

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление 09.04.02 «Информационные системы и технологии»
 Отделение информационных технологий

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Разработка алгоритмического и программного обеспечения наземной компоненты системы компьютерного зрения беспилотных летательных аппаратов

УДК 004.415.2:004.422::004.932.2:629.73-519

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ИМ81	Кузнецова Т.В.		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОИТ	Марков Н.Г.	д.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Конотопский В. Ю.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД	Горбенко М.В.	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ	Савельев А.О.	к.т.н.		

**ЗАПЛАНИРОВАННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ПРОГРАММЕ:
09.04.02 «ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ»
(СИСТЕМНАЯ ИНЖЕНЕРИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ)**

Планируемые результаты обучения

Код результатов	Результаты обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВО (3++), СУОС, критерии АИОР, требования профессиональных стандартов (ПК-1, ..., ПК-11)
Р1	Воспринимать и самостоятельно приобретать, развивать и применять математические, естественно-научные, социально-экономические и профессиональные знания для решения нестандартных задач, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте.	Требования ФГОС ВО (3++) (ОПК-1,2; ПК-1; УК-1,4,6), критерий 5 АИОР (п. 1.1), соответствующий международным стандартам EUR-ACE и FEANI. Запросы студентов, отечественных и зарубежных работодателей.
Р2	Владеть и применять методы и средства получения, хранения, переработки и представления информации посредством современных компьютерных технологий, в том числе в глобальных компьютерных сетях.	Требования ФГОС ВО (3++) (ОПК-1,2,6,7; ПК-1,2,3,5,10; УК-1), критерий 5 АИОР (п. 1.1, 1.2), соответствующий международным стандартам EUR-ACE и FEANI. Запросы студентов, отечественных и зарубежных работодателей.
Р3	Демонстрировать способность выстраивать логику рассуждений и высказываний, основанных на интерпретации данных, интегрированных из разных областей науки и техники, выносить суждения на основании неполных данных, анализировать профессиональную информацию, выделять в ней главное, структурировать, оформлять и представлять в виде аналитических обзоров с обоснованными выводами и рекомендациями.	Требования ФГОС ВО (3++) (ОПК-1,3,6; ПК-5,6; УК-1,6), критерий 5 АИОР (п. 1.2), соответствующий международным стандартам EUR-ACE и FEANI. Запросы студентов, отечественных и зарубежных работодателей.
Р4	Анализировать и оценивать уровни своих компетенций в сочетании со способностью и готовностью к саморегулированию дальнейшего образования и профессиональной мобильности. Демонстрировать способность к самостоятельному обучению новым методам исследования, способность самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения.	Требования ФГОС ВО (3++) (ОПК-1,4,6; УК-6), критерий 5 АИОР (п. 1.6, п. 2.2,2.6.), соответствующий международным стандартам EUR-ACE и FEANI. Запросы студентов, отечественных и зарубежных работодателей.
Р5	Владеть современными коммуникативными технологиями, в том числе на иностранном языке для академического и профессионального взаимодействия. Владеть, по крайней мере, одним из иностранных языков на уровне социального и профессионального общения, применять специальную лексику и профессиональную терминологию языка.	Требования ФГОС ВО (3++) (ОПК-1,3; УК-3,4,5; ПК-7,8,9). Запросы студентов, отечественных и зарубежных работодателей.

Код результатов	Результаты обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВО (3++), СУОС, критерии АИОР, требования профессиональных стандартов (ПК-1, ..., ПК-11)
Р6	Использовать на практике умения и навыки в организации исследовательских, проектных работ и профессиональной эксплуатации современных программных и информационных систем, в управлении коллективом. Способность организовывать и эффективно руководить работой команды проекта при разработке программных и информационных систем.	Требования ФГОС ВО (3++) (УК-2,3,5; ПК-5,6,7,8,11; ОПК-1,8), критерий 5 АИОР (п. 2.1, п. 2.3, п. 1.5), соответствующий международным стандартам EUR-ACE и FEANI. Запросы студентов, отечественных и зарубежных работодателей.
Р7	Разрабатывать стратегии проектирования, критерии эффективности и ограничения применимости новых методов и средств проектирования и разработки программных систем.	Требования ФГОС ВО (3++) (УК-1,3; ПК-1,3,10; ОПК-2,4,6,7), критерий 5 АИОР (п. 2.2), соответствующий международным стандартам EUR-ACE и FEANI. Запросы студентов, отечественных и зарубежных работодателей.
Р8	Планировать и проводить теоретические и экспериментальные (численные) исследования в области создания программных систем. Оценивать и выбирать вариант архитектуры программной/информационной системы.	Требования ФГОС ВО (3++) (ОПК-1,4,6,7; ПК-1,3,10; УК-1,3), критерий 5 АИОР (п. 1.4), соответствующий международным стандартам EUR-ACE и FEANI. Запросы студентов, отечественных и зарубежных работодателей.
Р9	Владеть методами и средствами инженерии требований к системам, управления качеством программного обеспечения и системной интеграции/модернизации программного обеспечения.	Требования ФГОС ВО (3++) (УК-1; ОПК-4,5,7; ПК-1,2,4,8,11). Запросы студентов, отечественных и зарубежных работодателей.
Р10	Владеть современными инструментальными средствами программирования и технологиями управления данными. Использовать их при разработке требований, при проектировании и создании программного обеспечения, информационных систем/автоматизированных систем управления производством.	Требования ФГОС ВО (3++) (ПК-1,2,4,5,7,9,11; ОПК-2,5,7; УК-2). Запросы студентов, отечественных и зарубежных работодателей.
Р11	Осуществлять проектирование и разработку веб и мультимедийных приложений в среде корпоративных и глобальных информационно-телекоммуникационных систем.	Требования ФГОС ВО (3++) (ПК-1,2,3,5,6,9,11; ОПК-2,4,5,7; УК-2,3,5). Запросы студентов, отечественных и зарубежных работодателей.
Р12	Осуществлять управление процессами внедрения/сопровождения (модернизации, интеграции) программных и информационных систем на основе принципов и методов системной инженерии.	Требования ФГОС ВО (3++) (ОПК-4,6,8; ПК-1,4,5,6,8,9,11; УК-2,3,4), критерий 5 АИОР (п. 2.6), соответствующий международным стандартам EUR-ACE и FEANI. Запросы студентов, отечественных и зарубежных работодателей.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление 09.04.02 «Информационные системы и технологии»
 Отделение информационных технологий

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ А.О. Савельев
 (Подпись) (Дата)

**ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Магистерской диссертации

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
8ИМ81	Кузнецовой Т.В.

Тема работы:

Разработка алгоритмического и программного обеспечения наземной компоненты системы компьютерного зрения беспилотных летательных аппаратов	
--	--

Утверждена приказом директора (дата, номер)	28.02.2020 №59-46/с
---	---------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	1.06.2020
--	-----------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Источником информации при разработке алгоритмического и программного обеспечения являлось описание известных концепций и методов создания распределенного программного обеспечения, веб-сервисов. Исследования алгоритмов помехоустойчивого кодирования данных. Аналоги программного обеспечения для работы с беспилотными летательными аппаратами.</p>
---	--

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Системный анализ требований к программному обеспечению наземной компоненты (НК). Определение концепции и модели создания информационного пространства центра управления беспилотными летательными аппаратами (БПЛА). Проектирование и разработка алгоритмического, программного обеспечения (ПО) и базы данных НК системы компьютерного зрения (СКЗ). Анализ работы веб-сервисов. Апробация ПО НК СКЗ с макетом коптера.</p>
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Мультимедийная презентация:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Актуальность и основные понятия • Требования к функциональности ПО НК СКЗ • Обзор аналогов • Цель и задачи работы • Описание концепции и модели создания НК СКЗ • Выбор базового программного обеспечения • Структура взаимодействия компонентов программного обеспечения центра управления БПЛА • Диаграмма связей элементов модуля «Активные БПЛА» • Концептуальная схема структуры базы данных • Средства разработки • Графические интерфейсы модуля «Активные БПЛА» • Описание алгоритмического обеспечения • Анализ работы веб-сервисов • Апробация программного обеспечения с макетом коптера • Список публикаций • Заключение
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i></p>	
Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Конотопский В.Ю.
«Социальная ответственность»	Горбенко М.В.
Разделы на иностранном языке	Маркова Н.А.
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	
<p>Проектирование ИС наземной компоненты СКЗ (Designing the IS of the ground component of the SCV)</p>	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	2.03.2020
--	-----------

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОИТ	Марков Н.Г.	д.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ИМ81	Кузнецова Т.В.		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление 09.04.02 «Информационные системы и технологии»
 Уровень образования магистр
 Отделение информационных технологий
 Период выполнения осенний / весенний семестр 2019 /2020 учебного года

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	1.06.2020
--	-----------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
25.11.2019 г.	Анализ предметной области	15
01.04.2020 г.	Проектирование и разработка системы	25
13.04.2020 г.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
20.04.2020 г.	Социальная ответственность	15
27.04.2020 г.	Обязательное приложение на иностранном языке	15
01.06.2020 г.	Оформление пояснительной записки	15

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОИТ	Марков Н.Г.	д.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ	Савельев А.О.	к.т.н.		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 138 с., 24 рис., 20 табл., 39 источников, 4 прил.

Ключевые слова: беспилотные летательные аппараты, наземная компонента системы компьютерного зрения, сервис-ориентированная архитектура программного обеспечения, веб-сервисы, помехоустойчивое кодирование.

Объектом исследования является информационная система (ИС) наземной компоненты (НК) интеллектуальной системы компьютерного зрения (СКЗ) беспилотных летательных аппаратов (БПЛА).

Цель работы – создать алгоритмическое и программное обеспечение ИС наземной компоненты СКЗ для управления полетами БПЛА при мониторинге опасных технологических объектов.

Научная новизна полученных результатов. Оригинальной является архитектура программного обеспечения (ПО) ИС наземной компоненты СКЗ, разработанная на основе принципов сервис-ориентированной архитектуры. Новыми являются разработанные алгоритмы ИС наземной компоненты СКЗ, включая алгоритмы помехоустойчивого кодирования данных.

Практическая значимость результатов. Разработанное ПО позволит операторам ИС осуществлять на основе данных, полученных с БПЛА, оперативное реагирование на факты обнаружения инцидентов на технологических объектах.

Результаты работы внедрены в ООО «Центр нефтегазовых технологий», г. Томск.

Область применения: ИС наземной компоненты СКЗ предназначена для предприятий с опасным технологическим производством (нефтегазодобывающие, нефтехимические и т.п. предприятия), а также может быть востребована организациями, отвечающими за своевременное выявление очагов возгорания на участках земной поверхности (службы МЧС, мобильные пункты лесоохраны и т.д.).

Обозначения и сокращения

БД – база данных

БП – бизнес-процессы

БПЛА – беспилотные летательные аппараты

ГИС – геоинформационная система

ИС – информационная система

НК – наземная компонента системы компьютерного зрения

ПО – программное обеспечение

СКЗ – система компьютерного зрения

СНС – сверточные нейронные сети

СУБД — система управления базами данных

BPMS (англ. Business Process Management Suite) – система управления бизнес-процессами

ESB (англ. Enterprise Service Bus) – сервисная шина предприятия

IIS (англ. Internet Information Server) – веб-сервер для размещения сервисов

SOA (англ. Service-Oriented Architecture) – сервис-ориентированная архитектура

WCF (англ. Windows Communication Foundation) – технология для построения веб-сервисов в архитектуре SOA

WKT (англ. Well-Known Text) – текстовый формат, определенной консорциумом OGS, для описания геоданных.

Содержание

Введение	11
1. Проектирование ИС наземной компоненты СКЗ	12
1.1 Требования к функциям наземной компоненты СКЗ.....	12
1.2 Концепция создания ИС наземной компоненты СКЗ.....	15
1.3 Модель SOA информационного пространства центра управления БПЛА 16	
1.4 Особенности специализированной ESB	19
1.5 Структура программного обеспечения центра управления БПЛА	23
1.5.1 Выбор базового программного обеспечения.....	23
1.5.2 Выбор системы управления бизнес-процессами	25
1.5.3 Системы автоматизированной интерпретации снимков с БПЛА .	27
1.5.4 Особенности структуры ПО центра управления	28
1.6 Проектирование структуры базы данных.....	30
1.7 Проектирование модуля «Активные БПЛА» и его взаимодействия с ГИС QGIS.....	32
2. Алгоритмическое обеспечение ИС наземной компоненты	34
2.1 Алгоритм кодирования данных	34
2.2 Алгоритм декодирования данных	36
2.3 Алгоритмы взаимодействия модуля «Активные БПЛА» с БПЛА	37
3. Разработка и апробация программных средств ИС НК	43
3.1 Средства разработки модуля «Активные БПЛА»	43
3.2 Создание базы данных.....	44
3.3 Проектирование и реализация графических интерфейсов и функций просмотра снимков БПЛА	46
3.4 Создание веб-сервисов кодирования и декодирования данных	50

3.5 Методика и результаты анализа работы веб-сервисов кодирования и декодирования данных	51
3.6 Способ взаимодействия модуля «Активные БПЛА» с БД при работе со снимками.....	57
3.7 Отображение маршрутов БПЛА на карте	58
3.8 Апробация взаимодействия ИС наземной компоненты с макетом коптера	59
3.9 Внедрение результатов работы.....	61
4. Финансовый менеджмент и ресурсоэффективность	63
5. Социальная ответственность	81
Заключение.....	98
Список публикаций	100
Список использованных источников	101
Приложение А Разделы на иностранном языке	106
Приложение Б Требования к интеллектуальной СКЗ	123
Приложение В Руководство пользователя.....	126
Приложение Г Акт внедрения результатов магистерской диссертации.....	138

Введение

В настоящее время в России и за рубежом существует актуальная проблема мониторинга и выявления противоправных действий на опасных технологических объектах и своевременного выявления пожаров. Для её решения всё чаще применяют беспилотные летательные аппараты (БПЛА) с установленными на борту фото- и видеокамерами, тепловизорами и иного рода датчиками.

Для более эффективного мониторинга территории с опасными объектами с помощью БПЛА, предлагается оснастить последние интеллектуальными системами компьютерного зрения (СКЗ), позволяющими решать задачи распознавания на изображениях земной поверхности объектов различной физической природы в режиме реального времени [1]. При этом СКЗ состоит из двух сегментов: вычислительного устройства на БПЛА и наземной компоненты (НК), входящей в состав центра управления БПЛА.

Результаты распознавания на снимках инцидентов на опасных объектах передаются в центр управления для дальнейшего принятия решения оператором. Центр управления координирует все процессы мониторинга, причем его главной задачей является получение данных с БПЛА с возможностью их просмотра с помощью НК СКЗ и принятия решения – подтвердить или отклонить факт обнаружения нештатной ситуации (инцидента) на территории мониторинга. Кроме того, в центре должно осуществляться взаимодействие операторов с использованием НК с БПЛА и отслеживаться перемещение активных БПЛА на карте. Полученные с БПЛА снимки и координаты инцидентов должны храниться в базе данных (БД).

Целью научно-исследовательской работы является создание алгоритмического и программного обеспечения информационной системы (ИС) наземной компоненты СКЗ. Для реализации этой цели должны быть решены задачи проектирования ИС и разработаны алгоритмическое и программное обеспечение этой системы. Требуется также провести исследование эффективности созданной ИС.

1. Проектирование ИС наземной компоненты СКЗ

Проектирование информационной системы наземной компоненты заключалось в выявлении требований к функциям ИС центра управления наземной компонентой, на основе которых была сформирована концепция и предложена модель создания ИС, определены составляющие наземной компоненты и алгоритмы их взаимодействия.

1.1 Требования к функциям наземной компоненты СКЗ

Для выявления требований к разработке был проведен анализ потребностей и спектра решаемых задач основных пользователей системы - операторов центра управления БПЛА. В обязанности оператора входит работа с данными, получаемыми в режиме онлайн с БПЛА, на основе которых принимается решение о наличии инцидента на объекте мониторинга и дальнейшего его устранения. Кроме того, центр управления должен иметь возможность координировать полеты БПЛА.

Так как центр управления отвечает за координацию всех процессов мониторинга территорий и за обработку его результатов, то ИС НК должна обладать следующими функциями:

- прием данных с БПЛА в режиме онлайн;
- возможность принятия решения по факту обнаружения ЧС на объекте;
- возможность передачи и приема сообщений и координат от БПЛА;
- создание/корректировка маршрута и его установка на БПЛА;
- отслеживание маршрутов БПЛА на карте объекта и др.

Исходя из этого перечня функций, следует, что этой ИС требуется дополнительное программное обеспечение (ПО), которое позволит не только визуализировать данные с БПЛА, но и осуществлять работу с пространственными данными, картами и координатами, а также реализовывать связь с БПЛА путем списка установленных команд.

Перечень функциональных требований, выявленных при анализе использования ИС в центре управления БПЛА представлен в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Функциональные требования к наземной компоненте

СКЗ

Код требования	Требования	Примечания
F.01	Общие требования	
F.01.01	Возможность конфигурации исходных параметров системы	- тип исследуемого объекта; - координаты границ; - тип используемых БПЛА
F.01.02	Возможность добавлять/заменять/удалять БПЛА из системы мониторинга территории	
F.01.03	Отображение списка активных БПЛА	
F.01.04	Возможность добавлять маршрут-задание для БПЛА	
F.01.05	Возможность создания нового маршрута для мониторинга промышленного объекта	
F.01.06	Возможность просмотра траекторий перемещения БПЛА на карте в режиме реального времени	Для построения траектории используются координаты местонахождения БПЛА, передаваемые с его борта
F.01.07	Возможность раздельного просмотра принимаемых данных по каждому БПЛА	- снимки потокового видео с видекамеры; - снимки тепловизионной камеры; - показания (если установлены на БПЛА) датчиков-газоанализаторов и т.д.
F.01.08	Предоставление возможности оператору подтверждать или отменять результаты анализа снимков на борту БПЛА	
F.02	Требование к редактору заданий для БПЛА	
F.02.01	Должна быть возможность просмотра уже существующих маршрутов БПЛА при помощи векторной карты со слоем маршрутов или таблицы координат контрольных точек маршрута	
F.02.02	Должна быть возможность создания нового маршрута БПЛА	Путем нанесения контрольных точек на карте или путем создания и заполнения таблицы с координатами контрольных точек
F.02.03	Должна быть возможность корректировки маршрута БПЛА (до его вылета)	- путем перемещения на карте контрольных точек; - путем внесения изменений в таблицу координат.
F.02.04	Должна быть возможность удаления существующего маршрута.	
F.03	Требования к командам для БПЛА и к сигналам/пакетам данных с БПЛА	
F.03.01	Должна быть возможность отправки команды-запроса на получение снимка и первого снимка, классифицированного как содержащий сторонний объект (объекты)	Запрос осуществляется оператором для принятия им решения об инциденте
F.03.02	Должна быть возможность отправки на БПЛА команды «Повтори» с целью повторной передачи всего пакета данных или последнего снимка (двух снимков)	Формируется в случае необходимости

F.03.03	Должна быть возможность отправки запроса на получение увеличенного/уменьшенного снимка. Масштаб задается в зависимости от характеристик датчиков и возможностей БПЛА	Является дополнительной опцией
F.03.04	Должна быть возможность отправки команды на возврат БПЛА на базу	
F.03.05	Должна быть возможность приема данных о времени до полной разрядки источника энергопотребления БПЛА, для возможности замены одного БПЛА другим	Функция важна в случае непрерывного мониторинга промышленного объекта с помощью нескольких БПЛА
F.03.06	Должна быть возможность приема сигнала SOS и текущих координат в случае быстрой разрядки источника электропитания БПЛА	
F.03.07	Должна быть возможность приема сигнала о достижении БПЛА контрольной/конечной точки	
F.03.08	Должна быть возможность приёма пакетов данных (данные об инцидентах на территории и соответствующие им снимки) с БПЛА в режиме реального времени	Число принимаемых пакетов (блоков) данных зависит от размеров снимков с видеокамеры и тепловизора

Стоит отметить, что в наземной компоненте может быть несколько компьютеров операторов, объединенных в локальную вычислительную сеть. Также предполагается наличие сервера баз данных с соответствующей системой управления базами данных (СУБД) для хранения снимков, карт и других данных. При этом должна быть реализована клиент-серверная архитектура при обмене данными между сервером баз данных и компьютерами оператора (клиентами баз данных). Поэтому также был выдвинут ряд требований к аппаратному и программному обеспечению наземной компоненты СКЗ.

Программное обеспечение ИС наземной компоненты должно иметь доступ через Internet к внешним данным о БПЛА, и хранящимся картам исследуемых территорий, а также к серверу баз данных со списками маршрутов БПЛА, снимками, полученными с БПЛА, а также расписания движения служебного транспорта, действующие на территории мониторинга. Расписание движения вблизи охраняемой территории помогут классифицировать объекты по параметру «свой-чужой», а также выявить случаи несанкционированного проникновения на территорию (в охраняемую зону) исследуемого технологического объекта. Поэтому был выдвинут ряд требований к информационному обеспечению.

Так как центр управления ведет постоянную связь с БПЛА, то были установлены требования к безопасности передачи данных. При обменах данными между БПЛА и наземной компонентой СКЗ с целью обнаружения и исправления возникающих ошибок применяется помехоустойчивое кодирование/декодирование этих данных при передаче их в радиоканале.

Кроме того, определены требования к входным и выходным данным. В частности, описаны форматы: растровые и векторные форматы карт, а также формат GPS-данных. А также описаны способы и форматы взаимодействия наземной компоненты СКЗ с БПЛА.

Бортовая компонента СКЗ содержит датчики, закрепляемые на борту БПЛА, и вычислительное устройство, разрабатываемое в проекте на основе современной системы на кристалле. Данные требования описаны в требованиях к составу бортовой компоненты СКЗ. Полный список требований представлен в приложении Б.

Таким образом, были выявлены и описаны не только функциональные требования, но и ряд других, необходимых при разработке ИС НК.

1.2 Концепция создания ИС наземной компоненты СКЗ

Наземная компонента СКЗ располагается в центре управления БПЛА, осуществляющем организацию мониторинга территорий. Концепция создания такой компоненты предусматривает, что ядром ее ПО являются программные средства геоинформационной системы. Причем один из принципов концепции – использование функционала известной свободно-распространяемой ГИС. Именно такая ГИС должна позволять операторам центра управления работать с пространственными данными при прокладке и отслеживании маршрутов группы БПЛА. Более того, ГИС должна автоматически наносить на электронную карту данные о местонахождении инцидентов на территории мониторинга, принимаемые от БПЛА.

Другой принцип концепции указывает на необходимость включения разрабатываемых программных модулей для управления БПЛА в среду этой ГИС. Операторы в центре управления, получающие изображения с БПЛА с

обнаруженными сторонними объектами или очагами возгорания (инцидентами) на территории мониторинга, должны для принятия окончательного решения о направлении тревожной группы в район инцидента иметь возможность быстро переинтерпретировать такие изображения. Это означает, что концепция создания наземной компоненты СКЗ предполагает наличие в центре информационной системы или нескольких систем для автоматизированной интерпретации принятых с БПЛА снимков. ИС НК должна интегрироваться с такой системой интерпретации. Для этого в центре управления должны быть наземные ИС, в которых программно реализованы предлагаемые в проекте перспективные архитектуры СНС и (или) использованы системы автоматизированной интерпретации аэрофотоснимков третьих производителей.

Наконец, важными принципами концепции построения наземной компоненты СКЗ являются принципы сервис-ориентированной архитектуры (англ. Service-Oriented Architecture – SOA), на которых проектируется ПО этой компоненты, а в итоге ПО всего центра (сети центров) управления БПЛА. Во-первых, реализация ПО на этих принципах позволит легко программно реализовать новые бизнес-процессы (БП) центра управления в виде веб-сервисов и интегрировать их с уже существующим в центре управления ПО. Это особенно важно при неоднократном изменении БП и условий функционирования центра управления, ведущих к необходимости быстрой разработки нового ПО. Во-вторых, реализация принципов SOA позволит быстро интегрировать различные ИС, в том числе используемые в центре управления для интерпретации снимков с БПЛА.

