проверяемость гипотезы

Проверить эффективность междисциплинарной коммуникации по сравнению со старыми средствами в профессиональной среде можно в результате следующего эксперимента:

В искусственно созданных условиях, будет проведена серия из трех экспериментов над двумя группами: студентами инженерных специальностей и студентами дизайнерами.

Будет проведен контрольный эксперимент, где студенты из группы инженеров отгадывают предметы по описанию, написанным студентом из их тестовой группы, а группа дизайнеров с использованием средств визуальной коммуникации, помимо изобразительных средств. По результатам этого эксперимента можно определить уровень коммуникации между студентами одной специальности. Второй контрольный эксперимент будет заключаться в отгадывании предметов студентами одной группы по описаниям и зарисовками, сделанными студентами в другой. Данный эксперимент позволит определить уровень коммуникации между разными специалистами. Основной эксперимент будет проведен после обучения групп новому средству визуальной коммуникации и проведению аналогичного эксперимента.

Данный эксперимент позволит наглядно продемонстрировать проблему междисциплинарной коммуникации, и подтвердить гипотезу о том, что применение специальных средств визуальной коммуникации поможет решить данную проблему.

### Заключение

Была выдвинута и исследована гипотеза о увеличении эффективности коммуникации при применении СВК, предложены приемы, позволяющие снизить недопонимание, также предложен эксперимент, который позволит доказать гипотезу.

Для проведения эксперимента, на основе проделанной работы будет написано краткое пособие, которое будет использоваться для обучения студентов новому средству визуальной коммуникации.

### Список использованных источников

1. Chaplin C. R. Creativity in Engineering Design-The Educational Function. / C.R. Chaplin – Fellowship of Engineering, 1989. – 46 с.
2. Lawson B. How designers think. / B. Lawson – Routledge, 2006. – 321 с.
3. McDonagh D., Storer I. Mood boards as a design catalyst and resource: Researching an under-researched area //The Design Journal. – 2004. – Т. 7. – №. 3. – С. 16-31.
4. Bergström C. Project communication between designers and engineers. / C. Bergström – 2007. – 67 с.
5. Leinhardt G., Zaslavsky O., Stein M. K. Functions, graphs, and graphing: Tasks, learning, and teaching //Review of educational research. – 1990. – Т. 60. – №. 1. – С. 1-64.

# ГИПОТЕЗА ИССЛЕДОВАНИЯ ДИЗАЙНА ОБЪЕКТА НА ОСНОВАНИИ СЕМИОТИЧЕСКОГО ПОДХОДА

О.А. Молокова, А.В. Шкляр  
Томский политехнический университет  
olyamilk.96@mail.ru

## Введение

Согласно семиотическому подходу, человек наделяет все предметное окружение в мире знаковой системой [1]. Например, стул – это род мебели для сидения. Стул может быть детский, кухонный, синий, деревянный и др. Обращая свое внимание на стул, пользователь считывает видимые для него характеристики, после этого формулирует свое мнение об объекте и отношение к нему.

Важно отметить, что мнение пользователя субъективно, и, с точки зрения семиотики, оно базируется на ментальных, психологических, гендерных, национальных и других особенностях восприятия человека. Но общей для всех формулой восприятия остаются три семиотические величины на основании «треугольника Фреге» (см. рис. 1) – знак (образ изделия), объективное значение знака (пользовательский потенциал изделия, назначение и функция), субъективный смысл знака (опыт взаимодействия человека с изделием) [2]. Следовательно, изменив одну или все эти знаковые составляющие, которые и есть характеристики дизайнерского решения, можно повлиять на сам дизайн, трансформировав его, и, по итогу, также изменить пользовательское отношение к дизайнерскому объекту. Например, меняя понятие о стуле, как о месте сидения, в пользу инструмента эстетической выразительности интерьера, дизайнер может фокус своего внимания переместить в процессе разработки не на функциональные особенности объекта, а на эстетический фактор.

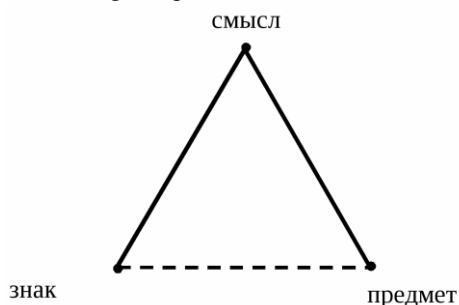


Рис. 1. «Треугольник Фреге» – основание гипотезы метода исследования дизайна

Также проблема восприятия особенно актуальна для производства и внедрения в общество новых инновационных технологий. Человек, приобретая такое изделие, может искаженно трактовать его, так как не имеет опыта взаимодействия с ним. Так, прогнозируя данную проблему восприятия, создатели первого монитора iMAC (см. рис. 2) в его дизайне применили ручку с той целью, чтобы конечный пользователь смог интуитивно принять данный объект и начать с ним контакт на основе опыта пользования [3].



Рис. 2. Первый монитор iMAC – пример новой технологии с внедрением в дизайн опыта пользования

В связи с этим важно учитывать человеческие представления. Это поможет дизайнеру найти правильное решение быстрее и эффективнее. Для этого необходимо использовать средства, которые позволили бы проверить дизайн на уровне смысла и идеи.

В результате аналогового поиска таких средств для промышленного дизайна не обнаружилось. Поэтому, актуальной становится проблема отсутствия метода и инструмента, которые предоставили бы оценку и рекомендации к разработке дизайна изделия со стороны семиотического подхода.

Цель данной научно-исследовательской работы: описание гипотезы метода и его инструмента для оценки параметров дизайна с помощью знакового выражения этого же дизайна.

Задачи данной научно-исследовательской работы:

- на основании семиотического подхода сформулировать концепцию метода исследования;
- описать достоинства метода;
- предложить концепции инструмента метода.

## Гипотеза метода исследования дизайна с помощью знаковой системы

Имея конкретные параметры дизайна, которые задает специалист в данной области, изделие, соответственно, обладает знаковыми характеристиками, которые складываются в систему или последовательность человеческих представлений. Благодаря наличию этой знаковой последовательности, можно сформулировать идею дизайна, которая была поставлена и заложена еще в начале проектирования. Также можно проанализировать ее трактовку и составить ее последующее редактирование на уровне значений и представлений, если это станет необходимым.

Следовательно, концепция метода заключается в том, что, разложив знаковое выражение объекта на величины в виде понятий факторов дизайна, можно провести обратную проверочную работу разработанного дизайна на уровне смыслов. Это позволит сделать, например, дизайн шприца для мышечных инъекций более адаптивным и ассоциативно принятым пользователем, наделяя его соот-

ветствующими по смыслу параметрами – дополнительной функцией, цветовым кодом.

На основе полученной оценки качества идеи можно предложить рекомендации к трансформации и получению лучшего результата дизайна. В связи с этим данный метод можно внедрить в дизайнерское исследование параллельно с визуальным анализом изделия, также эффективно и неабстрактно проводить анализ по конкретным опорным критериям. Это доказывают следующие потенциальные преимущества метода:

- структурированность понятий дизайна объекта;
- видимость ошибок, противоречивых и недостающих параметров в дизайне объекта;
- возможность отбора приоритетных параметров дизайна, с которыми важно работать при проектировании объекта;
- возможность увеличения или преумножения смыслов у параметров разрабатываемого дизайна, что позволит менять представление пользователя об объекте в целом.

#### **Идея инструмента метода исследования**

Дизайнер с помощью знакового выражения может обрисовывать «портрет» объекта. Для того, чтобы это осуществить, необходим инструмент. В данной ситуации такой инструмент может иметь следующий вид:

- текст или символы, с помощью которых описываются характеристики дизайна;
- бинарное дерево, где каждый узел представляет собой зависимое от предыдущего значение характеристик дизайна в виде символов;
- блок-схема, в которой указаны вводные данные о дизайне, условие, которому необходимо соответствовать;

- оси координат, с помощью которых можно создать графическую модель знака;
- другое.

#### **Заключение**

Дизайн объекта представляет собой знаковое выражение. Это выражение можно анализировать, в нем находить на уровне значений и смыслов недочеты дизайнерского решения. Дизайнер может добавить новый смысл в виде цвета или функции и создать новое или иное представление пользователя об объекте.

Предложенная гипотеза исследования дизайна объекта может стать эффективным и упорядоченным способом дизайнерского исследования и проектирования объекта. Для этого нужно иметь соответствующий инструмент. Это может быть алгоритм действий, который позволяет описать объект со стороны семиотики.

#### **Список использованных источников**

1. Семиотический подход и знаковые системы. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://gtmarket.ru/concepts/6925>, свободный (дата обращения: 19.11.2018).
2. Степанов Ю.С., Семиотика. Треугольник Фреге. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://lib.vvsu.ru/books/semiotika1/page0007.asp>, свободный (дата обращения: 20.11.2018).
3. Уолтер Айзексон. Биография Стива Джобса. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://appleinsider.ru/apple-v-licax/4-uolter-ajzekson-stiv-dzhobs-stremlenie-k-prostote-kak-dvigatel-revolyucii-dizajna.html>, свободный (дата обращения: 20.11.2018).

# ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА АССОЦИИ В РАЗРАБОТКЕ ОБРАЗА ДЕТСКИХ САНЕЙ «СОВРА»

Л.Ю. Ткачева

Ю.П. Хмелевский

Томский политехнический университет

634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

e-mail: leleika26@mail.ru

## Введение

На сегодняшний день существует широкий выбор детских саней. Но далеко не каждая модель имеет оригинальный дизайн в сочетании с эргономичной формой, которая комфортна при использовании, а также безопасна, что особенно важно при проектировании объектов для детей.

Поскольку детские сани являются достаточно актуальными, они были выбраны в качестве объекта проектирования. Целью данного проекта являлось создание детских саней, отвечающих всем эргономическим и антропометрическим требованиям, имеющих оригинальную форму и ярким дизайн, что важно для потребителя. Для достижения поставленной цели, были решены следующие задачи: создание нескольких вариаций художественного образа саней, анализ всех вариантов с точки зрения эстетики и эргономики, на основе полученных данных выбор наиболее подходящего образа, моделирование и визуализация саней.

## Метод ассоциаций

В настоящее время существует достаточно большое количество методов проектирования, которые позволяют дизайнеру создать уникальный продукт, востребованный потребителями. За основу данного проекта было решено взять метод ассоциаций [1]. Он наиболее подходит для формообразования разрабатываемого проекта. Кроме того, именно на яркий образ объекта изначально обращает внимание потребитель.

Первоначальным этапом стала разработка образов для проекта саней. Поскольку сани используются в основном для катания в зимний период, была взята соответствующая тематика и цветовая гамма.

Первым образом для саней стал ветер, как символ быстрого катания. Ветер обычно изображается упрощенными символами, было решено взять простую и лаконичную форму. Важно отметить пластичность данного образа, которая выражается в завихрениях воздушного потока. Цветовая гамма также завязывалась на зимнем образе ветра, синего неба и солнца (Рис. 1).



Рис. 1. Образ ветра для саней

Внешняя легкость самой конструкции достигается с помощью стальной гнутой трубы. Именно такой материал для данного образа позволяет создать необходимую пластичную форму без излишних утяжелений, а также сделать ее достаточно прочной и устойчивой [2]. Поскольку образ ветра связан с воздушностью, было решено добавить такой элемент, как съемная поролоновая подушка, который обеспечивает комфортное катание ребенка и поддерживает основную тематику саней. Также в спинке саней выполнена пластиковая вставка. Цветные элементы, располагающиеся на ней, колористически поддерживают подушку и подставку для ног. Кроме того, такая деталь саней выполняет такую важную функциональную роль при катании сидя как опора, что необходимо комфортного использования детьми раннего возраста.

Вторым вариантом образа саней стала змея. Бионическая форма, которую можно также связать с темой катания, только уже по пустынным барханам. Важно отметить, что слово сани изначально было заимствованно у латышей и переводиться как змея, из-за сходства полозьев с формой животного. Видом змеи была выбрана кобра. Так как данное животное обладает достаточно ярко выраженной характерной пластикой и запоминающимся образом [3]. Способ перемещения змей так же ассоциируется с неровными поверхностями, склонами и барханами. Особую динамичность образа добавляет хищность этого животного, его резкость и скорость при добывании пищи. Выбранный образ было решено выполнить в виде сидячих саней, но с функцией раздвижения элементов для использования объекта детьми различных возрастов. Данная модель предполагалась как для катания одного человека, так и для двух за счет раздвижного сидения (Рис. 2).



Рис. 2. Образ змеи для саней

Также способ изменения размера саней сочетается с их образом, что заметно в методе передвижения животного. В качестве основного цвета был выбран белый, так как именно этот цвет можно считать маскировочным, что отвечает характеру окраса змей, а также ассоциируется со снегом. В качестве дополнительного акцентного цвета был взят желтый, как символ яркого солнца.

Третьим вариантом образа для саней стал кристалл. Этот процесс также связан с холодной температурой. Поверхность кристаллов, имеет привлекательный и завораживающий внешний вид. Представленная модель саней состоит из крупных полигонов остrokонечной формы. За основу были взяты голубой, синий и белый цвет, ассоциирующиеся со льдом. Сани такой формы служат для катания стоя, для безопасности также предусмотрены ручки (Рис. 3).

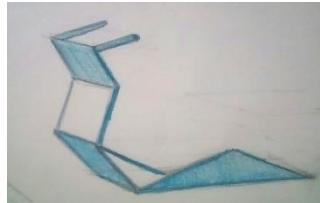


Рис. 3. Образ кристалла

В ходе разработки образов для саней, был произведен анализ полученной формы по двум основным критериям: эстетика объекта (композиционное решение, цветовая гамма) и эргономика (комфортное использование, надежность конструкции). Каждый из параметров оценивался по десятибалльной шкале.

Были составлены диаграммы по каждому образу. По результатам диаграммы «Эстетика», наибольшее количество баллов (9 из 10) получил второй образ саней, выполненных в виде кобры, пластичное решение которых стало наиболее выигрышным. Образ ветра получил 6 баллов, а образ кристаллизации-4 балла.

Также была составлена диаграмма по эргономике, в результате которой максимальное количество набрали сани в образе ветра- 7 баллов. Они имеют надежную каркасную систему из металла, а

также высокую степень комфортности при использовании за счет опорной спинки, подставки под ноги и мягкой подушки. Второй же и третий образ обладают меньшей устойчивостью и как следствие безопасностью, балл-5 и 3.

Кроме того, выдвижные элементы в образе змеи обладают меньшей надежностью по сравнению со стационарными или съемными. Острые углы в третьем варианте так же могут быть травмоопасными, но при сглаживании теряется изначальный образ.

#### Заключение

Таким образом, метод ассоциации был взят за основу первоначального проектирования объекта, что позволило создать яркий образ. Так же был произведен анализ с точки зрения эстетики и эргономики полученных образов, что позволило скомбинировать достоинства вариантов при создании итогового варианта саней. Основной формой стал образ кобры, цветовое решение было взято из первого, так как образа синего неба и солнца интерпретируется и для образа змеи. Вариант с сидением нескольких человек был доделан в виде удлиненного сидения. Основой конструкции стала стальная гнутая труба, способная принимать необходимую форму и быть прочной в отличие от пластика. Было решено добавить прорезиненные поверхности, которые защищают от скольжения, а также делают тактильные ощущения более приятными. В конструкцию объекта были внесены элементы лыж для большего скольжения (Рис. 4).



Рис. 4. Визуализация итогового образа кобры

#### Список использованных источников

1. Михеева М.М. Современные методы в дизайне: по курсу «Основы теории и методологии проектирования в промышленном дизайне» М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012 г. - 104 с.
2. Виктор Папанек. Дизайн для реального мира. – М.: Д. Арон. 2008г. - 416с.
3. Агнес Гийо, Жан-Аркади Мейе. «Бионика. Когда наука имитирует природу» перевод - М. Широкова. – М.: Техносфера. 2013г. - 296 с.

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АНАЛОГОВОГО МЕТОДА В ДИЗАЙН-ПРОЕКТИРОВАНИИ ОРТОПЕДИЧЕСКОГО СТУЛА-ОПОРЫ ДЛЯ ДЕТЕЙ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Е.И. Ким

Ю.П. Хмелевский

Томский политехнический университет

lenakim1996@mail.ru

## Введение

В настоящее время дизайн-проектирование медицинского оборудования является одним из актуальных направлений промышленного дизайна. Такие тренажеры довольно востребованы и каждый из них решает свою специфическую реабилитационную задачу [1].

Целью данной работы является выявление положительных и отрицательных характеристик для того, чтобы разработать объект, отвечающий высоким требованиям.

## Сравнительный анализ характеристик

В дизайн-проектировании довольно широко применяется аналоговый метод. В данной статье будет рассмотрен данный метод для анализа моделей и выявления характеристик для дальнейшей разработки. Метод аналогий применим к данному оборудованию таким образом, анализируя лучшее у существующих моделей можно выявить достоинства и недостатки каждой, а также максимально использовать в проектировании лучшие наработки и устранить недостатки, выявленные в ходе исследования с точки зрения эргономики, эстетики и технологии изготовления [2].

Для выявления положительных и отрицательных характеристик было рассмотрено три модели детского ортопедического стула-опоры. Данные модели будут проанализированы по эстетическим требованиям (выявление образа, колористический анализ) и по эргономическим требованиям (удобство и эксплуатационные характеристики).

Первая модель ортопедического стула представлена на рисунке 1.

Кресло предназначено для детей от 3 до 7 лет. Функциональное кресло позволяет тренировать процесс удержания головы в вертикальном положении, формировать правильную осанку, а также обеспечивает подавление патологических рефлексов [3]. Данное кресло не вполне отвечает эстетическим требованиям. В данной модели непонятно какой образ был взят за основу, но несмотря на это, объект выглядит довольно лаконично и понятно. Синий цвет хорошо подходит для реабилитационного оборудования. Но его следует избегать если ребенок итак не слишком активен и эмоционален, так как он может усилить флегматическую составляющую характера.

Рассматривая эргономические требования, можно сказать, что кресло имеет съемную платформу на колесиках, которая легко монтируется,

имеет стояночный тормоз и облегчает процесс передвижения данного кресла. Также положительной характеристикой является съемный столик, который позволит с легкостью усадить ребенка в оборудование. Но при отсутствии столика, ребенка должны подпирать с боков подлокотники, которые отсутствуют у данной модели.



Рис. 1. Ортопедическое функциональное кресло

Вторая модель ортопедического стула представлена на рисунке 2.

Стул терапевтический "Nele" доступен в двух размерах и поэтому подходит как для детского сада, так и школы. Благодаря множеству вариантов настройки, каждый размер может видоизменяться под пользователя, что гарантирует долгосрочное использование [4]. Данный стул имеет регулируемые сидение и подножку, подлокотники, а также возможность регулировки поясничной зоны. В данном оборудовании отсутствует дополнительный столик. Данная конструкция достаточно сложна в использовании. А также сама конструкция не выглядит довольно устойчивой. Размеры медицинского оборудования должны варьироваться в зависимости от возрастной категории детей, так как данное оборудование должно точно подстраиваться под антропометрические показатели пользователя.

Рассматривая эстетические требования, можно сказать, что за образ стула взята бионика, о чем говорит плавность и изогнутость линий. Касаемо колористического анализа, цвет не является нейтральным, который подойдет как для девочек, так и для мальчиков. Преобладающий розовый свидетельствует о потребности человека в защите, о его отстраненности от реальной жизни.



Рис. 2. Многофункциональное ортопедическое кресло NELE

Третья модель стула представлена на рисунке 3.

Реабилитационное кресло "Слоненок" предназначено для начальной реабилитации детей в положении сидя. Оно является достаточно простым в обслуживании и довольно функциональным [5]. Подушки являются регулируемыми для правильной коррекции осанки. Жилет безопасности и бедренный ремень имеют защелки, позволяющие очень быстро и надежно обезопасить ребенка в устройстве. Можно отметить, что в данном ортопедическом стуле отсутствует возможность крепления столика, а также отсутствуют мягкие подлокотники, которые также должны поддерживать ребенка и обезопасить в случае заваливания на бок.

Касаемо эстетических характеристик, можно заметить, что образ кресла отталкивается от его названия. За образ взят слоненок, что видно по форме объекта и выбранному колористическому решению.



Рис. 3. Реабилитационное кресло "Слоненок" SL3 Akces-Med

### Заключение

На основе данных исследований было произведено дальнейшее проектирование для разработки новой модели функционального ортопедического кресла, отвечающего высоким функциональным и эстетическим требованиям.

За основу объекта были взяты первая и третья модели стула, так как конструкция выглядит довольно устойчиво и прочно. Но деревянный каркас был изменен на металлический, как это можно видеть у второй модели. Учитывая эргономические требования, у разработанного объекта добавлено

больше эксплуатационных характеристик. У второй модели имеется поручень, позволяющий изменять угол наклона и передвигать объект, что было и учтено при разрабатываемом объекте. Рассматривая колористический анализ, можно сказать, что выбраны нейтральные цвета, подходящие и для девочек, и для мальчиков. Сочетание зеленого цвета и светлого дерева настраивает на эмоционально благоприятную атмосферу, побуждает развиваться и учиться.

Разработанный объект на основе данного анализа представлен на рисунке 4.

Параллельно с аналоговым методом применялся метод эмпатии или метод личной аналогии. Основой эмпатии является наблюдение, то есть правильное понимание процессов и людей, взаимодействующих с объектом дизайна.

Основываясь на этих методах были выявлены как положительные, так и отрицательные характеристики каждой модели, учитываемые для дальнейшей разработки объекта.



Рис. 4. Разработанный объект

### Список использованных источников

1. Ортопедические стулья для школьников. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.o-krohe.ru/detskaya-komnata-mebel/ortopedicheskij-stul/#h2\\_102745](http://www.o-krohe.ru/detskaya-komnata-mebel/ortopedicheskij-stul/#h2_102745) (дата обращения 20.10.2018).
2. Кочегаров Б.Е. Промышленный дизайн: Учеб. пособие. – Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2006. – 297 с.
3. Реабилитационное медицинское оборудование. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://svyata.ru/products/sensorное\\_oborudovanie/.html](http://svyata.ru/products/sensorное_oborudovanie/.html) (дата обращения: 20.10.2018).
4. Многофункциональное ортопедическое кресло NELE. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://topzdrav.ru/products/-mnogofunksionalnoe-ortopedicheskoe-kreslo-nele?piprm=68&sid=97&ymclid=217322246728535037300002> (дата обращения: 22.10.2018).
5. Медицинское реабилитационное оборудование. Реабилитационное кресло "Слоненок" SL3 Akces-Med [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://medbuy.ru/opora-dlya-sideniya/akces-med-sl3> (дата обращения: 22.10.2018).

# РАЗРАБОТКА ДИЗАЙНА ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ С УЧЕТОМ ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ

А. Д. Соловьева

Научный руководитель: Соколова В. В., к.т.н., доцент ОИТ  
Томский политехнический университет  
ads25@tpu.ru

## Введение

Согласно недавним исследованиям в нейробиологии и психологии [1], действия пользователей в Интернете зачастую определяются подсознанием. Большинство принимаемых пользователями решений основаны на эмоциях и рефлексах, поэтому использование психологических аспектов при проектировании дизайна сайта поможет подтолкнуть пользователя к определенным действиям, выгодным владельцам сайта. Для успешного функционирования сайта необходимо не только предоставить пользователю различные функциональные возможности, но и интуитивно понятный интерфейс.

В настоящее время разработано множество методик для создания эффективного дизайна веб-приложений, базирующихся на исследованиях психологов [2]. В данной работе будут рассмотрены некоторые из этих приемов, а примером послужит сайт для фотографа.