1.3 Модель SOA информационного пространства центра управления БПЛА

SOA – это каркас для интеграции бизнес-процессов и поддерживающей их ИТ-инфраструктуры в форме безопасных и стандартизированных компонентов: сервисов, которые можно использовать многократно и комбинировать для адаптации к изменяемым приоритетам

управления БПЛА [2]. В отличие от разработки специализированных систем, создание требуемого ПО или в целом ИС на основе принципов SOA позволяет эффективнее реагировать на новые приобретения систем интерпретации снимков территорий, изменения структуры центра управления и т.п. В рамках концепции SOA ПО центра управления разрабатывается как совокупность сервисов, каждый из которых предназначен для решения конкретной, обычно небольшой задачи. В общем случае, связанные воедино в определённой последовательности сервисы образуют законченную ИС [3].

Под *сервисом* понимается независимый программный компонент (модуль) с возможностью самоописания, выполняющий определённую бизнес-задачу (БП, подпроцесс, функцию) и предоставляющий некоторые функциональные возможности запрашивающей стороне (сторонней ИС или другому сервису). Чаще всего создаются веб-сервисы [2]. Слабая связность сервисов обеспечивает простую и быструю адаптацию ИС к изменению БП в центре управления. Сервисы могут работать как сами по себе, так и комбинироваться с другими сервисами для создания составных (компонентных) приложений. Взаимодействуя по сети в определённой последовательности, сервисы позволяют реализовать тот или иной БП. Для использования сервиса необходимо следовать соглашению об интерфейсе. Интерфейсы являются средством для предоставления возможностей сервиса внешнему миру и организации взаимодействия сервисов. В интерфейсе сервиса определены параметры обращения к нему и описан результат.

Другой ключевой составляющей SOA является *реестр сервисов*. Он представляет из себя каталог и содержит описания сервисов (физическое месторасположение сервисов, версии и их срок действия, а также документацию по сервисам). Именно благодаря ему в SOA реализуется слабое связывание сервисов.

Третья составляющая SOA – это *сервисная шина предприятия* (англ. Enterprise Service Bus – ESB) [2]. Она является связующим программным

обеспечением для всех создаваемых сервисов для централизованного и унифицированного событийно-ориентированного обмена сообщениями между сервисами компании. ESB ответственна за выполнение ряда задач классической интеграции: поддержка синхронного и асинхронного способов вызова служб; использование защищённого транспорта с гарантированной доставкой сообщений, поддерживающего транзакционную модель; статическая и алгоритмическая маршрутизация сообщений. Также ESB обеспечивает доступ к данным из сторонних ИС с помощью готовых или специально разработанных адаптеров; обработка и преобразование сообщений; оркестровка и хореография служб; разнообразные механизмы контроля и управления (аудиты, протоколирование); готовые адаптеры для соединения с конкретным прикладным программным обеспечением, API для создания таких адаптеров.

Адаптеры – специфичные модули, отвечающие за интеграцию с конкретным набором сервисов. В отличие от посредника сообщений, ESB не содержит логики извлечения и преобразования данных сервисов, у которых нет стандартизированных интерфейсов. Поэтому ответственность за взаимодействие с такими сервисами ложится на специальные модули – адаптеры, преобразующие данные в формат, понятный шине (например, в XML) [3]. Адаптеры необходимо разрабатывать отдельно.

Наконец, ещё одна составляющая SOA – *система управления бизнес-процессами* (англ. Business Process Management Suite – BPMS). Это программное обеспечение, предоставляющее возможности для запуска, координирования, управления, администрирования и отладки БП. При этом БП рассматриваются как некоторая последовательность логически связанных действий, которые преобразуют входные данные в результат или выходные данные. Иными словами, именно БП определяют последовательность запуска сервисов с целью решения определённой бизнес-задачи.

Подводя итоги краткого анализа составляющих SOA и их основных возможностей, можно считать, что SOA представляет собой перспективную

модель взаимодействия компонентов создаваемой ИС центра управления и интеграции её с другими ИС этого центра (сети центров). Эта модель позволяет связывать компоненты между собой с помощью чётко определяемых интерфейсов, образуя единое информационное пространство компании. Причём интерфейсы не зависят от используемых в центре аппаратных платформ, операционных систем и языков программирования, применяемых для разработки компонентов ИС. Это позволяет компонентам взаимодействовать между собой одним и тем же стандартным, но в то же время универсальным способом. Такая особенность использования интерфейсов, независимых от окружения и платформы, получила название «слабой связи» [2]. Эта модель позволяет обеспечить повышенную гибкость и адаптируемость корпоративной ИС и, соответственно, единого информационного пространства в изменяющихся условиях компании, поскольку замена или модернизация одного из компонентов системы не скажется на остальных.

1.4 Особенности специализированной ESB

Сегодня в некоторых промышленных компаниях и в ряде государственных организаций ESB используются как единая точка для связи между собой большого числа ИС и приложений различного класса. Целью при этом является обеспечение гибкости масштабирования и простоты включения в единое информационное пространство компаний унаследованных ИС [4].

Анализ достоинств и недостатков существующих на рынке ESB, в том числе бесплатных результатов open-source проектов по интеграционным платформам, а также перечень перечисленных выше особенностей использования модели SOA указывают на необходимость создания специализированной ESB, учитывающей специфику информационных процессов в центре управления. Кроме того, оценка трудозатрат квалифицированной команды разработчиков показала, что выгоднее

разрабатывать специализированную ESB, а не покупать полнофункциональную ESB.

В работе была использована ESB, созданная в отделении информационных технологий Томского политехнического университета и позиционируемая как специализированная сервисная шина для создания единого информационного пространства компаний, в первую очередь, нефтегазовой отрасли [5].

В качестве инструментария для разработки специализированной ESB была выбрана платформа .NET. Она имеет мощную библиотеку классов преобразования форматов данных, протоколов взаимодействия между системами, а также несколько технологий для реализации ESB на языке C#. Для разработки специализированной ESB была выбрана технология ASP.NET MVC (англ. Model-View-Controller – Модель-Представление-Контроллер) проекта, она предоставляет каркас для разработки систем с веб-взаимодействием и уже имеет некоторые необходимые функциональные возможности, свойственные ESB, такие как маршрутизация сообщений и преобразование форматов данных между сервисами. Гибкость MVC позволяет изменять структуру ESB в соответствии с существующими требованиями компании-владельца центра (сети центров) управления БПЛА для мониторинга территорий.

Созданная специализированная ESB предоставляет стандартные возможности интеграции программных продуктов (сервисов) и ИС и разработана таким образом, чтобы отсутствовала зависимость от конкретных базовых платформ и программных решений. При необходимости можно добавлять шине новую функциональность, поэтому изначально нет необходимости компании платить за функциональность ESB, которая не будет востребована.

Чтобы осуществлять связь между СУБД и ESB, необходим посредник (адаптер). Таким посредником в данном случае является технология ADO.NET (Connection, Command, DataReader, DataSet, DataAdapter).

ADO.NET обеспечивает ESB унифицированным интерфейсом для работы с самыми различными СУБД, среди них: MS SQL Server, OLE DB (Access, DB2, MySQL), Oracle, Realm DB, Mongo DB, PostgreSQL, FireBird и другие.

Для ESB важно иметь возможность взаимодействовать с различными ИС или сервисами по протоколам передачи данных различного уровня и назначения. Сегодня в специализированной ESB реализованы сетевые протоколы Ggp, Icmp, Icmp6, Idp, Igmp, IP, IPv4, IPv6, Ipx, ND, Pup, Raw, Spx, SpxII (класс System.NET.Sockets.Socket), потоковые (TcpClient, TcpListener) и дейтаграммные сокет (UdpClient), Http (WebClient – WebRequest, WebResponse, HttpWebRequest, HttpWebResponse, HttpListener), почтовые протоколы (SmtpClient, POP3, IMAP), передача файлов (FtpWebRequest, FtpWebResponse). Это позволяет поддерживать интеграцию сервисов различного вида (SOAP и RESTful веб-сервисы, проху).

Для работы со сложными объектами, передаваемыми по сети в обменных форматах, необходимо производить их сериализацию – преобразование в поток байтов. Можно использовать следующие популярные форматы: бинарный, soap, xml, json, xls, xlsx, doc, docx, cvs, txt, dbf. Для части форматов предусмотрен свой класс сериализации: BinaryFormatter, SoapFormatter, XmlSerializer,DataContractJsonSerializer.

Также особенностью созданной ESB является наличие модуля для валидации данных - значений технологических и геологических параметров. Ряд ИС в рамках интеграционного проекта содержит большие объёмы подобной информации в разных единицах измерения и иногда с разными наименованиями. Поэтому часть сущностей предметной области была преобразована в структуры классов моделей (Model). Для объектов модели была указана дополнительная информация в виде атрибутов, а благодаря механизму привязки моделей можно не задумываться о сериализации данных из различных форматов в соответствующий класс.

В целом, как показывают тестовые испытания, специализированная ESB способна быстро переместить большой объем данных между двумя и

более ИС, быстро загрузить большой объем данных из одного или нескольких файлов БД с возможностью преобразования данных. Также она позволяет быстро настроить RESTful веб-сервис для одной или нескольких ИС центра, произвести сжатие и декомпрессию, пакетирование и архивирование, шифрование и дешифрирование данных.

Специализированная ESB поддерживает асинхронные методы. Такие методы позволяют оптимизировать производительность системы в целом, они предназначены, в первую очередь, для запросов, которые могут занять продолжительное время (чтение больших объемов данных из БД, обращение к внешнему сетевому ресурсу, вычислительно сложные задачи).

На запрашиваемый маршрут в ESB можно накладывать различные ограничения, например, за счёт использования синтаксиса регулярных выражений. Также ограничения могут касаться метода HTTP-запроса и конкретных адресов. При этом контроллеру (Controller) доступны все аспекты веб-взаимодействия (HttpContext): идентификационные данные пользователя; данные запроса (переданные параметры, куки, данные пользователя); управление ответом (кодировка, заголовки, тело ответа); данные сессии пользователя и данные маршрута.

Созданная ESB включает в себя административный модуль с графическим интерфейсом для конфигурирования интеграционных скриптов с подсветкой синтаксиса. При возникновении ошибок или необходимости уведомления об успешном завершении операции предусмотрен механизм уведомлений автора интеграционного процесса по электронной почте. Вся история действий пользователей и изменение интеграционных маршрутов логируются с возможностью проводить последующий необходимый анализ, а вся информация об интеграционных процессах архивируется в качестве резервной копии на отдельном сервере.

Безопасность доступа обеспечивается за счет разграничения пользователей по ролям с необходимыми правами. Безопасность

аутентификаций и работы пользователей в сети обеспечивает технология ASP.NET Identity.

При включении в интегрированную среду центра управления дополнительного ПО или других ИС, не имеющих стандартизованные интерфейсы, возможна дополнительная разработка новых адаптеров с использованием созданного шаблона.

1.5 Структура программного обеспечения центра управления БПЛА

Основываясь на концепции создания НК СКЗ, было принято решение вести разработку ПО НК в соответствии с моделью SOA. Данная модель подразумевает наличие в структуре этого ПО расширяемой ГИС, которая обеспечивает онлайн-взаимодействие с БПЛА и поддерживает работу с электронными картами, а также наличие в составе центра управления ИС для интерпретации снимков, принятых с БПЛА.

1.5.1 Выбор базового программного обеспечения

Наземная компонента СКЗ должна быть оснащена ПО, которое позволит не только визуализировать данные с БПЛА, но и осуществлять работу с пространственными данными, картами и координатами, а также реализовывать связь с БПЛА путем списка установленных команд. Данным функциональным набором обладают ГИС, поэтому было принято решение в качестве базового программного обеспечения центра управления БПЛА использовать систему именно геоинформационного типа.

Был проведен анализ предметной области и изучены компании, специализирующиеся на предоставлении ПО и различных услуг по мониторингу территории при помощи БПЛА. Среди них компания «Геоскан» (г. Санкт-Петербург), предоставляющая целое семейство ГИС под названием «Спутник» [6], фирма «Авакс» (г. Красноярск), которая предоставляет ряд продуктов и услуг по созданию топографических карт на основе материалов аэрофотосъемки [7], и ряд других компаний и их программных продуктов.

Однако у рассмотренных аналогов ПО для центра управления были выявлены следующие недостатки:

- компании не имеют целостного программного продукта для решения всех заявленных задач мониторинга;
- ПО для мониторинга территории предназначено для анализа в стационарных условиях данных с БПЛА, а в рамках нашего проекта такой анализ происходит на борту летательного аппарата;
- отсутствие функций взаимодействия и онлайн-отслеживания перемещения БПЛА.

Дальнейший анализ существующего ПО проводился среди ПО универсальных ГИС, не специализирующихся на работе с БПЛА. Показано, что наиболее подходящим в качестве основы вариантом является ГИС QGIS – свободная кроссплатформенная геоинформационная система [8]. QGIS работает в среде операционной системы (ОС) Windows и в большинстве платформ Unix, поддерживает множество векторных и растровых форматов, легко интегрируется с различными системами управления базами данных, а также имеет богатый набор встроенных инструментов обработки данных и разработки дополнительного функционала.

Преимущества данной ГИС перед другими ГИС заключаются в следующем:

- QGIS бесплатна. Она распространяется под Универсальной общественной лицензией GNU, что предоставляет пользователям право копировать, модифицировать и распространять QGIS;
- поддерживает основные форматы пространственных данных, их визуализацию, а также предоставляет возможность ими оперировать;
- в QGIS можно подключать внешние источники данных;
- реализован инструментарий для работы с GPS-данными;
- программа также предоставляет возможность расширения функциональности QGIS с помощью разработки дополнительных модулей; в частности, бесплатно предоставляет среду разработки графических

интерфейсов Qt Designer [9], а также имеет встроенную консоль языка программирования Python.

Несмотря на то, что QGIS не способна выполнять весь спектр задач, решаемых при управлении БПЛА, она обладает рядом ключевых преимуществ перед своими аналогами, а существующие недостатки позволяет устранить развитый инструментарий для разработки новых модулей, которые легко интегрируются в систему. Поэтому было принято решение о создании дополнительного модуля в среде QGIS, который будет отвечать за работу с БПЛА. Он получил название «Активные БПЛА».

1.5.2 Выбор системы управления бизнес-процессами

BPMS – это технологическое программное обеспечение для управления бизнес-процессами любой организации. Задачами этой системы являются: моделирование, исполнение, контроль и улучшение бизнес-процессов. BPMS позволяет: обнаружить неоптимальные места в производстве, ускорять выполнение задач, улучшать качество их выполнения, уменьшать издержки и обеспечивать компании эффективное развитие [10].

При использовании BPMS все пользователи и сторонние системы работают в нужном порядке без нарушения правил. Система следит за временем работы, а при отклонении уведомляет ответственное лицо или предлагает альтернативный маршрут.

Для моделирования БП используются интуитивно понятные спецификации, наиболее известные из которых BPMN (самый популярный), EPC и IDEF0 [11]. Такие языки способны понимать все от бизнес-аналитиков до разработчиков систем, BPMS предоставляют графический дизайнер моделирования БП и удобный интерфейс пользователя.

В качестве анализируемых систем были взяты наиболее распространённые BPMS, собранные в специальной электронной таблице [12], здесь можно найти множество систем различных производителей для разных платформ; многие системы требуют лицензии.

Главными критериями при анализе BPMS были выбраны следующие её свойства:

1. Полнота реализации нотации для описания бизнес-процессов (в первую очередь, BPMN). Если система не позволяет спроектировать абсолютно любой бизнес-процесс, то такая система не может стать основой для разработки.

2. Возможность компиляции и выполнения спроектированных диаграмм. Все BPMS дают возможность строить диаграммы бизнес-процессов – это может быть полезно для визуализации предметной области на этапе анализа требований, но при эксплуатации информационной системы только этого недостаточно.

3. Наличие встроенных адаптеров, поддержка протоколов и обменных форматов для интеграции и взаимодействия с другими системами. Данный аспект характерен для сервисных шин предприятия, но функциональные возможности ESB и BPMS взаимно дополняют друг друга, и поэтому часто разрабатываются единой информационной системой.

4. Стоимость системы. Покупка новой системы является дорогой и повышает стоимость продукта, тем самым уменьшая конкурентные преимущества разработки.

5. Кроссплатформенность. Системы, предназначенные только для определённых платформ, являются недостаточно гибкими.

Основываясь на данных таблицы и ряда выдвинутых критериев оценки, анализ BPMS был ограничен только свободно распространяемыми кроссплатформенными системами и технологиями. Соответствие другим критериям определяется путём опытной эксплуатации систем и изучением их документации.

Дополнительно к системам в таблице рассмотрены такие системы и технологии, как Windows Workflow Foundation, Bonita BPM, Bizagi BPM Suit, а также российская разработка ELMA BPM Community.

Все рассмотренные системы приблизительно равны по своим функциональным возможностям. Поэтому основным критерием выбора BPM-системы стало наличие исчерпывающей документации на русском языке.

Так была использована российская разработка ELMA BPM [13]. По сути, эта BPM-система является в некотором роде средой разработки информационных систем на принципах SOA, что в рамках реализуемого проекта является ключевым преимуществом.

Данная среда содержит всё необходимое для максимизации производительности программиста: редактор исходного кода для сценариев с подсветкой синтаксиса, встроенный отладчик, редактор форм для упрощения создания графического интерфейса и другие полезные средства. Можно подключать внешние сервисы. Доступна работа и с мобильных устройств. Для создания сложных сценариев используется язык C#. В платных версиях ELMA есть возможность работа с СУБД MS SQL и ORACLE.

1.5.3 Системы автоматизированной интерпретации снимков с БПЛА

При мониторинге территории с помощью БПЛА важно правильно интерпретировать (распознавать) объекты на снимках. Первичный анализ изображения происходит на борту БПЛА. С помощью обученных и аппаратно-реализованных сверточных нейронных сетей (СНС) на снимках детектируются инциденты на территории. Обнаруженному СНС инциденту присваивается определенный класс объекта, на основе которого оператор центра управления принимает решение об уровне возникшей опасности и о направлении тревожной группы в район инцидента. Однако не все возможные инциденты могут быть распознаны СНС, или они могут быть распознаны неверно. В таких случаях оператору должна предоставляться возможность оперативно интерпретировать полученное изображение. Концепция создания наземной компоненты СКЗ предполагает наличие в

центре управления информационной системы или нескольких систем для автоматизированной интерпретации принятых с БПЛА снимков.

Существует достаточное количество программных продуктов с широким набором функций для обработки и интерпретации данных аэрокосмоснимков. Многие современные геоинформационные системы ArcGIS, GRASS, SAGA, в том числе QGIS, предоставляют широкий функционал для обработки изображений с дальнейшей интерпретацией результатов, а также предоставляют возможность разработки собственных алгоритмов обработки. Кроме того, существуют специализированные системы, как ERDAS, ENVI и др., распространяемые на коммерческой основе, а также некоммерческое программное обеспечение MultiSpec [14]. Все перечисленные выше программные продукты предоставляют в той или иной мере возможность обработки и интерпретации изображений. Однако была выделена ИС ERDAS – полнофункциональная растрово-векторная ГИС для работы с данными дистанционного зондирования [15], так как ранее уже была использована участниками проекта при решении задач интерпретации данных дистанционного зондирования и мониторинга.

1.5.4 Особенности структуры ПО центра управления

Учитывая вышеизложенную концепцию SOA и результаты выбора отдельных компонентов требуемого ПО, была предложена структура ПО центра управления БПЛА (рис. 1.1). Выделенные цветом компоненты были разработаны или настроены автором и являются компонентами ПО НК. Кроме этих компонентов ПО в составе НК будет БД под управлением современной СУБД, что позволяет говорить о разработке ИС НК.

Одной из составляющих модели SOA была выбрана BPMS ELMA BPM (см.п.1.5.2). Через шину ESB ведётся взаимодействие сервисов, базы данных (через СУБД) с внешними (по отношению к создаваемой ИС НК) ИС центра управления БПЛА.

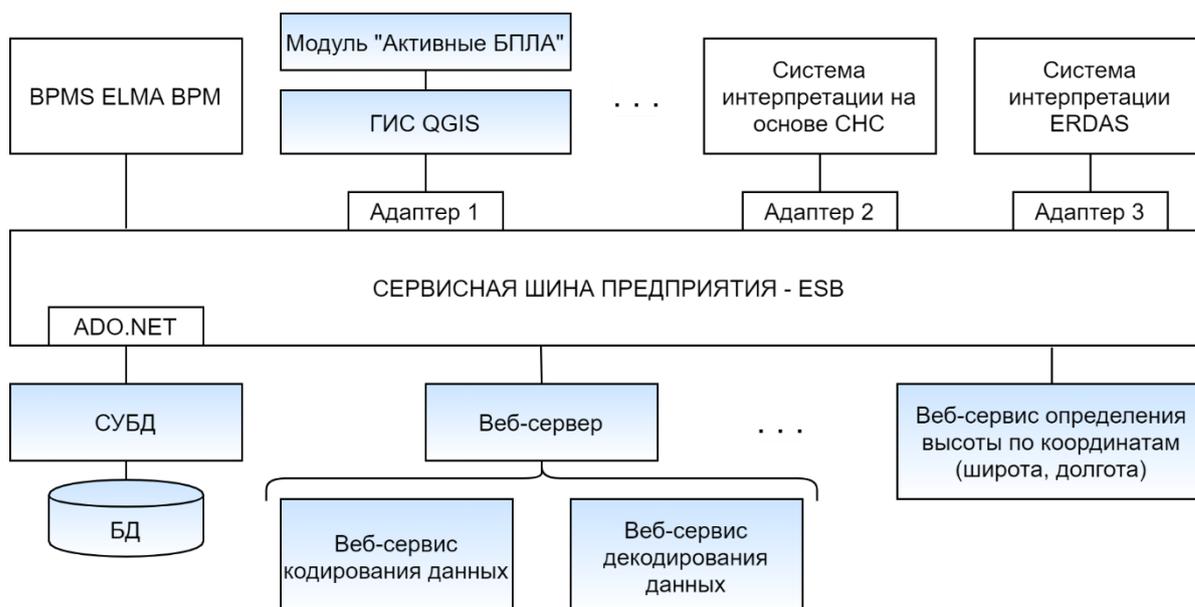


Рисунок 1.1 – Структура ПО центра управления

В качестве примера внешних ИС на рис. 1.1 приведены две системы. Они предназначены для интерпретации изображений, принимаемых с БПЛА, а третья – ГИС QGIS – предназначена в составе ИС НК для оперативного управления полетами БПЛА, получения и обработки данных с БПЛА. Так как стандартное ПО QGIS не предоставляет инструментов взаимодействия ГИС с БПЛА, данная ГИС дополняется модулем «Активные БПЛА». ИС НК при передаче данных должна использовать функции помехоустойчивого кодирования/декодирования, а также включать функцию определения высоты над уровнем моря по координатам широты и долготы для установки параметров полета БПЛА. Для реализации данных функций ГИС QGIS обращается к соответствующим веб-сервисам, которые располагаются на веб-сервере и порядок работы которых должны определять ESB и система управления БП ELMA BPM.

Используемые в составе единого информационного пространства центра управления внешние информационные системы не обязательно имеют стандартизированные интерфейсы, так как они создавались не в рамках концепции SOA. Поэтому для них должны быть реализованы адаптеры сервисной шины (на рис. 1.1 показаны три из них). Адаптер 1 для ГИС QGIS был разработан в нашем проекте.

Стоит отметить, что во время опытной эксплуатации специализированной ESB в компаниях нефтегазовой отрасли проводились различные её испытания. Результаты эксплуатации указывают на высокую производительность шины, и на простоту интеграции с её помощью разрабатываемых сервисов и унаследованных в компаниях ИС[5].

Таким образом, полученные во время эксплуатации шины предприятия результаты позволяют считать, что она может использоваться при создании единого информационного пространства центра управления БПЛА.

1.6 Проектирование структуры базы данных

В ходе проектирования модуля «Активные БПЛА» выявилась потребность в использовании БД. В ней под управлением СУБД необходимо хранить:

- сведения о БПЛА: вид (самолетный, вертолетный, стационарно-подвешенный), модель;
- снимки, переданные с БПЛА на НК, с указанием масштаба и координат зоны снимка;
- детектированные объекты, представленные на принятом снимке;
- карты местности и территорий, над которыми осуществляются полеты;
- объекты мониторинга, которые описывают не только геометрию, но и определяют тип объекта (промышленный, линейно-протяженный и др.);
- маршруты полётов БПЛА с описанием назначения или каких-либо особенностей;
- расписания передвижений, осуществляемых на объекте, для более точного определения несанкционированных проникновений;
- совершенные БПЛА полеты с указанием даты и времени вылета и завершения полета, а также совершалась ли замена БПЛА во время полета по маршруту или нет.

В ходе проектирования было выделено 8 сущностей, требующих хранения в БД. На рис. 1.2 представлена концептуальная схема структуры БД, которая позволит хранить описанные выше данные. Схема выполнялась в соответствии с требованиями, предъявляемые унифицированным языком моделирования UML [16].

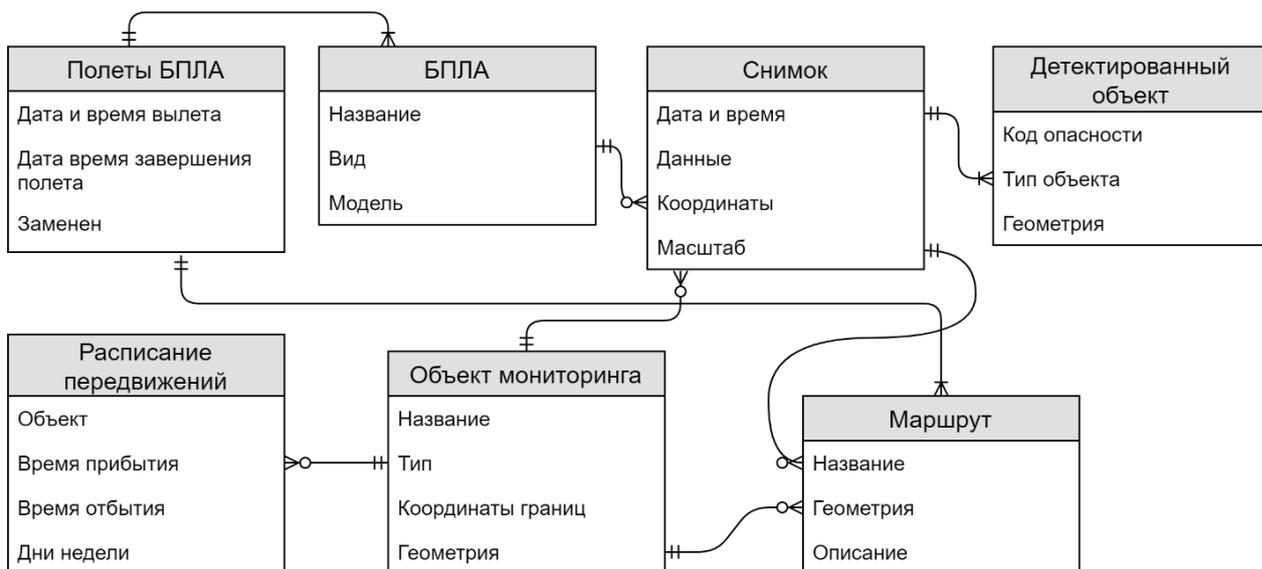


Рисунок 1.2 – Концептуальная схема структуры базы данных

В качестве СУБД, которая будет использована при разработке, рассматривались Microsoft SQL Server, MySQL, SQLite и PostgreSQL. Выдвигаемые требования к хранилищу данных определяют, что СУБД должна уметь оперировать пространственными данными, хранить большие объемы данных (такие как снимки инцидентов) и обеспечивать высокую скорость оперирования (запись, считывание) ими. Кроме того, важно обеспечить безопасность доступа к данным, учитывая различные уровни доступа к технологическим объектам. При сравнении возможностей различных СУБД, выявлено, всем выдвигаемым требованиям соответствует лишь одна СУБД. Таким образом, в качестве СУБД была выбрана СУБД Microsoft SQL Server 2017, которая позволяет хранить и обрабатывать большие объемы информации, строго разграничивать права доступа, а также оперировать пространственными данными [17].

1.7 Проектирование модуля «Активные БПЛА» и его взаимодействия с ГИС QGIS

При проектировании модуля учитывались все требования, предъявляемые к ПО НК. Оно должно состоять из трех компонентов: ядро ГИС QGIS с разработанными дополнительными программными средствами, веб-сервер Internet Information Services (IIS), на котором развернуты веб-сервисы кодирования и декодирования данных, и СУБД MS SQL Server 2017, которая преднастроена и позволяет оперировать хранимой в БД централизованно всей необходимой информацией. В качестве связующего элемента можно выделить окно со списком активных БПЛА (рис. 1.3), который должен содержать все БПЛА, в текущий момент участвующие в мониторинге территории. При этом, для каждого БПЛА в этом списке одинаков набор применимых к нему функций.

На диаграмме прямоугольником выделено главное окно модуля, овалами отображены выполняемые модулем укрупненные функции (пунктирная линия означает, что функция выполняется в фоновом режиме), а шестиугольник показывает функции ядра ГИС.

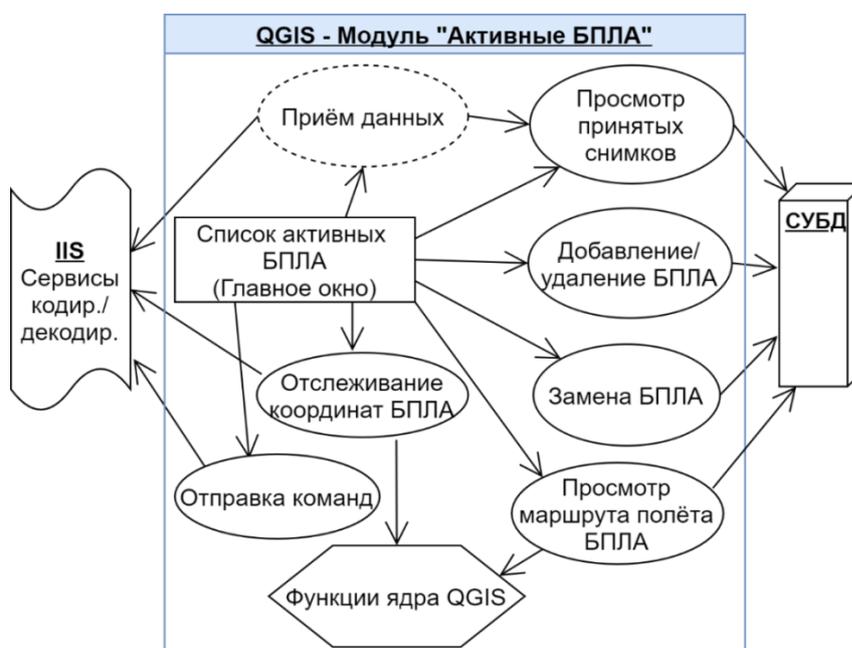


Рисунок 1.3 – Диаграмма взаимосвязей элементов модуля

Из диаграммы, представленной на рис. 1.3, видно, что связующим звеном является список активных БПЛА, который должен содержать все

БПЛА, в текущий момент участвующие в мониторинге территории. Для каждого БПЛА в этом списке одинаков набор применимых к нему функций, таких как:

- приём данных с БПЛА;
- просмотр принятых снимков;
- добавление/удаление БПЛА с задач мониторинга;
- отслеживание реального маршрута пролета и текущего местоположения БПЛА;
- отправка управляющих команд на БПЛА.

Функции добавление/удаление БПЛА, замена БПЛА и просмотр принятых снимков должны иметь связь с СУБД MS SQL Server 2017, которая должна поддерживать БД со сведениями о БПЛА, а также хранимыми снимками, которые данный БПЛА передал на НК, и другую необходимую информацию.

Функция отслеживания БПЛА предназначена для отображения на карте маршрута полета БПЛА в реальном времени. Данная функция тесно связана с ядром QGIS, которое предоставляет весь необходимый инструментарий отображения маршрута на карте.

Отправка команд на БПЛА, отслеживание маршрутов полета, и приём данных с БПЛА осуществляется при помощи веб-сервисов, ведущих помехоустойчивое кодирование и декодирование всей передаваемой и принимаемой информации.

Стоит обратить внимание на функцию приёма данных, она осуществляет свою работу в фоновом режиме.

2. Алгоритмическое обеспечение ИС наземной компоненты

Для обеспечения целостности данных при обменах ими между БПЛА и центром управления применяется помехоустойчивое кодирование и декодирование данных. На основе выдвинутых требований к безопасности передачи данных необходимо реализовать следующие функции:

- кодирование установленного списка команд, передаваемых на БПЛА;
- декодирование команд и сообщений, принятых НК от БПЛА;
- декодирование изображений, принятых от БПЛА.

Кроме того, описано взаимодействие наземной компоненты СКЗ с БПЛА.

2.1 Алгоритм кодирования данных

Схема кодирования данных предполагает кодирование в два этапа. Первый этап кодирования должен обеспечить возможность проверки: успешно ли прошла передача данных или возникли какие-нибудь сложности? При этом структура ошибок и конкретные позиции неверных символов неважны. В этих условиях очень удачным решением оказались алгоритмы, использующие контрольные суммы. Наибольшую популярность имеет CRC (англ. Cyclic redundancy check – циклический избыточный код) – алгоритм нахождения контрольной суммы, предназначенный для проверки целостности данных. CRC является практическим приложением помехоустойчивого кодирования, основанным на определённых математических свойствах циклического кода. Он как нельзя лучше подходит для решения подобных задач, так как имеет ряд преимуществ: невысокие затраты ресурсов, простота реализации и уже сформированный математический аппарат из теории линейных циклических кодов [18].

На втором этапе осуществляется дополнительное кодирование помехоустойчивым циклическим кодом. Его задача – скорректировать возможные ошибки, которые могли возникнуть при передаче данных. Для реализации помехоустойчивого кодирования был выбран код Боуза –

Чоудхури – Хоквингема. Он представляет собой недвоичный циклический код, позволяющий исправлять ошибки в блоках данных [19]. Элементами кодового вектора являются не биты, а группы битов (пакеты), что актуально в рамках проекта реализующего пакетную передачу данных.

Алгоритм получения помехоустойчивого циклического кода похож на алгоритм получения CRC кода, за той лишь разницей, что используются разные образующие полиномы, являющиеся основой для расчета результирующего кода.

Формула для расчета числа бит как результата кодирования информации после двух этапов представлена ниже.

$$\begin{aligned} & \text{Закодированная информация (31 бит)} \\ & = \text{Информация (12 бит) + CRC(4 бита)} \\ & + \text{Помехоустойчивый циклический код (15 бит)} \end{aligned}$$

В общем виде алгоритм кодирования можно представить следующей последовательность шагов:

Начало

Шаг 1. Получение кода команды длиной в 12 бит.

Шаг 2. Расчет контрольной суммы CRC для полученного кода команды.

Шаг 3. Добавление к коду команды контрольной суммы, полученной на шаге 2. Итоговый код имеет длину 16 бит.

Шаг 4. Усиление кода, полученного на этапе 3 помехоустойчивым кодированием. На выходе получаем закодированную команду длиной в 31 бит, готовую к передаче.

Конец

На НК кодированию подвергаются только команды. Так как мощность и используемые для кодирования ресурсы компьютеров высоки, то нет необходимости упрощать процесс, как в случае с кодированием информации на БПЛА, где вычислительные ресурсы сравнительно меньше. Стоит отметить, что объём кодируемой информации составляет лишь 12 бит. Этого

объёма вполне достаточно и для идентификации команды, передаваемой на БПЛА, и для хранения её информативной части. Кроме того, этот объём не велик, что также говорит в пользу использования более надёжного, хоть и усложненного помехоустойчивого способа кодирования.

2.2 Алгоритм декодирования данных

Декодер данных реализуется с учетом двух этапов декодирования: сверка контрольной суммы CRC и в случае ошибки несовпадения сумм – перезапрос на БПЛА для повторной передачи информации.

Процесс работы декодера наземной компоненты СКЗ описывается следующей последовательностью шагов:

Начало

Шаг 1. Прием информации, длиной в 16 бит с БПЛА.

Шаг 2. Расчет контрольной суммы CRC для принятой информации.

Шаг 3. Если контрольная сумма верна – то на Шаг 4, иначе – на Шаг 5.

Шаг 4. Принятие следующего пакета информации с БПЛА. Переход на Шаг 1.

Шаг 5. Формирование сигнала о необходимости усиленного кодирования. Отправление сигнала на БПЛА.

Шаг 6. Принятие информации, усиленной помехоустойчивым кодированием. Декодирование информации с целью обнаружения и исправления ошибок, если они есть. Выделение из всей кодовой комбинации информационной части. Переход на Шаг 4.

Конец

Стоит отметить, что усиление помехоустойчивым циклическим кодом выполняется в крайнем случае. На НК передаются большие объёмы информации: изображения (снимки и результаты детектирования объектов на них), координаты места инцидента. Поэтому с точки зрения затрачиваемых на БПЛА вычислительных ресурсов на кодирование и времени на кодирование, выгоднее сначала передавать упрощенный вариант

закодированных данных. Такой способ предполагает более легкую проверку в НК корректности принимаемой информации, и сильно упрощает решение задачи декодирования.

Тем не менее, декодирование усиленного помехоустойчивого кодирования позволяет осуществлять коррекцию ошибок. В случае, когда количество ошибок превышает возможности их коррекции, необходимо оповестить оператора о помехах при передаче данных и предоставить возможность сделать запрос на новую отправку этих данных с БПЛА.

2.3 Алгоритмы взаимодействия модуля «Активные БПЛА» с БПЛА

Взаимодействие модуля «Активные БПЛА» с БПЛА осуществляется путем передачи данных. Такими данными являются координаты, команды и сообщения, снимки с БПЛА.

С борта БПЛА в центр управления отправляются: информационные сообщения, координаты текущего местоположения аппарата, координаты снимка и местоположения инцидента на нем, а также сам снимок инцидента.

С наземной компоненты на борт БПЛА посылаются координаты заданного маршрута полета и управляющие команды.

Длина передаваемого информационного блока равна 12 бит. Кодировка UTF-8 (8 бит на символ). Все передаваемые данные кодируются/декодируются при помощи соответствующих веб-сервисов. Длина передаваемого блока после кодирования составляет:

- 16 бит при добавлении контрольной суммы CRC4;
- 31 бит при добавлении помехоустойчивого кода.

При реализации взаимодействия модуля «Активные БПЛА» с БПЛА были выявлены следующие требования к передаваемым данным.

Координаты

Так как координаты представляют собой малый объем данных, то кодируются они полным помехоустойчивым кодированием. Длина закодированной кодовой комбинации 31 бит.

Определение координаты точки

Координата точки определяется тремя параметрами:

1. Широта (Latitude).
2. Долгота (Longitude).
3. Высота над уровнем моря (Altitude) или высота относительно поверхности геоида.

В ГИС QGIS принят формат координат в виде: dd.ddddddd, при этом формат координат на БПЛА имеет вид: ddmm.mmmm, где d – градусы, m – минуты.

Так как формат координат, определяемый на борту БПЛА, отличается от формата координат, используемого в системе QGIS, в среде которой функционирует модуль «Активные БПЛА», необходимо каждый раз приводить данные в поддерживаемый формат. Чтобы разгрузить вычислительный ресурс бортовой компоненты СКЗ, оба алгоритма по переводу координат из одного формата в другой реализованы на наземной компоненте в модуле «Активные БПЛА». Таким образом, БПЛА всегда передает и получает координаты в одном поддерживаемом им формате. В наземной компоненте модуль при отправке координат конвертирует их в формат, поддерживаемый БПЛА, а при приеме – в формат, поддерживаемый ГИС QGIS. Алгоритмы конвертации форматов представлены ниже.

Алгоритм перевода координат из формата, поддерживаемого БПЛА, в формат ГИС QGIS при приеме данных с БПЛА:

Начало

Шаг 1. Разбить принятые координаты на составляющие параметры и взять в рассмотрение два из них: широту и долготу.

Шаг 2. Значение широты (долготы) в формате ddmm.mmmm разделить на 100 для отделения градусов от минут. Формат результата операции: dd.mmmmm. Запомнить отдельно целую и дробную часть полученного в ходе выполнения операции значения.

Шаг 3. Дробную часть шага 2 (0.mmmm) умножить на 100 (mm.mmmm) и разделить на 60 минут. Таким образом, из минут получим дробное значение в градусах: 0.dddd.

Шаг 4. Сложить целую часть, полученную на шаге 2, с результатом, полученным на шаге 3. Результат операции – параметр в QGIS формате: dd.dddddddd.

Конец

Алгоритм перевода координат из формата ГИС QGIS в формат, поддерживаемый БПЛА, при передаче данных на БПЛА:

Начало

Шаг 1. Разбить передаваемые координаты на составляющие параметры и взять в рассмотрение два из них: широту и долготу.

Шаг 2. Запомнить отдельно целую и дробную часть значения параметра, представленного в формате ГИС QGIS: dd.dddddddd.

Шаг 3. Целую часть шага 2 умножить на 100. Получим значение параметра в градусах в следующем формате: dd00.00.

Шаг 4. Дробную часть шага 2 (0,ddddddd) умножить на 60 минут. Таким образом из дробной части градусов будет получено это значение в минутах: mm.mmmm.

Шаг 5. Сложить результат, полученный на шаге 3, и результат, полученный на шаге 4. Получим значение параметра в формате, поддерживаемом БПЛА: ddmm.mm.

Конец

При этом, высота в обоих форматах используется в одинаковом виде, измеряется в метрах над уровнем моря, и конвертации не требует.

Координаты текущего местоположения БПЛА и координаты маршрута полета БПЛА

Координаты передаются в виде массива контрольных точек, определяемых тремя параметрами: широта, долгота и высота. Передача параметров ведется в указанном порядке.

Координаты нештатной ситуации

Границы нештатной ситуации выделяются прямоугольной рамкой. Рамку определяют при помощи широты и долготы двух контрольных точек:

- координаты верхнего левого угла рамки;
- координаты нижнего правого угла рамки.

Координаты снимка с БПЛА

При передаче координат снимка передаются следующие данные:

1. Широта (Latitude) центра снимка.
2. Долгота (Longitude) центра снимка.
3. Разрешение снимка (для определения координат нештатной ситуации на снимке) в метрах на пиксель.

Список команд и сообщений.

Установлен список команд, при помощи которых происходит управления БПЛА во время мониторинга территории. Кроме того, БПЛА должен уметь отправлять на НК ряд определенных сообщений. Команды и сообщения кодируются полным помехоустойчивым кодированием, так как объем передаваемых данных небольшой. Длина закодированной кодовой комбинации 31 бит.

Список команд взаимодействия:

- Привод двигателей в боевое состояние.
- Выключение двигателей.
- Взлет БПЛА.
- Посадка БПЛА.
- Отправка снимка.
- Запрос текущих координат.
- Вход в мануальный режим.
- Вверх.
- Вниз.
- Вперед.
- Назад.

- Вправо.
- Влево.
- Поворот налево.
- Поворот направо.
- Возврат на базу.

Список сообщений, которые БПЛА отправляет в центр управления полетами:

- Обнаружена нештатная ситуация.
- Контрольная точка достигнута.
- Низкий уровень заряда батареи.
- Подтверждение доставки команды на БПЛА.
- Класс детектированного на снимке объекта.
- Автоматический/мануальный режим управления полетом БПЛА.

Форматы и алгоритм передачи изображения (снимка с БПЛА)

Основным форматом передачи снимка с борта БПЛА является формат webp, обеспечивающий передачу качественного и сжатого снимка пригодного для работы. Также, обеспечивается поддержка форматов jpeg, png, bmp.

Выбор формата зависит от необходимого качества снимка, на основе которого выбирается степень сжатия снимка.

Однако, объем изображения по сравнению с командами, сообщениями и координатами велик, кроме того, все передаваемые данные должны проходить через систему помехоустойчивого кодирования. Таким образом, передача снимка должна вестись блоками по 12 бит (стандартный размер) или 8 бит (уменьшенный размер), которые кодируются при помощи соответствующих веб-сервисов.

Схема алгоритма передачи снимка представлена на рис. 2.1.

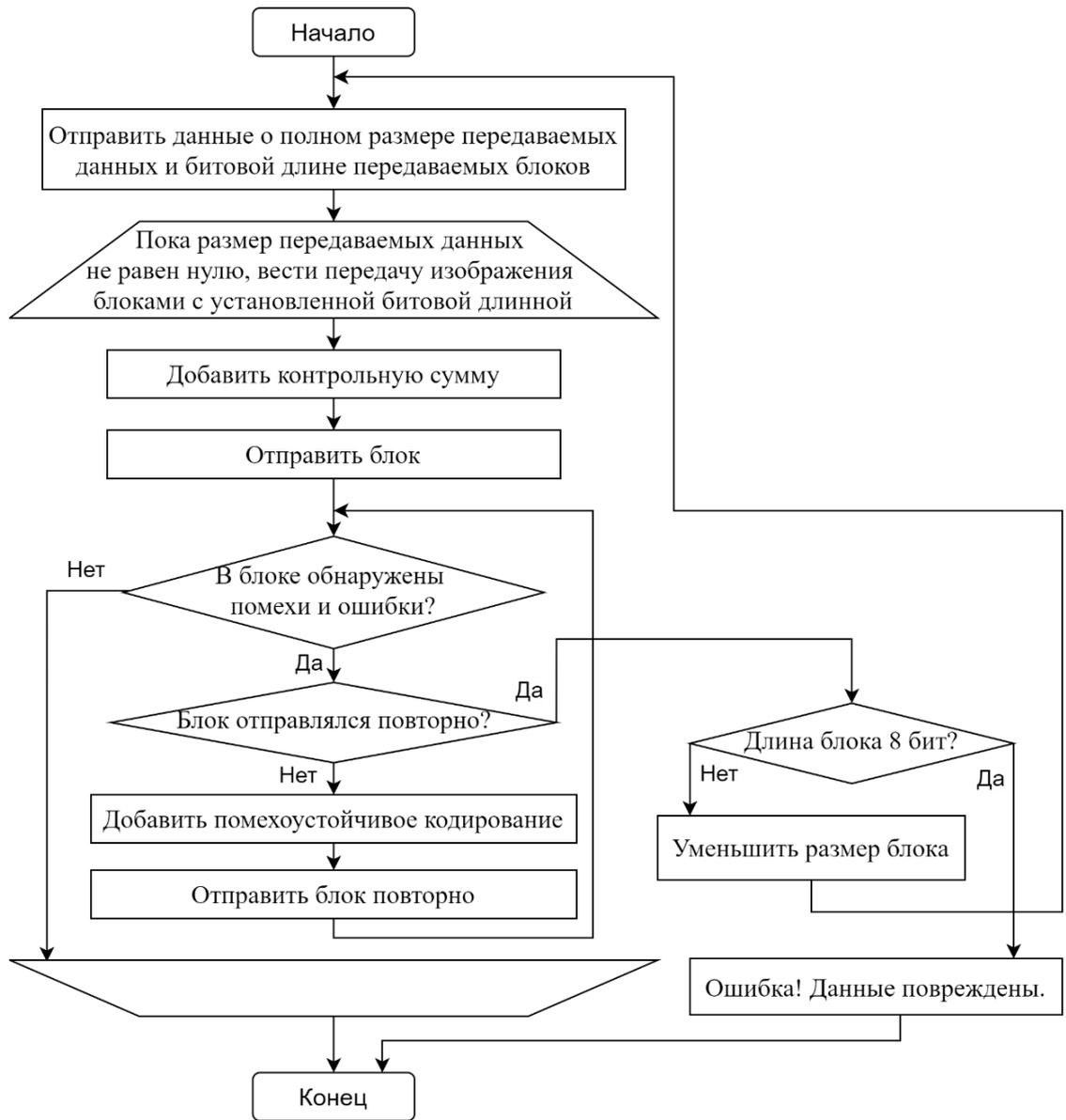


Рисунок 2.1 – Алгоритм передачи снимка с борта БПЛА на НК

Исходя из описанного выше алгоритма (рис. 2.1), ПО НК как и ПО бортовой компоненты СКЗ должны поддерживать и обеспечивать пакетную передачу и обработку данных. Так как именно этот принцип передачи данных лежит в основе реализации помехоустойчивости канала связи, реализуемых в алгоритмах веб-сервисов кодирования/декодирования.