## Проектирование дизайна веб-приложения

При проектировании дизайна веб-приложения необходимо учитывать следующие аспекты:

### 1. Тематика сайта

Дизайн сайта должен учитывать психологию представителей конкретной целевой аудитории и тематику предметной области. Эти аспекты влияют не только на дизайн и оформление, но и на композицию расположения элементов.

### 2. Цвет

У каждого человека цвета задают ассоциативный ряд, в который включены различные образы и события. Поэтому стоит учитывать психологию цвета, и согласовывать его с маркетинговыми целями [3].

Цвета могут быть использованы, чтобы привлечь внимание, задавать настроение и подталкивать посетителей к совершению конкретных действий на сайте.

Например, для сайта фотографа самым значимым является портфолио, поэтому дизайн сайта должен акцентировать внимание пользователя на фотографиях. В данной работе при проектировании дизайна сайта для основных элементов и блоков использовались белые и светло-серые цвета. Белый цвет – нейтральный фон, используется для того, чтобы фотографии выглядели более яркими. Белый также несет в дизайн чистоту и простоту. Так как фотограф свадебный – белый цвет является непосредственной ассоциацией с самой свадьбой. Светло-серый цвет также является нейтральным, он не акцентирует внимание и сочетается со всеми цветами. В таком случае, сайт выглядит простым и легким, а все внимание пользователя приходится на фотографии (рис. 1).

Важным моментом является совместимость цвета шрифта и фона. Неправильный подбор цветов текстовой и графической информации может усложнить восприятие содержания. Цвет текста должен отличаться от цвета фона достаточно, чтобы быть хорошо заметным. Если фон темный, лучше выбрать белый или светлый цвет текста.

### 3. Расположение элементов

Для более удобной навигации рекомендуется сделать фиксированное меню, которое не меняет своего положения при пролистывании страницы вниз, т.е. панель меню всегда будет находиться в области видимости пользователя.

Для оптимального расположения информации на сайте нужно учитывать, какие именно элементы привлекают внимание посетителей сайта. Данный процесс можно описать диаграммой Гутенберга [4] (рис. 2).

Условно пользователь делит страницу на четыре зоны:

1. Левая верхняя – зона приоритетного просмотра. Именно здесь размещается самая важная информация – логотип и слоган.

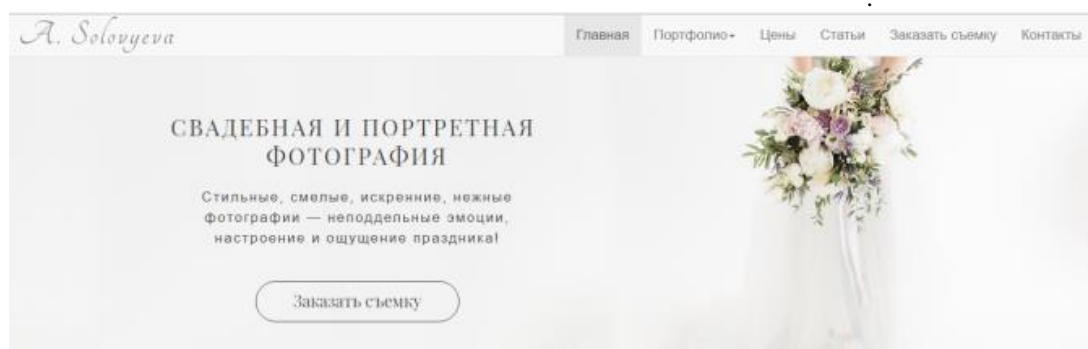


Рис. 1. Цветовая гамма для сайта фотографа



2. Правая верхняя – хорошо просматриваемая зона. После зоны приоритетного просмотра взгляд смещается именно туда по горизонтали. В этом секторе размещается другая важная информация – меню, контакты, форма обратного звонка, адрес.

3. Левая нижняя – наименее исследуемая зона, поэтому здесь обычно размещается менее значимая информация, чем в первой зоне.

4. Правая нижняя – зона выхода. Здесь пользователь принимает решение о совершении целевого действия, продолжении чтения или уходе с сайта. В этой зоне лучше разместить кнопку с призывом к действию.

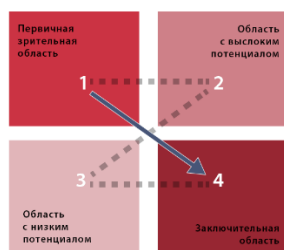


Рис. 2. Диаграмма Гутенберга

На поведение пользователя также влияют два фактора:

- 1) Гравитация чтения, благодаря которой взгляд инстинктивно смещается сверху вниз.
- 2) Ось ориентации – привычка читать и изучать текстовый контент слева направо.

Существует также Z-схема, спроектированная Якобом Нильсеном [4], которая описывает, в каком порядке пользователи просматривают элементы на веб-странице (рис. 3).

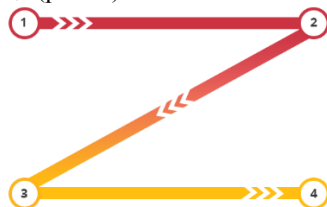


Рис. 3. Z-схема

Согласно данной схеме, логотип лучше располагать в правом верхнем углу страницы, меню сайта – справа сверху, основные информационные блоки и изображения ниже слева, а кнопка с призывом к действию слева снизу или справа внизу. Элементы, расположенные в областях 1, 2 и 3 привлекают к себе наибольшее внимание.

#### 4. Шрифт

Шрифт должен обеспечивать читабельность текста и не напрягать зрение. Большой объем текстовой информация лучше разделять абзацами, картинками, интересными ссылками, цитатами и прочим, чтобы не создавалось ощущение большого сплошного текста.

#### 5. Акценты

В веб-дизайне также используется прием добавления тени к элементу, который должен выде-

ляться. Для сайта фотографа такой прием реализован в портфолио при наведении курсором мыши на фотографию. В таком случае выделенная фотография приобретает тень и обращает на себя большее внимание, чем на все остальные фотографии в портфолио.

#### 6. Скругленные края

Еще один прием, который делает сайт более привлекательным – это скругленные края для основных блоков.

Некоторые исследователи полагают [5], что обработка углов вовлекает больше нейронов головного мозга. В неврологии это называется «реакция избегания» на острые углы.

#### Заключение

Грамотное проектирование дизайна веб-страниц может нести не только эстетический посыл, но и косвенно влиять на поведение пользователя на сайте, подталкивать его к каким-то действиям, заострять внимание на важных вещах. Благодаря психологической составляющей можно повысить эффективность использования функциональной части веб-приложения и привлечь большое число пользователей.

В своей работе я использовала такие приемы, как ассоциативные и нейтральные цвета, закругленные края кнопок, изображений и выделенных блоков, Z-схему при расположении элементов на главной странице, а также выделение более важных элементов с помощью добавления тени. Эти приемы помогли создать легкий и лаконичный дизайн, который полностью соответствует тематике и акцентирует внимание пользователей на самом главном – на работах фотографа.

#### Список использованных источников

1. Использование нейромаркетинга для увеличения объема продаж. [Электронный ресурс]. – URL: [https://adview.ru/cat\\_marketing-ru](https://adview.ru/cat_marketing-ru) (дата обращения 20.09.2018).
2. Психологические аспекты пользовательского интерфейса современных компьютерных систем [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.twirpx.com/> (дата обращения 25.09.2018).
3. Создание сайта: web-дизайн и психология цвета. [Электронный ресурс]. – URL: <https://webformula.pro/article/sozdanie-sayta-web-dizayn-i-psikhologiya-tsveta/> (дата обращения 28.09.2018).
4. Как пользователи видят сайты: F- и Z- паттерны, диаграмма Гутенберга. [Электронный ресурс]. – URL: <https://netology.ru/blog/users-site-patterns/> (дата обращения 25.09.2018).
5. Почему скругленные углы проще для восприятия. [Электронный ресурс]. – URL: <https://habr.com/post/126726/> (дата обращения 25.09.2018).

# МЕТОД СЦЕНАРНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МОДУЛЬНЫХ КОРПУСОВ ИНДУСТРИАЛЬНЫХ СВЕТИЛЬНИКОВ

Ю.П. Хмелевский, А.В. Гуменникова  
Ю.П. Хмелевский  
Томский политехнический университет  
gumennikova\_aleksandra@mail.ru

## Введение

Формообразование является неотъемлемой частью дизайн-процесса. Формообразование – процесс создания формы в деятельности художника, архитектора или дизайнера в соответствии с общими ценностными установками культуры и теми или иными требованиями, имеющими отношение к эстетической выразительности будущего объекта, его функции, конструкции и используемых материалов [1].

В данной статье рассмотрены методы формообразования корпусов промышленных светильников на основе природных форм и структур.

В данный момент на рынке мало представлены аналоги корпусов для модульных светильников простых геометрических форм – квадратных и прямоугольных, однако многие помещения и улицы освещаются именно такими системами освещения. Актуальность обуславливается слабой степенью защиты от попадания грязи, снега и производственной пыли в конструкцию, а также отсутствием эстетической составляющей у светильников.

Для решения проблемы следует выполнить следующие задачи:

1. Поиск художественных образов
2. Эскизное формообразование корпусов для светильников
3. Выбор наиболее подходящего эскиза для последующего проектирования

## Поиск художественного образа

Метод сценарного проектирования – один из наиболее распространенных методов в дизайн-процессах. Его характеризует наличие художественного образа, что существенно влияет на внешний вид и характеристики предмета [2].

Первым этапом практической работы является поиск образа для корпуса промышленного светильника. Его основной функцией является освещения пространства, то есть воздействие светом. Свет-природное явление, в следствии этого было решено подбирать природные образы. Природные образы считаются наиболее гармоничными как с точки зрения формообразования, так и с позиции колористики. Это вневременные образы, с которыми человек сталкивается на протяжении всей жизни. Природа — это гармоничное сочетание плавных линий и прямых углов, света и тени, цветов и фактур [3].

Образ льда проявляется за счет световых лучей, проходящих сквозь замерзший слой воды. Световые контрасты и переломы льда могут служить

прообразом формы. Глянцевый блеск металла будет поддерживать образ, так как лед тоже имеет отражающую способность.

Вулканы- разрушающая сила огромной мощности. Этот образ привлекателен сочетанием пластичных форм и четких линий, ярким огненным цветом. Безусловно, лава, будучи раскаленной жидкостью, несет в себе световой заряд.

Образ песчаников примечателен своим сочетанием плавных линий и ярко выраженных вершин. Природа- ветер, вода создают неповторимые фактуры из этого материала. Песочный цвет примечателен разнообразием оттенков, контраста теплого тона на свету и зеленоватого в тени. Данный образ ассоциируется с песочным пляжем, залитым солнцем, то есть присутствует образ теплого мягкого света.

Образ горных пиков интересен наличием разных уровней, острых сколов, заснеженных вершук и каменистых массивов. Этот статный образ может служить идеей для добавления новых функций предмету, выбора цвета. Образ горы ассоциируется с высотой, светом, преломляющимся от снега на вершинах, это сопоставляется с высоким положением светильников и непосредственно самой главной их функцией.

## Эскизное формообразование корпусов для светильников

Изучив литературу по технической эстетике, были составлены критерии оптимального формообразования, в соответствии с которыми будут выполняться эскизы:

1. Рациональность. Под рациональностью в композиции понимается логическая обоснованность, целесообразность формы.
2. Тектоничность. В своей основе этот принцип означает соответствие формы конструкции. При таком соответствии конструкция становится композиционно-пластическим средством формообразования.
3. Структурность. Цель структурного формообразования – нахождение гармоничной связи между элементами, составляющими форму.
4. Гибкость. Форма должна быть способна к развитию, сохраняя при этом целостность.
5. Органичность. Этот принцип определяет собой построение композиции с учётом закономерностей формообразования, проявляющихся в природе.
6. Образность. Данный критерий отражает чёткое и глубокое раскрытие в композиции определённой художественной идеи.

7. Целостность. Это всеохватывающий и объединяющий критерий композиционно-художественного формообразования в дизайне. В результате такого установления выявляется общий характер формы [4].

Форма корпуса в основании- квадрат продиктован формой изготовленных LED светильников. Данные модули планируется комбинировать, совмещать для удобства варьирования количеством света.

Первый эскиз формы корпуса для промышленных светильников создан на основе образа льда. Грани корпуса аналогичны граням ледяных глыб (Рис. 1).



Рис. 1. Эскиз по образу льда

Следующим рассмотренным образом являлся вулкан. В данном эскизе сочетаются острые углы и полукруглые формы, при повороте и комбинировании формы будут получаться интересные и разнообразные композиции (Рис. 2). Минусом подобной формы является усложненное изготовление.

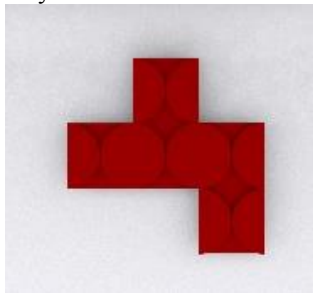


Рис. 2. Эскиз по образу вулкана

Форма следующего эскиза продиктована образом песчаников. При составлении подобной формы в композицию путем перемещения и поворота можно добиться схожести с прообразом. Форма проста в изготовлении, поскольку состоит из трех граней (Рис. 3).

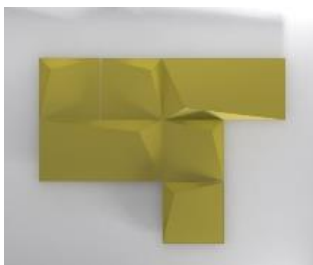


Рис. 3. Эскиз по образу песка

Образ горы побудил на создание более сложной формы, так как горная порода имеет многоуровневую структуру строения. В месте, где один уровень переходит на другой, предполагается вставка светодиодной ленты, для выделения формы (Рис. 4).



Рис. 4. Эскиз по образу горы

Последний эскиз, основанный на образе горной породы, примечателен динамикой формы, эстетичным выделением конструктивных элементов

#### **Выбор наиболее подходящего эскиза для последующего проектирования**

Проанализировав созданные эскизные решения, было определено, что для создания модульных корпусов промышленных светильников наиболее удачным является четвертый эскиз. Данный эскиз сочетает в себе простоту изготовления и эстетическую составляющую, при этом выбранный модульный образ комбинируется друг с другом, получая новые визуальные эффекты.

#### **Заключение**

Благодаря методу сценарного проектирования были выбраны четыре образа природного происхождения, выделены их свойства и на их основе созданы эскизы. Для большей наглядности корпусы промышленных светильников представлены в композициях по два модуля, а также в комбинации с несколькими подобными единицами. По завершении работы был выбран один корпус для дальнейшего проектирования.

#### **Список использованных источников**

1. Основные принципы формообразования в дизайне // MyLektsii URL: <http://mylektsii.ru/13-25871.html> (дата обращения: 12.09.2018).
2. МЕТОД СЦЕНАРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ // reayimag URL: <https://readymag.com/u98663315/781888/> (дата обращения: 12.09.2018).
3. Стиль бионика — вдохновение от природы // decorstars URL: <http://decorstars.ru/stili/sovremennye/ctil-bionika-vдохновение-ot-prirody-v-interere.html> (дата обращения: 17.09.2018).
4. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ХУДОЖЕСТВЕННОГО ФОРМООБРАЗОВАНИЯ // Единое окно URL: [http://window.edu.ru/catalog/pdf2txt/787/71787/49055?p\\_page=6](http://window.edu.ru/catalog/pdf2txt/787/71787/49055?p_page=6) (дата обращения: 21.09.2018).

# ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ПРОМЫШЛЕННОГО ДИЗАЙНА

К.М. Божко, А.В. Шкляр  
Томский политехнический университет  
kristina051296@mail.ru

## Введение

При проектировании объекта промышленного дизайна по существующим методам (аналоговый метод, эскизирование, сценография и др.), результатом работы становится объект, который носит субъективный характер. Поэтому на первоначальном этапе проектирования дизайнеру необходимо провести аналитическую работу с информацией.

Работа дизайнера с информацией, ее анализ, позволят определить границы проектирования объекта. Это необходимо для предотвращения возникновения ошибочных вариантов дизайн-решений. В итоге будет сокращено время проектирования объекта.

Исходя из выше сказанного, можно выявить следующую проблему: процесс проектирования не оптимальный по критерию времени. Целью работы является создание инструмента, позволяющего оптимизировать процесс проектирования по временному критерию.

## Определение факторов проектирования дизайн-решения

Для начала необходимо дать определение термину «фактор». Под фактором, в данном случае, понимается параметр, отдельная черта дизайн-объекта.

Прежде чем приступить к проектированию дизайн-объекта, важно пройти этап поиска и анализа факторов. Данный этап является важным при проектировании, поскольку именно факторы определяют дизайн-объекта. Какие же факторы необходимо учитывать и как их выбирать?

Факторы, определяющие процесс проектирования, имеют связи и взаимное влияние друг на друга. Поэтому производить выбор предлагается по степени их влияния друг на друга. Главным будет являться фактор:

Фактор, который влияет на наибольшее количество других факторов, должен быть учтен в проектировании дизайн-объекта. К таким факторам можно отнести: материалы, технологию изготовления, цена, эргономика (пользование объектом), эстетика (психологический и эмоциональный настрой к объекту). Данные факторы имеют огромное взаимное влияние друг на друга (например, при изменении материала меняется технология изготовления, которая в свою очередь, начинает изменять форму объекта (меняется эргономика), что повлияет на цену и эстетику дизайн-решения). При пренебрежении одним из факторов не будут достигнуты цели, поставленные заказчиком (например, стул на котором нельзя сидеть (объект не выполняет свою функцию)).

Факторы, которые изначально определенные заказчиком.

## Инструмент для оптимизации процесса проектирования, его графическое представление

В качестве инструмента для оптимизации процесса проектирования предлагается использовать многомерную модель. Здесь, под многомерной моделью подразумевается набор факторов, влияние которых друг на друга образует область проектирования дизайн-объекта. С помощью такой модели можно визуально увидеть эту область.

Визуально представить многомерную модель предлагается следующим способом. За основные элементы модели взять оси, которые будут визуально представлять факторы необходимые для проектирования объекта (одна ось=один фактор). Направление оси влияет лишь на итоговую форму области вариантов решений. Поэтому направление осей можно выбирать без каких-либо ограничений.

Для дальнейшего построения многомерной модели необходимо определить тип фактора на оси:

1. одна точка – если, фактор конкретизирован (например, цвет проектируемого объекта синий и не может быть другим);
2. диапазон – если фактор носит выборочный характер (например, цветовое решение проектируемого объекта может быть от белого до синего цвета);
3. набор точек на одной оси – если есть выбор одного варианта, нескольких или всех (например, материалы пластик, металл, стекло – в решении может быть один, два или три материала).

После распределения факторов по осям необходимо определить влияние факторов друг на друга (провести связи). Именно эти связи образуют область, в которой проходит процесс проектирования.

Пример визуального представления многомерной модели представлен на рисунке 1.

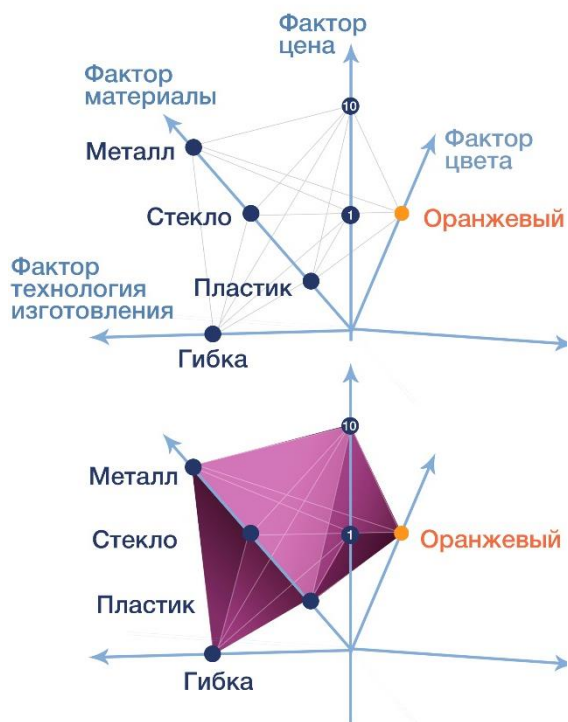


Рис. 1. Пример визуального представления многомерной модели (кругами выделены факторы, тонкими линиями отображены связи между факторами).

#### Как пользоваться этой моделью, задачи дизайнера

В результате построения многомерной модели, возникает вопрос: как дизайнер может пользоваться этой моделью? Ситуации когда, фактор имеет варианты выбора (несколько точек на одной оси) или является диапазоном (две точки) не являются редкими. Именно тогда дизайнер может показать свои профессиональные навыки и умения. Его основной задачей становится выявление решения, которое не будет выходить за границы области вариантов.

Каким образом это происходит? Прогоняя разные сценарии (не выходящие за выделенную область) проектирования по выделенным факторам дизайнер получает варианты дизайна объекта, каждый из которых будет являться правильным (решать задачи, поставленные заказчиком).

Пример определения варианта решения представлен на рисунке 2.

В итоге самым обоснованным и точным решением будет то, в котором учтено наибольшее количество факторов.

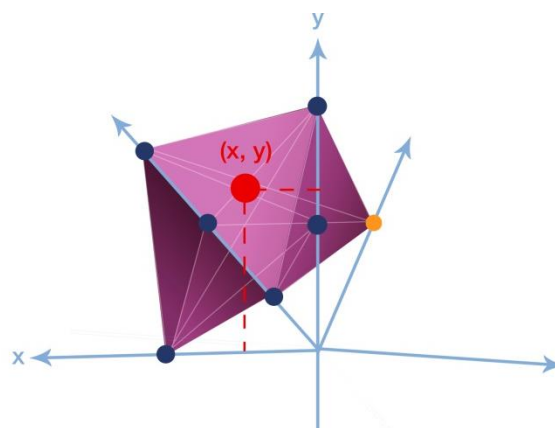


Рис. 2. Пример определения варианта решения (красный круг – дизайн решение,  $x, y$  – координаты дизайн решения в двумерном пространстве)

#### Заключение

В результате, предложен инструмент (многомерная модель), который позволяет проектировать любой объект промышленного дизайна. Многомерная модель решает несколько задач: позволяет сформировать область вариантов решений, позволяет дизайнеру проверить свой вариант дизайна (если вышел за границы области вариантов решений, то допущена ошибка), позволяет оптимизировать процесс проектирования по временному критерию.

В ходе дальнейшей проработки инструмента многомерной модели необходимо ответить на следующий ряд вопросов: как из всей области вариантов решений выбрать единственное, самое лучшее? какое решение самое лучшее? роль дизайнера в выборе этого решения?

#### Список использованных источников

1. Быков З. Художественное конструирование. Проектирование и моделирование промышленных изделий. - Букинистическое издание, 1986.
2. Васин С.А., Талашук А.Ю., Бандорин В.Г., Грабовенко Ю.А., Морозова Л.А., Редько В.А. Проектирование и моделирование промышленных изделий. – М.: Машиностроение-1, 2004.
3. Деграве В.С., Клюкин В.Ю., Полищук М.Н. Автоматизация проектирования на базе САПР SolidWorks. – Политехнический университет, 2005.
4. Дональд А. Норман. Дизайн привычных вещей. – Манн, Иванов и Фербер, 2002.
5. Махоткина Л., Никитина Л., Гаврилова О. Конструирование изделий легкой промышленности. Теоретические основы проектирования. – Учебное пособие, 2017.