3. Разработка и апробация программных средств ИС НК

Разработка модуля, отвечающего за работу с БПЛА, является одной из главных задач работы. В данном разделе будут рассмотрены используемые средства разработки, создание графических интерфейсов с описанием алгоритмов просмотра принятых снимков с БПЛА, создание веб-сервисов ИС НК. Рассмотрена методика анализа работы веб-сервисов кодирования и декодирования передаваемых данных, а также представлены результаты реализации функциональных требований и апробации некоторых функций ПО при взаимодействии с макетом беспилотного летательного аппарата.

3.1 Средства разработки модуля «Активные БПЛА»

При разработке графических интерфейсов модуля «Активные БПЛА» использовалась встроенная в ПО QGIS среда Qt Designer, которая содержит стилизованные элементы управления. Языком написания модуля являлся Python 3.7. Реализация функции просмотра снимков БПЛА требовала осуществления взаимодействия ГИС QGIS с БД, которое было реализовано при помощи драйвера SQL Python – pyodbc и QGIS Python API [20-21].

В качестве СУБД была выбрана СУБД Microsoft SQL Server (MSSQL) 2017, которая позволяет хранить и обрабатывать большие объемы информации, строго разграничивать права доступа, а также оперировать пространственными данными. Так, геометрия маршрута БПЛА на сервере представлена с помощью пространственного типа данных geography, который позволяет хранить координаты точек маршрута как значения широты и долготы. Работа с координатами ведется в текстовом формате WKT (англ. Well-Known Text), определенном консорциумом OGS. Данный формат определяется словом – географическим примитивом, после чего в скобках указываются координаты широты и долготы, и SRID (англ. Spatial Reference Identifier) – идентификатор системы координат [22]. Используемая система координат – WGS-84.

3.2 Создание базы данных

Создание базы данных велось в MSSQL, которая призвана обеспечить централизованное хранение и доступ к хранимым данным.

В ходе концептуального проектирования структуры БД было выделено 7 сущностей. При преобразовании данной структуры в физическую количество объектов не изменилось, однако на данном этапе реализации поддержки хранения расписаний перемещений на объекте является необязательной. Таким образом, в БД были созданы следующие таблицы:

- MonitoringObjects, или объекты мониторинга – таблица, где описываются объекты мониторинга, а именно его название, границы и тип (промышленный, линейно-протяженный и др.).
- Tracks, или маршруты – таблица, где хранятся данные о маршруте: название, координаты контрольных точек, а также возможное описание.
- Uavs, или БПЛА – таблица, которая хранит данные непосредственно о БПЛА: название, модель и определенный тип (самолетный, вертолетный, стационарно-подвешенный).
- Flights, или полеты БПЛА – таблица, в которой хранятся данные о полете конкретного БПЛА. О том, когда был начат и когда завершен вылет, был ли заменен БПЛА на другой (с указанием даты и времени замены).
- Shots, или снимки – таблица, хранящая принятые с БПЛА снимки объекта мониторинга с датой и временем съемки, координатами места съемки и масштабом, а также с возможным дополнительным комментарием-описанием к сделанному снимку.
- DetectedObjects, или детектированные объекты – это таблица, которая хранит все детектированные на борту БПЛА объекты. Данные объекты имеют такие атрибуты как: геометрия, описывающая рамки, в которых определен объект; идентификатор класса этого объекта и код опасности, который может быть ранжирован по 5 бальной шкале от 1 – подозрительный, до 5 – опасно для жизни.

- ObjectClass, или класс объекта – таблица-справочник, в которой хранятся все возможные классы детектирования объектов, с их некоторым описанием.

Стоит отметить, что на данном этапе реализации были созданы только те таблицы, которые непосредственно участвуют в работе модуля. Так, таблица расписания передвижений на объекте не вошла в физическую модель, реализованную на сервере MSSQL, потому что является лишь вспомогательной для детектирования объектов.

Одной из важных особенностей разработки БД для модуля «Активные БПЛА» является реализация хранения пространственных данных. В MSSQL для этого существует два типа данных: geometry и geography.

Пространственный тип данных geometry представляет данные в евклидовой (плоской) системе координат и имеет параметры-координаты x, y.

Пространственный тип данных geography представляет данные в системе координат для сферической Земли и имеет параметры-координаты lat (сокращение от latitude) – широта, long (сокращение от longitude) – долгота [22].

При реализации БД был выбран тип данных geography, так как именно данный тип позволяет оперировать GPS-данными, передаваемые с БПЛА и представленные в системе координат, базирующейся на понятиях широта и долгота.

Представленная на рис. 3.1 структура данных полностью описывает созданные на сервере MSSQL таблицы с указанием не только названий атрибутов, но и их типом данных и параметром обязательности. Кроме того, на данном рисунке отображены взаимосвязи таблиц друг с другом, которые обеспечивают необходимую связность всей хранящейся в БД информации, используемой в модуле «Активные БПЛА».

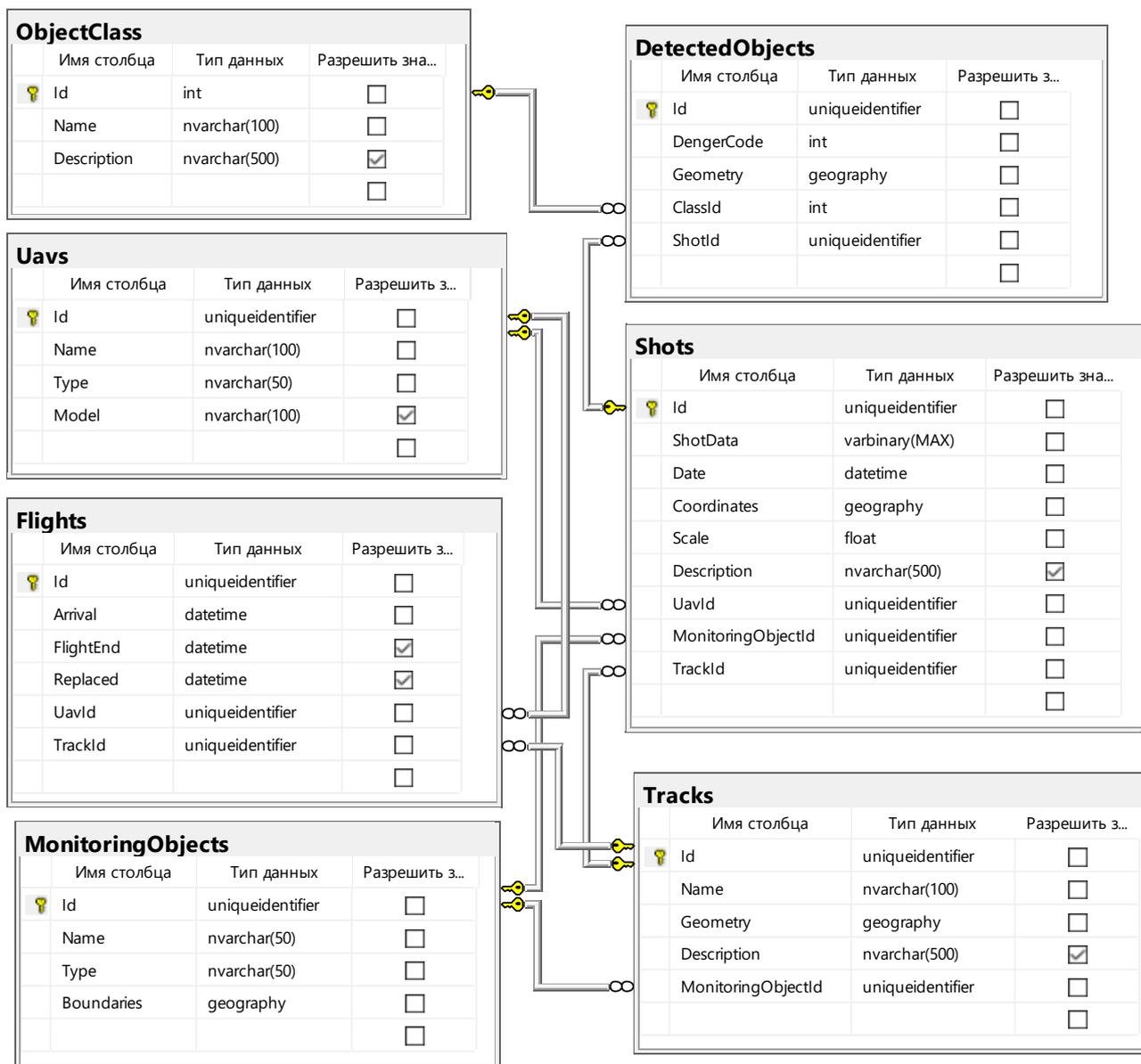


Рисунок 3.1 – Физическая структура данных, реализованная на сервере

3.3 Проектирование и реализация графических интерфейсов и функций просмотра снимков БПЛА

Разработка эскизов велась таким образом, чтобы новый модуль имел графически согласующиеся со средой QGIS интерфейсы.

На рис. 3.2-3.3 представлены примеры разработанных графических интерфейсов модуля «Активные БПЛА».

На рис. 3.2 представлен эскиз окна добавления нового БПЛА в список активных. Важным пунктом здесь является выбор из списка нужных параметров, таких как: доступный БПЛА; объект мониторинга; маршрут полёта. Кроме того, если маршрут полёта содержит описание, то оно также

должно быть отображено в данном окне. Внизу окна должны располагаться кнопки подтверждения либо отмены действия добавления БПЛА.

Выбор БПЛА из списка
Выбор объекта мониторинга из списка
Выбор маршрута полёта из списка
Описание маршрута, если есть
Кнопки подтверждения/отмены

Рисунок 3.2 – Эскиз формы добавления БПЛА

Просмотр принятых снимков предлагается реализовать в виде окна с их небольшими изображениями, рядом с которыми будет располагаться меню, реализующее функции более детального просмотра снимка, а также подтверждение или отклонение результатов детектирования. В шапке указывается название БПЛА, а в поле под шапкой располагаются вкладки, позволяющие сортировать принятые снимки на утвержденные и неутвержденные. Эскиз интерфейса представлен на рис. 3.3.

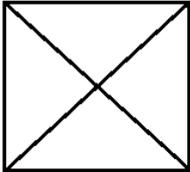
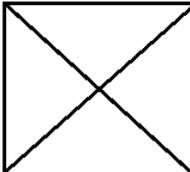
Шапка (название БПЛА)	
Вкладки (утвержденные и неутвержденные)	
1	 Меню (просмотр, подтверждение/отклонение детектирования)
2	 Меню (просмотр, подтверждение/отклонение детектирования)

Рисунок 3.3 – Эскиз формы просмотра принятых снимков с БПЛА

Разработка интерфейсов велась в предоставляемой QGIS среде Qt Designer [23] (рис. 3.4). В данной среде была разработана и сама ГИС QGIS. Преимущества использования данной среды в том, что в неё заложена библиотека элементов управления QGIS, что позволяет разрабатывать дизайн интерфейсов аналогичным по отношению ко всей системе. В данной среде

элементы управления называются виджетами. При создании были использованы виджеты: диалоговые окна QWidget и перемещаемая панель Dockwidget, которая реализует главное окно модуля.

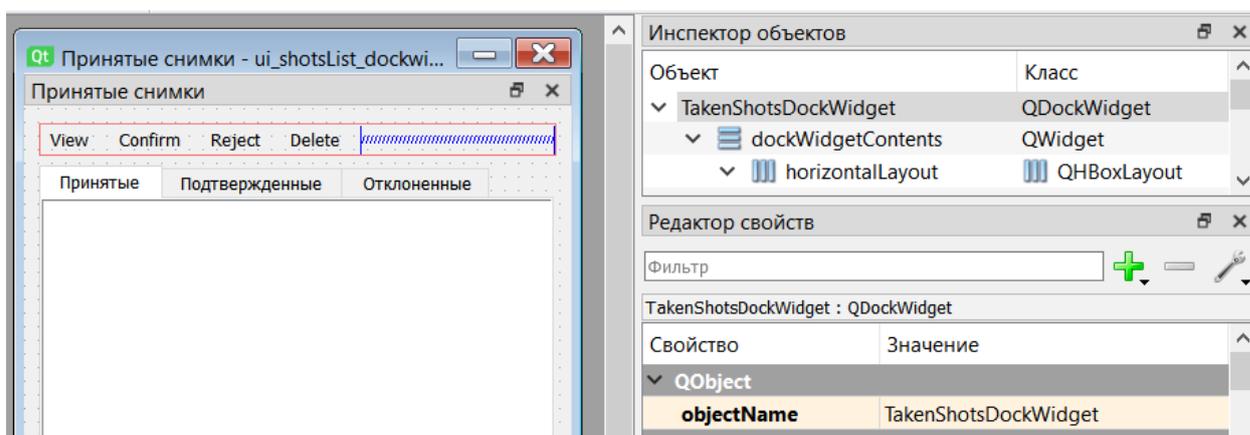


Рисунок 3.4 – Среда разработки графических интерфейсов Qt Designer

На рисунках ниже представлены результаты разработки графических интерфейсов в среде Qt Designer. На рис. 3.5 представлен QGIS-виджет, реализующий список активных БПЛА, а также активное меню для взаимодействия с БПЛА. Данный виджет является главным окном модуля «Активные БПЛА».

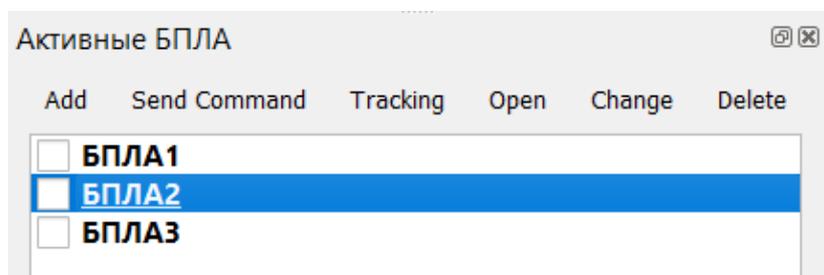


Рисунок 3.5 – Главное окно модуля «Активные БПЛА»

Для непосредственного вызова функции просмотра снимков БПЛА, необходимо в списке активных БПЛА выбрать интересующий аппарат и нажать на кнопку меню «Open» главного окна. При этом открывается виджет со списком снимков, принятых с выбранного БПЛА (см. рис. 3.6).

Любой принятый снимок можно просмотреть, подтвердить или опровергнуть наличие на снимке нештатной ситуации, а также удалить снимок из рассмотрения. Кроме того, во время приема снимка с БПЛА внизу окна появляется строка с указанием прогресса (в процентах) данного процесса. Данная строка не видна в моменты, когда БПЛА не ведет передачу

изображения. Окно просмотра списка принятых снимков содержит вкладки-фильтры снимков. Снимки делятся на три группы: все принятые снимки, подтвержденные и отклоненные снимки.

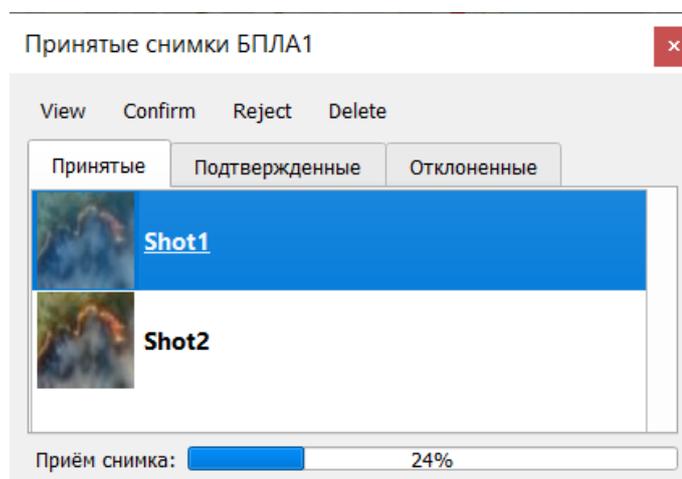


Рисунок 3.6 – Окно просмотра списка принятых снимков с БПЛА

Одной из предоставляемых функций для снимка инцидента является его просмотр в полноэкранном режиме. Открытое окно просмотра снимка в шапке содержит некоторое описание снимка. Форма данного окна представлена на рис. 3.7.

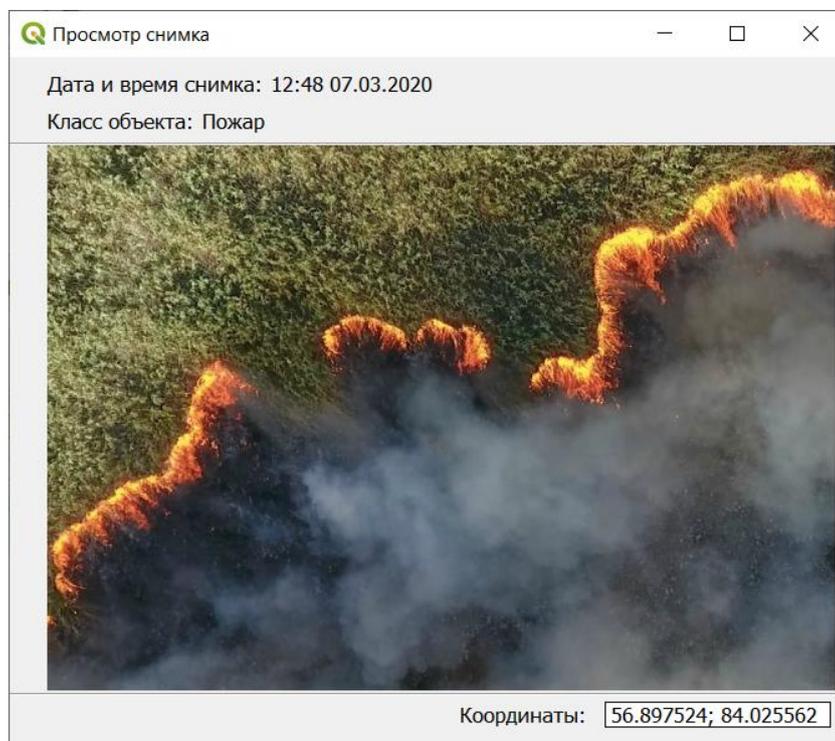


Рисунок 3.7 – Форма просмотра снимка инцидента

Полное описание работы с модулем «Активные БПЛА» описано в приложении В.

3.4 Создание веб-сервисов кодирования и декодирования данных

Исходя из выбранной концепции создания ИС наземной компоненты СКЗ, вместо того, чтобы включать функции кодирования/декодирования в ПО каждого центра управления, было принято решение реализовать их в виде веб-сервисов. Такой подход позволяет предоставлять функции кодирования и декодирования данных любому центру управления БПЛА вне зависимости от его территориального расположения, а также позволяет легко не только добавлять новые способы кодирования/декодирования информации, но и изменять и дополнять старые.

Современной технологией по созданию сервисов является программный фреймворк WCF (Windows Communication Foundation). WCF – это, прежде всего, технология для построения SOA (Service-Oriented Architecture – сервис-ориентированная архитектура) приложений, что позволяет абстрагироваться от конкретной технологии, на которой этот сервис реализован и пользоваться им из других приложений, написанных на любой другой платформе, языке, технологии, главное, чтобы реализация клиента отвечала определенным правилам. Описанный с помощью WSDL (Web Service Description Language) WCF сервис не показывает никакие детали реализации сервиса такие как сборки, конкретные классы сервиса, типы аргументов или исключения. Вместо этого сервис представляет собой набор функций, определенных в некотором интерфейсе, которые получают некоторые абстрактные входные/выходные параметры. Такое решение позволяет написать сервис с помощью WCF, а использовать его из Java/Python/Ruby и любых других приложений [24]. В нашем случае из модуля «Активные БПЛА», написанного на Python. Исходя из выше сказанного, было принято решение, что для обеспечения целостности и достоверности передачи данных между БПЛА и центром управления будут использованы два WCF сервиса: кодер и декодер. В таблице 3.1 ниже представлены функции, реализованные в сервисах кодирования и декодирования.

Таблица 3.1 – Функции веб-сервисов кодирования и декодирования

Функции сервиса кодирования	Функции сервиса декодирования
<ul style="list-style-type: none"> • проверка связи с сервисом • расчета и добавления CRC кода к передаваемой информации • добавление более сложного помехоустойчивого кодирования 	<ul style="list-style-type: none"> • проверка связи с сервисом; • контрольная проверка CRC кода • декодирование помехоустойчивого кода и исправление ошибок, возникающих при передаче данных

Созданные сервисы были размещены на локальном ИС (Internet Information Server) (см. рис. 3.8), а для доступа к интерфейсам сервисов из ИС центра управления был использован веб-клиента, созданного при помощи библиотеки `zeep`, предоставляющей такие возможности для Python приложений.

Coder Служба

Служба создана.

Чтобы протестировать эту службу, необходимо создать клиент и воспользоваться им для вызова службы. Это можно сделать, запустив программу `svcutil.exe` из командной строки со следующим синтаксисом:

```
svcutil.exe http://localhost/CoderService/Coder.svc?wsdl
```

Доступ к описанию службы также можно получить как к одному файлу:

```
http://localhost/CoderService/Coder.svc?singleWsdl
```

Это ведет к созданию файла конфигурации и файла кода, содержащего класс клиента. Добавьте эти два файла в клиентское приложение и используйте сгенерированный класс клиента для вызова службы.

Рисунок 3.8 – Доступ к веб-сервису кодирования данных

3.5 Методика и результаты анализа работы веб-сервисов кодирования и декодирования данных

Для проверки работоспособности и исследования эффективности кодера и декодера реализовано консольное приложение в среде Visual Studio, к которому подключаются данные реализованные веб-сервисы. Сами сервисы были размещены на локальном Internet Information Services (IIS) [25]. Связь между приложением и сервисами обеспечивается путем добавления прямой ссылки на их `svc`-файлы (см рис. 3.9-3.10).

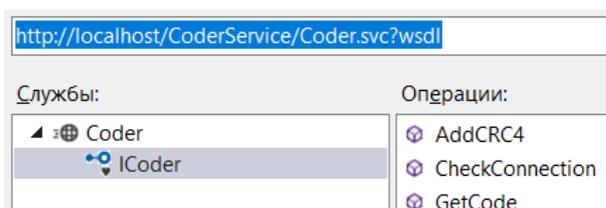


Рисунок 3.9 – Подключение веб-сервиса кодирования

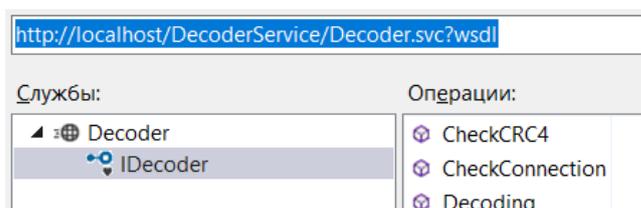


Рисунок 3.10 – Подключение веб-сервиса декодирования

Svc-файл – это текстовый файл, содержащий информацию о сервисе WCF, который может запускаться при помощи IIS [26]. Включает в себя директиву обработки данных спецификации WCF, которая активирует сервисы в ответ на входящие сообщения.

Был проведен направленный тест замкнутой системы кодер – канал связи – декодер, который проверяет способность декодера обнаруживать ошибки из заданного диапазона. Методика оценки работоспособности и исследования эффективности веб-сервисов (положенных в их основу алгоритмов) включает в себя следующие этапы.

Этап 1. Начало эксперимента-инициирование консольного приложения и веб-сервисов.

Этап 2. Генерирование случайным образом информационной части сообщения заданной длины m бит.

Этап 3. Расчет и добавление к информационной части, полученной на Этапе 2, контрольной суммы CRC [27], длиной 4 бита.

Этап 4. Кодирование комбинации, полученной на Этапе 3, полиномиальным помехоустойчивым циклическим кодом (исправляющим пакетные или независимые ошибки). Используется систематическое кодирование, основанное на процедуре деления кодовой комбинации на образующий полином.

Этап 5. Генерация случайным образом количества ошибок и позиций их добавления.

Этап 6. Добавление ошибок в закодированную комбинацию, полученную на Этапе 4, на позиции, полученные на Этапе 5. Включить счетчик времени декодирования.

Этап 7. Декодирование комбинации с ошибками, полученной на Этапе 6. Декодирование производится при помощи табличного алгоритма для кода, исправляющего пакетные ошибки, и при помощи циклического алгоритма для кода, исправляющего независимые ошибки. После декодирования, контрольная часть комбинации (сообщения) отбрасывается.

Этап 8. Расчет контрольной суммы CRC для информационной части длины m декодированного сообщения.

Этап 9. Сравнение контрольной суммы CRC принятой комбинации, полученной на Этапе 8, с контрольной суммой CRC, рассчитанной на Этапе 3.

Этап 10. Сравнение информационной части декодированной комбинации с информационной частью, сгенерированной на Этапе 2.

Этап 11. Принятие декодером решения о корректном/некорректном декодировании или о корректной/некорректной контрольной сумме CRC. В случае подтверждения хотя бы одного несовпадения на Этапах 9 и 10 – происходит принятие решения о необходимости запроса на повторную отправку комбинации.

Этап 12. Выключить счетчик времени, снять показания времени декодирования. выход из консольного приложения

Этап 13. Конец. Выход из консольного приложения.

Процедура кодирования тривиальна и, с ростом длины информационной части комбинации или количества исправляемых кодом ошибок, не становится сложнее и не требует больших затрат по времени вычислений. Процедура декодирования гораздо более сложная и может осуществляться при помощи разных алгоритмов. Программно реализованы декодеры, основанные на двух различных алгоритмах декодирования.

1. Табличный алгоритм – наиболее быстрый из всех возможных алгоритмов декодирования, однако требуется определенный объем памяти для хранения таблицы, которая в зависимости от длины кода и его корректирующей способности растет *по размеру* в геометрической прогрессии. Однако в отличие от кодека, реализованного на борту БПЛА, в наземной компоненте СКЗ нет острого недостатка в вычислительных ресурсах, что позволяет реализовать данный алгоритм.

2. Циклический алгоритм – последовательный алгоритм, основанный на процедуре деления и циклического сдвига кодовой

комбинации. Такой алгоритм имеет более высокую вычислительную сложность, однако не требует хранения дополнительной таблицы, и в случае отсутствия связи с сервером, где хранится таблица, у этого алгоритма будет преимущество. Сложность вычислений растет с длиной кодовой комбинации – максимальное число итераций составляет $n-1$ раз, где n – длина закодированной комбинации.

Исследование проводилось в соответствии с вышеприведенной методикой на 50 посылках объемом $10^6/n$ бит, где n – длина закодированной комбинации (сообщения). Длина пакета ошибок варьируется от 1 до 7 бит включительно. На рис. 3.11-3.12 представлены примеры результатов выполнения программы тестирования. Как видно из результатов, веб-сервисы успешно кодируют и декодируют данные, при этом успешно исправляя искусственно созданные ошибки канала связи.

```
8877 миллисекунд
Декодировано: 83333
Неверно декодировано: 0
Ошибок кодирования: 0
Ошибок декодирования: 0
```

Рисунок 3.11 – Результаты теста сервиса декодирования

```
8689 миллисекунд
Декодировано: 83333
Неверно декодировано: 0
Ошибок кодирования: 0
Ошибок декодирования: 0
```

Рисунок 3.12 – Результаты теста сервиса декодирования

На рис. 3.13 представлены графики зависимости среднего времени декодирования (в секундах) от количества ошибок, добавленных в кодовую комбинацию для табличного и циклического алгоритмов декодирования.

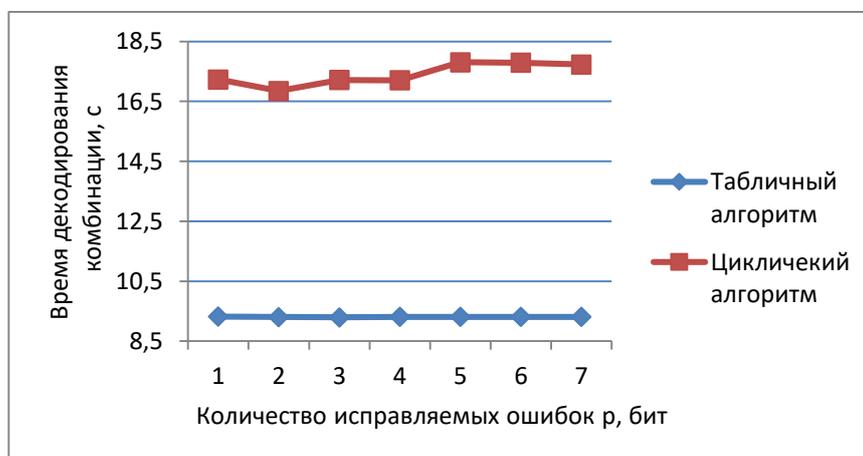


Рисунок 3.13 – Зависимость времени декодирования от длины пакета ошибок

Из рис. 3.13 можно сделать вывод о наибольшей эффективности табличного алгоритма, время декодирования с помощью которого с ростом количества ошибок в закодированной комбинации увеличивается незначительно. Также видно, что при смене алгоритма декодирования на циклический, время декодирования увеличилось почти вдвое. Такой рост времени декодирования объясняется особенностями циклического алгоритма декодирования и его итеративностью. Из этого можно сделать вывод, что табличный алгоритм является более подходящим для декодирования данных в режиме реального времени.

Однако для получения более детальной информации касательно эффективности циклического алгоритма декодирования было проведено дополнительное исследование зависимости времени декодирования от длины входной закодированной комбинации. Были взяты такие соотношения длины кодовой комбинации и информационного блока, чтобы скорость кодирования равнялась $R = m/n = 0.29$, где m – длина информационной части, n – длина всего закодированного сообщения. Исследование проводилось на 50 посылках по 50 Кбит данных. Были взяты следующие длины закодированной комбинации: 31, 63, 127 и 255 бит. По результатам тестирования были выделены минимальное, максимальное и среднее значения времени декодирования таких комбинаций (табл.3.2).

Таблица 3.2 – Результаты тестирования

n	Min, s	Max, s	Mean, s
31	9.088	9.126	9.101
63	9.984	10.210	10.091
127	20.754	20.895	20.812
255	66.249	67.206	66.618
Result mean	26.519	26.859	26.656

На рис. 3.14 представлен график зависимости среднего времени декодирования от длины закодированной комбинации.

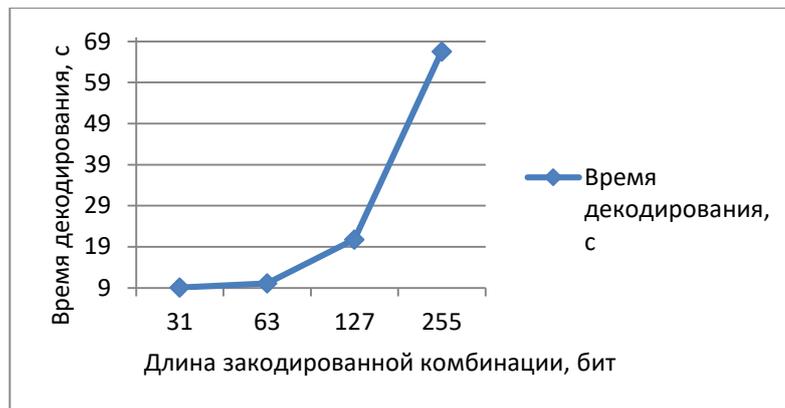


Рисунок 3.14 – Зависимость времени декодирования от длины принятой закодированной комбинации

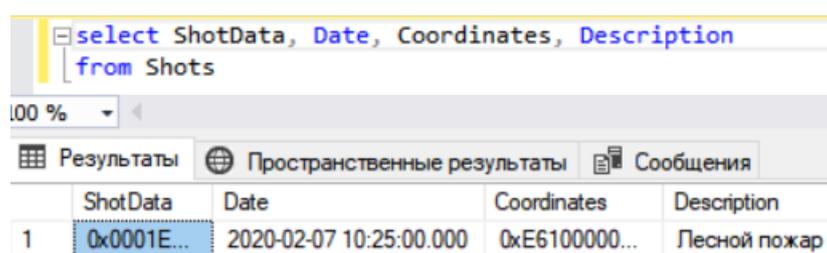
По результатам проведенного исследования кодека в наземной компоненте СКЗ, можно сделать выводы о целесообразности использования каждого из рассмотренных алгоритмов декодирования. Каждый из них имеет свои преимущества и недостатки. Так, например, табличный алгоритм декодирования не зависит ни от количества исправляемых ошибок, ни от длины закодированной комбинации, которую необходимо обработать. Однако он имеет ограничение из-за необходимости хранения таблицы и имеет малую вариативность по входным данным. Действительно, для декодера такого типа невозможен пересчет таблицы на лету, т.е. нет возможности принимать данные различной длины, поскольку для каждой длины необходимо хранить отдельную таблицу. Например, чтобы была возможность декодирования данных длиной от 31 до 255 бит как в исследовании выше необходимо четыре таблицы, каждая из которых больше предыдущей. Такая нагрузка на оперативную память является излишней, поскольку основная задача наземной компоненты СКЗ – это управление группой БПЛА с использованием ГИС и интерпретация принимаемых с БПЛА снимков, а не декодирование данных.

У декодера, основанного на циклическом алгоритме декодирования, также есть достоинства и недостатки. Основным недостатком, как показали исследования, является более длительное время декодирования, чем в случае табличного алгоритма при одной и той же длине обрабатываемой комбинации. Однако время обработки все равно находится в пределах

допустимого для наземной компоненты режима функционирования. Но имеется достоинство в виде возможности обрабатывать данные различной длины «на лету». При этом, в отличие от табличного алгоритма в оперативной памяти необходимо хранить только соответствующий образующий полином, меняя его в зависимости от длины принятой комбинации. Из рис. 3.14 можно сделать вывод о том, что оптимальной длиной закодированной комбинации для такого декодера является 127 бит, поскольку при 255 битах происходит резкое увеличение времени декодирования данных по этому алгоритму.

3.6 Способ взаимодействия модуля «Активные БПЛА» с БД при работе со снимками

При реализации функций просмотра, принятых с БПЛА снимков, важным аспектом является взаимодействие модуля «Активные БПЛА» с базой данных, в которой хранится вся необходимая для работы модуля и оператора информация. Для уменьшения нагрузки на СУБД и снижение интернет-трафика был предложен следующий способ реализации функции просмотра. Предлагается принятые снимки хранить локально до момента подтверждения оператором наличия на снимке нештатной ситуации. Только подтвержденные снимки отправляются на хранения в БД. При этом в БД записывается не только информация о снимке и сам снимок, но и каким БПЛА был сделан данный снимок, какой объект и по какому маршруту обследовал БПЛА территорию. Для демонстрации работы записи данных в БД был сохранен один снимок с детектированным на нем пожаром. Результат выборки из таблицы, хранящей изображения с подтвержденным фактом наличия нештатной ситуации на снимке, представлен на рис. 3.15.



The screenshot shows a database query window with the following SQL query: `select ShotData, Date, Coordinates, Description from Shots`. Below the query, there are tabs for 'Результаты', 'Пространственные результаты', and 'Сообщения'. The 'Результаты' tab is active, displaying a table with the following data:

	ShotData	Date	Coordinates	Description
1	0x0001E...	2020-02-07 10:25:00.000	0xE6100000...	Лесной пожар

Рисунок 3.15 – Выборка из таблицы, хранящей снимки БПЛА

Кроме того, отдельно в базу данных записывается информация о детектированном объекте, его координаты, определенный класс объекта и связанный с ним код опасности. Результат выборки из таблицы, хранящей информацию о детектированном на снимке объекте, представлен на рис. 3.16 ниже.

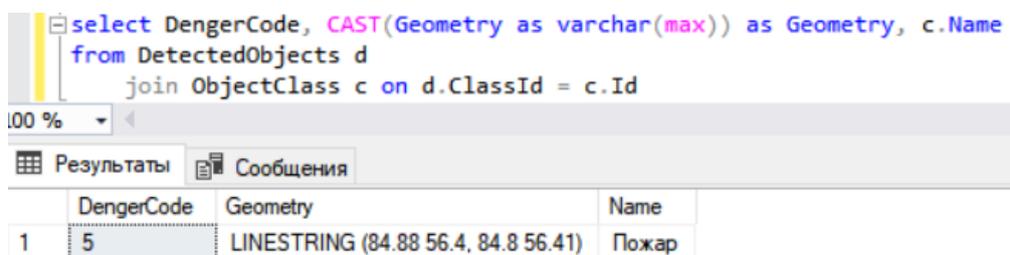


Рисунок 3.16 – Выборка из таблицы, хранящей детектированные объекты снимков БПЛА

Стоит отметить, что даже при наличии сохраненных снимков в БД, просмотр снимков в модуле «Активные БПЛА» осуществляется из локальной памяти компьютера.

3.7 Отображение маршрутов БПЛА на карте

Работа модуля «Активные БПЛА» с базой данных открывает возможность не только хранения информации структурированно и централизованно, но также и взаимодействия с этой информацией средствами QGIS. В рамках научно-исследовательской работы также была реализована функция отображения маршрутов БПЛА на карте. По причине того, что геометрия маршрутов полета БПЛА при мониторинге территории хранится в БД, возникла необходимость извлекать координаты контрольных точек маршрута из таблицы БД. Для внесения и извлечения геометрии объекта БД был использован стандартный метод sql, определенный для типа geography STGeomFromText('text WKT', SRID) и работающий с текстовым форматом WKT, поддерживаемый ГИС QGIS. Пример такой строки:

```

declare @track1 as geography
set @track1 =
geography::STGeomFromText('LINESTRING(84.88 56.40, 84.80
56.41)', 4326)
  
```

После создания и изучения всех необходимых функций БД, в модуль QGIS была добавлена реализация события на клик по пункту меню Tracking

на панели управления БПЛА модуля «Активные БПЛА» (см. рис. 3.5). При возникновении данного события в список слоев проекта QGIS добавляется векторный слой, содержащий линейный объект – маршрут выбранного БПЛА, по которому осуществляется мониторинг территории. Таким образом, маршрут любого БПЛА будет отображен на отдельном слое проекта QGIS, что позволит настраивать уникальный стиль отображения и видимость маршрута на карте [28]. При этом слой является временным, т.е. автоматически не сохраняется и удаляется при закрытии QGIS. Результат работы функции отображения на карте маршрута БПЛА, загруженного из базы данных представлен на рис. 3.17.

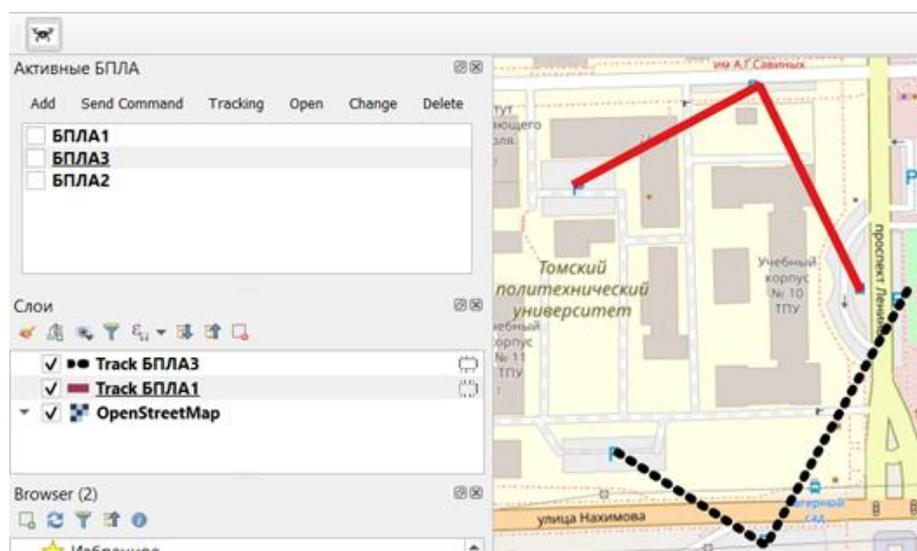


Рисунок 3.17 – Отображение маршрута БПЛА на карте.

Отметим, что карта местности была загружена онлайн, при помощи подключенного внешнего модуля QGIS.

3.8 Апробация взаимодействия ИС наземной компоненты с макетом коптера

Реализация передачи данных между модулем QGIS «Активные БПЛА» и экспериментальным БПЛА вертолётного типа (коптером) велась при помощи радиопередатчика, вставленного в USB-порт компьютера. На этом компьютере было установлено разработанное ПО наземной компоненты.

После отладки работы плагина была проведена экспериментальная передача данных. Из среды QGIS и разработанного модуля «Активные

БПЛА» были посланы управляющие команды: включение, выключения, взлет и посадка БПЛА. Все команды были успешно доставлены и обработаны БПЛА (рис. 3.18).

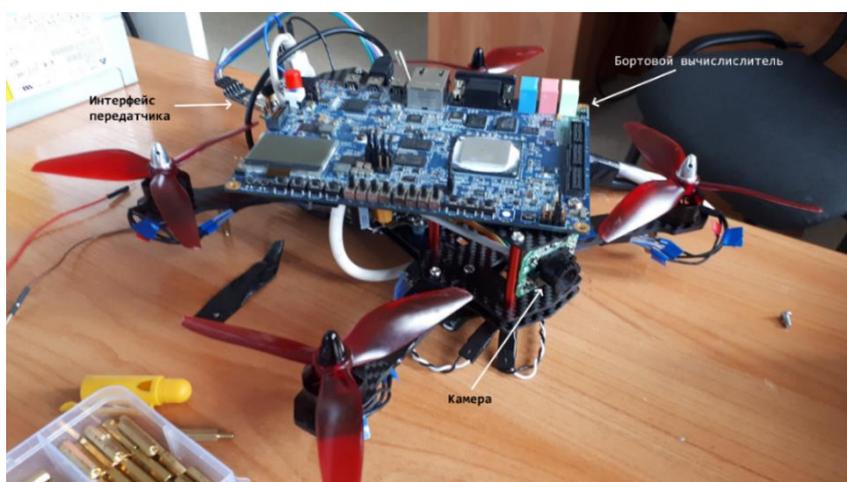


Рисунок 3.18 – Макет беспилотного летательного аппарата

Кроме того, летательный аппарат выполнил все вышезаявленные в проекте функции: осуществлял включение/выключение двигателей, приводящих в движение пропеллеры, а также успешно взлетал и приземлялся.

Краткий алгоритм взаимодействия ПО НК с макетом БПЛА представлен ниже.

Начало

Шаг 1. Выбрать БПЛА из списка активных в модуле QGIS «Активные БПЛА» и запустить функцию отправки команды.

Шаг 2. Выбрать команду из установленного списка для отправки на БПЛА.

Шаг 3. Закодировать команду при помощи веб-сервиса кодирования данных.

Шаг 4. Передать полученный на Шаге 3 код на БПЛА.

Шаг 5. Получить с коптера подтверждения доставки команды (через веб-сервис декодирования).

Шаг 6. Проверить корректность выполнения команды макетом коптера.

Конец

Таким образом велась проверка работоспособности разработанного в среде QGIS функционального модуля. Данная проверка прошла успешно, все команды были корректно исполнены макетом коптера.

3.9 Внедрение результатов работы

В ходе выполнения магистерской диссертации был получен ряд научных и практических результатов, которые могут быть востребованы нефтегазовыми предприятиями Томской области в целях мониторинга их технологических объектов.

Основными научными результатами являются разработка концепции создания ИС наземной компоненты СКЗ на основе принципов сервис-ориентированной архитектуры. Кроме того, были проведены исследования эффективности веб-сервисов, реализованных на основе разработанных в проекте новых алгоритмов кодирования и декодирования данных. Результаты данных исследований были представлены на XVII Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (г. Томск).

Практически важными и востребованными результатами служат разработанное программное обеспечение ИС наземной компоненты СКЗ и результаты апробации данного ПО на макете БПЛА, подтверждающие работоспособность его основных компонентов.

Данная научно-исследовательская работа велась в интересах предприятия ООО «Центр нефтегазовых технологий», где и были внедрены полученные результаты. Акт внедрения результатов представлен в приложении Г.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
8ИМ81	Кузнецовой Т.В.

Школа	ИШИТР	Отделение школы (НОЦ)	ОИТ
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Информационные системы и технологии

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

<i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Использовать действующие ценники и договорные цены на потребленные материальные и информационные ресурсы, а также величину тарифа на эл. энергию
<i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	–
<i>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Действующие ставки единого социального налога и НДС

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<i>1. Планирование процесса управления НИИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	Построение плана-графика выполнения ВКР, составление соответствующей сметы затрат, расчет величины НДС и цены результата ВКР
--	--

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

<ol style="list-style-type: none"> <i>1. График проведения работ НИИ</i> <i>2. Диаграмма занятости ресурсов</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОSGH	Конотопский В. Ю.	к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ИМ81	Кузнецова Т. В.		

4. Финансовый менеджмент и ресурсоэффективность

Цель магистерской диссертации заключается в разработке алгоритмического и программного обеспечения центра управления системы компьютерного зрения беспилотных летательных аппаратов для обеспечения мониторинга опасных технологических объектов, в частности, предприятий нефтегазовой отрасли. Для реализации этой цели должны быть решены задачи проектирования информационной системы (ИС) центра управления и разработаны алгоритмическое и программное обеспечение этой системы. Требуется также провести исследование эффективности созданной ИС.

Целью данного раздела является проведение комплексного описания и анализа финансово-экономических аспектов выполненной работы. А именно, необходимо осуществить планирование процесса управления научно-техническим исследованием (НТИ), рассчитать полные денежные затраты на проект, на основе которых впоследствии дать оценку экономической эффективности и целесообразности осуществления работы.

4.1 Организация и планирование работ

При организации процесса реализации магистерской работы необходимо рационально планировать занятость каждого из участников процесса и сроки проведения отдельных работ. Для этого был составлен полный перечень проводимых работ. Для каждой работы определены исполнители и их нагрузка.

Исполнителями являются следующие участники процесса написания магистерской диссертации:

- инженер – автор магистерской диссертации (И);
- научный руководитель (НР).

План работ и распределение нагрузки между исполнителями представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Перечень работ и продолжительность их выполнения

№ этапа	Этапы работы	Исполнители	Загрузка исполнителей
1	Постановка целей и задач НИР	НР	НР – 100%
2	Анализ предметной области	НР, И	НР – 50% И – 50%
3	Составление и утверждение ТЗ	НР, И	НР – 30% И – 100%
4	Разработка календарного плана	НР, И	НР – 100% И – 10%
5	Выбор концепции разработки и проектирование архитектуры ИС	НР, И	НР – 80% И – 100%
6	Проектирование и создание структуры базы данных	И	И – 100%
7	Проектирование и реализация интерфейсов пользователя	И	И – 100%
8	Разработка алгоритмической базы ИС	НР, И	НР – 20% И – 100%
9	Реализация веб-сервисов кодирования/декодирования	И	И – 100%
10	Создание модуля «Активные БПЛА» в системе QGIS	И	И – 100%
11	Отладка работы разработанной ИС	И	И – 100%
12	Апробация функций ИС с макетом коптера	И	И – 100%
13	Подготовка отчетной документации	И	И – 100%
14	Написание руководства пользователя ИС	И	И – 100%
15	Получение акта внедрения результатов магистерской диссертации	НР	НР – 100%
16	Защита диссертации	И	И – 100%

В результате анализа перечня работ определено 16 этапов, которые распределены на два исполнителя: инженера (автора работы) и научного руководителя.