# ИНТЕРАКТИВНАЯ ИНСТАЛЛЯЦИЯ В СТИЛЕ PIXEL ART НА ОСНОВЕ СВЕТОДИОДНОЙ МАТРИЦЫ

А.А. Куставинова, А.М. Веснин  
Научный руководитель: А.М. Веснин  
Иркутский государственный университет  
alexandra.kustavinova@gmail.com

## Введение

Digital art (цифровое искусство) — это направление в искусстве, основанное на использовании компьютерных технологий. Но не каждое изобразительное произведение, созданное при помощи компьютера, будет являться цифровым. Основой направления такого искусства, прежде всего, является оригинальная идея или концепция, чаще всего выходящая за рамки графического изображения и традиционных принципов художественного искусства, созданная с использованием современных технологий. [1]

Цифровое искусство многообразно, оно включает в себя различные виды и техники, такие как: цифровые живопись и фотография, электронная музыка, интерактивные инсталляции и т.д. Все виды направлены на преодоление обыденной границы искусства.

Интерактивные инсталляции - это пространственные композиции, созданные из различных элементов, с помощью информационных технологий и представляющие собой одно целое [2]. Область применения такого вида цифрового искусства достаточно широка. Использовать инсталляцию в образовании можно как интерактивный стенд, благодаря которому можно интересно и доступно для понимания донести необходимую информацию. Такой учебный процесс способствует становлению абстрактного мышления, аналитических и дедуктивных способностей, помогающих развитию интеллектуальной деятельности обучающегося. Также интерактивные инсталляции применяются в сфере развлечений как игровая конструкция или же в эстетической сфере, допустим, создавая неповторимую игру света в интерьере.

Все чаще мы возвращаем детали уже ушедших эпох в наш современный мир, окутывая себя атмосферой прошлого. Не стал исключением и Pixel Art, одно из направлений цифрового искусства, использующийся сейчас не как необходимость (как было раньше, когда только появилось это понятие), а как своеобразный уникальный ход, который является минималистичной доступной графикой, способной передавать информацию и ускорять процесс ее восприятия. Преимущество такой разновидности искусства перед традиционным состоит в том, что оно экономит большое количество ресурсов при разработке [3] и предоставляет возможность визуальной доработки, благодаря воображению человека, направленному на моделирование нового образа, отличающегося от предоставленного. Именно это отличает пиксельную графику от реалистичной.

Даже если перестанут существовать устройства, которым будет необходима такая графика, как это уже случилось, то как направление в искусстве Pixel Art останется популярен из-за своего компактного, но одновременно понятного и красочного представления информации, который может создать сам практически каждый. Pixel Art как ностальгия по прошлому.

## Интерактивная инсталляция

Наша интерактивная инсталляция в стиле пиксель-арта выполнена в виде светодиодной матрицы (рис. 1).

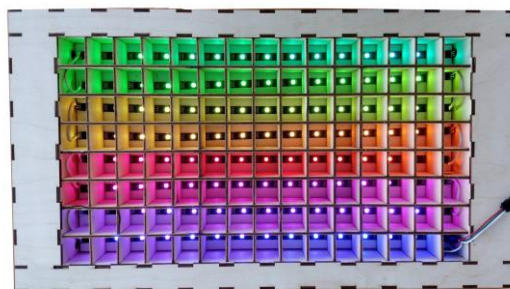


Рис. 1. Модуль

Модуль (блок) представляет собой корпус, разработанный в программе QCAD и изготовленный на лазерном станке, заключающий в себе визуальное световое поле размером 8x15 ячеек (пикселей), каждая из которых содержит адресуемый RGB-светодиод. Устройство может работать как от автономного питания (аккумуляторы), так и от стационарного источника.

## Программное и аппаратное обеспечение

Основной способ взаимодействия системы с пользователем происходит на уровне визуализированной информации через графический интерфейс (GUI), представляющий web-приложение, разработанное с использованием языков программирования JavaScript (frontend) и PHP (backend) [4].

Синхронизация модульного устройства с GUI происходит через микроконтроллерную плату с модулем Wi-Fi, который предоставляет возможность произвольно соединять несколько модулей в сеть так, что они действуют как единое визуальное поле. Микроконтроллер работает под управлением MicroPython, позволяющий доступно управлять электронной периферией.

## Результаты

Предполагается, что разрабатываемый проект будет обладать широким функционалом: позволит решать, как образовательные задачи в сфере обучения программированию младших и средних школьников, так и иметь ценность как эстетический объект в интерьере. На данный момент проведена апробация инсталляции в качестве учебного стенда LedDesk. Было проведено N мастер-классов и курсов на мероприятиях школьного дополнительного образования. Его основная цель - повышение качества учебного процесса, который становится динамичным, современным, а главное результативным. С помощью GUI формируется желаемое поведение инсталляции, позволяя быстро получить необходимый результат. Такое взаимодействие, в виде обратной связи, эффективно влияет на процесс обучения, так как ситуация успеха повышает мотивацию к образовательному и исследовательскому процессу. Более того, к стенду можно подключать дополнительные электронные компоненты (кнопки, потенциометры, фоторезисторы и т.п.), с помощью которых задается нужный образ инсталляции: регулирование яркости свечения, изменение цвета определенных пикселей и другие манипуляции. Такое тактильное взаимодействие создает "эффект присутствия", результатом которого будут яркие, запоминающиеся зрительные образы.

В ходе обучения ученику предоставляется возможность изучить азы программирования и перейти на профильный уровень: программирование игр и спецэффектов, которые являются неотъемлемой частью цифрового искусства.

## Заключение

Разработанная нами интерактивная инсталляция применяется в образовательных мастер-классах, имеющих положительные результаты. На данный момент мы занимаемся разработкой развлекательной и эстетической частями модуля. Планируется разработать дополнительные функции, которые расширили бы возможности GUI для создания

креативных уникальных проектов в стиле Digital Art, например, графический редактор для исполнения и отображения на интерактивной инсталляции пиксель-артов.

Но даже сейчас наша система способна работать в таких направлениях. Обучающийся может сам научиться программировать игры, а благодаря RGB-светодиодам, входящим в компоненты инсталляции, и обучению эффектам - появляется возможность создать ту эстетическую атмосферу, которая нужна в данный момент.

Такой интерактивный стенд возможно применять как в образовательных центрах, в качестве учебного пособия, так и в виде оригинального элемента интерьера - в сфере сервиса, где комфорт и ценность выполняемых услуг формируются не только во время их оказания, но и в период ожидания, где функциональный дизайн в интерьере имеет особое значение. Но как бы инсталляция не применялась, ей всегда будет присущ дух цифрового искусства.

## Список использованных источников

1. Григорьев А.Д., Захарченко Т.Ю. Развитие концепций цифрового искусства // Вестник Оренбургского государственного университета 2015 № 5 (180), С.11.
2. Официальный сайт NEW DIGITALMEDIA: Digital-Art – новое направление в искусстве [Электронный ресурс] - URL: <https://ndm.agency/design-reklama/digital-art-novoe-napravlenie-v-iskusstve/>
3. Каримов А.Ф. Цифровое искусство и сферы его применения // Научный альманах - 2018 - N 4-2(42) - С. 259.
4. Куставинова А.А., Веснин А.М., Ромме А.А., Пестова Ю.В. Учебный виртуальный эмулятор для стенда LedDesk // материалы Международной (21 ежегодной) студенческой научно-практической конференции - 2018 - С.41.

# ВЫЯВЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ РЕШЕНИЙ ПО СОЗДАНИЮ ЭФФЕКТИВНОЙ УПАКОВКИ

Ю.В. Буданова  
Ю.П. Хмелевский

Томский политехнический университет  
yvb11@tpu.ru

## Введение

В настоящее время любая полка или витрина магазина – это поле сражений. На котором различные бренды соревнуются за внимание покупателей. И побеждает, конечно же, тот, чья упаковка привлекает это внимание.

Несомненно, качество самого продукта и состав имеет огромное значение в выборе товара. Но если эти параметры соответствуют заявленным, то продается тот продукт, у которого упаковка будет лучше, чем у конкурентов.

## Задачи дизайнера

Если потребителя, интересует и привлекает необычная упаковка, то возникает вопрос, как сделать упаковку такой, чтобы взаимодействие с продуктом стало событием для потребителя? В данном контексте событие – это нечто важное, то, что запоминается. Одна из основных задач дизайнера – достичь эту цель. А достичь её можно с помощью элемента неожиданности в дизайне упаковки. Упаковка должна быть не только полезной, создавать новый опыт, но и быть полезной, настоящим, живым событием, одна из самых оригинальных и полезных упаковок изображена на рисунке 1.



Рис. 1. Дизайн одноразовой упаковки масла

Уникальность заключается не только в простоте дизайна и удобстве использования. Она не перегружена информацией и правильно расставлены акценты. Говоря об акцентах, стоит помнить, много акцентов = нет акцентов. Дизайн можно считать неудачным, когда в нем отсутствуют лаконичность и четкость подачи информации. Одним из неудачных примеров расстановки акцентов представлен на рисунке 2.



Рис. 2. Дизайн упаковки салата  
Если покупатель будет обращать внимание на

все 40 000 различных товаров, которые предлагаются, то ему придется провести в магазине полдня. Компании ищут дизайнера, способного покорить сердце потребителя за долю секунды [1]. Ведь около 70% решений о покупке потребитель принимает непосредственно во время самой покупки.

## Простота и оригинальность в дизайне упаковки

Чаще всего компании с помощью дизайнера упаковки привлекают покупателей к товару на полке. Но если сконцентрировать внимание только на том, чтобы упаковка выглядела очень ярко и больше всех выделялась, то можно вообще потерять бренд [2]. Говоря о выделении дизайна упаковки среди остальных, не имеется в виду неоновая расцветка или кислотные тона – упаковка должна как можно более экспрессивно представлять бренд, чтобы покупатель мог при одном только взгляде на упаковку понимать, продукцию какой торговой марки он видит перед собой.

Тщательно продуманные и креативные решения, которые представлены экспрессивным и стильным дизайном упаковки, несомненно, будут вызывать только положительные эмоции. Правильный подход и качественная работа повлекут за собой повышение ценности бренда для покупателей, следовательно, рост продаж.

Успешный дизайн упаковки отвечает потребителю на такие вопросы, как:

Это абсолютно новый продукт?

Он удобен в использовании?

Сделает ли он покупателя счастливым?

Продукт вызывает чувство доверия потребителя?

Он уникальный и инновационный?

Можно продолжать перечислять подобные вопросы, но суть в том, что отличие удачного дизайна от неудачного – он отвечает на все эти вопросы.

Джонатан Сандс (Jonathan Sands) – специалист по графическому дизайну делает акцент на том, что при разработке упаковки необходимо быть непредсказуемым.

Так как на рынке существует достаточное количество стереотипных решений, нужно создавать что-то новое, отходить от шаблонов.

Но не нужно стараться создать оригинальность ради оригинальности. Самый лучший способ воплотить уникальные идеи в простых и доступных формах. Усложнение формы может привести к неудобству использования продукта, это тесно связано с экономией собственного времени. Столкнувшись с данной ситуацией на личном опыте, можно привести пример чая компании NL International.



Упаковка чая имеет форму, которая отличается от стандартных. Это вызвало неудобства в плане открывания и закрывания коробки.

Поэтому, при разработке дизайна упаковки, следует учесть, насколько удобен потребителю товар в использовании, как сохранять его и транспортировать.

### Имидж бренда и выбор материалов

Незаменимым пунктом для каждой компании является образ бренда [3]. Он является средством самовыражения бренда, а также сообщает потребителю о сущности продукта.

Не стоит забывать, что создавая уникальный дизайн и образ, нужно идти в ногу со временем, или даже, опережать его. Многие тенденции развития дизайна на рынке связаны не только с конкуренцией, но и с изменением запросов потребителя. Это значит, что в настоящее время люди все больше заботятся о своем здоровье. Следовательно, нужно демонстрировать не только неповторимый образ и дизайн, но и использовать безопасные и природные материалы, чистые цвета, примером такого применения дизайна упаковки может послужить упаковка специй компании Colog на рисунке 3.



Рис. 3. Дизайн упаковки специй

### Визуальная коммуникация бренда

Термин “коммуникация” имеет достаточно много определений. В данном случае термин воспринимается, как: связь, процесс передачи и восприятия информации, контакт, общение и т.п. Полисемия этого слова отражает неоднозначность понятия. Важно понимать, что особенностью коммуникации бренда с потребителем является наличие обратной связи. Если обратной связи нет, то она становится однонаправленной и превращается в трансляцию. Визуальная коммуникация является одним из форм общения.

Дизайнеру важно учитывать, что бренд, в первую очередь нуждается в коммуникации, чтобы информировать потребителя. Но не стоит забывать, что оборот необходимо оформлять грамотно. Аккуратно оформленный и сверстаный оборот помогает компании быть открытой и дружелюбной, а также стать ближе к потребителю. На рисунке 4 показано не удачное оформление оборота компании

Milka. Шоколад, с не очень дружелюбным оборотом.



Рис. 4. Оборот Milka

Бренд существует за счет своей исключительности, иначе он становится похожим на другой бренд, определяя себя как копия или симулякр. Поэтому необходимо применять к тексту фирменные фишки и выделение главного.

### Заключение

Таким образом, сформулированы некоторые критерии, которые помогут в создании эффектной упаковки:

1. Грамотное расставление акцентов, выделение ТОЛЬКО главной мысли
2. Применять креативные решения в создании упаковки
3. В процессе создания, отвечать себе на вопросы, представленные в статье
4. При разработке новой формы упаковки, помнить об удобстве использования
5. Использовать экологичные материалы
6. Представлять информацию о продукте простым и удобным способом

Благодаря своему индивидуальному облику товар способствует формированию повышенной лояльности со стороны торговых сетей и дилеров. Дистрибьюторы все строже предъявляют производителю дополнительные требования к креативу, удобству, функциональности продукции, поэтому дизайн упаковки наиболее важен в современном мире.

### Список использованных источников

1. Цахаев Р.К. Маркетинг: учебник / Т. В. Муртузалиева. - М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2013. - 550 с.
2. Дизайн упаковки. [Электронный ресурс]. – URL: <http://antargo.com.ua/ru/dizayn-stati/dizayn-upakovki.html> (дата обращения 19.11.2018).
3. Упаковка как атрибут бренда. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.rusarticles.com/marketing-statya/upakovka-kak-atribut-brenda-375287/> (дата обращения 15.11.2018).

# РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ЭКСПЕРТИЗЫ ДИЗАЙНА САЙТА С ЦЕЛЮ ВЫЯВЛЕНИЯ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ЕГО ИЗМЕНЕНИЙ

Е.Е. Козаченко

А.В. Шкляр

Томский политехнический университет

eek18@tpu.ru

## Введение

В настоящее время область Web-дизайна развивается и набирает обороты. Большое количество специалистов в данной области обладая техническими и дизайнерскими навыками, порой не могут выявить потребность в редизайне интерфейса сайта. Это приводит к тому, что дизайнер приносит те изменения в сайт, которые не были нужны. А это в свою очередь может принести к сайту с некачественным интерфейсом, которых на данный момент огромное количество. [1] На данный момент – это является актуальной проблемой в интернете. Именно поэтому была поставлена цель сформулировать критерии, которые помогут провести экспертизу сайта и легко выявить потребность в редизайне продукта.

## Формирование этапов экспертизы сайта

Существует огромное количество информации про редизайн сайта. Можно легко найти способы изменения интерфейса сайта как для начинающего дизайнера, так и для опытного специалиста в данной области. Все эти способы не объясняют причину, по которой требуется та или иная процедура изменения сайта. Именно на основе изученной информации был сделан вывод о необходимости создать единую методику для выявления недочетов. [2]

На рисунке 1 представлена схема взаимосвязи тех составляющих дизайна сайта, которые нужно проанализировать для выявления ошибок.



Рис. 1. Взаимосвязь составляющих дизайна интерфейса

При выявлении взаимосвязи составляющих интерфейса можно сделать вывод, что экспертизу сайта следует проводить поэтапно – это облегчит дизайнеру поиск ошибок.

Этапы:

1. Оценка цветового решения и шрифтов;
2. Оценка эргономики сайта (юзабилити);
3. Оценка логичности модульной сетки.

Первым этапом выявления ошибок является анализ цветового решения и шрифтов, потому что, если интерфейс содержит текстовые блоки с трудночитаемым шрифтом или неудобный для глаз пользователей цвет фона, то пока специалист не

найдет решение проблемы, переходить к эргономике сайта нет никакого смысла.

То же самое касается и модульной сетки. Будет логичным сначала структурировать расположение информации, текстовых блоков, иконок и других составляющих сайта так, чтобы было удобно пользователю, с точки зрения эргономики и потом на основе модульной сетки привести все объекты страницы в структуру.

## Апробация метода с помощью сайта ВКонтакте

ВКонтакте уже давно стал частью жизни большинства молодежи России и стран ближнего зарубежья. В 2016 году сайт ВКонтакте претерпел незначительные изменения в плане дизайна из-за смены руководства. На что получил негативный отклик со стороны пользователей.

## Цветовое решение и шрифты

Дизайн сайта ВКонтакте является минималистичным и не отвлекает от содержания сайта. Это можно считать достоинством сайта, так как сайт имеет разносторонний контент, который является, как и развлекательным, так и профессиональным.

Цветовое решение сайта имеет два основных цвета – белый и синевато-серый. Синевато-серый – это фон сайта, а белый используется в качестве блоков на которых располагается информация. За счет серого фона, белые блоки выходят на передний план, тем самым делая акцент на информации.

Синий цвет является акцентным, который используется в шапке, в иконках и в тексте, так же присутствуют дополнительные цвета в шрифтах – черные и светло-синий. В сайте выделен текст, который имеет ссылку светло-синим с подчеркиванием, что является правилом при создании сайта. Черный шрифт применяется обычный статичный шрифт в текстовых блоках. ВКонтакте использует шрифт без засечек, такой шрифт легко читается с экрана монитора.

Такое цветовое решение стало частью фирменного стиля ВКонтакте, и уже давно полюбили аудиторию. Цветовое решение не требует изменений, потому что не раздражает глаза и не отвлекает от контента, в данном случае, его изменение привело бы к потере узнаваемости со стороны пользователей.

## Юзабилити

Социальная сеть ВКонтакте создала дополнительные функции, которые требовали размещение на сайте. Если рассматривать сайт, в целом можно увидеть закономерность расположений функций.

Так же сайт предоставляет возможность выбора для пользователей. Пользователь может сам выбирать как настраивать аккаунт, используя при этом

обширный список возможностей, так же пользователь может использовать классический или обновлённый интерфейс в сообщениях. Давая возможность выбора пользователю, говорит о том, что разработчики думают о его комфорте.

Но существуют моменты где можно улучшить эргономику сайта. [3] В качестве примера по улучшению юзабилити сайта была использована вкладка «Новости».

На новостной странице лента с новостями зажата между двумя колонками, правая из которых могла бы занимать меньше места, что бы сама новостная лента стала шире, так как пролистывая ленту вниз можно заметить большое пустое пространство под правой и левой колонкой.

На рисунке 2 можно заметить, что в правой колонке находится фильтр новостной ленты. Фильтр включает в себя такие критерии:

- Фотографии;
- Видеозаписи;
- Друзья;
- Сообщество;
- Подкасты;
- Понравилось;
- Рекомендации;
- Поиск;
- Обновление и т.д.

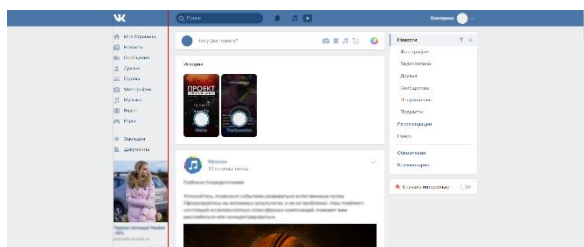


Рис. 2. Дизайн вкладки «Новости» до редизайна

Для удобства пользователя данные критерии можно представить в виде иконок – это уменьшит ширину правой колонки и появится возможность расширить новости. Расширение новостной ленты дает возможность прокручивать курсор мышки вниз меньше, тем самым упрощая просмотр. Выше новостной ленты находится раздел «Истории». Данный раздел статичен, но если раздел можно будет свернуть по желанию пользователя, то это даст больше пространства для новостей. Исходя из этих изменений, можно сделать вывод, что расширение новостной ленты позволит пользователю полностью сосредоточить свой взгляд на содержании ленты, не отвлекаясь на рекламу и на боковые колонки.

На рисунке 3 представлены изменения вкладки «Новости».

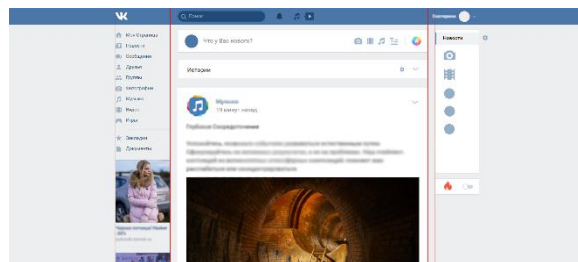


Рис. 3. Дизайн вкладки «Новости» после изменений колонок

### Модульная сетка

Когда находишься на сайте ВКонтакте, можно обратить внимание на то, что сайт обладает некой закономерностью, то есть каждая вкладка будь то новости, страница пользователя, сообщения, группы и т.д. обладает модульной сеткой, которая разбивает сайт на три колонки. Таким образом благодаря сетки разработчики разбили зоны для удобного пользования. Левая колонка – это основная панель, с помощью которой пользователь может перемещаться в тот или иной раздел. Колонка по середине – основная рабочая зона, данную характеристику она получила исходя из функций. В этой зоне обычно происходит какой-либо процесс, а точнее, просмотр новостей, музыки, списка друзей и т.д. Правая колонка чаще всего участвует как фильтр и рекомендации, но на странице пользователя она является рабочей и более информационной.

### Заключение

В результате применения метода к сайту ВКонтакте можно сделать вывод о том, что данная методика помогла проанализировать поэтапно сайт, выявить плюсы и минусы интерфейса. Несмотря на то, что методика состоит из трех пунктов, полученной информации в вполне достаточно для того, чтобы определить целесообразность редизайна интерфейса сайта. Вовремя экспертизы можно заметить, как взаимодействуют между собой составляющие сайта, так же данная методика позволяет проанализировать изменения сайта после редизайна.

### Список использованных источников

1. Веб-редизайн: книга Келли Гото и Эмили Котлер: - Пер. с англ. - СПб: Символ-Плюс, 2003. - 376 с.
2. Что такое редизайн и как его сделать? [Электронный ресурс] [biznesprost.com](http://biznesprost.com/rukovodstvo/chto-takoe-redizajn.html). - URL: <http://biznesprost.com/rukovodstvo/chto-takoe-redizajn.html> (дата обращения 07.10.2018).
3. Редизайн сайта: что это такое и кому он нужен? [Электронный ресурс] <https://1ps.ru>. - URL: <https://1ps.ru/blog/sites/2016/redizajn-sajta-chto-eto-takoe-i-komu-on-nuzhen/> (дата обращения 17.10.2018).