4.1.1 Продолжительность этапов работ

После выявления всех этапов научно-исследовательской работы магистранта необходимо рассчитать их продолжительность. Для формирования календарного плана выполнения работ был использован опытно-статистический метод, который реализуется двумя способами:

- аналоговый;
- экспертный.

Ожидаемые значения продолжительности работ тож были рассчитаны с использованием экспертного способа, реализуемого при помощи следующей формулы:

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{min} + 2 \cdot t_{max}}{5},$$

где t_{min} – минимальная продолжительность работы, дн.;

t_{max} – максимальная продолжительность работы, дн.

Исполнители работ были определены в предыдущем пункте, это инженер и научный руководитель.

Для построения графика работ необходимо рассчитать продолжительность этапов в рабочих днях (по формуле 4.1), а затем перевести полученные результаты в календарные дни, используя формулу 4.2. Формулы расчета приведены ниже.

Расчет продолжительности выполнения каждого этапа в рабочих днях ($T_{РД}$) ведется по формуле:

$$T_{РД} = \frac{t_{ож}}{K_{ВН}} \cdot K_{Д}, \quad (4.1)$$

где $t_{ож}$ – продолжительность работы, дн.;

$K_{ВН}$ – коэффициент выполнения работ, учитывающий влияние внешних факторов на соблюдение предварительно определенных длительностей, в частности ($K_{ВН} = 1$);

$K_{Д}$ – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ ($K_{Д} = 1,2$).

Расчет продолжительности этапа в календарных днях ведется по формуле:

$$T_{КД} = T_{РД} \cdot T_{К}, \quad (4.2)$$

где $T_{КД}$ – продолжительность выполнения этапа в календарных днях;

T_K – коэффициент календарности, позволяющий перейти от длительности работ в рабочих днях к их аналогам в календарных днях, и рассчитываемый по формуле:

$$T_K = \frac{T_{КАЛ}}{T_{КАЛ} - T_{ВД} - T_{ПД}} = \frac{366}{366 - 52 - 14} = 1,22,$$

где $T_{КАЛ}$ – календарные дни ($T_{КАЛ} = 366$);

$T_{ВД}$ – выходные дни ($T_{ВД} = 52$);

$T_{ПД}$ – праздничные дни ($T_{ПД} = 14$).

В таблице 4.2 описаны этапы работы и их трудоемкость по исполнителям, занятым на каждом этапе. По показанию полученных величины трудоемкости этапов по исполнителям построен линейный график осуществления проекта, который представлен в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Трудозатраты на выполнение диссертации

Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Трудоемкость работ по исполнителям чел.- дн			
					$T_{РД}$		$T_{КД}$	
		t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$	НР	И	НР	И
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Постановка целей и задач НИР	НР	2	4	2,8	3,4	–	4,1	–
Анализ предметной области	НР, И	10	14	11,6	7	7	8,5	8,5
Составление и утверждение ТЗ	НР, И	10	14	11,6	4,2	13,9	5,1	17,0
Разработка календарного плана	НР, И	1	2	1,4	1,7	0,2	2	0,2
Выбор концепции разработки и проектирование архитектуры ИС	НР, И	3	4	3,4	3,3	2,4	4	3
Проектирование и создание структуры базы данных	И	10	20	14	–	16,8	–	20,5
Проектирование и реализация интерфейсов пользователя	И	14	21	16,8	–	20,2	–	24,6
Разработка алгоритмической базы ИС	НР, И	7	10	8,2	2	9,8	2,4	12
Реализация веб-сервисов кодирования/декодирования	И	4	7	5,2	–	6,2	–	7,6
Создание модуля «Активные БПЛА» в системе QGIS	И	21	28	23,8	–	28,6	–	34,8

Отладка работы разработанной ИС	И	4	8	5,6	–	6,7	–	8,2
Апробация функций ИС с макетом коптера	И	4	6	4,8	–	5,8	–	7
Подготовка отчетной документации	И	7	10	8,2	–	9,8	–	12,0
Написание руководства пользователя ИС	И	4	6	4,8	–	5,8	–	7
Получение акта внедрения результатов магистерской диссертации	НР	2	4	2,8	3,4	–	4,1	–
Защита работы	И	1	1	1	–	1,2	–	1,5
Итого:				126	24,8	134,4	30,2	164

На основе полученных в таблице данных строится диаграмма Ганта, которая наглядно отображает календарный план-график всех работ НИР, а также показывает нагрузку на исполнителей работ на каждом этапе. Результаты представлены на рисунках 4.1–4.2.

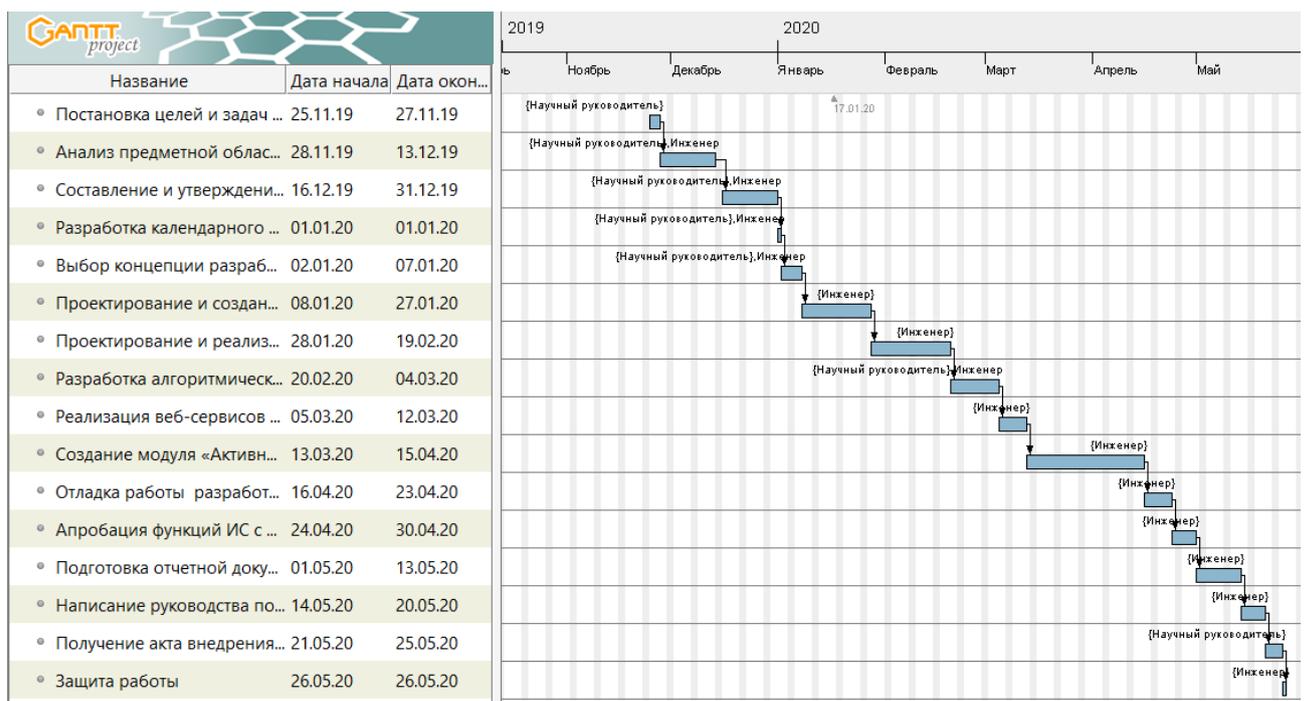


Рисунок 4.1 – График проведения работ НИР

Из диаграммы, приведенной на рис. 4.1, видно, что наиболее длительными этапами являются проектирование и реализация интерфейсов пользователя и создание модуля «Активные БПЛА» в системе QGIS, т.е. непосредственная разработка программного обеспечения спроектированной информационной системы.

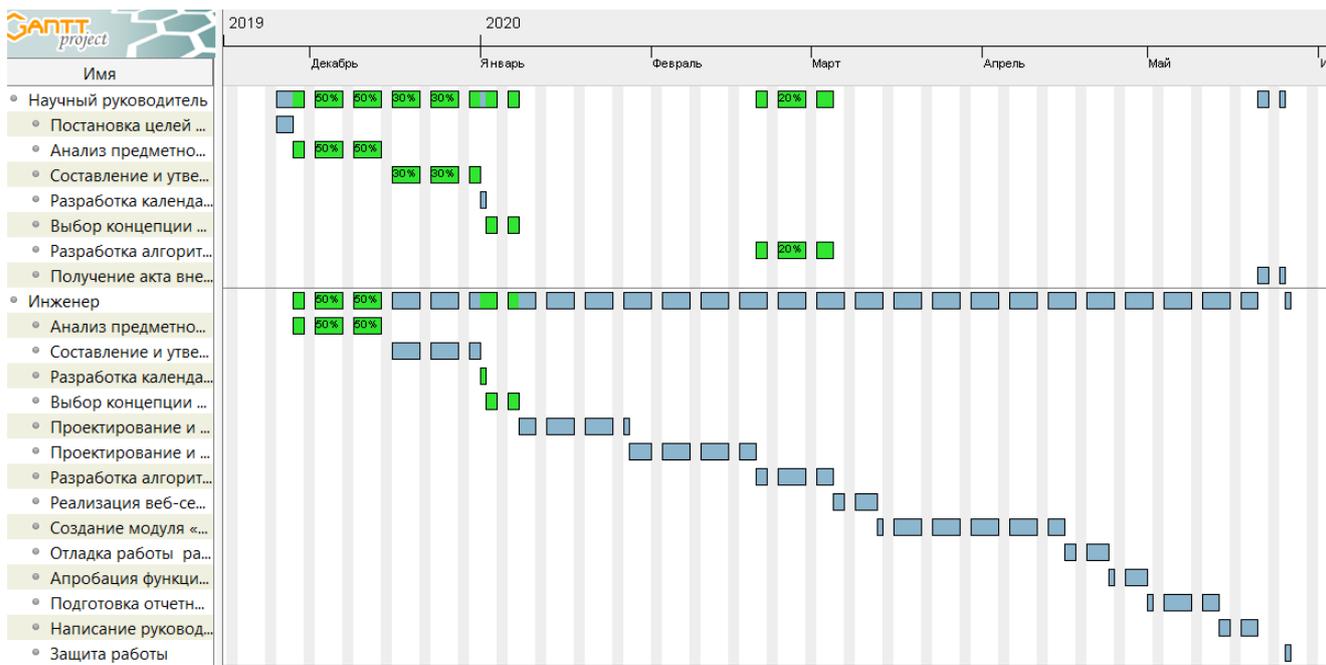


Рисунок 4.2 – Диаграмма занятости ресурсов

Из диаграммы, приведенной на рис. 4.2, где зеленым цветом отмечена частичная занятость ресурса, а голубым – полная, видно, что научный руководитель принимает активное участие в работе на ее начальных этапах, курируя работу студента и подсказывая верные направления исследований, и на последних этапах работы, оценивая полученные инженером результаты. При этом инженер (автор данной работы) на начальных этапах занят частично, а затем, исследовав предметную область и сформировав ТЗ и рабочий план, приступает к выполнению работ с полным вовлечением и занятостью вплоть до защиты работы.

4.2 Расчет сметы затрат на выполнение проекта

Расчет сметы затрат на выполнение НИР необходим для формирования бюджета проекта и включает расчет всех расходов, необходимых для реализации комплекса работ, составляющих содержание данной разработки. В расчет ведется по следующим статьям затрат:

- материалы;
- заработная плата;
- социальный налог;
- расходы на электроэнергию (без освещения);

- амортизационные отчисления;
- прочие (накладные расходы) расходы.

Совокупность перечисленных статей формируют затраты на выполнение научно-технического исследования (НТИ).

4.2.1 Расчет затрат на материалы

Статья затрат на материалы включает в себя затраты на приобретение всех видов материалов, комплектующих изделий и лицензии на продукты, необходимых для выполнения работ по данной теме. Расчет стоимости материальных затрат производится по действующим ценникам или договорам поставки. Кроме того, статья включает так называемые транспортно-заготовительные расходы, связанные с транспортировкой от поставщика к потребителю, хранением и прочими процессами, обеспечивающими движение (доставку) материальных ресурсов от поставщиков к потребителю. Сюда же включаются расходы на совершение сделки купли-продажи (т.н. транзакции). Приблизительно они оцениваются в процентах к отпускной цене закупаемых материалов, как правило, это 5%. Расчет затрат на материалы приведен в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Расчёт затрат на материалы

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Кол-во	Сумма, руб.
Бумага А4	2	200 листов	400
Лицензия ПО ELMA-BPM	26 000	1 экз.	26 000
Макет коптера	8 000	1 экз.	8 000
Итого:			34 400

С учетом описанных сопутствующих затрат, составляющих 5% от отпускной цены материалов, расходы на материалы равны $C_{\text{мат}} = 34\,400 * 1,05 = 36\,120$ руб. Большая часть расходов идет на использование на предприятии стороннего программного обеспечения ELMA-BPM, используемая при разработке информационной системы.

4.2.2 Расчет заработной платы

Данная статья является основной статьей расходов на выполнение НТИ. Над проектом работают два исполнителя: научный руководитель и инженер.

Среднедневная тарифная заработная плата ($ЗП_{дн-т}$) в расчете на один рабочий день вычисляется по формуле:

$$ЗП_{дн-т} = \text{Оклад (месячный)} / 25,083 ,$$

где учитывается количество рабочих дней в году ≈ 301 и, следовательно, в месяце в среднем 25,083 рабочих дня (при шестидневной рабочей неделе, принятой в ТПУ).

Затраты времени по каждому исполнителю в рабочих днях с округлением до целого взяты из таблицы 5.2 (НР – 24,8 = 25, И – 134,4 = 135 рабочих дней). При этом рабочая неделя шестидневная как для научного руководителя, так и для инженера.

Для учета в ее составе премий, дополнительной зарплаты и районной надбавки используется, соответственно, следующий ряд коэффициентов: $K_{ГР} = 1,1$; $K_{доп.ЗП} = 1,188$; $K_r = 1,3$ для Томской области. Таким образом, для перехода от тарифной (базовой) суммы заработка исполнителя, связанной с участием в проекте, к соответствующему полному заработку (зарплатной части сметы) необходимо первую умножить на интегральный коэффициент $K_{и} = 1,1 * 1,188 * 1,3 = 1,699$.

Оклады исполнителей брались из информационной таблице, представленной в методических указаниях по финансовому менеджменту для магистрантов.

Расчеты основной заработной платы работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, с учетом премий, доплат и районного коэффициента представлены в таблице 4.4 и велись по следующей формуле:

$$ЗП = ЗП_{дн-т} * \text{Кол-во раб. дней} * K_{и}.$$

Таблица 4.4 – Расчет основной заработной платы

Исполнитель	Оклад, руб./мес.	Среднедневная ставка ($ЗП_{дн-т}$), руб./раб.день	Затраты времени, раб. дни	Коэффициент ($K_{и}$)	Фонд з/п, руб.
НР	47104	1878	25	1,699	79 768
И	9489	378	135		86 700
Итого:					166 468

Итого суммарные затраты на заработную плату всем участникам проекта с учетом стандартных окладов исполнителей в зависимости от занимаемой должности и ученого звания составляют $C_{зп} = 166\,468$ рублей.

4.2.3 Расчет затрат на социальный налог

Затраты на единый социальный налог (ЕСН), включающий в себя отчисления в пенсионный фонд, на социальное и медицинское страхование, являются обязательной статьей расходов и составляют 30% от полной заработной платы по проекту. Следовательно, затраты на ЕСН вычисляются по следующей формуле:

$$C_{соц.} = C_{зп} * 0,3 ,$$

где $C_{зп}$ – суммарные затраты на заработную плату по проекту.

Итоговые затраты на социальный налог равны $C_{соц.} = 166\,468 \text{ руб.} * 0,3 = 49\,940,4$ руб.

4.2.4 Расчет затрат на электроэнергию

Данный вид расходов включает в себя затраты на электроэнергию, потраченную в ходе выполнения проекта на работу используемого оборудования, рассчитываемые по формуле:

$$C_{эл.об.} = P_{об} \cdot t_{об} \cdot Цэ,$$

где $P_{об}$ – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;

$t_{об}$ – время работы оборудования, час;

$Цэ$ – тариф на 1кВт·час. Одноставочный тариф на электроэнергию в Томской области равен 3,50 руб за 1 кВт.ч.

При этом время работы оборудования рассчитывается на основе данных таблицы 4.2 для инженера ($T_{рд} = 134,4$ дней) из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 8 часов:

$$t_{об} = T_{рд} * K_t,$$

где $K_t \leq 1$ – коэффициент использования оборудования по времени, равный отношению времени его работы в процессе выполнения проекта к ТРД. Время, проводимое за персональным компьютером, равно 2/3 от общего времени работы над проектом.

В свою очередь мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$P_{\text{ОБ}} = P_{\text{НОМ.}} * K_C$$

где $P_{\text{НОМ.}}$ – номинальная мощность оборудования, кВт (показатели для ПК – 0,5 кВт, для принтера – 0,1 кВт);

$K_C \leq 1$ – коэффициент загрузки, зависящий от средней степени использования номинальной мощности. Примем значение $K_C = 1$.

Расчет затрат представлен в таблице 4.5 ниже.

Таблица 4.5 – Затраты на электроэнергию технологическую

Наименование оборудования	Время работы оборудования $t_{\text{об}}$, час	Потребляемая мощность $P_{\text{об}}$, кВт	Тариф на 1кВт·час ЦЭ, руб	Затраты Эоб, руб.
Персональный компьютер	135 дней * 8 часов * 2/3 = 720	0,5	3,50	1 260
Лазерный принтер	10	0,1		3,50
Итого:				1 263,50

Итого затраты на электроэнергию за вычетом освещения составляют $C_{\text{эл}} = 1\ 263,50$ рублей, где основными затратами является оплата электроэнергии, потребляемая персональным компьютером, на котором ведется основная работа над проектом.

4.2.5 Расчет амортизационных расходов

Данная статья предназначена для учета амортизации используемого оборудования за время выполнения проекта. Для расчета амортизационных затрат используется следующая формула:

$$C_{\text{АМ}} = \frac{N_A * C_{\text{ОБ}} * t_{\text{рф}} * n}{F_D}$$

где N_A – годовая норма амортизации единицы оборудования;

$C_{\text{ОБ}}$ – балансовая стоимость единицы оборудования, руб;

F_D – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования, час;

$t_{\text{рф}}$ – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта, час;

n – число задействованных однотипных единиц оборудования.

N_A для персонального компьютера составляет обратную величину от срока амортизации равного 2,5 года, следовательно, $N_A(\text{ПК}) = 1 / 2,5 = 0,4$. Номинальная стоимость одного ПК составляет 40 тысяч рублей. Для расчета $F_{\text{д}}(\text{ПК})$ будем учитывать, что количество рабочих дней в 2020 году при шестидневной рабочей неделе равно 300 дней, рабочий день длится 8 часов. Таким образом $F_{\text{д}}(\text{ПК}) = 300 * 8 = 2\,400$ часов. Однако ПК занят лишь 2/3 от проектного времени, затрачиваемого инженером ($T_{\text{рд}}$ из таблицы 4.2), следовательно, $t_{\text{рф}} = 135 \text{ дней} * 8 \text{ часов} * 2/3 = 720 \text{ часов}$.

Таким образом, амортизация, начисленная на ПК, равна:

$$C_{\text{АМ}}(\text{ПК}) = \frac{0,4 * 40\,000 \text{ руб} * 720 \text{ часов} * 1 \text{ ед}}{2\,400 \text{ часов}} = 4\,800 \text{ руб.}$$

Стоимость простого принтера составляет 5 600 руб., его $F_{\text{д}} = 500$ час.; $N_A = 1 / 2 \text{ года} = 0,5$; $t_{\text{рф}} = 10$ часов (из табл. 5.5).

$$C_{\text{АМ}}(\text{ПР}) = \frac{0,5 * 5\,600 \text{ руб} * 10 \text{ часов} * 1 \text{ ед}}{500 \text{ часов}} = 56 \text{ руб.}$$

Итого общие затраты на амортизацию составляют $C_{\text{АМ}} = 4\,856$ руб, где большая часть суммы идет на покрытие износа персонального компьютера.

4.2.6 Расчет прочих расходов

Статья прочих расходов включает расходы на выполнение проекта, которые не учтены в предыдущих статьях, их следует принять равными 10% от суммы всех предыдущих расходов и рассчитываются по следующей формуле:

$$C_{\text{проч.}} = (C_{\text{мат}} + C_{\text{зп}} + C_{\text{соц}} + C_{\text{эл}} + C_{\text{ам}}) * 0,1$$

Таким образом, прочие расходы равны $C_{\text{проч.}} = (330 + 8130 + 173\,338,77 + 52\,001,63 + 11\,669,5 + 2\,852,811) * 0,1 = 9\,232,27$ руб.

4.2.7 Расчет общей себестоимости разработки

Общая стоимость разработки складывается из всех статей расходов, рассчитанных выше. Проведенные расчеты позволяют определить величину бюджета затрат НИИ, на которую будут опираться заказчики данной разработки. Смета затрат на разработку представлена в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Расчет бюджета затрат НИИ

Статья затрат	Сумма, руб.
Материалы	34 400
Основная заработная плата	166 468
Отчисления в социальные фонды	49 940,40
Расходы на электроэнергию	1 263,50
Амортизационные отчисления	4 856
Прочие расходы	9 232,27
Итого:	266 160,17

Итоговые затраты на разработку составляют $C = 266\,160,17$ рублей. Далее на основе рассчитанной себестоимости разработки определим конечную цену всего проекта.

4.2.8 Расчет прибыли

Для расчета прибыли примем, что ее размер составляет 20% от полной себестоимости проекта, так как проект актуален и востребован среди целевой аудитории (нефтегазовые предприятия Томской области). Себестоимость проекта равна затратам на его разработку $C = 266\,160,17$ рублей. Тогда прибыль составит: $266\,160,17 * 20\% = 53\,232$ рубля.

4.2.9 Расчет НДС

Косвенный налог – налог на добавленную стоимость (НДС) составляет 20% от суммы затрат на разработку и прибыли. Таким образом, сумма налога равна $(266\,160,17 + 53\,232) * 0,2 = 319\,392,17 * 20\% = 63\,878,43$ рубля.

4.2.10 Цена разработки НИИР

На основе проведенных расчетов, определим итоговую цену разработки НИИР, которая равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС, в нашем случае: $C_{\text{НИИР(КР)}} = 266\,160,17 + 53\,232 + 63\,878,43 = 383\,270,60$ рублей.

Полученная цена является приемлемой для заказчиков и также частично покрывается выделяемым на разработку грантом. Разработка востребована и актуальна, что полностью оправдывает все затраты на создание программного обеспечения по выдвинутой теме магистерской

диссертации. Чтобы определить достоверно экономическую эффективность проекта, необходимо провести ее оценку.

4.3 Оценка экономической эффективности проекта

Актуальным аспектом качества выполненного проекта является экономическая эффективность его реализации, т.е. соотношение обусловленного ей экономического результата (эффекта) и затрат на разработку проекта. Так как последние являются единовременными, то рассмотрим частный случай задачи оценки экономической эффективности инвестиций с целью получения определенного результата в будущем и определим срок окупаемости затрат на разработку проекта (инвестиций).

4.3.1 Определение срока окупаемости инвестиций (PP – payback period)

При помощи показателя PP определим продолжительность периода, через который инвестиции окупятся благодаря прибыли от реализации продукта. Чем меньше PP, тем эффективнее проект. Использование показателя предполагает установление для него приемлемого значения как меры эффективности инвестиций. Используется формула

$$PP = n_{цj} + \frac{\Delta PR_{чj}}{PR_{чj+1}}, \quad (4.3)$$

где $n_{цj}$ – целое число лет, при котором накопленная сумма прибыли наиболее близка к величине инвестиций I_0 , но не превосходит ее;

$\Delta PR_{чj}$ – непокрытая часть инвестиций по истечении $n_{цj}$ лет реализации проекта;

$PR_{чj+1}$ – прибыль за период, следующий за $n_{цj}$ -м.