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНТЕРЬЕРНОГО СВЕТИЛЬНИКА «СИНХРОНИЯ»

А.В. Коротун, Е.М. Давыдова, В.Ю. Радченко, А.А. Олиференко, Н.С. Канкеева  
Томский политехнический университет  
tat\_Korotun@mail.ru

## Введение

Сегодня искусственные источники освещения востребованы во всех областях человеческой деятельности – в быту, на производстве, в научных исследованиях и других сферах общества. Рынок светотехники предоставляет большой ассортимент светильников, которые разделяют по разным характеристикам, начиная от расположения, заканчивая материалами и степенью защищенности. Основные свойства классифицируют по месту применения (открытое пространство, помещение), по способу распространения света (прямое, отраженное, диффузное, асимметричное, регулируемое освещение), по месту установки, по функциям, типу ламп и другим [1]. Покупатель, обращая внимание на все перечисленные выше признаки, выбирает подходящий объект исходя из своих потребностей.

**Цель работы:** проектирование оболочки светильника.

Для достижения поставленной цели были определены основные **задачи**:

- Используя метод художественного формообразования создать образ, который будет заложен в основу формирования внешнего облика продукта.
- Найти механизм, который не только поможет совместить в светильнике две основные функции - дополнительный источник освещения и ночник, но и будет удобен и прост в использовании потребителем.
- Спроектировать 3D модель.
- Создать работающий прототип светильника.

## Этапы проектирования

Проектирование необходимо начинать с определения целевой аудитории и назначением. Создаваемый объект направлен на пользование как женской, так и мужской аудиторий начиная от подросткового возраста и старше. Назначение – интерьерный настольный светильник для спальни. Продукт будет совмещать в себе функции дополнительного источника освещения в комнате и ночника, играть роль элемента декора.

## Эскизы и стилизация

На первом этапе создавалась концепция, содержащая в себе основную идею художественного образа. Для создания образа были собраны изображения рыб, которые своими телами и синхронными движениями, создавали различные пластичные формы, характерные для обитателей моря. Также на этих изображениях присутствовал естественный источник освещения – солнце, которое, создавало

эффект внутреннего свечения косяка. Основой концепции послужило синхронное движение стаи рыб в едином направлении. На данную тему был создан эскиз, представленный на рисунке 1.



Рис. 1. Эскиз

Созданная оболочка ночника больше напоминала волны, а не движение рыб. В последующих эскизах происходило изменение формы, каркас которой обладал криволинейными очертаниями, но так как подобную конструкцию сложно создать из простых материалов, не прибегая к 3D печати, от нее пришлось отказаться в пользу более простых форм.

За основу оболочки был взят цилиндр, форма которого усложнялась за счет нанесения стилизованного изображения рыб в виде прорезей и добавления к основанию пластичных силуэтов, напоминающих флористические формы морской тематики, что подчеркнет основную концепцию проекта.

## Разработка конструкционного решения

Второй этап проектирования - разработка конструкции. Ночники в основном используют для создания в комнате приглушенного освещения в ночное время суток [2]. Днем или вечером данный объект не используется в качестве основного или дополнительного источника света, так как излучаемые потоки недостаточно яркие. Все вышеперечисленные характеристики ночника сокращают круг потребителей. Расширению аудитории покупателей способствует внедрение в проектируемый объект дополнительных функций, заключающиеся в способности регулировать яркость света, так объект можно будет использовать в качестве ночника или настольной лампы, выступать в роли дополнительного источника освещения в комнате в разное время суток.

Был произведен поиск различных механизмов, отвечающих выше описываемой функции. Одним из решений стал принцип работы жалюзи.

В ходе поисков была предложена конструкция планетарной передачи, представленной на рисунке 2. Принцип работы состоит в том, что в движение приводится солнечная шестерня, расположенная в центре механизма, которая вращает спутники одновременно вокруг своей оси и по кольцевой шестерне [2]. Данный принцип работы позволит не только ламелиям крутиться вокруг своей оси, но и перемещаться по кругу, данная дополнительная

возможность будет только усложнять конструкцию. Для цилиндрического светильника, подобный механизм должен располагаться сверху и снизу формы, что затруднит процесс замены лампочки, светильник получится неразборным. В связи с этим описанная конструкция была исключена в данном проекте.

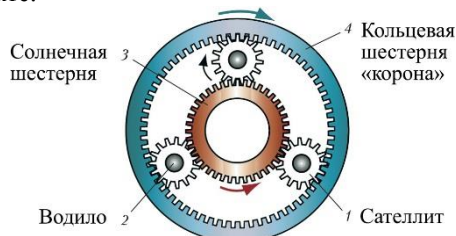


Рис. 2. Планетарная передача

Так как основная идея светильника заключается в регулировке света, были найдены более простые способы решения поставленной задачи. Следовало отказаться от принципа жалюзи, вращения ламелей вокруг своей оси, сделать их неподвижными. Вместо одного ряда планок сделать два, внутреннюю окружность, вращающуюся за счет установленного подшипника в основании светильника, и внешнюю – неподвижную, на каждой расположить ламели друг от друга на расстоянии их ширины. Процесс регулировки света проходит следующим образом, при повороте центральной окружности планки либо встают друг за другом, что позволит использовать светильник в качестве настольной лампы, либо планки центральной окружности занимают пустующие проемы переднего ряда, преобразуя объект в ночник. Для легкого регулирования потока света к центральному ряду, наверху цилиндра добавить элемент, за который можно взяться и прокрутить планки.

В итоге оболочка светильника представляет собой цилиндрическую форму. Основанием выступает подшипник, на котором размещается платформа с отверстием под цоколь лампочки, и с прорезями для установки на ней ламелей. Верхняя часть представляет собой цилиндрическую поверхность с зубьями, по форме напоминающую шестеренку, на ней также располагаются прорези, которые крепятся к ламелям. К этой части конструкции добавляется еще одна цилиндрическая поверхность, поворачивая которую, человек осуществляет передвижение ламелей по кругу. Она также имеет в центре отверстие, чтобы потребитель смог заменить лампочку. Внешняя часть подшипника обрамлена элементами похожими на шестеренки такими же что используются в верхней части объекта. Они выступают в качестве второго ряда ламелей, которые не двигаются. Планки крепятся в прорези снизу и сверху. В зубья верхней и нижней частях корпуса вставляются декоративные элементы. На ламелях изображается стилизованный узор

рыб, который выполнен в сочетании гравировки с прорезями.

### Создание действующего промышленного образца

Материалом для светильника выбрана фанера, так как она считается экологичной. За технологию взята лазерная резка, которая позволяет получить изделие высокого качества за короткий промежуток времени.

Перед тем как начать делать макет, была выполнена 3D модель основного корпуса светильника. Декоративные элементы выполнялись в графических редакторах, так как они представляли собой сложные криволинейные формы, которые необходимо было скомпоновать на листе размером с фанеру, так чтобы минимизировать количество отходов при резке. Готовый макет представлен на рисунке 3.



Рис. 3. Действующий образец светильника

### Заключение

В ходе проделанной работы была достигнута поставленная цель – спроектирована оболочка светильника. Выполнены основные задачи. Создана концепция продукта. Проанализированы различные механизмы. Выбран наиболее подходящий, который соединил в продукте две функции, облегчил конструкцию, сделал ее удобной для пользования потребителем. Подобран экологичный материал. Создан действующий макет светильника.

### Список использованных источников

1. Светильники. Виды и классификация. Типы и маркировка [Электронный ресурс] / Электросам.ру – URL: <https://electrosam.ru/glavnaja/jelektroobustrojstvo/osveshhenie/svetilniki/> (дата обращения 19.11.2018)
2. Веклич, С. Н. (кандидат педагогических наук) . О работе над проектом "Интерактивный ночник с USB-портом" / С. Н. Веклич, П. С. Черемухин // Школа и производство .— Б.м. — 2016 .— № 7 .— С. 21-25
3. Шувалов, С. А. Учебное пособие по расчету планетарных и волновых передач / С. А. Шувалов ; Под ред. Д. Н. Решетова .— М. : МВТУ, 1984 .— 42 с.

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА ФЛОРИСТА НА ОСНОВЕ ПРИНЦИПА МОДУЛЬНОСТИ

А.О. Усманова, А.И. Фех  
Научный руководитель: А.И. Фех  
Томский политехнический университет  
alya1694@mail.ru

## Введение

Рабочее место - это часть рабочего пространства, в котором находится производственное оборудование, и с которым взаимодействует человек в процессе рабочей деятельности. Оптимизация рабочего пространства способствует эффективной, качественной и безопасной работе [1].

Профессия флориста очень интересна, однако содержит в себе ряд сложностей; за красивым оформлением таится колоссальный труд работника как умственный, так и физический. Флористу приходится каждый раз создавать произведение искусства посредством составления уникальных цветочных композиций, а также большую часть времени проводить на ногах. Именно специфику работы стоит учесть при проектировании рабочего места.

Объектом проектирования было выбрано рабочее место флориста. Цель работы разработка дизайн-проекта с изучением и анализом эргономических методов исследования, методов художественного формообразования и остальных правил проектирования. Задачи для реализации проекта: обзор и анализ аналогов, проработка идеи и составление концепции, изучение нормативов и ГОСТов, выбор цветового решения и подбор подходящих материалов, а так же визуализация и макетирование объекта проектирования.

## Существующие решения

При рассмотрении аналогов существующих рабочих мест были выявлены плюсы и минусы конструкторских особенностей, на основании которых составлена концепция в проектировании, учтены важные факторы, нуждающиеся в модернизации. Данное исследование предполагало выбрать несколько существующих рабочих мест в флористической сфере деятельности и учесть перечисленные критерии. Рабочее место флориста может быть в зоне действия магазина-студии как дополняющий объект, или же быть неким отдельным структурным элементом, например островная зона в торговом центре. Оборудование рабочей зоны флористов включает в себя главным образом большую рабочую поверхность, используемую непосредственно для составления букетов, а также множество ящиков и полочек, которые несут в себе элемент выставочного оборудования – презентации цветочных композиций, а также непосредственно хранения упаковочной бумаги, лент и другой профессиональной атрибутики.

## Создание концепта

Метод исследования существующих рабочих мест помог структурировать плюсы и минусы, с целью определить дальнейшие действия в модифицировании объекта. Таким образом на основании проведенных исследований было выявлено что дальнейшая проектная деятельность будет направлена на создание многофункционального рабочего места флориста по принципу модульности. Модуль - это величина, принимаемая за основу расчета размеров какого-то предмета. Модульная система в проектировании предполагает изготовление оборудования из унифицированных элементов [2].

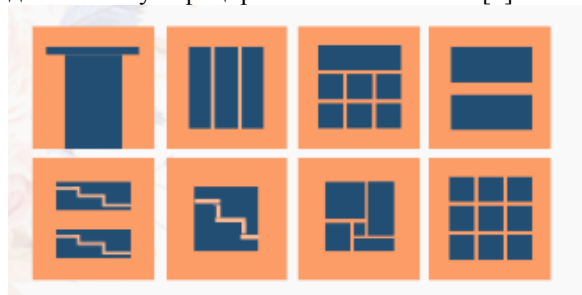


Рис. 1. Модульные элементы, эскизирование

Создание эскизных вариантов решения проекта послужило отправной точкой в решении конструкторской задачи. В данном случае за основу модуля был взят куб, с различными вариациями ящичков-полочек, а также многофункциональность в постановке объектов. Эскизный набросок модульных элементов отражает в себе различные вариации структурных элементов, возможных в данном решении проекта.

Эскизный вариант был переработан в программе быстрой визуализации Sketch Up, с целью более наглядного представления объектов без учета масштабирования.



Рис. 2. Эскизная визуализация модулей в Sketch Up

Техническая часть разработки рабочего места флориста заключалась в следующем: исходя из исследований и утвержденного проекта был учтен главный критерий в проектировании при работе

стоя, а также изучены необходимые ГОСТы-ГОСТ 12.2.033-78; ГОСТ 12.2.032-78; ГОСТ 12.2.049-80; ГОСТ 21889-76; ГОСТ 22269-76 [3].

Далее последовал выбор материалов, были изучены характеристики материалов и их применение в промышленности[4]. Выбор остановился на дереве ДСП и пробковом покрытии. Данные материалы являются экологичными, а также несут в себе некий психологический аспект, который близок к специфике работы флориста, прослеживается некая связь- дерево-природа-цветы.

Для наглядного представления итогового варианта проектирования была выполнена визуальная подача проекта, в программе 3d Max.



Рис. 3. Визуализация модульного рабочего места в программе 3d Max

Выбор разработки визуализации был остановлен на программе 3d Max, т.к. данная программа может создать реалистичную визуализацию, анимационный ролик, показывающий модульную систему и выдвигаемые структурные элементы объекта, а также различную компоновку модульных элементов рабочего места.

Сборочный чертеж каждого отдельного модульного элемента выполнен в программе AutoCAD, спецификация составлена в Autodesk Inventor.

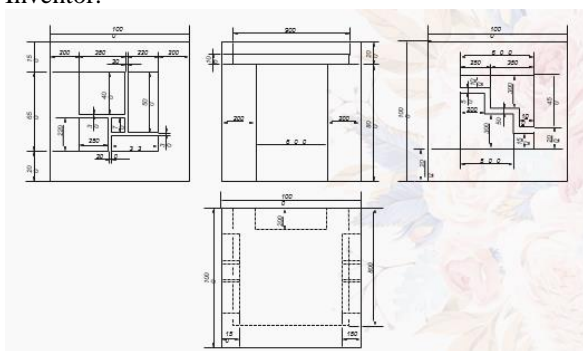


Рис. 4. Сборочный чертеж в AutoCAD одного из модулей рабочего места

Также важным критерием в проектировании является выбор цветовой палитры, поскольку используемые материалы для рабочего места флориста натуральные-дерево, что в свою очередь показывает взаимосвязь с природой, исходя из этого цветовая палитра ориентирована на использование

теплой цветовой гаммы. Для более гармоничного восприятия проекта были добавлены яркие элементы флористики.

Завершающим этапом проектирования является создание макета, полностью передающего визуальную характеристику проекта и изготовленного по чертежам согласно масштабу.



Рис. 5. Макет двух модулей из ДСП

### Заключение

В процессе реализации проекта были исследованы и изучены классификация и аналоги рабочих мест, методы, этапы и особенности проектирования, ГОСТы, СНИПы и нормативы, регламентирующие правила проектирования, а также многообразие материалов и технологий создания рабочего места.

На основе изученного материала было спроектировано модульное рабочее место флориста. Рабочее место состоит из 4 независимых модулей и стойки. Модульность позволяет создавать более гармоничную композицию из нескольких объектов, при этом разнообразно разделяя помещения на зоны. Актуальность работы заключается в отсутствии конкурентоспособных моделей модульного проектирования, которые бы объединяли в себе эстетику и многофункциональность.

### Список использованной литературы

1. Инженерная психология и эргономика. Хрестоматия Автор: С.Ю. Манухина Издательство: ЕАОИ, 2009. – 224 с.
2. Дизайн. Материалы. Технологии [электронный ресурс]: энциклопедический словарь / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ); под ред. В.И. Куманина; под ред. М.С. Кухта – Томск: Изд-во ТПУ, 2011.
3. База ГОСТов [электронный ресурс]-режим доступа <http://www.internet-law.ru/gosts/gost-map.htm> (дата обращения 15.09.2018)
4. Материалы в дизайне [электронный ресурс]-режим доступа [https://life-prog.ru/1\\_17651\\_materialiv-dizayne.html](https://life-prog.ru/1_17651_materialiv-dizayne.html) (дата обращения 19.09.2018)
5. Фех А.И. Эргономика: Учебное пособие. – Томск: ТПУ, 2014 – 119 с
6. Методика художественного конструирования. – М.: ВНИИТЭ, 1983. /б. Минервин Г.Б., Устинов А.Г., Федоров М.Б. и др.

# ТРЕБОВАНИЯ К МОБИЛЬНЫМ СИСТЕМАМ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ В СТАЦИОНАРНЫХ МЕДИЦИНСКИХ УЧРЕЖДЕНИЯХ

Л.О. Козлова

Научный руководитель: А.В. Шкляр  
Томский политехнический университет  
e-mail: lianavso.o@gmail.com

## Введение

Одна из главных целей при реабилитации пациентов в стационарных медицинских учреждениях – поддержание активности больного.

Длительное пребывание в отделении интенсивной терапии является вынужденным следствием тяжелого течения многих острых и хронических заболеваний. Обездвиженность порождает множество осложнений, а эти осложнения существенно ухудшают исход основного заболевания. При длительном лежании возникают проблемы, связанные с сосудами, костями, органами дыхания, нервной системой и т.д.

Медицинские приборы жизнеобеспечения создают препятствия для мобильности – пациенты присоединены к аппаратам искусственной вентиляции легких, устройствам для введения инфузионных растворов, они окружены катетерами, пробирками и оборудованием для жизнеобеспечения и мониторинга состояния пациента. Обеспечение мобильности воспринимается как сложная задача, и поэтому таких пациентов часто лечат постельным режимом.

## Необходимость нового решения

Существующие портативные устройства жизнеобеспечения обычно не обеспечивают пользователю независимую мобильность, поскольку пациенты всё так же нуждаются в помощи и надзоре. Кроме того, многие из таких устройств не являются складными и переносимыми.

Например, существует большое количество медицинских стоек, которые предназначены для подвешивания инфузионных растворов. Кроме того, они обычно используются для крепления легочного вентиляционного оборудования, мониторов жизнедеятельности и других медицинских устройств. Существует несколько недостатков обычных медицинских стоек: они очень тяжелые, их трудно хранить и транспортировать; они представляют непривлекательный вид; их низкоцентрированная поворотная основа делает их чрезвычайно трудными для перемещения пациента. Также если нет никаких защитных механизмов, которые предотвращают потерю равновесия верхней части стойки вместе с любым прикрепленным к ней оборудованием от падения вниз, – возможны повреждения дорогостоящего оборудования и нанесение травм пациенту.

Создание портативной системы хранения медицинских устройств жизнеобеспечения, приобретает важное значение, поскольку она бы повысила мобильность пациента. А повышение мобильно-

сти, в свою очередь, приведет к улучшению процесса выздоровления пациента. Портативная система хранения может удерживаться на теле пациента и переноситься с помощью крепежных средств, например, в виде гибкого ремня или плечевого ремня, сумки или тележки, передвигаться без помощи пользователя или перемещать пользователя с собой до определенного момента и т.д.

Портативная система хранения также может использоваться для стационарной работы и быть установлена возле больничной койки или прикреплена к ней. Кроме того, область применения портативной системы хранения может быть расширена: она может быть полезной при транспортировке медицинских устройств в труднодоступные места, при транспортировке и хранении каких-либо устройств в путешествиях, в образовательных учреждениях, дома, на работе и т.д.

Предпочтительные примеры медицинских устройств, которые могут быть установлены в мобильную систему хранения для транспортировки пользователем, включают в себя устройство неинвазивной искусственной вентиляции легких, амбулаторное инфузионное устройство, инсулиновый инфузионный насос, систему амбулаторного мониторинга артериального давления, амбулаторный импульсный монитор, амбулаторное устройство электрокардиограммы и т.п.

Система хранения также может включать в себя устройство непрерывного сбора и оценки нескольких жизненно важных признаков пациента (соприкасаться в каком-то месте с телом человека, для отслеживания) и сообщать в случае отклонения от нормы в дежурное отделение больницы. Таким образом, интегрируя в систему хранения устройства для отслеживания жизненно важных показателей здоровья, можно проводить непрерывный долгосрочный мониторинг, не мешая повседневной деятельности пациентов и не ограничивая их мобильность. Также можно предусмотреть «тревожную кнопку», если пациент чувствует ухудшение самочувствия и ему требуется вызвать помощь.

## Проблемы пользователей

Потребности пациентов в стационарных медицинских учреждениях сильно отличаются от потребностей "среднего" пользователя. Они могут иметь пониженную физическую силу или выносливость (например, усталость, связанную с хронической болью или вследствие недавно перенесенной операции), нарушенные зрительные, слуховые, познавательные способности или комбинации этих



состояний. Способность пациентов управлять портативной системой хранения медицинских устройств жизнеобеспечения зависит от их личных характеристик, в том числе: *сила и выносливость; физическая ловкость, гибкость и координация; сенсорные способности; когнитивные способности; сопутствующие заболевания (т. е. множественные состояния или заболевания); грамотность и языковые навыки; общее здоровье; психическое и эмоциональное состояние; уровень образования и обучения по отношению к медицинскому состоянию; общие знания о подобных устройствах; знание и опыт работы с конкретным устройством; умение учиться и адаптироваться к новому устройству; а также готовность и мотивация использования нового устройства.*

Независимо от возможностей пользователей основное требование при проектировании заключается в том, что портативная система хранения должна быть безопасной; вторичное требование заключается в том, что она должна являться функциональной (для людей с любой физической, сенсорной, когнитивной или эмоциональной инвалидностью "доступность" приравнивается к "функциональности"). Так же портативная система хранения должна предусматривать удобство использования и, возможно, предусматривать индивидуальную настройку для потребностей отдельных пользователей.

#### **Принципы универсального дизайна**

При проектировании портативной системы хранения устройств жизнеобеспечения нужно выдвинуть требования к объекту. Помимо международных и национальных стандартов следует обратиться к руководствам, связанным с концепцией универсального дизайна, которые содержат полезную информацию, относящуюся к потребностям пользователей. Универсальный дизайн учитывает потребности широкого спектра потенциальных пользователей объекта, что имеет значение при проектировании медицинских устройств.

Ниже приведены примеры того, как принципы универсального дизайна могут применяться к проектированию портативной системы хранения медицинских устройств жизнеобеспечения:

- Принцип 1. Универсальное использование.

Улучшение доступности может увеличить количество людей, для которых система хранения будет являться подходящей, и, следовательно, повышение мобильности будет относиться к большему количеству людей.

- Принцип 2. Гибкость в использовании.

Управление системой может соответствовать индивидуальным характеристикам, способностям

и предпочтениям пользователей, если её можно использовать разнообразными переключателями, которые могут быть активированы с помощью различных частей тела (например, руки, ноги, щеки). Нужно обеспечить пользователю выбор в методе использования.

- Принцип 3. Простое и интуитивное использование.

Система хранения должна быть интуитивно понятной и логичной в использовании. Необходимо устранить ненужную сложность и организовать информацию в соответствии с её важностью.

- Принцип 4. Воспринимаемая информация.

Возможно предусмотреть, чтобы какие-то показатели системы передавали информацию в нескольких сенсорных режимах с целью максимизировать связь.

- Принцип 5. Низкие физические усилия.

Конструкция может использоваться эффективно, комфортно и с минимальной усталостью, минимизируются повторяющиеся действия. Например, сенсорные кнопки, которые активируются легким прикосновением не требуют силы.

- Принцип 6. Эргономичность.

Элементы портативной системы хранения должны быть эргономичными и легко взаимодействовать с пространством, должна быть обеспечена четкая видимость всех важных элементов.

#### **Заключение**

В результате данной работы на основе принципов универсального дизайна были получены требования к проектированию портативной системы хранения медицинских устройств жизнеобеспечения. При учете данных требований, за счёт портативности и эргономичности конечного продукта, могут быть улучшены доступность и удобство использования как для пациентов, так и для самих врачей.

#### **Список использованных источников**

1. Белкин А.А., Алашеев А.М. и соавт. Нейромышечные расстройства. Национальное руководство по интенсивной терапии. Т. 1. М., 2009; с. 357–60.

2. ГОСТ Р МЭК 62366-2013 Изделия медицинские. Проектирование медицинских изделий с учетом эксплуатационной пригодности [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200105683> (Дата обращения: 20.11.2018)

3. Принципы универсального дизайна, версия 2.0 [Электронный ресурс] - Режим доступа: [https://projects.ncsu.edu/design/cud/pubs\\_p/docs/poster.pdf](https://projects.ncsu.edu/design/cud/pubs_p/docs/poster.pdf) (Дата обращения: 19.11.2018)

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВЕТЕРИНАРНОГО СТОЛА ДЛЯ ОСМОТРА С ФОРМИРОВАНИЕМ ЭСТЕТИЧЕСКОГО ОБЛИКА

Е.В. Анашкина, А.И. Фех  
Научный руководитель А.И. Фех  
Томский политехнический университет  
eva22@tpu.ru

## Введение

Существует огромное количество мебели для ветеринарных кабинетов, но не все соответствуют требованиям эргономики. Важнейшим элементом мотивации работников является удобство и комфорт на рабочем месте, это важно и для сохранения состояния здоровья, работоспособности и удовлетворения эстетической потребности. По данным ВЦИОМ, 76% россиян имеют домашних животных. В городах открывается большое количество ветеринарных клиник, поэтому проектирование рабочего стола для ветеринарного осмотра не теряет своей актуальности. Профессия ветеринара востребована в любые времена, животные нуждаются в осмотрах, лечении и т.д.

## Организация рабочего пространства

Целью данной работы является организация и проектирование рабочего места ветеринара, для того, чтобы труд его был наиболее эффективным и комфортным. Эргономические и антропометрические характеристики – это требования, которые будут учтены при проектировании рабочего места. Задачей является создание дизайн-проекта рабочего стола для осмотра животных ветеринарным врачом. Стол должен отвечать следующим требованиям – эргономичность, современный дизайн, компактность, мобильность. Если рабочее место спроектировано грамотно и функционально, то и врачу, и его пациенту будет комфортно. Важно чтобы оборудование было не только удобным, но и легко моющимся и гигиеничным.

Предпроектные работы состоят из последовательных этапов: сбора информации и ее обработки. Необходимые сведения возможно получить путём изучения информации из различных источников. Организация рабочего места должна обеспечить приложении меньших усилий, меньшую утомляемость, безопасность работы, эргономичность рабочих объектов. При проектировании не обходимо взять во внимание психофизиологический фактор, для определения тяжести и напряженности труда, темп и ритм работы, позу, монотонность труда. Эти факторы дают возможность оценить качественные стороны трудового процесса.

Анализ рабочих задач, прототипов проектируемого объекта, деятельности человека, является первым этапом эргономической деятельности на стадии эскизного проекта. При проектировании рабочего места необходимо использовать методы антропометрического анализа, методику предпроектного анализа, метод моделирования, поиск идей, аналитические методы, соматография.

Прежде чем приступить к проектированию, осуществляется оценка уже существующих вариантов рабочего места, посредством сбора и обработки информации. Для этого применяется метод предпроектного анализа. Этот этап включает в себя анализ уже существующих предметов дизайна для контроля своего собственного проекта и формирование его замысла, поиска аналогичных решений. Благодаря такой базовой подготовке возможно избежать риска переработки проекта на эскизной стадии.

В классическом понимании ветеринарный стол включает в себя два основных элемента - столешница на обычных ножках, либо с роликами для свободного перемещения стола. Какую бы комплектацию ни имел стол, особенности его одни и те же. Во время осмотра животное должно быть хорошо зафиксировано, материал необходимо подобрать который в дальнейшем можно легко мыть и дезинфицировать. Столешница должна быть оборудована ремнями для закрепления животного. Стол необходимо выполнять из качественных материалов, чтобы была возможность поддерживать его в рабочем состоянии длительное время, и регулярно чистить, и дезинфицировать, не нанося урон мебели. На основе изученного материала была создана клаузура.

## Проектирование рабочего места

В ходе подготовки изучена соответствующая литература, а также аналоги столов, предлагаемые на рынке профессионального оборудования. Основной целью являлась гармония между функциональностью и эстетичностью. При анализе аналогов можно выявить такие недостатки как: отсутствии дополнительных технических деталей, облегчающих работу врача, невозможность регулировки высоты стола, скудность эстетического разнообразия. Последующим этапом стала разработка технических чертежей.

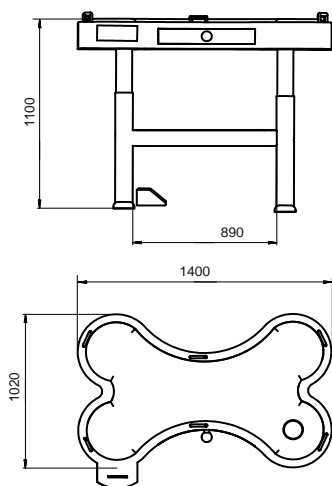


Рис. 1. Габаритный чертеж рабочего стола

Каркасом стола выбран полипропиленовый профиль. Стол из этого материала легко может комплектоваться полками, встроенным оборудованием и техническими надстройками. А также расширенная палитра цветов помогает выполнить эстетическую функцию. В столешницу вмонтирован резиновый коврик, для того чтобы избежать скольжение животного по столу и выполняет эстетическую функцию.

Также стоит обратить внимание на выбор фурнитуры, в качестве крепёжных изделий использованы шурупы, шканты, втулки, петли, шариковые направляющие. С помощью фурнитуры обеспечивается неподвижное и подвижное соединение деталей мебели. Стол оснащен выдвижным ящиком для хранения, и ящиком для гигиенических салфеток. Ящик в столе необходим неглубокий, для того чтобы минимизировать факт потери мелких инструментов.

Роль выдвижных систем достаточно важна, поскольку они дают возможность максимального выдвижения ящика. Таким образом вытащить его содержимое не составляет труда. Шариковые системы позволяют полностью выдвигать ящик и могут выдержать большой вес. Некоторые конструкции выдерживают около 60 килограммов. Установить шариковые направляющие можно в любой плоскости. [1]

Организация рабочего пространства, досягаемость, характеристики обзорности обусловлены прежде всего положением тела работающего человека. [5] Стол спроектирован таким образом, что в положении и стоя и сидя, будет комфортно работать. Для расчетов между высотой рабочей поверхности и стула основной базой отсчёта служит пол. Эргономичность стола заключается в возможности регулировать высоту стола.

Завершающим этапом стала визуализация объекта.

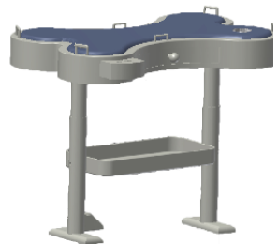


Рис. 2. Визуализация рабочего стола

### Заключение

В результате проделанной работы поставленная цель, заключающаяся в проектировании ветеринарного стола для осмотра с формированием эстетического облика, была выполнена. В процессе работы подтвердилась значимость и актуальность курсового проекта «Разработка и проектирование рабочего места ветеринарного врача». Рабочий стол должен быть приспособлен для высокопроизводительной работы с минимальными затратами усилий и времени. Практическая значимость работы заключается в том, что проектируемое изделие возможно использовать по прямому назначению. Был выбран наиболее подходящий материал под специфику работы, соблюдено соответствие эргономики и эстетики.

### Список использованных источников

1. Власов Ю.А., Тищенко Н.Т. Основы проектирования и эксплуатации технологического оборудования: Учебное пособие. - Томск, изд. Томского ГАСУ, 2004. - 277 с.
2. Андреев С. В. Кадровое делопроизводство. 2-е издание, перераб. И доп. – М.: Альфа-Пресс, 2005. – 352 с.
3. Самыгин С. И., Зайналабидов М. С., Маниев З. Г., Учеб. Пособие. – Ростов н/Д: Феникс, 2005, 480с.
4. Разработка и оформление конструкторской документации РЭА. Справочное пособие / Романчева и др. – М.: 2007.
5. Раздорожный А.А. Охрана труда и производственная безопасность: Учеб. пособие для вузов/А.А. Раздорожный. -М.: Экзамен, 2005. -51 Ос.
6. Овчинникова Р.Ю. Дизайн - проектирование: теоретические основания и специфика. Омский научный вестник Выпуск № 1-105 / 2012

# АКТУАЛЬНОСТЬ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ТЕЛЕЖКИ ДЛЯ ДОСТАВКИ ПИЩИ В СТАЦИОНАРАХ

И.А. Бринюк, Е.М. Давыдова  
Томский политехнический университет  
ibrinyuka@gmail.com

## 1. Введение

Медицинское оборудование - это объект материальной культуры, который обладает объективными физическими и субъективными чувственными характеристиками, заключающимися в форме.

С уверенностью можно сказать, что вся техника движется по пути развития технологий, конструкций и материалов. Важно правильно и рационально использовать современные технологии. Ведь одни и те же технологии, с одной стороны, могут улучшать нашу жизнь, с другой делать ее сложнее.

Однозначно успешность дизайна медицинского оборудования формируется в основном, активным развитием технологий. Это отражается и во внешнем виде изделий. Ведь роль технологий максимально реализоваться в объекте через инструментальные и результативные функции.

В современном мире основным направлением в проектировании медицинского оборудования, является зарубежный опыт разработки. Данное направление, отличает не просто видимая эстетика внешняя форма изделия, а концептуальный подход к процессу проектирования, где значительную часть времени занимает не только сам дизайн, а глобальное исследование и поиск проблематики системы в целом.

Ведущие производители медицинского оборудования определяют высокую значимость эргономики, воздействие на окружающую среду и экономическую эффективность, сосредоточив внимание на повышении удобства пользования этими устройствами. Если в прошлом в основе конкуренции на рынке медицинского оборудования лежало стремление сделать изделие максимально простым и дешевым, то в наше время акцент смещается в сторону удовлетворения все более обширных запросов потребителя, как в лице врачей, так и в лице пациентов.

Долгое время успешность дизайна медицинского оборудования формировалась в основном выверенным балансом формы и функциональности. Затем, активное развитие новых технологий нашло отражение во внешнем виде изделий, а на дизайнерские решения существенное влияние стали оказывать новые технологии и материалы [1].

## 2. Анализ существующих решений

Особенностью стационарного лечения является постоянное нахождение большой группы людей круглосуточно в одном помещении. Решающая роль в обеспечении ухода за больным принадлежит среднему и младшему медицинскому персоналу. Кормление больных в стационарах – это трудоемкий процесс, в котором участвуют несколько специалистов. Пища привозится в палату в теплом виде на специальных передвижных тележках. Одним больным нужно принести дополнительный кроватный столик, других нужно кормить специалистам, с помощью специальных устройств [2].

Целью проекта, является создание тележки для доставки пищи и дополнительного оборудования больным в палату, которая удовлетворяла потребности каждого больного и упрощала работу специалистам.

Актуальность данной темы обусловлена тем, что питание - одно из главных условий существования человека. Качество, ассортимент потребляемых пищевых продуктов, своевременность и регулярность приема пищи решающим образом влияют на жизнедеятельность организма. Поэтому немало важным фактором является хранение и транспортировка пищи. Ведь от соблюдения этих факторов зависит свежесть продуктов и содержание в них полезных веществ.

Для реализации поставленной цели, был проведен анализ существующих решений – Рисунок 1,2,3.



Рис. 1. Бюджетные тележки для доставки пищи  
Данные тележки обладают наименьшим количеством функций. Тележки данного типа, предназначены непосредственно для доставки пищи в палату.



Рис. 2. Тележки с минимальным набором функций  
Тележки данного типа, предназначены для доставки пищи в палату и сбора грязной посуды. А также они обладают минимальным количеством модульности.



Рис. 3. Тележки с наибольшим набором функций  
Данный тип тележек, предназначен для доставки пищи в палату и сбора грязной посуды.

Также в тележках данного типа, присутствуют такие функции как, подогрев и охлаждение пищи, дезинфекция продуктов питания.

Анализ проводился по эстетическим, эргономическим, конструктивным и функциональным характеристикам. С целью выявления достоинств и недостатков существующих решений.

- Эстетические характеристики – эстетические свойства, характеризующие способность изделия через чувственно воспринимаемые образы удовлетворить потребности человека и общества в эстетическом идеале. Соответствие изделия эстетическим требованиям характеризуется такими показателями как, информационная выразительность, рациональность формы, целостность композиции, совершенство производственного исполнения и стабильность товарного вида.

С эстетической точки зрения, существующие решения имеют ряд существенных недостатков.

Малоэстетичный внешний вид. Грубая конструкция, которая делает существующие решение непривлекательными и пугающими, что плохо влияет на эмоциональное и психическое состояние больного.

- Эргономические характеристики – эргономические свойства, характеризующие удобство и комфорт эксплуатации изделия в системах «человек – среда – изделие». К эргономическим свойствам относятся антропометрические, физиологические свойства [3].

С эргономической точки зрения, существующие решения имеют ряд существенных недостатков.

Недостатки: Сложность работы с нижними полками, Отсутствие удобства транспортировки еды. На некоторых существующих решениях, отсутствует специальные крепления под посуду.

- Конструктивные характеристики – конструктивные свойства, характеризующие конструкцию изделия. К конструктивным свойствам изделия относятся выбор материала, формообразование, габариты. Кроме этого, следует учитывать свойства материала, погрешности изготовления размеров и форм, тип покрытия, вид обработки, технологические требования [4]. С конструкторской точки зрения существующие решения имеют ряд существенных недостатков.

Недостатки: Нерациональное использование габаритов тележки. Тележки с большой вместительностью, обладают достаточно большим весом и имеют большие габариты. Некоторые существующие решения имеют способность к опрокидыванию.

- Функциональные характеристики – функциональные свойства, которые характеризуют основные назначения товаров. Важной характеристикой функциональных свойств изделия является универсальность применения, характеризуемая широтой диапазона условий и возможностей использования изделия по назначению. Универсальность применения зависит от выполнения ряда вспомогательных функций. Универсальность тележки может определяться конструкцией, позволяющей использовать ее в качестве доставки пищи или сбора грязной посуды. Вспомогательные функции расширяют возможности и повышают удобства использования [5]. С функциональной точки

зрения существующие решения имеют ряд существенных недостатков.

Недостатки: Существующие решения имеют минимальный функционал. Специалистам приходится закупать несколько тележек для доставки еды, сборки грязной посуды, транспортировки постельных столиков, доставки специального оборудования, для кормления тяжело больных пациентов.

### 3. Заключение

Проведя анализ существующих решений, можно сделать вывод, что они имеют недостатки и нуждаются в доработке. При проектировании тележки необходимо улучшить внешний вид изделия, сделать его более привлекательным. Следует не забывать про улучшение эргономических характеристик. Заменить материал корпуса, сделать его более легким и удобным в использовании, также следует улучшить положение и устройство рукояти. Улучшить конструктивные характеристики, доработать элемент передвижения, а именно нижние колесики. Увеличить количество мест для транспортировки еды, с минимальными габаритами изделия. Улучшить функциональные характеристики, сделать тележку для доставки пищи более функциональной. Внедрить современные технологии.

Таким образом, можно сделать вывод, что улучшение этих показателей, поможет значительно увеличить эффективность транспортировки продуктов. Сделает проектируемый объект более функциональным и востребованным, как в государственных, так и в частных стационарах. Значительно облегчит работу специалистов, путем рационального использования площади тележки. А также обеспечит нахождение пациентов в стационаре, более благоприятным. Ведь если пациент больше не будет видеть грубую конструкцию, а будет видеть эстетически идеальную тележку, то у него не возникнет эмоционального и психического расстройства.

### 4. Список использованных источников

1. Современные технологии в проектировании медицинского оборудования [Электронный ресурс] // 2018. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-podhody-v-proektirovanii-innovatsionnogo-meditsinskogo-oborudovaniya> (Дата обращения: 17.11.2018).
2. Особенности психологического климата в стационаре [Электронный ресурс] // 2018. URL: <https://psy.wikireading.ru/11932> (Дата обращения: 17.11.2018).
3. Эргономика и техника эстетики [Электронный ресурс] // 2018. URL: <https://pandia.ru/text/80/271/64064.php> (Дата обращения: 17.11.2018).
4. Конструктивные характеристики детали [Электронный ресурс] // 2018. URL: <https://studfiles.net/preview/819959/page/4/> (Дата обращения: 17.11.2018).
5. Характеристика потребительских свойств. Функциональные свойства [Электронный ресурс] // 2018. URL: [https://vuzlit.ru/266360/harakteristika\\_potrebitelskih\\_svoystv](https://vuzlit.ru/266360/harakteristika_potrebitelskih_svoystv) (Дата обращения: 17.11.2018).

# ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО ЭСКИЗНОГО РЕШЕНИЯ В ПРОЕКТИРОВАНИИ ФОТОБИОРЕАКТОРА

М.А. Викулова, Ю.П. Хмелевский  
Томский политехнический университет  
mascha.vikulova@yandex.ru

## Введение

Формообразование является неотъемлемой частью дизайн проектирования. Формообразование в дизайне заключается в создании организованного взаимосвязанного единства всех свойств проектируемого объекта, таких как конструкция, внешний вид, цвет, фактура, технологическая целесообразность [1]. Гармоничные узнаваемые формы, приятные фактуры и цвета поверхностей – это первое, на что обращает внимание пользователь при первом знакомстве с объектом.

В данной статье рассматривается один из этапов дизайн процесса – эскизирование на примере проектирования фотобиореактора для выращивания микроводорослей в домашних условиях. На современном рынке представлены фотобиореакторы исключительно для промышленного производства. А разработанный дизайн корпуса фотобиореактора для домашнего использования отсутствует.

Одним из решений данной проблемы является поиск художественного образа, который будет служить основой для дальнейшего проектирования. Таким образом, целью данного исследования является выявление наиболее оптимального эскизного варианта фотобиореактора с использованием метода экспертных оценок. Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

- Поиск и анализ образов;
- Создание эскизов на основе выбранных образов;
- Проведение оценки эскизов;
- Выбор наиболее оптимального решения для дальнейшего проектирования.

## Анализ образов для создания формы фотобиореактора

Фотобиореактор является устройством для выращивания в домашних условиях микроводорослей как пищевой добавки. Микроводоросли, хлорелла и спирулина, имеют большую питательную ценность, они являются источником белков, углеводов, витаминов и минералов.

Исходя из основной функции (выращивание микроводорослей) [2] данного устройства были выбраны 4 художественных образа.

Так как микроводоросль развивается в жидкой среде, проектируемый объект связан с водой, и первым художественным образом является волна. Данный образ обладает изящными плавными линиями и будет интуитивно понятен пользователю. Волны могут быть высокие бурные и грозные, а мо-

гут быть теплыми и ласковыми, данные характеристики могут быть использованы для придания характера форме объекта.

Так как вода прозрачная, некоторые элементы объекта могут быть выполнены из прозрачных материалов. Также цвет волн может быть использован при выборе колористического решения для проектируемого объекта. Можно использовать цвета в диапазоне от светло-голубого до темно-синего (Рисунок 1).



Рис. 1. Образ волны

В следующем сценарии образом послужили капли росы на листьях. Данный образ имеет множество вариаций по форме, одна капля может поглощать другую, также как один объект может находиться внутри другого объекта. В данном образе присутствует вариативная цветовая палитра, многообразии зеленых и синих оттенков, а также гармоничное их сочетание (Рисунок 2).

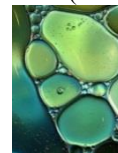


Рис. 2. Образ капли

Так как фотобиореактор предназначен для выращивания микроводорослей, образом для следующей сценографии послужили диатомовые водоросли. Это водоросли, клетки которых обладают своеобразным «панцирем», состоящего из диоксида кремния. Данный «панцирь» обладает необычной бионической структурой, которая может быть использована при проектировании элементов корпуса фотобиореактора. Также форма клетки, форма усеченного конуса, является подходящей для емкости для выращивания микроводорослей (Рисунок 3).

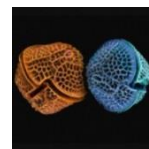


Рис. 3. Образ клеток

Последним художественным образом является полупрозрачная рыба шар. На основе данного образа емкость для выращивания микроводорослей

можно сделать прозрачной. Также можно позаимствовать шарообразную форму и шероховатую фактуру при проектировании емкости (Рисунок 4).



Рис. 4. Образ рыбы-шар

### Создание эскизов на основе выбранных образов

Представленные выше образы послужили основой для формообразования фотобиореактора. На каждый образ был создан эскиз с использованием программного обеспечения Autodesk SketchBook Pro (Рисунок 5).



Рис. 5. Эскизы фотобиореактора

Эскизы отображают форму проектируемого объекта, его колористическое решение, а также сценарий взаимодействия с устройством. Предположительно на эскизах корпус изготавливается из пластика, а емкость для выращивания – из прозрачного пластика.

### Анализ эскизов

Первым этапом была проведена самостоятельная оценка эскизов по 10 балльной шкале по 4 критериям: целостность композиции, колористическое решение, эргономика взаимодействия с объектом и технологичность изготовления. Результаты оценки представлены на рисунке 6.

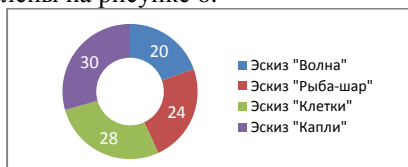


Рис. 6. Диаграмма самостоятельной оценки эскизов

На втором этапе была проведена оценка эскизов с использованием метода экспертных оценок. Экспертная оценка была получена методом Дельфи. Целью метода «Дельфи» является получение информации высокой степени достоверности в процессе анонимного сбора и оценки мнений участников экспертных групп для принятия решения.

Экспертиза проводилась для выявления преимуществ и недостатков каждого эскиза, а также наилучшего варианта для дальнейшего проектирования. В число экспертов входили 12 человек, из

них 9 преподавателей и 3 студентов магистратуры по направлению «Промышленный дизайн».

Для проведения экспертизы была составлена гугл форма, в которой каждый участник опроса мог анонимно оценить эскизы по 10 балльной шкале тем же критериям. Также участники по желанию могли оставить вопросы и комментарии касательно каждого эскиза.

Полученные баллы по каждому критерию были суммированы и выведена итоговая оценка для каждого эскиза. Результаты экспертной оценки представлены на рисунке 7.

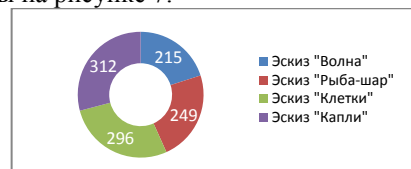


Рис. 7. Диаграмма с результатами экспертной оценки

### Заключение

В процессе работы были созданы 4 эскиза на основе выбранных образов. Также была проведена оценка эскизов, благодаря которой были выявлены достоинства и недостатки каждого концепта. По результатам самостоятельной оценки эскизов и проведенного исследования методом экспертных оценок эскиз с образом «Капля» был оценен наиболее высокими баллами. Данный вариант обладает гармоничным цветовым решением. Также панель управления выделена цветом, что акцентирует внимание на область взаимодействия с объектом. Форма является возможной для изготовления из пластика методом литья. Также данный вариант является наиболее эргономичным с точки зрения расположения панели управления и взаимодействия с емкостью для выращивания микроводорослей.

### Список использованных источников

1. Бондарев Ю.И. Формообразование как основа дисциплин «Дизайн-проектирования» и «Рисунок» // Наука. Искусство. Культура. - 2016.- №4. - С. 111-120.
2. Промышленный дизайн: учебное пособие/ под ред. Б.Е. Кочегаров. – ДВГТУ, 2006. – 153 С.
3. Табачникова Э. Ю. Особенности применения метода «Дельфи» в компаниях сферы консультационных услуг [Электронный ресурс] / Молодой ученый. — 2014. — №16. — С. 289-292. — URL <https://moluch.ru/archive/75/12692/> (дата обращения: 11.11.2018).