В качестве источника прибыли возьмем цену одной реализованной лицензии разработанного программного обеспечения, равной 100 000 рублей.

Так как цена лицензии включает в себя НДС, то для расчета прибыли необходимо этот налог (НДС = 20%) вычесть, т.е.

100 000 руб. (с учетом НДС) – 120%

PP_л(без НДС) – 100%

Тогда цена одной лицензии без НДС равна $C_{л}(\text{без НДС}) = 100\,000 * 100\% / 120\% = 83\,333$ руб

Кроме того, для получения значения балансовой прибыли (прибыль до налогообложения) из $C_{л}(\text{без НДС})$ необходимо вычесть сопутствующие при продаже лицензии расходы, перечень затрат представлен в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Сопутствующие расходы при продаже одной лицензии
ПО

Наименование	Цена за 1 шт. (руб)
Установочный диск 1 шт.	500
Комплект документов для покупателя 1 шт.	1 000
Оплата труда дистрибьютеру лицензий за 1 проданную лицензию (в том числе проведения вводного занятия с пользователями ИС)	7 000
Итого:	8 500

Следовательно, балансовая прибыль от продажи одной лицензии равна $ПР_{л} = 83\,333 - 8\,500 = 74\,833$ рубля.

Также, чтобы пользоваться ПО необходимо каждый год продлевать лицензию. Цена продления лицензии равна 60 000 рублей, при этом сопутствующие затраты отсутствуют, значит, балансовая прибыль от продажи продления равна ее цене за вычетом НДС = 20%. Тогда $ПР_{л.пд} = C_{л.пд}(\text{без НДС}) = 60\,000 * 100\% / 120\% = 50\,000$ рублей.

Так как для расчетов окупаемости проекта необходима чистая прибыль, то из балансовой прибыли необходимо также вычесть налог на прибыль (чистая прибыль рассчитывается как 83,33% от балансовой прибыли).

Таким образом, прибыль за год считается по следующей формуле:

$$\begin{aligned} ПР_{ч,г} &= (ПР_{л} * n1 + ПР_{л.пд} * n2) * 83,33\% = \\ &= (74\,833 * n1 + 50\,000 * n2) * 83,33\%, \end{aligned}$$

где $ПР_{л}$ – балансовая прибыль с продажи одной лицензии;

$ПР_{л.пд}$ – балансовая прибыль с продажи одного продления лицензии;

$n1$ – количество проданных лицензий;

$n2$ – количество проданных продлений лицензии.

Расчет накопленных денежных поступлений по проекту приведен в таблице 4.8, где каждый год планируется продавать одну лицензию нефтегазовым компаниям города Томска и продлевать ранее купленные.

Таблица 4.8 – Накопленные денежные поступления по проекту

Год	Инвестиции (руб.)	Балансовая прибыль (до вычета налога) (руб.)	Чистая прибыль (руб.)	Накопленный денежный поток (руб.)
0	-383 270,60	74 833	62 358,34	-320 912,26
1		124 833 = 74 833 + 50 000	104 023,34	-216 888,92
2		174 833 = 74 833 + 100 000	145 688,34	-71 200,58
3		224 833 = 74 833 + 150 000	187 353,34	116 152,76
4		274 833 = 74 833 + 200 000	229 018,34	345 171,09
5		324 833 = 74 833 + 250 000	270 683,34	615 854,43

Рассчитаем РР, используя формулу 4.3. Из приведенных в таблице 4.8 расчетов следует, что 2-й год эксплуатационного периода дает минимум непокрытого остатка (-71 200,58 руб.) инвестированной суммы 383 270,60 руб., следовательно, $n_{цj} = 2$. Тогда $\frac{\Delta ПР_{чj}}{ПР_{чj+1}} = 71\,200,58 / 187\,353,34 = 0,38$; следовательно, РР равен 2,38 года.

Полученное значение говорит о том, что при описанном плане продаж затраты на НИР окупятся спустя 2 года 4,5 месяца, и дальше такой проект будет приносить только прибыль, которая может значительно вырасти при условии вовлечения новых клиентов для продажи лицензии продукта. К тому же, такая экономическая эффективность напрямую зависит от количества проданных лицензий ПО в первый и последующие годы.

Так как период окупаемости больше года, то при расчете срока окупаемости РР необходимо учесть изменение ценности денег во времени. А также целесообразно рассчитать величину накопленного чистого эффекта по формуле:

$$NPV = \sum_{j=1}^n ПР_{чj} - I_0, \quad (4.4)$$

где n – продолжительность в годах периода оценки эффекта или срок реализации проекта примем 5 лет.

При расчетах по формулам 4.3-4.4 вместо величин $\Delta PR_{чj}$ и $PR_{чj+1}$ необходимо использовать их дисконтированные аналоги, получаемые путем деления $\Delta PR_{чj}$ и $PR_{чj+1}$ на $(1 + i)^j$, где i – ставка дисконтирования (целевой уровень годовой доходности инвестируемых средств) с принятым значением $i = 0,1$. Следовательно, произведем перерасчет данных таблицы 4.8, но с учетом убывания реальной стоимости результатов в будущие периоды (годы) относительно периода инвестирования. Расчет дисконтированного срока окупаемости представлен в таблице 4.9.

Таблица 4.9 – Расчет дисконтированного срока окупаемости

Год	Инвестиции	Номинальная прибыль	Коэффициент дисконтирования $1/(1+0,1)^j$	Дисконтированная прибыль	Накопленный денежный поток
0	-383 270,60	62 358,34	1	62 358,34	-320 912,26
1		104 023,34	0,9091	94 567,62	-226 344,64
2		145 688,34	0,8264	120 396,84	-105 947,80
3		187 353,34	0,7513	140 758,56	34 810,76
4		229 018,34	0,683	156 419,53	191 230,29
5		270 683,34	0,6209	168 067,29	359 297,57

Рассчитаем РР для данного случая с учетом дисконтирования, используя формулу 4.3. Из приведенных в таблице 4.9 расчетов также следует, что минимум непокрытого остатка инвестированной суммы дает 2-й год эксплуатационного периода (-105 947,80 руб.), следовательно, $n_{цj} = 2$.

Тогда $\frac{\Delta PR_{чj}}{PR_{чj+1}} = 105\,947,80 / 140\,758,56 = 0,75$; следовательно, РР равен 2,75 года.

Полученное значение говорит о том, что при таком же плане продаж, но с учетом изменения ценности денег, затраты на НИР окупятся спустя 2 года и 9 месяцев, что отличается на 4,5 месяца от расчетов без учета такой особенности. При этом, величина накопленного чистого эффекта, рассчитанная по формуле 4.4, равна: $NPV = (62\,358,34 + 94\,567,62 + 120\,396,84 + 140\,758,56 + 156\,419,53 + 168\,067,29) - 383\,270,60 = 742\,568,17 - 383\,270,60 = 421\,655,91$ рублей.

Такие результаты говорят, что при следовании описанному плану продаж лицензий разработанного продукта и 5-летнем сроке реализации проекта, затраты на разработку не только полностью окупятся после 2,75 года на рынке, но и к концу срока будет получен чистый доход, составляющий $\frac{NPV}{I_0} = 421\,655,91 / 383\,270,60 = 110\%$ от суммы инвестиции в проект. Таким образом, расчеты сроков окупаемости подтверждают, что данный проект является экономически эффективным.

4.4 Выводы по разделу

В ходе выполнения магистерской диссертации была разработана информационная система центра управления БПЛА для осуществления мониторинга опасных технологических объектов.

В данном разделе было проведено планирование этапов научно-технического исследования, была рассчитана трудоемкость всех работ и занятость исполнителей при выполнении каждой из них. На основе этих данных были построены наглядные графики.

Также были выполнены расчеты полных денежных затрат на разработку проекта и определены сроки и условия его окупаемости. Как показало исследование, чем больше лицензий на программное обеспечение разработанной информационной системы будет продано в первый год на рынке, и чем дольше компании будут его использовать для решения задач мониторинга (продлевать действие лицензии), тем быстрее проект окупится и станет приносить прибыль. Приведенная оценка экономической эффективности является высокой и подтверждает целесообразности инвестиций в данный проект.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8ИМ81	Кузнецовой Т.В.

Школа	ИШИТР	Отделение (НОЦ)	ОИТ
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Информационные системы и технологии

Тема ВКР:

Разработка алгоритмического и программного обеспечения наземной компоненты системы компьютерного зрения беспилотных летательных аппаратов	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Программное обеспечение центра управления беспилотными летательными аппаратами, которое применяется для осуществления координации мониторинга опасных технологических объектов
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<ul style="list-style-type: none"> – СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы – ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования – ГОСТ Р 50923-96. Дисплеи. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	<ul style="list-style-type: none"> – Отклонение показателей микроклимата. – Недостаточная освещённость рабочей зоны. – Превышение уровня шума. – Повышенный уровень электромагнитных излучений. – Электробезопасность. – Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на работника.
3. Экологическая безопасность:	Воздействие на окружающую среду вредными и опасными отходами.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Предотвращение возникновения пожароопасной ситуации

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД	Горбенко М.В.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ИМ81	Кузнецова Т.В.		

5. Социальная ответственность

5.1 Введение

Данная магистерская диссертация направлена на создание программного обеспечения (ПО) центра управления БПЛА, которое позволит операторам системы осуществлять на основе данных, полученных с БПЛА, оперативное реагирование по факту обнаружения инцидента на технологическом объекте.

Областью применения разработки являются предприятия опасного технологического производства, как нефтегазодобывающие предприятия, а также организации, отвечающие за своевременное выявление очагов возгорания на участках земной поверхности, такие как МЧС, мобильные пункты лесоохранной службы.

Разработка осуществлялась за настольным персональным компьютером в офисе компании ООО «Центр нефтегазовых технологий», специализирующейся на научных исследованиях и разработке в области прочих естественных и технических наук и заинтересованной в результатах по данной теме диссертации.

Так как основная работа при написании диссертации, разработка ПО, связана с компьютером, или персональной электронной вычислительной машиной (ПЭВМ), то в рамках текущего раздела целесообразным является рассмотрение следующих вопросов:

- выявление и изучение вредных и опасных производственных факторов при работе с ПЭВМ;
- определение способов снижения действия описанных факторов до безопасных пределов или по возможности до полного их исключения;
- безопасность окружающей среды;
- безопасность в чрезвычайных ситуациях (ЧС), которые могут возникнуть при эксплуатации ПЭВМ.

5.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Правовая сторона вопроса безопасности труда при работе над магистерской диссертацией регламентируется Трудовым кодексом Российской Федерации. Так количество рабочих часов в неделю не превышало 40 часов, работа велась по будним дням, в течение рабочего дня предоставлялся часовой перерыв, который к рабочему времени не относится.

Деятельность при выполнении магистерской диссертации также связана с работой за компьютером (или ПЭВМ). Основным документом, регулирующим условия и организацию работы с ПЭВМ, является санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы», которые включают ряд требований к ПЭВМ и организации рабочего места, а также к факторам, оказывающим на пользователя ПЭВМ опасное и вредное влияние [29]. Также используется ГОСТы регулирующие рабочее место пользователя ПЭВМ: ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ «Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования» и ГОСТ Р 50923-96. «Дисплей. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения» [30-31].

Для создания комфортной и безопасной среды для работы за компьютером необходимо учитывать эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны инженера. В офисном помещении ООО «Центр нефтегазовых технологий», где велась разработка ПО центра управления БПЛА, планировка рабочих мест учитывает требования к расстоянию между рабочими столами с видеомониторами и составляет 3 м. При этом расстояние от глаз до самого монитора составляет 650 мм, а конструкция ПЭВМ обеспечивает возможность поворота корпуса в горизонтальной и вертикальной плоскости с фиксацией в заданном положении для обеспечения фронтального

наблюдения монитор. Т.е. приняты все меры по обеспечению оптимального размещения используемого оборудования на поверхности рабочего стола. Монитор также предусматривает регулирование яркости и контрастности, что уменьшает нагрузку на глаза и увеличивает комфортность работы на ПЭВМ.

Кроме того, форма рабочего стола должна быть удобна для поддержания рациональной позы пользователя, так, чтобы он мог менять положения своего тела для предупреждения утомления. В таблицах 5.1-5.2 представлены фактические значения параметров рабочей зоны инженера в соответствии с требованиями СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03, ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ и ГОСТ Р 50923-96.

Таблица 5.1 – Анализ рабочего места

Требование	Факт
Окна должны быть ориентированы на север и северо-восток	Все окна ориентированы на запад
Оконные проемы должны быть оборудованы регулируемыми устройствами типа: жалюзи, занавесей, внешних козырьков	Имеются шторы
Площадь на одно рабочее место пользователей ПЭВМ на базе плоских дискретных экранов (жидкокристаллические, плазменные) - 4,5 м ²	На одно рабочее место выделена площадь 7.5 м²
Помещения, где размещаются рабочие места с ПЭВМ, должны быть оборудованы защитным заземлением (занулением) в соответствии с техническими требованиями по эксплуатации	Заземление имеется
Не следует размещать рабочие места с ПЭВМ вблизи силовых кабелей и вводов, высоковольтных трансформаторов, технологического оборудования, создающего помехи в работе ПЭВМ	Вблизи подобных объектов нет

Анализ рабочего места на основе данных таблицы 5.1 показывает, что все требования к рабочему месту выполнены, кроме первого из них. Солнце вечером светит в окна, затрудняя работу, вследствие чего приходится использовать шторы и включать искусственное освещение.

Требования к столу и стулу, представленные в таблице 5.2, соответствуют требованиям СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 для людей ростом 161-175 см.

Таблица 5.2 – Анализ параметров рабочего стола и стула

Требование	Допустимые значения	Фактическое значение
Поверхность стола, мм	700	800
Пространство для ног, мм	640	650
Высота сиденья над полом, мм	420	420
Ширина сиденья, не менее, мм	340	345
Глубина сиденья, мм	380	380
Высота нижнего края спинки над сиденьем, мм	170	165
Высота верхнего края спинки над сиденьем, мм	360	360
Высота линии прогиба спинки, не менее, мм	210	215
Радиус изгиба переднего края сиденья, мм	20-50	35
Угол наклона сиденья	0-4°	2°
Угол наклона спинки	95-108°	100°
Радиус спинки в плане, не менее, мм	300	305

Фактические значения параметров рабочего стола и стула, как видно из таблицы 5.2, максимально приближены и соответствуют нормирующим требованиям. Однако стол, для людей с небольшим ростом, может оказаться высоким, в следствии чего посадка пользователя за ПЭВМ может оказаться неверной и приводить к повышенной утомляемости.

Кроме того, при работе с ПЭВМ было использовано рекомендуемое СанПиНом время перерывов 10-15 минут после каждых 45-60 минут работы с использованием комплекса профилактических мероприятий: упражнения для глаз и физкультурные минуты. Также в помещении проводились ежедневные влажные уборки и систематическое проветривание каждый час.

5.3 Производственная безопасность

В данном подпункте анализируются вредные и опасные факторы, влияющие на работу инженера на рабочем месте, оборудованном ПЭВМ.

Для идентификации потенциальных факторов использован ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [32]. Все производственные факторы классифицируются по группам элементов: физические, химические, биологические и психофизические. Для данной работы целесообразно рассмотреть физические и психофизические вредные и опасные факторы производства, характерные как для рабочей зоны инженера-программиста, как разработчика рассматриваемой в данной работе системы. Так как

психофизические факторы, связанные с нормированием рабочего дня и отдыха, а также с предоставлением комфортного рабочего места, были описаны в пункте 5.2 данного раздела, то далее будут рассматриваться физические факторы. Перечень данных факторов представлен в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Вредные и опасные производственные факторы при выполнении работ за ЭВМ

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ		Нормативные документы
	Разработка	Эксплуатация	
1. Отклонение показателей микроклимата	+	+	1. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
2. Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+	2. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*
3. Превышение уровня шума	+	+	3. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
4. Повышенный уровень электромагнитных излучений	+	+	4. ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Общие требования безопасности.
5. Повышенное значение напряжение в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	+	+	5. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.

В случае программной разработки, где объектом является рабочее место, включая персональный компьютер и помещение, среди таких вредных воздействий можно указать: микроклимат помещения, неправильное освещение, шум, электромагнитное излучение, опасность поражения электрическим током и другие. Также немаловажно позаботиться о экологической безопасности и безопасности в чрезвычайных ситуациях, которые могут возникнуть при работе с ПЭВМ.

5.3.1 Микроклимат рабочего места

К параметрам микроклимата относятся: температура воздуха, температура поверхностей, относительная влажность воздуха, скорость

движения воздуха. Комплекс данных параметров воздействует на человека, определяя его самочувствие, а значит, и работоспособность. Оптимальные значения этих характеристик зависят от сезона (холодный, тёплый), а также от категории физической тяжести работы. Для инженера-программиста она является лёгкой (Ia), так как работа проводится сидя, без систематических физических нагрузок. Учитывая вышеизложенное, можно привести набор оптимальных значений параметров микроклимата (табл. 5.4) в соответствии с СанПиН 2.2.4.548–96 [33] и фактические, которые были измерены на рабочем месте.

Таблица 5.4 – Параметры микроклимата в помещениях с использованием ПЭВМ

Период года	Категория работ	Температура воздуха, °С		Относительная влажность воздуха, %		Скорость движения воздуха, м/с	
		Оптим.	Факт.	Оптим.	Факт.	Оптим.	Факт.
Холодный	Ia	22-24	22-24	40-60	55-58	0,1	< 0,1
Теплый	Ia	23-25	22-24	40-60	53-56	0,1	< 0,1

Задача состоит в том, чтобы поддерживать эти параметры в оптимальном состоянии. Для этого предусмотрены следующие средства: центральное отопление, вентиляция (искусственная и естественная), искусственное кондиционирование. Для отслеживания значений описанных параметров в офисе используется термометр, совмещенный с гигрометром. Показания данного прибора были в рамках определенных допустимых значений, следовательно, параметры микроклимата в офисе ООО «Центр нефтегазовых технологий» соответствуют нормам СанПиН.

5.3.2 Освещенность рабочей зоны

Так как работа инженера-программиста подразумевает зрительный тип работы, то организация правильного освещения имеет значительное место. Пренебрежение данным фактором может привести к профессиональным болезням зрения. В рабочем помещении сочетаются естественное освещение (через окна) и искусственное освещение (использование ламп при недостатке естественного освещения).

Разряд зрительных работ программиста относится к категории III г (высокой точности), параметры искусственного освещения указаны в таблице 5.5 согласно актуализированной редакции СНиП 23-05-95 [34].

Таблица 5.5 – Нормативные значения освещенности

Характеристика зрительной работы	Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Искусственное освещение		
						Освещенность, лк		
						При системе комбинированного освещения		При системе общего освещения
						Всего	В том числе от общего	
Высокой точности	От 0,3 до 0,5	III	г	Средний и большой	Светлый и средний	400	200	200

Также согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 уровень освещения на поверхности рабочего стола при работе с ПЭВМ должен быть в диапазоне от 300 до 500 лк.

Работа выполнялась в офисном помещении компании ООО «Центр нефтегазовых технологий», имеющем размеры: длина $A = 5$ м, ширина $B = 6$ м, высота $H = 4$ м, оснащенный светильниками типа ОДР (светильник общего освещения диффузный с экранирующей решеткой) с люминесцентными лампами типа ЛБ (белый свет) мощностью 65 Вт и со световым потоком $\Phi = 4600$ лм в количестве $n = 10$. Коэффициент пульсации ламп данного типа не превышает 5%, что соответствует нормам. Вычислим освещенность офиса.

Освещенность помещения рассчитывается по формуле:

$$E_{\phi} = \frac{n \cdot \eta \cdot \Phi}{S \cdot k \cdot z}, \quad (5.1)$$

где n – число светильников;

η – коэффициент использования светового потока;

Φ – световой поток светильника, лм;

S – площадь помещения, м²;

k – коэффициент неравномерности освещения;

z – это коэффициент неравномерности освещения.

Коэффициент запаса k учитывает запыленность светильников и их износ. Для помещений с вычислительной техникой $k = 1,4$. Поправочный коэффициент для люминесцентных ламп равен $z = 1,1$. Площадь помещения равна $S = A * B = 5 * 6 = 30 \text{ м}^2$.

Коэффициент использования светового потока определяется при помощи таблицы на основе индекса помещения и коэффициенты отражения от стен, потолка и рабочей поверхности. Поэтому сначала найдем данные показатели.

Индекс помещения определяется по формуле:

$$i = \frac{S}{h*(A+B)}, \quad (5.2)$$

где S – площадь помещения, м^2 ;

A – длина комнаты, м;

B – ширина комнаты, м;

h – высота подвеса светильников, м.

При этом расчетная высота подвеса светильников над рабочей поверхностью (h) в офисе компании определяется по формуле:

$$h = H - h_p - h_c,$$

где H – высота потолка в помещении, м;

h_p – расстояние от пола до рабочей поверхности стола, м;

h_c – расстояние от потолка до светильника, м.

Тогда расчетная высота подвеса светильников равна:

$$h = 4 - 0,8 - 0,01 = 3,19 \text{ м}.$$

Подставим полученное значение в формулу 5.2 для расчета индекса помещения.

$$i = \frac{S}{h*(A+B)} = \frac{5*6}{3.19*(5+6)} = 0,83.$$

Исходя из того, что потолок в помещении чистый бетонный, а также свежепобеленные стены с окнами, закрытыми белыми шторами и рабочая поверхность содержит ПЭВМ, то согласно методическим указаниям, примем

коэффициенты отражения от стен $\rho_c = 70\%$, потолка $\rho_n = 50\%$ и от рабочей поверхности $\rho_p = 10\%$.

По таблице коэффициентов использования светового потока для соответствующих значений i , ρ_c , ρ_n , определяем интерполяцией коэффициент использования светового потока (η из формулы 6.1).

Получается для светильника ОДР при $i = 0,8$ коэффициент $\eta = 38\%$, при $i = 0,9$ коэффициент $\eta = 41\%$. Тогда при $i = 0,83$ коэффициент использования светового потока равен:

$$\eta = 38 + ((41 - 38) / (0,9 - 0,8)) * (0,83 - 0,8) = 38,9\%.$$

Учитывая все параметры, рассмотренные выше, найдем освещенность по формуле 5.1:

$$E_{\phi} = \frac{10 * 0,389 * 4600}{30 * 1,4 * 1,1} = 387 \text{ лк.}$$

В рассматриваемом помещении освещенность должна составлять не менее 300 лк согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 и СНиП 23-05-95. В офисе, где проводилась работа, освещенность равна 387 лк и находится в пределах нормы, следовательно, дополнительные источники света не нужны.

5.3.3 Шум

Источниками шума являются: работающее оборудование, вентиляторы компьютера, копировальная техника и кондиционеры.

Шум оказывает негативное воздействие на организм человека: снижает работоспособность, повышает утомляемость, воздействует на органы слуха и центральную нервную систему, снижает внимание.

Допустимый уровень шума ограничен ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ и СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Уровень шума на рабочем месте программистов не должен превышать 50дБА, а в залах обработки информации на вычислительных машинах 65дБА [35-36].

Поэтому уровень шума в помещениях должен быть ограничен. Данные ограничения для требуемого помещения представлены в таблице 5.6.

Таблица 5.6 – Допустимые значения уровней звукового давления в октавных полосах частот и уровня звука, создаваемого ПЭВМ

Уровни звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами									Уровни звука в дБА
31,5 Гц	63 Гц	125 Гц	250 Гц	500 Гц	1000 Гц	2000 Гц	4000 Гц	8000 Гц	
86 дБ	71 дБ	61 дБ	54 дБ	49 дБ	45 дБ	42 дБ	40 дБ	38 дБ	50

В рассматриваемом рабочем помещении уровень шума является допустимым и не превышает значений, установленных нормами и составляет не более 50 дБА. Кроме того, для уменьшения шума производятся: регулярное техническое обслуживание компьютеров и другой техники в помещении, применяются звукопоглощающие материалы (в том числе для этой цели используются корпуса системных блоков).