# ТЕХНОЛОГИИ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ФОРМООБРАЗОВАНИИ МОДУЛЬНОЙ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЙ ТЕПЛИЦЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АДАПТИВНЫХ ОБЛУЧАТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

А.В. Цыглова, А.А. Захарова  
Томский политехнический университет  
alexandra.ind\_design@mail.ru

## Введение

Исследования в дизайне являются фундаментом в решениях, которые сопутствуют проблемам, рассматриваемым на конкретной задаче. Дизайнер же помогает заказчику решить проблему, используя традиционные методы и современные технологии, предлагая найти оптимальное решение, отвечающее потребностям пользователя.

Дизайн должен быть сосредоточен вокруг исследований, чтобы понять потребности и нужды покупателей.

Далее обозначены некоторые методы исследования, которые необходимы при начальном проектировании любого объекта дизайна с применением технологий и их воплощение при помощи различных компьютерных технологий.

## Роль дизайна и его влияние на современные технологии

Решения задач в традиционных методах дизайна заключается в создании набора эскизных решений и проработки важных деталей вручную. Однако, из-за трудоемкости процесса отсутствует возможность подробной обработки всех вариантов и возможность проведения полного анализа поведения объекта и воздействия на него различных факторов.

При развитии технологий появились новые возможности для моделирования объектов, их быстрого модифицирования и преобразования. Визуализация объекта дает возможность точного воспроизведения свойств и функций в виртуальной среде. Объемную фигуру можно рассматривать в различных ракурсах, меняя расстояние до объекта, приближаясь или отдаляясь. При создании анимированных решений возможно наблюдать поведение объекта при работе, движении, эксплуатации и так далее. В любой момент воспроизведения действия объекта его состояние может быть зафиксировано, воспроизведено и сохранено.

Дизайнер, за счет таких технологий, создает форму объекта и придает модели необходимых свойства, учитывая современные тенденции на рынке.

Менеджеры компаний уверены, что именно дизайн является средством для обеспечения роста продаж в условиях глобальной конкуренции [2]. Дизайн решает главные задачи для коммерческого успеха продукта:

1. Удобство эксплуатации продукта, которое связано с безопасностью использования, простотой и интуитивно понятным интерфейсом. Внешний вид объекта должен обозначить пользователю свое назначение.
2. Удобство обслуживания. Данный параметр особенно важен для технических устройств, которые требуют частого технического обслуживания и ремонта.

3. Внешние качества. Привлекательность объекта, его соответствие тенденциям, моде и имиджу способно вызвать у потребителя гордость владения им.
4. Дизайн оболочки продукта должен соответствовать предназначению, а также отражать философию и миссии компании производителя.
5. Снижение затрат на производство и оборудование. Материалы, функции и другие факторы, которые влияют на себестоимость продукта и затраты при его производстве [4].

Дизайн становится обязательным аспектом в деятельности компаний и переходит на новый уровень. Из обычного и традиционного придания продукту формы и эстетических свойств он становится одним из мощнейших инструментов маркетинга, занимает одну из основных ролей в создании продукта, и помогает компаниям реализовывать инновационные проекты, которые будут конкурентоспособными на рынке.

## Компьютерные технологии в дизайне продукта

Несмотря на развитость технологий и количества существующих изобретений, появление новых решений с расширением их возможностей продолжается. И периодически появляются новые способы хранения и обработки различных данных, формируются новые трехмерные реалистичные пространства и их анимация. Компьютерные технологии стали прочно связанными с дизайнерской деятельностью и являются незаменимым инструментом при работе над проектом.

Современные программные пакеты, созданные специально для дизайнеров, совмещают в себе не только художественно-графическую и конструкторскую составляющую, но и способны заменить смежных специалистов. Главным достоинством применения компьютерных технологий в дизайне является значительное сокращение сроков создания модели, моделирование ее поведения в среде, при эксплуатации, работе и переход на производство нового изделия [5].

## Применение технологий в формообразовании

Дизайн определяется как вид творческой деятельности, которая направлена на проектирование нового промышленного продукта с взаимодействием технической, функциональной и эстетической составляющей как некий результат данной деятельности [3].

Традиционно форма имела больший приоритет перед технологией и периодически опережала развитие технологии. Улучшение технологии способно увеличить как свойства изделия, так и достигнуть высокого экономического уровня эффективности.



Высокотехнологичное производство может выпускать продукцию на основе своих индивидуальных технологий, так как в данный момент наблюдается рост спроса и повышается рост потенциальных покупателей-заказчиков.

Производственный процесс выполняется дизайнером в форме изделия в проектировочной стадии, при этом его соответствие действительной технологии изготовления может как присутствовать, так и отсутствовать [1].

При разработке модульной теплицы использовалась программа для 3D визуализации, позволяющая рассмотреть эргономичность, устойчивость, функциональность и оптимальность созданной формы, чтобы определить ее соответствие задачам проекта. На рис. 1 представлена форма, которая имеет треугольные модули, соединенные между собой всевозможной конфигурацией для любых климатических условий.

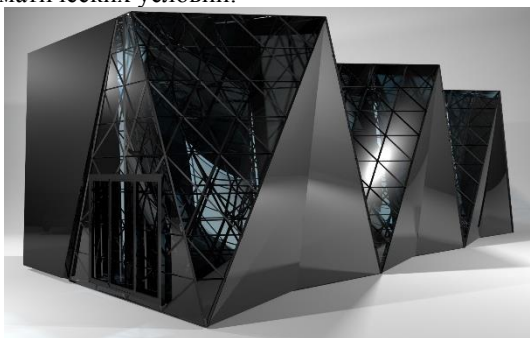


Рис. 1. Формообразование модульной теплицы при помощи 3D визуализации.

Применение технологий 3D моделирования дает возможность устранить ошибки построения конструкции на начальном этапе проектирования, определиться с итоговой формой объекта, проверить поведение объекта, а также проверить материалы в виртуальной среде без дополнительных затрат на экспериментальную часть выполнения проекта.

В процессе проектирования и разработки требования к продукту должны быть переведены на язык необходимых технических характеристик и определены возможности создания продукции, необходимой потребителю. А также рассмотрены все аспекты и факторы, соответствующие ожиданиям потребителя и качеству.

Поставленная задача предполагает получение конкретного результата. Поэтому для достижения результата при проектировании продукта не масштабного серийного производства, необходимо провести замену аналитической работы проектированием и выявить зависимость назначения продукта, с учетом производственных факторов, от выбора метода проектирования.

Стоит учитывать, что в соответствии с выбранным методом и содержанием работ по проекту на разных стадиях разработки будут различаться в зависимости от входных данных.

Применяя трехмерные модели при проектировании можно практически исключить из списка ра-

бот испытания и существенно сократить траты. Путем создания реальной ситуации в виртуальном пространстве у дизайнеров появляется возможность проверить конструкцию и материалы объекта в экстремальных условиях и выявить недостатки проекта. Таким образом можно выявить влияние свойств конечного продукта на дизайн-проектирование.

Для примера можно рассмотреть один из параметров и какие он имеет ограничения по материалам, при условии, что известно входное решение.

В зависимости от назначения продукта, возможно выбрать другой метод проектирования для объекта. От необходимого решения, и исходя из знания как ведет себя модель, как ведет себя технология в процессе проектирования, можно создать качественный продукт.

### Заключение

Компьютерные технологии значительно упростили не только работу дизайнера, но и ускорили процесс производства нового продукта, его тестирование и прототипирование в сравнении с традиционными методами проектирования. При помощи таких технических программ можно сократить время и бюджет производства путем проверки объекта в виртуальной среде, что приводит к более быстрому результату и оптимальному для производства решению. А создание зависимости метода проектирования от материалов продукта существенно повысит эффективность процесса разработки и позволит создать рекомендации к требованиям конструкции на основе базы данных, которые связывают необходимые параметры.

### Список использованных источников

1. Базилевский А.А. Технология и формообразование в проектной культуре дизайнера. Автореферат диссертации по искусствоведению, специальность ВАК РФ 17.00.06 – 2006. Москва.
2. История дизайнерского искусства. [Электронный ресурс] URL:[http://www.i2r.ru/static/255/out\\_22151.shtml](http://www.i2r.ru/static/255/out_22151.shtml) 1 (Дата обращения: 20.19.2018)
3. Кочегаров Б.Е. Промышленный дизайн: Учеб. Пособие. Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2006. – 297 с.
4. Преимущество 3D-графики перед 2D-объектами [Электронный ресурс]. – URL: <http://cpu3d.com/preimushstva-3d-grafiki-pered-2d-obektami/> - дата обращения 20.03.2018
5. Некрасова И.В. Влияние информационных технологий на дизайн. XVII Международная научно-практическая «Современные техника и технологии». Г. Шахты, Шахтинский институт (филиал) ГОУ ВПО «Южно-Российский государственный технический университет (Новочеркасский политехнический институт)» Труды конференции. -С.342-343.

# ВЫБОР ЦВЕТОВОГО РЕШЕНИЯ В ДИЗАЙНЕ ИНТЕРЬЕРА ДЕТСКОЙ КОМНАТЫ ДЛЯ ДЕТЕЙ ДОШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА

К.М. Шевелева

Ю.П. Хмелевский

Томский политехнический университет

kms2@tpu.ru

## Введение

Целью данной работы является общая характеристика цветовой гаммы в детской комнате и ее влияния на ребенка.

Задачи исследования: выявить проблемы цвета и цветового пространства; понять, как влияют цвета на психику ребенка.

Актуальность проводимого исследования определяется, прежде всего, тем, что позволяет установить наиболее подходящие варианты цветового решения в дизайне интерьера детской комнаты. Кроме того, данное исследование дает возможность сделать ряд выводов относительно влияния цвета на психическое состояние ребенка.

Научная новизна работы заключается в том, что совершена попытка систематизировать описание цветов, что в последствие влияет на выбор цветового решения в дизайне интерьера детской комнаты ребенка дошкольного возраста.

Практическая ценность данного исследования состоит в том, что его результаты могут быть использованы при разработке лекционных курсов по психологии и дизайна, в практике дальнейшего изучения влияния цветовой гаммы на человека, а также на практических занятиях по психологии и дизайна интерьера.

## Анализ цветовых решений для детских комнат

Цвет – это международный визуальный язык, понятный всем, поэтому, когда человек пытается общаться или передавать что-то через дизайн интерьера, нет лучшего способа сделать это, чем применить цвет. [1].

Наиболее важно темой в современном мире является подбор цветовой гаммы для комнаты ребенка. В зависимости от возраста предпочтения ребенка в цветах, что несомненно важно учитывать, изменяются. Так, для детей в возрасте от 0 до 3 следует отдать предпочтения пастельным тонам: оттенки мяты, ваниль, молочно-белый. Психологи рекомендуют использовать в интерьерных решениях для детей дошкольного возраста уже более контрастные, яркие, активные цвета [2]. Колористическое решение интерьеров детских комнат активно воздействует на ребенка: либо положительно влияет на его психологическое самочувствие, а также развитие; либо может отрицательно повлиять даже на процесс обучения и может стать преградой, мешающей ребенку проявлять творческую индивидуальность. Так как в возрасте от 3 лет до 9 ребенок наиболее развивается, «впитывает» в себя информацию, имеет разные потребности, поэтому крайне

необходимо советоваться со своим ребенком и на этом этапе его взросления правильно подобрать цветовое решение комнаты для его успешного развития [3].

Рассмотрим 3 варианта цветовых сочетаний.

Первый вариант, представленный на рисунке 1, хорош тем, что сочетает нейтральные стены с ярким акцентным предметом интерьера на полу.



Рис. 1. Первый вариант цветового решения  
Белый и светло-серый хорошо и гармонично смотрятся с контрастными цветами.

Преимущество такого интерьера в его легкой реализации. Достаточно ввести в интерьер пару акцентных предметов в виде текстиля – покрывала, подушки, шторы, как из скучной и однотонной комнаты она превратится в что-то более интересное и увлекательное для ребенка.

Тут важна мера, главное, не переусердствовать с добавлением ярких предметов, иначе такой интерьер не даст расслабиться ни морально, ни физически.

На мой взгляд, яркие цвета в данном интерьерном решении могут стимулировать активное поведение ребенка, но в то же время нейтральный цвет стен способен успокоить малыша при необходимости.

Также цвет используют и для визуального изменения величины, высоты, длины помещения. Светло-серый цвет зрительно увеличивает пространство, придает ощущение света, создает иллюзию простора.

Мебель в этом интерьере выбрана также в нейтральном цвете – белом. Отлично сочетается и со стенами, и с полом, и с яркими акцентами. Белый цвет в интерьере детской помогает ребенку улучшить его самочувствие и успокоиться. В отличие от ярких цветов белый не окажет сильного воздействия на психику ребенка и является универсальным. Но абсолютно белую комнату ребенку делать нельзя. Малышу необходимы для хорошего настроения и ощущения жизни яркие краски. Также бежевый цвет является универсальным и по своим психологическим свойствам схож с белым.

Плюс второго варианта интерьера детской, представленного на рисунке 2, в том, что считается,

что голубой цвет способен положительно влиять на нервную систему ребенка, нормализует кровяное давление и улучшает общее состояние и так же как зелёный, содействует успокоению и расслаблению.

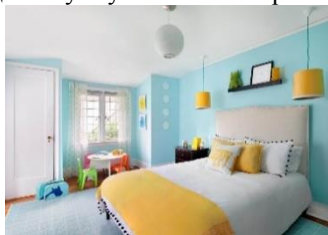


Рис. 2. Второй вариант цветового решения

Можно сказать, что комбинация голубого цвета с песочным, а так же применение персикового, выглядит как удачное решение. Такие цветовые сочетания актуальны для активных малышей, так как исключают перевозбуждение нервной системы.

К тому же, песочный цвет можно заменить ярким желтым. Желтый является одним из наиболее подходящих цветом для детской комнаты. Это цвет солнца, он повышает настроение ребенка. Он улучшает внимание, влияет на умственную деятельность.

Желтый цвет, как красный и оранжевый считается активным, в какой-то мере даже агрессивным цветом, поэтому его не следует использовать в детской ребенка в больших количествах, как базисный цвет, если ребенок слишком живой и беспокойный.

Вариант третьего цветового решения для детской комнаты ребенка дошкольного возраста представленный на рисунке 3, можно оценить как не совсем удачным. Данное цветовое решение интерьера помещения скорее подходит для подростка.



Рис. 3. Третий вариант цветового решения

Для оформления детской комнаты не желательны слишком темные оттенки цветов. Это связано с тем, что, чем ближе оттенок любого цвета к черному, тем более угнетающее воздействие на восприятие и психику ребенка оказывает.

Насыщенный синий цвет помогает снять нервное напряжение. Но несмотря на это и на всю его красоту в интерьере детской это не самый удачный цвет. Он имеет право на существование, но он не должен быть основным, как представлено в этом интерьере. Можно отметить, что две темно-синие стены друг напротив друга создают ощущение давления стен. К тому же синий

цвет в большом объеме подавляет настроение. Ребенку в такой комнате будет тоскливо и неуютно.

Использование коричневого цвета популярно у взрослых, а вот малышу такой цвет быстро надоест. Данный коричневый в сочетании с синим выглядит угнетающе. Такое цветовое решение не уместно для ребенка. За счет темных стен комната выглядит маленькой и неуютной.

Возможно, для получения радостных эмоций данный интерьер можно разбавить каким-либо ярким акцентом. Это может быть как и плед на кровать, другой цвет занавесок или, допустим, яркая большая игрушка ребенка.

#### **Заключение**

При проектировке детской комнаты к выбору цвета стоит подойти со всей ответственностью. По мнению психологов, дети наиболее чувствительны к цвету. Поэтому цветовые сочетания мебели, стен, предметов декора существенно повлияют на самочувствие, уровень активности, на настроение, творческую и умственную деятельность.

Анализируя вышеперечисленные варианты по выбору цветовой гаммы для детской, наиболее оптимальным является сочетание двух цветов. Например, если ребенок склонен к творчеству, но в то же время у него есть проблемы со сном, тогда можно окрасить комнату в голубой цвет и добавить небольшие акценты в виде мебели в желтом цвете [4].

Таким образом, выбор цветовой гаммы должен иметь индивидуальный подход. Все цвета имеет множество определенных характеристик, и у разных людей вызывают различный спектр эмоций. Все дети разные, кто-то слишком активный, кто-то наоборот пассивный, и тогда цветовая гамма комнаты должна быть сопутствующей, чтобы выявить успокоить ребенка, или наоборот, вызвать у него всплеск эмоций за счет активных цветов.

#### **Список использованных источников**

1. Психология цвета в интерьере и значение основных цветов [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.gold-interior.ru/psihologiya-cveta-v-interiere.html> (дата обращения 19.11.2018).
2. Советы психологов по оформлению интерьера детской комнаты. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.dynasty-dv.ru/articles/sovety-psihologov-po-oformleniyu-interera-detskoy-komnaty-i-vyboru-cvetov-dlya-detskoy-foto> (дата обращения 17.11.2018).
3. Макарова В. В. Дизайн помещений: стили интерьера на примерах. – М.: БХВ-Петербург, 2011. – 160 с.
4. The Role Of Colors In Interior Design. [Электронный ресурс]. – URL: <https://homedit.com/the-role-of-colors-in-our-live> (дата обращения 17.11.2018).

# ПРОЦЕДУРНАЯ ГЕНЕРАЦИЯ ЛАНДШАФТОВ

К.Б. Фёдоров

Научный руководитель: О.Б. Фофанов, к.т.н., доцент ОИТ  
Томский политехнический университет

kbfl@tpu.ru

## Введение

В настоящее время создание игр является очень популярным направлением. Современные технологии позволяют заниматься разработкой не только крупным компаниям, но и небольшим студиям. Процесс создания видеоигр состоит из многих этапов, одним из которых является создание «игрового мира». Это трудоёмкий процесс, занимающий большое количество времени. Следовательно, автоматизация данного процесса поможет существенно сэкономить время разработчиков.

Алгоритмическое моделирование природных и искусственных процессов, влияющих на внешний вид локаций, называют **процедурной генерацией ландшафта** [1]. Это популярное направление стало известно, в основном, благодаря компьютерным играм [2], однако в последние годы также используется и в кинематографе. Используя данный подход можно в короткие сроки получить уникальный ландшафт [3]. Также этот подход позволяет создавать «игровые миры» непосредственно перед запуском, что уменьшает размер самой игры и позволяет перепройти игру на новой карте.

Целью данного проекта является разработка специализированного набора средств для процедурной генерации ландшафта.

## Требования к функциональности разрабатываемого ПО

При создании набора средств разработки были проанализированы основные требования к продуктам такого типа. На основании данного анализа были определены основные функциональные возможности разрабатываемого проекта «*Procedural World Generation SDK*».

- *Создание 3D- и 2D-ландшафтов.* Решение должно быть универсальным, вне зависимости от типа графики проекта.

- *Высокая степень кастомизации.* Мир, созданный совершенно случайно, может не оправдать ожиданий разработчиков. Задание размера мира, количества тех или иных объектов повысит контроль над генерацией и позволит избежать неприемлемых результатов.

- *Генерация естественных объектов.* Для реалистичного ландшафта необходимо наличие холмов, гор, равнин, рек, лесов и прочих объектов.

- *Генерация текстур.* Набор средств разработки должен позволять создавать реалистичные текстуры для ландшафта, а также карты нормалей к ним.

- *Разметка дорог и населенных пунктов.* Помимо естественных объектов в играх часто

существуют населенные пункты. На основании заданных пользователем данных об этих объектах генератор может устанавливать их автоматически, создавая необходимые структуры.

- *Экспорт данных в удобном для пользователя виде.* Экспорт должен быть представлен в виде 3D-моделей, текстур и дополнительной информации. Также он должен быть интегрирован в код игры.

- *Создание документации.* Для удобства разработчиков следует создать сайт, который позволит ознакомиться с проектом и предоставит полный доступ ко всем существующим на данный момент материалам.

На рисунке 1 представлена диаграмма последовательности действий при генерации нового ландшафта.



Рис. 1. Диаграмма последовательности работы Среда для разработки программного обеспечения

Для создания описываемого продукта была выбрана среда разработки Visual Studio 2017, инструменты генерации файлов решения CMake, а также язык программирования C++. Для сайта и документации был использован язык гипертекстовой разметки HTML, а также CSS3 и JavaScript.

В процессе разработки не было использовано сторонних библиотек. Работа с изображениями, 3D-моделями и файлами настроек была написана собственноручно на C++.

## Реализация экспорта 3D-объектов

Алгоритм генерации ландшафта реализован с помощью двумерных массивов, заполненных градиентным шумом. Поэтому оптимальным решением будет экспорт полигональной сетки,

которая при виде сверху будет представлена множеством квадратов, а интенсивность шума в конкретной точке будет влиять на вертикальную составляющую каждой конкретной точки (рис. 2).

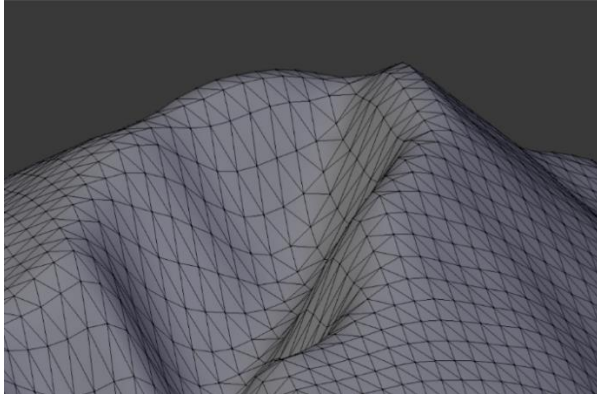


Рис. 2. Вид выбранной полигональной сетки

Важным этапом в создании 3D-моделей являются нормали. Эти вектора предназначены для хранения информации об отражении света от поверхности объекта. Нормали могут быть применены двумя способами: к полигонам (плоскостям) и к вершинам (рис. 3 и 4).

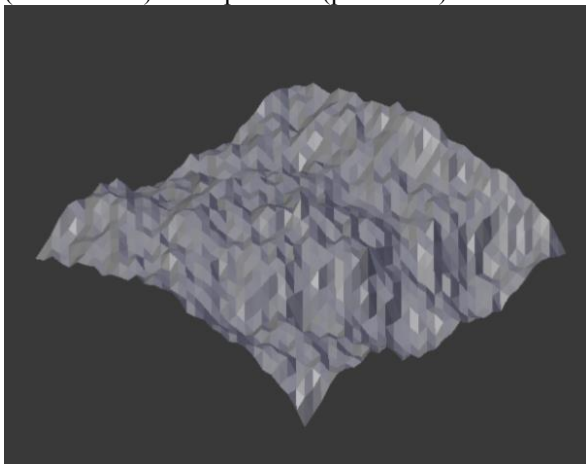


Рис. 3. Модель с нормальми, привязанными к полигонам

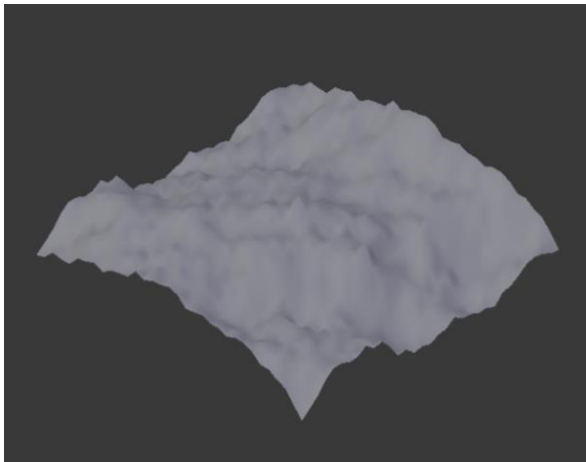


Рис. 4. Модель с нормальми, привязанными к вершинам

На рисунке 4 можно заметить, что четкие границы ребер исчезли.

Чтобы привязать нормали к вершинам, стоит рассчитать их для каждой точки. В этом заключается основная проблема, так как нормаль можно рассчитать только по трём точкам. Для решения данной задачи было решено рассчитывать нормали для всех прилегающих к точке плоскостей, а затем находить их среднее значение.

Информация о текстурных координатах также крайне важна при работе с 3D-моделями. Эти данные привязаны к полигонам. Благодаря формированию полигональной сетки в виде квадратных клеток, текстурные координаты будут равномерно распределены по всей плоскости фигуры.

После экспорта моделей их можно использовать в любом приложении, поддерживающем работу с 3D-объектами. Стоит отметить, что не все программные средства способны правильно обрабатывать такие данные. Например, часть продуктов просмотра 3D-объектов не способна считывать нормали, а высчитывает их сама. Для таких случаев, предусмотрена опция отключения карт нормалей, чтобы не занимать лишнее дисковое пространство. Также такие продукты накладывают ограничения на порядок обхода вершин в полигонах – от этого зависит, какое из двух направлений примет вектор нормали.

#### Заключение

В результате выполнения проекта был создан набор средств разработки для процедурной генерации ландшафтов. Полученное решение способно создавать различные, заданные с помощью настроек, местности. К проекту прилагается документация, примеры и руководство пользователя.

На текущее время проводится тестирование уже существующего функционала и добавление нового. В дальнейшем планируется создать дополнительные инструменты для упрощения работы с генератором, а также интеграция с пакетом Unreal Engine 4.

#### Список использованных источников

1. Процедурная генерация планетарных карт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habrahabr.ru/post/313420/> (дата обращения: 20.11.2018).
2. Генерация ландшафта как в Minecraft [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habrahabr.ru/post/128368/> (дата обращения: 20.11.2018).
3. Спецификация формата OBJ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://paulbourke.net/dataformats/obj> (дата обращения: 21.11.2018).

# СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СИСТЕМНОГО И ФУНКЦИОНАЛЬНОГО МЕТОДОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Д.С. Царенко, Е.М. Давыдова, В.Ю. Радченко

Томский политехнический университет

dsc@tpu.ru

## Введение

В процессе дизайн-проектирования перед дизайнером возникают технологические вопросы, связанные с особенностями и ограничениями в создании продукта, а также проблема выбора метода дизайн-проектирования. В данной статье будут рассмотрены эти вопросы, так как они имеют ключевую роль в успешности всего дизайн-проекта.

## Технологические особенности и факторы влияющие на процесс дизайн-проектирования

Несомненно, на процесс дизайн-проектирования сильно влияют такие факторы как тенденции в дизайне, предполагаемый бюджет проекта, вкусовые предпочтения аудитории, для которой проектируется объект. Но особенно важно соблюдение ГОСТ, СНИП и САНПИН, так как светильник — это продукт который не просто взаимодействует с пользователем, а продукт, который непосредственно влияет на самочувствие и здоровье пользователя [1]. Нарушение норм инсоляции может привести к ухудшению зрения, головным болям и прочим ухудшениям здоровья пользователя.

Из представленных выше факторов вытекают технологические особенности, так нормы инсоляции влияют на тип и мощность источника света используемого в светильнике. Например, нельзя использовать светодиодный блок из промышленного светильника, для настольной лампы, так как мощность источника слишком высока, хотя его скромные габариты позволяют установку.

Так же важно учитывать количество источников света и тип их подключения. При последовательном подключении нескольких источников экономится длина кабеля и место под его прокладку, однако при сгорании одного источника света, из строя выходит вся цепь [2].

Параллельное подключение надёжнее в плане отказоустойчивости, однако, требуется больше места для размещения проводов, что сильно влияет на конечную форму портативного светильника, когда нельзя спрятать провода в стенах либо потолке квартиры.

На форму так же влияет выбор источника света, точнее напряжение, которое он использует, так как для низко токовых источников с напряжением в 12, 16 либо 24 Вольта необходим блок питания, который приходится либо встраивать в корпус, что увеличивает габариты изделия [3].

С источниками света работающими с напряжением в 220 Вольт таких проблем не возникает, однако они опять же выделяют гораздо больше тепла, что влияет на выбор материалов.

Так рабочая температура многих светодиодов

около 80 градусов Цельсия, а галогеновых ламп, либо ламп накаливания больше 200 градусов, что исключает использование пластика и акрила, температура плавления которых не превышает 150 градусов Цельсия [4] [5].

Здесь нужно использовать либо силикатное стекло, либо алюминиевый корпус рассеивающий избыток тепла.

## Сравнительный анализ системного и функционального методов проектирования

На данный момент при дизайн-проектировании применяются 2 основных метода, это системный и функциональный.

Системный метод подразумевает комплекс методичного поэтапного исследования объекта дизайна с различных сторон, эстетической, функциональной, технологической и эмоциональной.

Функциональный же метод основан на установке, комбинировании и модифицировании различных функций для данного объекта дизайна.

Оба метода имеют свои преимущества и недостатки. Так благодаря использованию системного подхода можно досконально проработать дизайн объекта. Предугадать его удобство использования, то насколько успешным будет данный продукт при выходе на рынок и многие другие факторы. Все эти моменты укрепляют конкурентоспособность проекта, что крайне важно в современных условиях быстро меняющегося рынка товаров и услуг. Однако отрицательной стороной данного метода являются большие временные затраты, и необходимость привлечения команды специалистов для получения максимально эффективного результата.

Преимущества функционального же метода заключается в том, что в процессе проектирования получают форму, максимально приспособленную к безотказному выполнению вложенных в неё функций. А при дополнительном использовании метода модульного проектирования, функции данного предмета дизайна можно масштабировать, что увеличивает его полезность при целевом использовании. Так же большое внимание уделяется оптимизации и удешевлению производственного процесса, что положительно сказывается на эксплуатационных свойствах.

Однако у функционального метода проектирования есть и существенные недостатки. Во-первых, внешний вид данных изделий в большинстве случаев не удовлетворяет актуальным тенденциям в дизайне, из-за чего успешность продукта на рынке гражданских продуктов остаётся под большим вопросом. Таким образом, получаются узко пищевые продукты, применяемые либо чисто в утилитарных

целях, без прямого постоянного взаимодействия с пользователем, либо продукты, разработанные для военно-промышленного комплекса. То есть такие продукты применяются там, где положительное психологическое воздействие на пользователя и эстетика внешнего вида отодвигается на второй план.

### Концепция оптимального метода проектирования

Однако можно выдвинуть концепцию оптимального поэтапного проектирования, где максимально будут задействованы положительные свойства системного и функционального методов проектирования, а недостатки будут нивелироваться их достоинствами. Такой метод проектирования широко применяется при обучении студентов дисциплине дизайн-проектирования в ТПУ. На рисунке 1 представлены примеры работ, выполненных студентами.



Рис. 1. Примеры работ выполненные методом оптимального проектирования

Процесс проектирования данных светильников идёт по отлаженной системе, для успешного использования которой вполне достаточно знаний, получаемых студентами во время обучения специальности. Все этапы этой системы изначально ориентированы и выстроены так, чтобы в итоге получить дизайн продукт, отвечающий всем нормам функционального проектирования, но в то же время отвечающим принципу дизайна четыре «Э»: эргономичность, экологичность, эстетичность и экономичность.

В первую очередь идёт определение общей концепции будущего светильника путём нахождения оптимальной сценографии и композиционного ключа. Этот этап определяет общие моменты внешнего вида предмета дизайна, из которых будет складываться законченный образ.

Затем выбирается из распространённых, либо создаётся модульная сетка. С её помощью дизайнер комбинирует различные варианты плоскостных композиций, и выбирает наиболее удачную, создавая эскизы будущего объекта дизайна.

Затем происходит процесс проработки эргономики светильника, доступности органов управления, и зон освещения. На этом же этапе прорабатываются основные функциональные особенности проекта. Следующим этапом идёт процесс создания трёхмерной модели и её визуализация.

Так же если этот этап производился, в какой-либо системе автоматического проектирования, то можно легко получить чертежи изделия, с необходимыми размерами.

Последним этап — это визуальное представление продукта в виде планшетного решения. Здесь студенты так же используют модульную сетку для размещения всех графических и текстовых элементов, на этом же этапе идёт подбор шрифтов, максимально соответствующих композиционному ключу данного дизайн проекта, а так же изготовление макета или прототипа проектируемого изделия.

### Заключение

В результате проведённого сравнения методов было определено что, благодаря методу оптимального проектирования можно получить готовые концептуальные решения, довольно высокого качественного уровня всего за 6 академических часов. Это значительно меньший срок по сравнению с результатами такого же уровня, полученными путём других методов проектирования, время на проработку которых может составлять от недели до месяца, что в свою очередь подтверждает актуальность и эффективность использования данного метода дизайн-проектирования.

### Список использованных источников

1. Амосо. Подборка ГОСТ по светильникам и освещению [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.electromontaj-proekt.ru/normativnyedokumenty/svetilniki-i-osveshchenie/> (Дата обращения: 10.02.2018).
2. Параллельное и последовательное соединение лампочек — схемы подключения [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://proprovoda.ru/osveshhenie/lampy/parallelnoe-i-posledovatelnoe-soedinenie-lampocek.html> (Дата обращения: 10.02.2018).
3. ВЫБИРАЕМ БЛОК ПИТАНИЯ ДЛЯ СВЕТОДИОДНОЙ ЛЕНТЫ 12В [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://led-obzor.ru/vyibiraem-blokpitaniya-dlya-svetodiodnoy-lenty-12v> (Дата обращения: 10.02.2018).
4. Как сильно нагреваются светодиодные лампы? [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://svetun.ru/lampy/kak-silno-nagrevayutsyasvetodiodnye-lampy> (Дата обращения: 10.02.2018).
5. Сравнение лампы накаливания, компактной люминесцентной и светодиодной ламп по температуре нагрева и потребляемой мощности [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://zametkielectrika.ru/sravnenie-lampynakalivaniya-kompaktnoj-lyuminescentnoj-i-svetodiodnoj-lamp-po-temperature-nagreva-i-potreblyaemoj-moshhnosti/> (Дата обращения: 10.02.2018).

# СОЗДАНИЕ ИГРОВОЙ ТЕМАТИЧЕСКОЙ ДЕТСКОЙ ПЛОЩАДКИ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ГОРОДА

А.А. Олиференко, Т.С. Хруль  
Томский политехнический университет  
aao19@tpu.ru

## Введение

В современной городской среде можно заметить существенный недостаток: отсутствие детских игровых зон в центральной части города, особенно в местах скопления детских развлекательных учреждений. Ситуацию осложняет плотная застройка, активный транспортный и достаточно динамичный пассажиропоток. Решение данной проблемы может предоставить и родителям и детям возможность кратковременного познавательного отдыха во время прогулки по городу, ожидания спектакля или своего времени в развивающей секции.

Актуальность данной работы заключается в отсутствии оборудованных детских игровых зон с воспитательно-познавательной направленностью в центральной части города.

Целью данной работы является создание малогабаритной игровой детской площадки для детей дошкольного возраста возле детских развлекательных учреждений в исторической части города, рассчитанной на кратковременное пребывание.

Одной из задач является формулировка рекомендаций по разработке данных объектов.

## Особенности расположения детских площадок в центре города

Городская среда, как отмечает в своей книге «Человек и городская среда» Медведков Ю.В., это среда обитания и производственной деятельности людей, на территории с устойчиво высокой концентрацией населения [1]. Рассмотренная формулировка показывает городскую среду, как экосистему в исторической застройке (центральная часть города) [2], что и определяет сложность создания игровых зон краткосрочного детского отдыха в данной структуре.

Проектирование детских площадок в городской среде требует соблюдения определённых норм и правил по их созданию. Основываясь на приказе «Методических рекомендаций по разработке норм и правил по благоустройству территорий муниципальных образований» [3], можно заметить отсутствие требований по данной тематике в центральной части города. Этот недостаток лег в основу одной из задач данного исследования: сформулировать рекомендации по проектированию детских игровых зон в центральной исторической части города:

- при условии расположения площадки рядом с активным транспортным потоком, необходимо изолировать путь к дороге. Это могут быть декоративные ограждения высотой от 0,5 м. до

- 1,2 м. или зеленые насаждения преимущественно из кустарников небольшой высоты;
- детскую площадку рекомендуется зонировать от транзитного пешеходного движения, по средствам организации газонов, цветников или композиционными элементами;
- подходы к детской площадке не следует организовывать со стороны проездов или улиц;
- необходимо продумать безопасную траекторию движения на территории детской площадки как для детей, так и для взрослых;
- детская площадка расположенная в исторической части города должна быть стилизована и оснащена интерактивным по выбранной тематике;
- для детей дошкольного возраста необходим обязательный родительский контроль, в следствии чего в игровой зоне нужно предусмотреть места для отдыха взрослых;
- покрытие площадок рекомендуется оборудовать специальными износостойкими, безопасными и экологически чистыми видами покрытия.
- все оборудование в игровой зоне должно отвечать эргономическим особенностям детей дошкольного возраста, быть безопасным при эксплуатации и носить воспитательно-познавательный характер.

## Геолокализация проектируемой площадки

В качестве примера было выбрано место в центральной исторической части города, которое подходит по следующим характеристикам, а именно:

--- имеет в непосредственной близости два крупных культурных детских развлекательных учреждения, таких как Томский областной театр юного зрителя, зрелищный центр АЭЛИТА и Томский областной художественный музей;

--- в шаговой доступности есть места общественного питания: кафе "Буланже" и "Мясное кафе"

--- находится на одной из главных транспортных магистралей города Томска, а именно на пр. Ленина вблизи от остановки общественного транспорта "Театр юного зрителя";

--- рядом располагается театральная сквер, часть территорий которого предполагается переоборудовать под детскую площадку;

Схема взаимодействия объектов инфраструктуры с проектируемой детской площадкой представлена на рисунке 1.



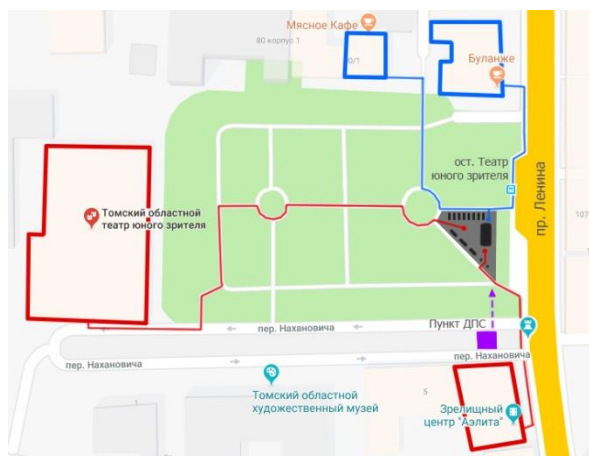


Рис. 1. Схема расположения площадки

При выборе тематики детской площадки были рассмотрены несколько вариантов: площадка в стиле окружающей архитектуры, игровая зона в театральной стилистике и тематика дорожного патруля. Последний образ родился благодаря расположенному рядом пункту ДПС и памятнику инспектору ГАИ под названием "дядя Коля". На этой теме решено было остановиться еще и по тому, что детский травматизм как социальная проблема остро стоит перед нашим обществом. Сотрудники ГИБДД в школах и детских садах постоянно проводят открытые уроки обучая детей правилам безопасности дорожного движения. Поэтому проектируемая детская площадка была оборудована интерактивными элементами, помогающими через игру ближе познакомиться с правилами дорожного поведения. Одной из идей было проведение на этой территории в выходные и праздничные дни интерактивных лекций и мастер классов от сотрудников Госавтоинспекции.

#### Интерактив площадки

В рамках данного проекта была рассмотрена возможность обучения правилам дорожного движения и профессии госавтоинспектора через игровые локации. На всей игровой зоне расположены различные модули по данной тематике, такие как светофоры, дорожные указатели и т.д. При входе на площадку обзору ребенка представляется разноуровневые блоки в виде пешеходного перехода. Их можно использовать в роли своеобразного трамплина или лавочек на период прохождения лекций. Ключевым объектом площадки является машина дорожного патруля, в кузове которой находится интерактивные игры в виде обучающих плакатов правил дорожного движения и игр на логику и мышление. В передней части машины ребенок может почувствовать себя настоящим водителем, предполагается оставить в нетронутом виде интерьер салона и водительское место. Рядом с машиной расположено свободное пространство для подвижных игр и для проведения интерактивных уроков или мастер классов инспекторами дорожного

движения. Вдоль одной из сторон детской площадки выставлены в линию скамейки для отдыха родителей. Они же являются своеобразным ограждением от пешеходного потока. В боковинах лавочек предусмотрены отверстия, в которых находятся настоящие жезлы ГИБДД, которые в антивандалных целях соединены с лавочкой тросами небольшого диаметра.

#### Зонирование детской площадки

По правилам безопасного расположения детских игровых зон, минимальное расстояние от транспортной магистрали до детской зоны отдыха должно составлять не менее 2 метров от дороги [4]. Проектируемая детская интерактивно-тематическая площадка находится на расстоянии 25 метров от дороги и с этой стороны отделена зеленым ограждением в виде кустарников, высотой 0,7 метра, что не мешает родителю отслеживать ситуацию на остановочном пункте, а также не закрывает собой тематическую зону от пешеходов.



Рис. 2. Общий вид проектируемой игровой площадки

#### Заключение

В рамках исследования сформулированы рекомендации по проектированию детских площадок для центра города и предложен новый формат и специально разработанный. Площадка обладает небольшой площадью, наполнена тематическими интерактивными элементами, подразумевает кратковременное пребывание. Выбранная стилистика на тему Госавтоинспекции весьма универсальна и актуальна, позволяет логично вписать предложенный образ практически в любую часть города.

#### Список использованных источников

1. Файловый архив студентов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studfiles.net/preview/6277721/page:2/>, свободный (дата обращения: 15.11.2018).
2. Медведков Ю.В. Человек и городская среда - Москва: Наука, 1978. - 214 с.
3. Детские площадки / Консультант Плюс [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_125601/78eaabfc7b80e11937103d0f32798868e067bd28/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_125601/78eaabfc7b80e11937103d0f32798868e067bd28/), свободный (дата обращения: 18.11.2018)

# РОЛЬ ЦВЕТКОРРЕКЦИИ В РАБОТЕ НАД ВИДЕО

А.Д. Фаныгина

Ю.С. Ризен

Томский политехнический университет

[adf4@tpu.ru](mailto:adf4@tpu.ru)

## Введение

В настоящее время, люди используют различные способы подачи визуальной информации, одним из которых – является видео. Видеоролики любого типа помогают легко и быстро доносить информацию до получателя, так как для восприятия видео-работ одновременно задействуются несколько каналов получения информации, что и является особенностью данного формата. [1] Современные видеоролики могут включать в себя все доступные графические, цифровые и текстовые составляющие, от единой и правильно-подобранной концепции которых – зависит степень воздействия видеоролика на зрителя. Помимо основных ресурсов, немаловажным являются и общая визуальная и эстетическая составляющие, которые также оказывают свое характерное влияние. С точки зрения эстетики, гармоничные видео работы, как правило, вызывают особый интерес зрителя и, из-за заданной определенной атмосферы - легче воспринимаются. Для достижения такого эффекта, необходима постобработка, которая также включает в себя несколько этапов для конечного завершения визуализации ресурсных составляющих в единое целое. Одним из значимых этапов постобработки изображений и видео файлов – является цветокоррекция.

Целью данной работы являлось изучение значения цветокоррекции в видео роликах.

## Цветокоррекция видео - файлов

Цветокоррекция – является одним из важных этапов постобработки видео.

В настоящее время, существует множество программ для постобработки видео, в том числе и профессиональных, которые используются в кинематографе.

Несмотря на разнообразие программ и их интерфейсов, относительно цветокоррекции, существует ряд основных параметров, регулирование которых позволяет получить практически любой желаемый результат.

Профессиональные и полупрофессиональные программы, безусловно, имеют наиболее расширенный список параметров для регуляции изображения: регуляция цветовых каналов, тоновые диапазоны, углы оттенка и другие параметры. В совокупности, все эти параметры позволяют добиться желанного результата вплоть до проработки мельчайших деталей.

Понятие “цветокоррекции” видео – подразумевает изменение и регулировку цветовых составляющих изображения [2].

Основная функция применения цветокоррекции видео в роликах, нацелена на создание общей

целостной картинке - схожей по тону, экспозиции и другим параметрам, в зависимости от исходного материала.

Благодаря этому, после регулировки отдельных параметров индивидуально для каждого фрагмента исходного материала, все составляющие видео ряда, даже имеющие первоначально отличающиеся по цвету и тону изображения – будут выглядеть гармонично и взаимосвязано между собой.

Соответственно, можно отметить, что цветокоррекция играет важную роль на этапе постобработки видео, так как именно благодаря ее применению, создается общий концепт и настроение видео работы.

В рамках данной работы, на примере видео ролика “Томск 2018” - были рассмотрены основные параметры цветокоррекции и влияние их изменения на изображение кадре.

Необходимость цветокоррекции, рамках данной работы – заключалась в том, что исходный материал имел единую экспозицию, так как был снят в одном месте за единый промежуток времени, но, цветовая палитра некоторых фрагментов отличалась по тону, что и являлось основной причиной для необходимости корректировки изображения.

Для работы использовалась программа Adobe Premiere Pro, которая является профессиональной программой для монтажа и постобработки видео [2].

Данная программа была выбрана в качестве основной, так как содержит в себе все возможные и необходимые инструменты и спецэффекты для монтажа.

В начале работы создавался новый проект, после чего все необходимые видеофрагменты были импортированы и размещены в нужном порядке на timeline.

Для начала работы с цветокоррекцией, было необходимо выбрать соответствующий пресет настроек, предоставленный программой, и который будет использован для дальнейшего регулирования параметров.

Пресеты – представляют из себя сохраненные наборы определенных настроек [3].

Каждый из пресетов – имеет собственный набор базовых параметров для ручной регулировки.

Список возможных пресетов, предусмотренных Premiere Pro - расположен в блоке “effects”, во вкладке “lumetri presets” [3].

В качестве основного пресета, был выбран “500D Kodak”.

Для того, чтобы добавить его на нужный фрагмент, необходимо развернуть вкладку представленных пресетов, выбрать необходимый и мышкой перетащить его на видео фрагмент, размещенный на timeline. После этой операции, нажав на тот самый фрагмент, в блоке “effect controls” мы можем наблюдать настройки данного пресета.

В настройки входят основные параметры базовой цветокоррекции. Любое изменение одного их параметров влечет за собой изменения в картинке фрагмента.

Основными параметрами, которые требуют регулирования для улучшения изображения – являются: баланс белого, насыщенность, яркость, контраст и цветовой баланс [4].

Данные параметры относятся к категории параметров “basic correction”, на основе чего и можно сделать вывод, что они являются основными.

Для регуляции каждого из параметров, необходимо навести курсор на числовое значение напротив названия нужного параметра, и кликнуть на появившиеся стрелочки в необходимую сторону, таким образом задавая положительное или отрицательное числовое значение. Все изменения, происходящие в кадре - можно наблюдать в окне превью, что позволяет регулировать настройки до получения удовлетворяющего конечного результата.

Для регулирования цветов в кадре, в контексте данной работы, использовались следующие параметры:

Saturation - параметр насыщенности;

Contrast – параметр регулирования контрастности кадра;

Faded film – данный параметр отвечает за добавление “дымки” или же эффекта “выцветания” пленки;

Sharpen – параметр резкости;

Vibrance – еще один параметр, регулирующий насыщенность кадра. Главное отличие Saturation от Vibrance заключается в том, что Saturation дает более выраженный эффект, чем Vibrance, поскольку влияет на все цвета, вне зависимости от степени их насыщенности. Vibrance же, напротив, влияет только на приглушенные цвета, что позволяет добиться наиболее реалистичного изображения [5].

Результат цветокоррекции одного из фрагментов представлен на рисунке 1.

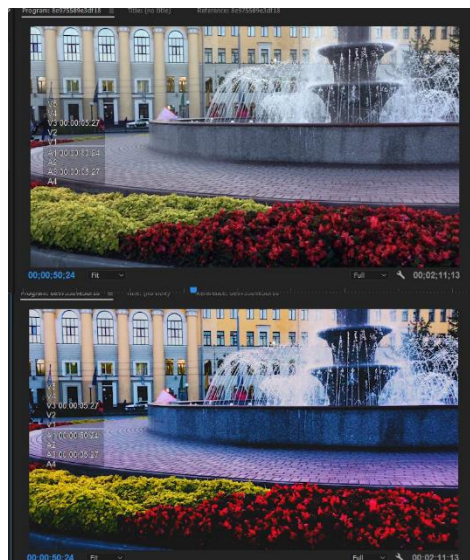


Рис. 1. Результат цветокоррекции фрагмента

После регулировки параметров на 1 фрагменте видео, при помощи комбинации клавиш ctrl+c – копируются созданные настройки, и, при помощи ctrl+v – добавляются на другой фрагмент.

После добавления данных настроек на все фрагменты, каждый из фрагментов дополнительно просматривался по-отдельности, для индивидуальной или дополнительной регуляции параметров, для того, чтобы все моменты имели единую гамму.

В ходе регуляции каждого из параметров относительно всех фрагментов видеоряда, была создана единая цветовая гамма видео ролика.

### Заключение

В результате работы с параметрами цветокоррекции в видео-редакторе, на основе сравнения представленного видео-материала без обработки и после, можно сделать выводы о влиянии цветокоррекции на изображение:

Цветокоррекция видео позволяет создать видео ряд с единой цветовой гаммой, что придает целостность работе, а также позволяет добавить и подчеркнуть общий концептуальный образ работы.

### Список используемых источников

1. Роэм Д. Визуальное мышление. – М.: Эксмо. 2010. -352с.
2. Adobe Premiere Pro: официальный учебный курс. - М.: Издательство ТРИУМФ, 2009.
3. Голешевич Б.О. «Официальный учебный курс Adobe Premiere Pro». / Б.О. Голешевич. Могилёв, 2010г
4. Выбегалов А. Видеомонтаж на ПК. - М.: Аквариум, 2015. - 930 с.
5. Оханян Т. Цифровой нелинейный монтаж. – М.:«Мир», 2011.

# МОНИТОРИНГ ПОТРЕБИТЕЛЬСКОГО РЫНКА И ТРЕБОВАНИЙ К ДЕТСКИМ ИГРОВЫМ КОМПЛЕКСАМ

А.А. Павлова, Е.В. Вехтер  
Томский политехнический университет  
aap79@tpu.ru

## Введение

Согласно современным исследованиям, спрос на оборудования для игровых площадок на мировом рынке будет стабильно и неуклонно расти [1]. Большое количество преимуществ, связанных со физическим развитием детей на открытом воздухе, будет способствовать перспективам роста мирового рынка оборудования для игровых площадок. Спрос на игровое оборудование как открытого типа, так и закрытого будет стабильно увеличиваться, поскольку это оборудование способствует также развитию социальных навыков, увеличивает внимание, уменьшает стресс и повышает физическую активность детей.

Складывающаяся в настоящее время тенденция к здоровому образу жизни сказывается на повышении внимания родителей к развитию детей, в том числе с использованием игровых площадок со специализированным оборудованием. Помимо повышения спортивных навыков, повышаются общее развитие ребенка, творческие навыки, воображение, стимулируется развитие моторики и т. д.

## Описание рынка игровых комплексов

Анализ существующего на рынке детского игрового оборудования позволил выявить следующие типы игровых комплексов, представленных на рисунке 1.

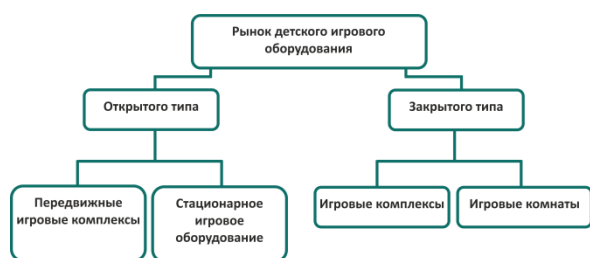


Рис. 1. Рынок детских игровых комплексов

Детские игровые комплексы делятся на площадки открытого типа (стационарные или передвижные) и закрытого типа (игровые комнаты и комплексы). Каждый вид имеет своего потребителя, как общего, так и узкоспециализированного.

## Анализ и сегментация рынка потребителей и оборудования

Рынок детских игровых комплексов испытывает разносторонние воздействия, связанные со сложной геополитической и экономической обстановкой. Так, к негативным факторам влияния можно отнести: падение платежеспособности населения, переход к сберегающей модели потребления, снижение реальных располагаемых доходов.

К позитивным факторам относятся: государственные мероприятия, способствующие повышению рождаемости, тенденция импортозамещения, которая стимулирует отечественное производство, а ослабление рубля делает российские товары более конкурентоспособными на международных рынках, стимулируя экспорт [2].

Также необходимо рассмотреть основных потребителей, относящихся к реализации детских игровых комплексов.

Сегментация по каналу распределения и анализ рынка оборудования для игровых площадок: специальные магазины; гипермаркеты и супермаркеты; торговые центры, универмаги; интернет-магазины; производители; муниципалитет (школы, детские сады); управляющие компании; и т.д.

Специализированные магазины также включают в себя независимые розничные магазины, предлагающие продукты исключительно в одной категории. Эти магазины являются основным местом покупок таких продуктов, поскольку они продают фирменное, отдельно стоящее оборудование для игровых площадок.

По типу продукции рынок детского игрового оборудования можно поделить на следующие составляющие: горки, качели, карусели и пр.

Так, сегмент горок доминировал на рынке игрового оборудования и, вероятно, будет испытывать высокие темпы роста в течение дальнейшего периода. Разновидности горок включают: прямые, волнистые, тоннельные, спиральные, параллельные, которые различаются по высоте и изготовлены из нержавеющей стали или пластика [3]. Поскольку это популярное оборудование для игровых площадок, оно способствует сбалансированности и координации, позитивному развитию социальных навыков. Кроме того, эти виды деятельности также развивают пространственную осведомленность, укрепляют кости, усиливают физические возможности и развивают необходимые социальные навыки, такие как сотрудничество, обмен, терпение и терпимость к чужим навыкам и физическим способностям.

## Основные требования потребителей к детским игровым комплексам

Анализ рынка детских игровых комплексов, позволил выявить необходимость учитывать ряд требований, выдвигаемых конечным потребителем.

Создавая детскую игровую площадку, необходимо учитывать множество факторов, и один из самых важных моментов — тип игрового оборудования (по способу и месту размещения). Конкретный

выбор зависит от двух самых важных критериев: возраст детей и их интересы. В основном, игровое оборудование делится на следующие категории:

- для детей младшего возраста (3–6 лет);
- для детей среднего возраста (7–12 лет);
- для подростков (13–16 лет).

Количество и возраст детей — ключевой фактор и в определении размеров площадки. В среднем, на каждого малыша до 7 лет принято выделять 8-9 кв., а на ребенка старше 7 лет уже не менее 13-15 кв. [4]. Таким образом, необходимо рационально использовать заданное пространство, размещение игровых модулей на котором, будет соответствовать количеству и возрасту детей.

Немаловажное значение имеют требования, непосредственно, относящиеся к самому игровому оборудованию:

- Игровое оборудование должно быть безопасным и эргономичным. Детский игровой комплекс должен быть надежен и устойчив, а в конструкции должно быть предусмотрено наличие ограждающих поручней, рукояток и т.д. Эксплуатация детских игровых комплексов должна обеспечивать комфорт и удобство как для детей, так и для родителей [5].

- Детское игровое оборудование должно иметь не только развлекательную, но и развивающую цель, тем самым способствуя физическому и интеллектуальному развитию детей. Необходимо предусмотреть наличие познавательных зон в комплексе, например, оборудование для развития крупной и мелкой моторики, цветового восприятия, контрастного зрения и пр. Универсальным вариантом станет площадка со спортивным уклоном. Под это определение могут подойти гимнастические снаряды; проходы, туннели, песочницы, качели, домики для игр и т.д. Уличные тренажеры станут прекрасным стимулом к физическому развитию не только детей, но и взрослых.

- При производстве оборудования должны использоваться исключительно качественные экологически чистые материалы, все острые углы и режущие выступы, опасные зазоры и отверстия должны быть закрыты либо закруглены. Различные качели, гамаки и карусели должны монтироваться с помощью столбов, глубоко врытых в землю. Помимо этого, желательно, чтобы оборудование было достаточно прочным и устойчивым к воздействию погодных или климатических условий.

- Внешний эстетический вид игровой площадки. Особое значение имеет цвет материалов, применяемых для изготовления площадки, известно, что насыщенные цвета привлекают детей,

будят их воображение, делают игры интереснее. Более того, яркие краски на игровой площадке — это еще и элементы безопасности, способные оградить детей от случайных травм [6].

Важно, чтобы площадка предусматривала обеспечение игровых возможностей, т.е. насколько сложна или проста данная площадка, наличие сложных или простых элементов, определенного «сценария» игры в ней, выстроенной логики прохождения этих игр и пр.

#### **Заключение**

Мониторинг рынка продукции и требований потребителя к детскому игровому оборудованию позволяет сделать вывод о том, что дизайн детских игровых площадок нуждается в серьезных инновациях, комплексном подходе к осмыслению методов проектирования и применению новых технологий. Совокупность всех факторов позволит повысить конкурентоспособность игровых комплексов по отношению к разработкам других производителей, как отечественных, так и зарубежных и сделать игровые комплексы не только площадкой для игры, но и местом для физического и интеллектуального развития.

#### **Список использованных источников**

1. Маркетинговое исследование и анализ рынка детского отдыха [Электронный ресурс]. – URL: <https://docplayer.ru/33518374-Marketingovoe-issledovanie-i-analiz-rynka-detskogo-otdyha-attrakciony-igrovye-kompleksy-parki.html> (дата обращения 04.11.2018).
2. Маркетинговый план производства оборудования детских игровых площадок [Электронный ресурс]. – URL: <https://piter-consult.ru/assets/files/MP-child-areas.pdf> (дата обращения 02.11.2018).
3. Площадки отдыха. Детские игровые площадки [Электронный ресурс]. – URL: <http://landscape.totalarch.com/node/29> (дата обращения 20.10.2018).
4. Роль и место детских игровых площадок в развитии современного ребенка. [Электронный ресурс]. – URL: <https://lektsii.org/13-64776.html> (дата обращения 08.11.2018).
5. ГОСТ Р 52169-2012 Оборудование и покрытия детских игровых площадок [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200100100> (дата обращения 20.10.2018).
6. Сотникова В. О. Проектирование элементов благоустройства. Учебное пособие для студентов специальности 27030265 «Дизайн архитектурной среды» по дисциплине «Архитектурно-дизайнерское проектирование». Ульяновск, 2008.

# МНОГООБРАЗИЕ ТРАДИЦИОННЫХ КУЛЬТУР В ДИЗАЙНЕ ИНТЕРЬЕРА: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ

А.В. Кожина, Н.А. Лукьянова  
Томский политехнический университет  
avk@tpu.ru

## Введение

Стиль интерьера — это не только оформление пространства, расстановка мебели в зависимости от предпочтений человека, это так же понимание и сохранение культурных традиций той или иной страны, исторической эпохи. Важно знать истоки происхождения каждого из выбранных стилей, особенности, сходства и различия, чтобы уметь грамотно выстроить пространство.

Одними из наиболее популярных в настоящее время стилей в дизайне интерьера является русский и европейский стили.

Поэтому целью нашей работы являлось изучение русского и европейского стиля, который представил бы возможность сравнительного анализа двух направлений.

## У истоков происхождения

Русская история полна событий, перемен, устоев и традиций. Не смотря на огромное количество потерь, которые так или иначе происходили в течение всего этого времени, истории России удалось сохранить свое богатое культурное наследие, одной из важнейших частей которой является русский интерьер.

Свое начало русский интерьер берет из культуры древних славян [1]. Сперва их быт ограничивался несколькими самыми необходимыми вещами: печкой, столом, лавкой и кроватью. Спустя определенный промежуток времени их быт от скромного преобразился в богатый. Жилища начали украшаться различными оберегами в виде кукол, росписей на дверях или окнах. Впоследствии, такие рисунки положили начало становлению традиционного русского орнамента.

Также, на развитие русской культуры оказало большое влияние славянское язычество, образовавшееся в I тысячелетии нашей эры. Именно язычество, получившее выражение в одушевлении природы, веры в богов, отразилось в растительном орнаменте русского стиля, резьбе и скульптурах.

На становление традиционного европейского стиля повлияли история как целых стран, таких как Франция, Германия, Испания, так и отдельных городов Европы, например Рима, Праги.

Для того, чтобы говорить о истоках происхождения европейского стиля необходимо отметить, что в данной статье речь пойдет об одном из его направлений, а именно о романском стиле. Выбор обусловлен тем, что данный стиль обладает наиболее богатой историей. Кроме того, традиции именно романского стиля легли в основу большинства норм и стандартов европейского интерьера.

Романский стиль начал свою историю примерно в 800-м году. Огромное влияние на его создание и последующее развитие оказало падение Римской империи. Расцветом данного стиля принято считать 10-12 века, когда он получил свое наибольшее распространение на территории Западной Европы, а также некоторых Восточных странах [2].

Сперва жилище в романском стиле было так же достаточно скромным, как и в русском стиле. Основными предметами быта были стол, стулья, кровать. Даже текстиль создавался исключительно для ведения домашнего хозяйства, но не в качестве украшения пространства. Впоследствии, романский стиль стал преобразовываться и наполняться различными мозаиками, облицовкой мебели, появлением новых важных предметов быта, таких как сундук, выполняющих функции хранения.

## Особенности стилей

Одной из наиболее характерных черт русского стиля считается использование натурального дерева. Данный материал применим не только в изготовлении предметов мебели, но также и для построения самого жилища. Кроме того, дерево так же используется для вырезания скульптур, создания бытовых принадлежностей, таких как столовые приборы, некоторая посуда.

В романском и европейском стилях наиболее часто используемым строительным материалом является натуральный камень. Из него преимущественно укладываются полы, которые в последствии покрываются коврами.

Главным предметом и гордостью русского стиля является печка. Традиционная печка строится вместе с лежанкой. В современном интерьере печка не всегда используется по назначению, а именно для приготовления еды. На данный момент она чаще всего заменяется камином, который так же украшается русским орнаментом и росписью.

Главным предметом в традиционном романском интерьере являются фрески, рельефы, а также большие расписные вазы и миниатюрные терракотовые статуэтки [3]. Также, в романском стиле, как и в русском, используются каминные или очаги. Отличие состоит в том, что в романском стиле каминные выполнены в рыцарской тематике, с применением декоративных факелов, доспехов и гербов.

Если говорить о наиболее часто используемых цветах в анализируемых интерьерах, то стоит заметить, что они достаточно схожи. В русском, как и в романском стиле, преобладают красные, коричневые цвета и оттенки. Также встречаются элементы

бежевого и белого цветов.

В применении текстиля данные интерьеры отличаются. Например, в русском стиле используются натуральные хлопок, лён и шерсть. Текстиль, выполненный из хлопка и льна достаточно легкий, почти прозрачный. В романском же стиле приоритет отдается тяжеловесным массивным тканям, собранным в несколько слоев.

Мебель в представленных стилях является схожей по своим габаритам, поскольку как в русском, так и в романском интерьере используются тяжелые массивные стулья и столы. Сходство так же состоит в одном из главных элементов мебели- сундуке. Отличие состоит только в использовании традиционного орнамента каждого направления.

Краткие сведения о основных различиях и сходствах русского и романского интерьеров приведены в таблице.

Таблица. Сходства и различия русского и романского стиля в дизайне интерьера

Категория сравнения	Русский стиль	Романский стиль
Часто используемый материал	Натуральное дерево	Натуральный камень
Главный предмет интерьера	Печка	Фрески, рельефы, расписные вазы
Цвета	Красный, оттенки коричневого, бежевый, белый	
Текстиль	Хлопок, шерсть	Вельвет
Мебель	Массивная, тяжеловесная (например, сундук)	
Аксессуары	Традиционный орнамент, роспись	

Не смотря на большую разницу в истории происхождения, временном промежутке, использованию разных традиционных элементов декора, русский и романский стиль в дизайне интерьера имеет ряд сходств. Например, использование основных цветов и оттенков, изготовление мебели из дерева, наличие в интерьере печи или камина.

Пример русского интерьера представлен на рисунке 1.



Рис.1. Традиционный русский стиль в дизайне интерьера

Пример романского интерьера представлен на рисунке 2.



Рис.2. Традиционный романский стиль в дизайне интерьера

### Заключение

В результате проведенного сравнительного анализа можно сделать вывод о том, что не смотря на большие различия во временном промежутке, географическом положении, истории русского и европейского (романского) стилей, данные направления в дизайне интерьера имеют ряд схожих черт.

### Список использованных источников

1. Рабинович М.Г. Очерки материальной культуры русского феодального города. – М.: Наука, 1988. – 202 с.
2. Веймарн Б.В. и Колпинский Ю.Д. Всеобщая история искусств. Том 2, книга первая – Москва : Государственное издательство 'Искусство', 1960. – 405с.
3. Романский стиль. [Электронный ресурс]. – URL: <https://kiev-design.com/style/romanskiy.html> (дата обращения 20.11.2018).

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭМБЛЕМЫ ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА СУРГУТСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

Г.И. Москаленко

Е.Н. Паук

БУ ВО «Сургутский государственный университет Ханты-Мансийского автономного округа — Югры»  
sirpumanov@yahoo.com

## Введение

Эмблемы, логотипы, фирменные знаки в различных формах и проявлениях плотно вошли в нашу жизнь и ныне являются одним из типов "визитных карточек" общества.

Как, например, эмблемой государств или семейных кланов является герб. Эмблемы крупных компаний — издали узнаваемые логотипы. И даже бренды, которые мы видим каждый день, выражаются через товарные знаки, оформленные таким образом, чтобы вызывать положительные ассоциации у потребителей.

Важность же эмблемы для нас, политехнического института, — это наличие показательного образа того, чем является институт, какие он имеет в себе достоинства, чем он занимается, чем гордится.

## Классификация

Существует сложившееся представление о том, что такое эмблема. Прежде всего, эмблемы классифицируются на [1]:

- Гербы;
- Логотипы;
- Фирменные знаки.

Герб — это эмблема какого-либо государства, сословия, рода или города (рис. 1).



Рис. 1. Примеры гербов

Существуют определённые правила создания герба [2]: обязательное расположение на щите, использование только семи основных цветов, определённого способа деления щита, гербовых фигур, геральдических крестов, мотивов и гимнов. Здесь нет простора дизайнерской свободы мысли — каждая мелочь имеет своё значение, свой смысл.

Логотип — элемент фирменного стиля, представляющий собой уникальное начертание полного или сокращённого наименования компании. В логотипе, помимо самих букв, могут быть использованы дополнительные графические элементы, являющийся частью надписи, что даёт большие возможности для проявления индивидуальности и дизайнерского креатива. Но даже в такой свободной для фантазии вещи имеются свои правила оформления. Хороший логотип должен легко читаться и хорошо восприниматься как в черно-белом, так и в

цветном варианте. Он должен быть долговременным, легко запоминающимся, привлекающим внимание, креативным, и, что самое важное, уникальным (рис.2).



Рис. 2. Примеры логотипов

Логотип — хороший способ заявить о характере компании, носящей это название, и красиво его оформить. Но у него не так много символизма, что порой нужно для передачи большего объёма первичной визуальной информации о структуре организации.

Фирменный знак — уникальный графический элемент, который может располагаться рядом с названием компании или же использоваться отдельно, при этом символизируя компанию [3]. Знак может быть выполнен в виде абстрактной формы, а также в виде буквальной или символической иллюстрации товаров и услуг, предлагаемых компанией (рис.3). В дополнение к логотипу, фирменный знак помогает усилить идентификацию компании: он даёт возможность передать дополнительную информацию, добавить эмоциональный или смысловой акцент.



Рис. 3. Примеры фирменных знаков

## Процесс создания эмблемы

В качестве основной идеи исполнения отдано предпочтение использованию комбинации из нескольких элементов, символизирующих группу кафедр института и изучаемых предметов.

Например, на большинстве фирменных знаках иных политехнических институтов используется фигура, напоминающая зубчатое колесо или группу из таких колёс. Сохраняя устоявшуюся ассоциацию, в проекте будет использоваться аналогичная фигура в качестве основы (рис.4).





Рис 4. Зубчатое колесо как основа

Каждый элемент обязан символизировать что-либо. Зубчатое колесо для выражения физики и мехатроники. Циркуль для геометрии, инженерной графики, высшей математики (рис.5). Диод в центре для электротехники и радиоэлектроники. Неочевидным может быть использование комбинации кружка и палочки для схематичного изображения нуля и единицы — основы электроники и программирования.

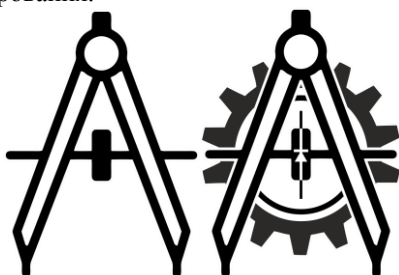


Рис 5. Циркуль и его совмещение с основой

В эмблемах особое внимание уделяется цвету. Большинство людей по тем или иным причинам считают, что для политехнического института больше всего подходит красный цвет. Красный цвет выражает нагрев металла при высоких температурах, огонь, используемый при работе с машинами. Решение использовать жёлто-красный оттенок зубчатого колеса как естественный цвет коррозии металла, показывающий неизменность фундаментальных законов и технологий, открытых ещё несколько веков назад, как дань уважения прошлому (рис.6).



Рис. 6. Презентационный вариант

## Заключение

Инженерская мудрость гласит: любой проект, даже на конечной стадии, всегда находится в разработке. Возможно, что по прошествии некоторого времени появятся новые идеи для данной эмблемы. Большинство логотипов различных компаний имеют тенденцию обновляться спустя несколько лет с целью более эффективного привлечения клиентов и конкретизации самовыражения.

## Список используемых источников

1. Логотип, фирменный знак или торговая марка? | Artalto Design [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://artalto.com/articles/logo\\_or\\_sign](https://artalto.com/articles/logo_or_sign), свободный (дата обращения: 20.11.2018).
2. Основные правила геральдики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.exkurs.ru/pravila.htm>, свободный (дата обращения: 20.11.2018).
3. Корпоративная символика [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.reklama-expo.ru/ru/articles/korporativnaya-simvolika/>, свободный (дата обращения: 20.11.2018).

Научное издание

МОЛОДЕЖЬ  
И СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ  
ТЕХНОЛОГИИ

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

Компьютерная верстка *ТПУ*

Размещено на корпоративном портале ТПУ  
в полном соответствии с качеством предоставленного оригинал-макета

---



**Издательство**

ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