5.3.4 Электромагнитное излучение

Персональные компьютеры являются источниками электромагнитных волн, то есть распространяющихся в пространстве возмущений электромагнитного поля (ЭМП). Все электрические приборы излучают такие волны, однако наибольший вклад вносит экран монитора. При определённых уровнях такие поля оказывают вредное влияние на человека: нарушение функционального состояния нервной и сердечно-сосудистой систем, это проявляется в повышенной утомляемости, понижении качества выполнения рабочих операций, изменении кровяного давления и пульса

Ввиду того, что используется жидкокристаллический монитор, то контроль мягкого рентгеновского излучения не осуществляется. Допустимые значения излучения показаны в таблице 5.7 с учётом СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 и ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ [37].

Таблица 5.7 – Временные допустимые уровни (ВДУ) ЭМП, создаваемых ПЭВМ

Наименование параметров		ВДУ ЭМП	ВДУ ЭМП
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц	25 В/м	27 В/м
	в диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц	2,5 В/м	2,5 В/м
Электростатический потенциал экрана видеомонитора		500 В	490 В

Нормы допустимых уровней напряженности электромагнитных полей зависят от времени пребывания человека в контролируемой зоне. Присутствие персонала на рабочем месте в течение 8 ч допускается при напряженности, не превышающей 5 кВ/м.

Основной способ снижения вредного воздействия – это увеличение расстояния от источника (не менее 50 см от пользователя). Защитой от воздействия электромагнитного поля токов промышленной частоты являются стационарные или переносные заземленные экранирующие устройства. На предприятии электромагнитное излучение не превышает 5 кВ/м, поэтому при работе за компьютером специальные экраны и другие средств индивидуальной защиты применены не были.

5.3.5 Опасность поражения током

Среди распространенных опасностей в рабочей зоне находится и поражение электрическим током. Опасность поражения определяется величиной тока проходящего через тело человека или напряжением прикосновения.

При получении человеком разряда электрического тока могут быть получены электротравмы, электрические удары и даже летальный исход. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ [38] определяет предельно допустимые значения напряжения прикосновения и тока на рабочем месте (см. табл. 5.8).

Таблица 5.8 – Допустимые значения напряжения прикосновения и тока

Род тока	Напряжения прикосновения, В	Ток, мА
	Не более	
Переменный, 50 Гц	2,0	0,3
Постоянный	8,0	1,0

Основным источником угрозы поражения электрическим током является персональный компьютер. Во избежание несчастных случаев сотрудники в обязательном порядке должны проходить соответствующий инструктаж.

Не следует работать на персональном компьютере при:

- повышенной влажности (относительная влажность воздуха более 75%);
- высокой температуре (более 35 °С);
- наличие токопроводящей пыли, токопроводящих полов и возможности одновременного соприкосновения к имеющим соединению с землёй металлическим элементам и металлическим корпусом электрооборудования.

Персональный компьютер питается от сети 220 В переменного тока с частотой 50 Гц. Это напряжение опасно для жизни, поэтому обязательны следующие меры предосторожности:

- перед началом работы нужно убедиться, что выключатели и розетка закреплены и не имеют оголённых токоведущих частей;
- при обнаружении неисправности оборудования и приборов необходимо, не делая никаких самостоятельных исправлений, сообщить человеку, ответственному за оборудование.

Чтобы избежать поражения электрическим током, необходимо защитить все токоведущие части от возможных прикосновений, а металлические корпуса должны быть заземлены.

Таким образом, все требования при работе с ПЭВМ были выполнены, так как все необходимые показатели норм находятся в допустимых пределах.

5.3.6 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на работника

Для снижения воздействия вредных и опасных факторов на работника на предприятии ООО «Центр нефтегазовых технологий» проводится ряд профилактических действий на основе следующих рекомендаций.

Рекомендации по улучшению микроклимата

К рекомендациям по оздоровлению воздушной среды на предприятии относятся правильная организация вентиляции (как естественным, так и

механическим путем) и кондиционирования воздуха, отопление комнаты (в зимнее время года).

Объем помещений с ЭВМ не должен быть меньше 20 м³/человека [29].

Рекомендации по минимизации влияния шума

Для того чтобы снизить шум следует:

- ослабить шум самих источников, используя звукоизоляцию;
- снизить эффект суммарного воздействия отраженных звуковых волн;
- использовать архитектурные и технологические решения, которые направлены на изоляцию источников шума.

Рекомендации по минимизации отрицательного влияния освещения рабочей зоны

Для обеспечения требуемого уровня освещения в помещении используются лампы дневного освещения, равномерно распределенные по всему потолку офиса. Для освещения офисных помещений рекомендуется использовать лампы типа ЛБ (белый свет).

Рекомендации по защите от электрического тока

Нормативная база РФ устанавливает обязательные правила и меры безопасности во время работы с электрооборудованием.

Для защиты от поражения электрическим током все токоведущие части должны быть защищены от случайных прикосновений кожухами, корпус устройства должен быть заземлен. Питание устройства должно осуществляться от силового щита через автоматический предохранитель, который срабатывает при коротком замыкании нагрузки.

Для предотвращения поражения электрическим током в организации должны проводиться следующие мероприятия:

- компьютеры подключаются к сети с помощью трехполюсных вилок, причем центральный контакт вилки надежно заземляется;

- при эксплуатации электрооборудования рабочее место должно быть оборудовано так, что исключается возможность прикосновения служащих к токоведущим устройствам, шинам заземления, батареям отопления, водопроводным трубам;
- обслуживающий персонал должен пройти инструктаж по технике безопасности на рабочем месте;
- осуществляется профилактическая проверка отсутствия напряжения, отключение неисправного оборудования и наложение заземления.

5.4 Экологическая безопасность

В настоящее время проблема экологической безопасности и охраны окружающей среды стоит под острым вопросом и является приоритетной. Это стало поводом для принятия жестких законов, ограничивающих обычную утилизацию компьютерной техники. В большей мере это обуславливается тем, что в производстве такой техники используется множество различных материалов, которые способны нанести непоправимый вред окружающей среде и, соответственно, здоровью человека. Утилизация компьютерного оборудования является достаточно сложной. Непосредственная переработка большей части компонентов включает в себя их сортировку, последующую гомогенизацию и отправку для повторного использования, т.е. с предварительным помолом или переплавкой. Люминесцентные лампы представляют собой «чрезвычайно опасные» виды отходов [36]. Содержание ртути в любых люминесцентных лампах составляет от трех до пяти миллиграмм ртути. С учетом этого необходимо обеспечивать определенные условия хранения, их эксплуатации и утилизации. Согласно санитарным нормам хранить ртутесодержащие отходы необходимо в специальных герметичных контейнерах, доступ посторонним лицам к таким контейнерам должен быть запрещен. Транспортировка ламп на полигоны складирования должна выполняться организациями, которые специализируются на утилизации опасных отходов. Категорически

запрещено размещение таких отходов, как люминесцентные лампы на полигонах твердых бытовых отходов.

Так как при разработке данной магистерской диссертации использовался персональный компьютер, необходимо описать правильную утилизацию компьютерного лома после его выхода из строя. В соответствии с постановлением правительства юридическим лицам запрещено самостоятельно утилизировать компьютерную технику. Для этого необходимо найти специальную компанию, которая занимается утилизацией в частном порядке.

В нормативном документе СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 даются следующие общие рекомендации по снижению опасности для окружающей среды, исходящей от компьютерной техники:

- применять оборудование, соответствующее санитарным нормам и стандартам экологической безопасности;
- применять расходные материалы с высоким коэффициентом использования и возможностью их полной или частичной регенерации;
- отходы в виде компьютерного лома утилизировать;
- использовать экономичные режимы работы оборудования.

5.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Самым распространенным чрезвычайным обстоятельством в офисе является пожар. Такое рабочее место относится к категории «В» (пожароопасные), так как в данном помещении присутствует пыль, вещества и материалы, способные при взаимодействии с воздухом гореть.

Возникновение пожара может произойти по нескольким факторам:

- возникновением короткого замыкания в электропроводке вследствие неисправности самой проводки или электросоединений и электrorаспределительных щитов;
- возгоранием устройств вычислительной аппаратуры вследствие нарушения изоляции или неисправности самой аппаратуры;

- возгоранием мебели или пола по причине нарушения правил пожарной безопасности, а также неправильного использования дополнительных бытовых электроприборов и электроустановок;

- возгоранием устройств искусственного освещения.

Методы борьбы с пожарами предусматривают:

- Инструктажи, наличие планов эвакуаций, правильный монтаж и эксплуатация оборудования, правильное содержание зданий и территорий, обучение правилам техники безопасности, издание специальных инструкций и плакатов

- Соблюдение противопожарных правил, исключение образования горючей среды, применение трудно сгораемых материалов

- Предусмотренные средства сигнализации, огнетушители, автоматические стационарные системы тушения пожаров, своевременная эвакуация.

Для предотвращения пожара помещение с ПЭВМ должно быть оборудовано первичными средствами пожаротушения: углекислотным огнетушителем типа ОУ-2 или ОУ-5 [39].

Пожар может нанести не только вред здоровью, но и материальный ущерб. Применимо к выполняемой работе в случае пожара могут быть уничтожены бумажные документы и\или электронные носители информации. Для защиты информации рекомендуется использовать облачные хранилища данных для данных и документов. Для исходных кодов программ рекомендуется использовать системы контроля версий.

5.6 Выводы по разделу

Проанализировав условия труда на рабочем месте, где велась работа над магистерской диссертацией, можно сделать вывод, что помещение удовлетворяет необходимым нормам и в случае соблюдения техники безопасности и правил пользования компьютером работа в данном помещении не приведет к ухудшению здоровья работника.

Само помещение и рабочее место в нем удовлетворяет всем нормативным требованиям. Во избежание негативного влияния на здоровье во время работы с ПЭВМ необходимо делать перерывы и проводить специализированные комплексы физических упражнений.

Действие вредных и опасных факторов сведено к минимуму соответствующими профилактическими работами, т.е. микроклимат, освещение и электро- и пожаробезопасность соответствуют требованиям, предъявленным в соответствующих нормативных документах.

Относительно рассмотренного вопроса об экологической безопасности можно сказать, что несмотря на небольшое число вредных и опасных отходов, предприятию стоит уделить внимание на их правильную утилизации без вреда для окружающей среды.

Заключение

Для мониторинга опасных технологических объектов все чаще используют БПЛА с соответствующими СКЗ. Для взаимодействия с бортовой компонентой СКЗ необходимо создавать ее наземную компоненту. В рамках НИР велась разработка алгоритмического и программного обеспечения наземной компоненты СКЗ. При этом были получены следующие научные и практические результаты.

1. Сформулирована концепция создания информационной системы наземной компоненты СКЗ; предложена с использованием принципов SOA архитектура единого информационного пространства центра управления БПЛА, включающего информационную систему наземной компоненты СКЗ.

2. Осуществлен анализ подходящего для решения поставленных задач стороннего программного обеспечения и выбраны базовые компоненты программного обеспечения наземной компоненты СКЗ.

3. Разработаны алгоритмы взаимодействия ИС НК с БПЛА. В среде геоинформационной системы QGIS создан функциональный модуль «Активные БПЛА», реализующий данные алгоритмы. Разработаны графические интерфейсы этого модуля для выполнения функции просмотра принятых с БПЛА снимков.

4. Разработаны структуры БД для хранения данных о полетах БПЛА и данных о нештатных ситуациях; осуществлено взаимодействие модуля «Активные БПЛА» с БД при реализации просмотра снимков нештатных ситуаций и отображения маршрутов БПЛА на карте.

5. Разработаны алгоритмы кодирования/декодирования данных и осуществлена их реализация в виде веб-сервисов. Проведен анализ работоспособности созданных веб-сервисов кодирования/декодирования данных и приведено исследование эффективности различных способов декодирования данных. Анализ полученных результатов позволил выбрать оптимальные настройки веб-сервисов, а также показал, что веб-сервисы работают корректно и с требуемой скоростью обработки данных.

6. Успешно проведена апробация ПО НК связи разработанного модуля «Активные БПЛА» с макетом коптера на предмет передачи на борт БПЛА команд и выполнения их коптером.

7. Основные результаты НИР внедрены в ООО «Центр нефтегазовых технологий» (г. Томск), о чем свидетельствует акт внедрения.

8. Выполнена оценка экономической эффективности научно-исследовательской работы. Разработка проведена в соответствии с действующими нормами и стандартами безопасности.

9. Результаты исследований докладывались на XVII Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодежь и современные информационные технологии» и опубликованы в виде двух статей.

Список публикаций

1. Кузнецова Т.В., Марков Н.Г.; Программное обеспечение наземной компоненты системы компьютерного зрения // Молодёжь и современные информационные технологии: сборник трудов XVII Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов, молодых учёных (г. Томск, 17-20 февраля 2020 г). / Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2020. - С. 310-311.

2. Рыжова С.Е., Кузнецова Т.В.; Программная реализация веб-сервисов кодирования и декодирования информации и методика их тестирования // Молодёжь и современные информационные технологии: сборник трудов XVII Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов, молодых учёных (г. Томск, 17-20 февраля 2020 г). / Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2020. - С. 117-118.

Список использованных источников

1. Зоев И.В.. Интеллектуальная система компьютерного зрения беспилотных летательных аппаратов для мониторинга технологических объектов предприятий нефтегазовой отрасли [Электронный ресурс] / И. В. Зоев, Н. Г. Марков, С. Е. Рыжова // Известия Томского политехнического университета [Известия ТПУ]. Инжиниринг георесурсов / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ) – 2019. – Т. 330, № 11. – [С. 34-39]. – Заглавие с титульного листа. – [Библиогр.: с. 46 (29 назв.)]. – Свободный доступ из сети Интернет. – ISSN 2413-1830.
2. Juric M. SOA approach to integration. Birmingham: Packt Publishing Ltd., 2007. – 366 p.
3. Козлецов А.П., Решетников И.С. Современные способы организации обмена данными с системами управления // Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2010. - № 2. – С. 17-23.
4. Выбор интеграционной платформы: технологии и критерии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.epam-group.ru/ideas/white-papers/integration-platform-choice>, свободный. – Загл. с экрана. – (Дата обращения: 07.03.2020).
5. Марков Н.Г. Специализированная сервисная шина для создания единого информационного пространства компаний нефтегазовой отрасли / Н.Г. Марков, И.В. Евсюткин // Программные продукты и системы. – 2019. – №2. – С. 326-336.
6. Программное обеспечение компании Geoscan [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.geoscan.aero/ru/software>, свободный. – Загл. с экрана. – (Дата обращения: 07.03.2020).
7. Геодезия / Автономные аэрокосмические системы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://uav-siberia.com/service/geodeziya>, свободный. – Загл. с экрана. – (Дата обращения: 07.03.2020).
8. Официальный сайт QGIS [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.qgis.org/ru/site/>, свободный. – Загл. с экрана. – (Дата

обращения: 07.03.2020)

9. Qt Designer Manual [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://doc.qt.io/qt-5/qtdesigner-manual.html>, свободный. – Загл. с экрана. – (Дата обращения: 07.03.2020).

10. Единое общее определение BPM [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://bpms.ru/post/20181107-one-common-definition-for-bpm/>, свободный. – Загл. с экрана. – (Дата обращения: 07.03.2020).

11. About the business process model and notation specification version 2.0.2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.omg.org/spec/BPMN/2.0.2/>, свободный. – Загл. с экрана. – (Дата обращения: 07.03.2020).

12. BPMN Tool Matrix [Электронный ресурс] / Электронная таблица BPMS. – Режим доступа: <https://bpnmatrix.github.io/>, свободный. – Загл. с экрана. – (Дата обращения: 07.03.2020).

13. Евсюткин И.В., Марков Н.Г. Выбор системы управления бизнес-процессами для нефтегазодобывающего предприятия // Молодёжь и современные информационных технологии: сборник трудов XV Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, г. Томск, 04-07 декабря 2017 г. – Томск: Д-Принт, 2018. – С. 237-238.

14. Верещагин О.Р., Токарева О.С. Сравнительный анализ программного обеспечения для обработки данных дистанционного зондирования земли // Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов XI Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2013. С. 390-392.

15. ERDAS IMAGINE / Геоинформационный портал ГИС-ассоциации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gisa.ru/1489.html>, свободный. – Загл. с экрана. – (Дата обращения: 07.03.2020).

16. Нотация и семантика языка UML / Национальный Открытый

Университет «ИНТУИТ» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.intuit.ru/studies/courses/32/32/info>, свободный. – Загл. с экрана. – (Дата обращения: 07.03.2020).

17. SQL Server 2017 / Официальный сайт Microsoft [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.microsoft.com/ru-ru/sql-server/sql-server-2017>, свободный. – Загл. с экрана. – (Дата обращения: 07.03.2020).

18. Циклический избыточный код [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studfile.net/preview/6210689/>, свободный. – Загл. с экрана. – (Дата обращения: 07.03.2020).

19. Боуз Р.К., Рой-Чоудхури Д.К. Об одном классе двоичных групповых кодов с исправлением ошибок. – В кн.: Кибернетика. М., 1964. – С.112-118.

20. Драйвер SQL Python — pyodbc [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.microsoft.com/ru-ru/sql/connect/python/pyodbc/python-sql-driver-pyodbc?view=sql-server-ver15>, свободный. – Загл. с экрана. – (Дата обращения: 07.03.2020).

21. QGIS Python API [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://qgis.org/pyqgis/master>, свободный. – Загл. с экрана. – (Дата обращения: 07.03.2020).

22. Бондарь А.Г. Microsoft SQL Server 2012. – СПб.: БВХ-Петербург, 2013. – 608 с.: ил. – (В подлиннике)

23. QGIS 3 Plugins - Qt Designer for Plugins [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://gis-ops.com/qgis-3-qt-designer-explained>, свободный. – Загл. с экрана. – (Дата обращения: 07.03.2020).

24. Что такое Windows Communication Foundation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.microsoft.com/ru-ru/dotnet/framework/wcf/whats-wcf>, свободный. – Загл. с экрана. – (Дата обращения: 07.03.2020).

25. Internet Information Services / Википедия. Свободная энциклопедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

https://ru.wikipedia.org/wiki/Internet_Information_Services, свободный. – Загл. с экрана. – (Дата обращения: 07.03.2020).

26. Формат файла svc [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.azfiles.ru/extension/svc.html>, свободный. – Загл. с экрана. – (Дата обращения: 20.12.2019).

27. Ross N.W. A Painless Guide to CRC Error Detection Algorithms. 1993. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ross.net/crc/download/crc_v3.txt, свободный. – Загл. с экрана. – (Дата обращения: 07.03.2020).

28. Работа с векторными слоями [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://gis-lab.info/docs/qgis/cookbook/vector.html>, свободный. – Загл. с экрана. – (Дата обращения: 07.03.2020).

29. СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.

30. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.

31. ГОСТ Р 50923-96. Дисплеи. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения.

32. ГОСТ 12.0.003-2015. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

33. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

34. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*.

35. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.

36. СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.

37. ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля (с Изменением N 1).

38. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов (с Изменением N 1).

39. ГОСТ Р 22.3.03-94. Безопасность в ЧС. Защита населения. Основные положения.

Приложение А Разделы на иностранном языке

(справочное)

Designing the IS of the ground component of the SCV

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ИМ81	Кузнецова Татьяна Викторовна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОИТ	Марков Н.Г.	д.т.н.		

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОИЯ	Маркова Н.А.	-		

Abbreviations

CNN – convolutional neural net

GC – ground component

IS – information system

SCV – system of computer vision

UAV – unmanned aerial vehicles

• **Designing the IS of the ground component of the SCV**

The design of the information system of the ground component consisted in identifying the requirements for the IS functions of the control center of the ground component. Based on these requirements, a concept was formed and a model was proposed for creating the IS. The components of the ground component and the algorithms for their interaction were determined.

1.1 Requirements for the functions of the ground component of the SCV

There are the main users of the system. These are the UAV control center operators. Using an analysis of needs and a list of tasks to be solved by users of the system, development requirements were identified. The duties of an operator include working with data received online from the UAV. Based on these data, an operator decides on the presence of an incident at the monitoring object and on its further elimination. In addition, the control center should be able to coordinate UAV flights.

Since the control center is responsible for coordinating all the processes of monitoring the territories and for processing its results, the IS of GC should have the following functions:

- receiving data from UAV online;
- ability to make a decision on the fact of emergency detection at the facility;
- ability to send and receive messages and coordinates from the UAV;
- creation / adjustment of the route and its setting on the UAV;

- tracking UAV routes on the monitoring object map, etc.

Based on this list of functions, it follows that this IS requires additional software that will allow not only visualizing data from the UAV, but also working with spatial data, maps and coordinates, as well as communicating with the UAV through a list of set commands.

The list of functional requirements identified in the analysis of the use of the IS in the UAV control center is presented in Table A.1.

Table A.1. Functional requirements for the ground component of the SCV

Requirement code	Requirements	Notes
F.01	General requirements	
F.01.01	The ability to configure initial system parameters.	- type of the monitoring object; - coordinates of the object borders; - type of used UAV.
F.01.02	The ability to add / replace / remove UAV from the monitoring system.	
F.01.03	Display a list of active UAV.	
F.01.04	The ability to add a route task for a UAV.	
F.01.05	Ability to create a new route for monitoring an industrial facility.	
F.01.06	The ability to view UAV motion paths on the map in real time.	To plot the trajectory, the coordinates of the UAV location are used, transmitted from its side.
F.01.07	The ability to separately view the received data for each UAV.	- snapshots of streaming video from a camcorder; - images of a thermal imaging camera; - indications (if installed on the UAV) of gas detector sensors, etc.
F.01.08	Providing the operator with the opportunity to confirm or cancel the results of the analysis of images on board the UAV.	
F.02	UAV route task Editor Requirement	
F.02.01	It should be possible to view existing UAV routes using a vector map with a layer of routes or a table of coordinates of control points of the route.	
F.02.02	It should be possible to create a new UAV route.	By drawing control points on a map or by creating and filling out a table with the coordinates of control points.
F.02.03	It should be possible to adjust the UAV route (before its departure).	- by moving control points on the map; - by making changes to the coordinate table.
F.02.04	It should be possible to delete an existing route.	
F.03	Requirements for UAV commands and UAV signals / data packets	
F.03.01	It should be possible to send a request command to receive a snapshot and the first snapshot, classified as containing an emergency.	The request is carried out by the operator to make a decision about the incident.
F.03.02	It should be possible to send the "Repeat" command to the UAV in order to retransmit the entire data packet or the last image (two images).	Formed if necessary.
F.03.03	It should be possible to request a zoomed snapshot. The	It is an additional option.

	scale is set depending on the characteristics of the sensors and UAV capabilities.	
F.03.04	It should be possible to send a command to return the UAV to the base.	
F.03.05	It should be possible to receive information about the time until the UAV energy source is completely discharged, in order to replace one UAV with another.	The function is important in the case of continuous monitoring of an industrial facility using several UAV.
F.03.06	It should be possible to receive the SOS signal and current coordinates in the event of a fast discharge of the UAV power supply.	
F.03.07	It should be possible to receive a signal about the UAV control / end point has been reached.	
F.03.08	It should be possible to receive data packets (data on incidents on the territory and their corresponding images) from UAV in real time.	The number of received data packets (blocks) depends on the size of the images from the video camera and thermal imager.

It should be noted that in the ground component there may be several operator computers connected to a local network. It is also assumed that there is a database server with an appropriate database management system (DBMS) for storing images, maps and other data. In this case, a client-server architecture should be implemented for exchanging data between the database server and the operator's computers (database clients). Therefore, requirements for the hardware and software of the ground component of the SCV have been identified.

The software of the ground component IS must have access through the Internet to external UAV data and stored maps of the monitoring areas, as well as to a database server with UAV route lists, images obtained from the UAV, as well as official transport schedules operating in the monitoring territory. The movement schedule near the protected area will help classify objects according to the "friend or foe" parameter, as well as identify cases of unauthorized entry into the territory (into the protected zone) of the investigated industrial facility. Therefore, a number of requirements for information support have been identified.

Since the control center has a permanent communication with the UAV, requirements for the security of data transmission were established. When exchanging data between the UAV and the ground component of the SCV, in order to detect and correct errors that occur, noise-resistant coding / decoding of these data is applied when transmitting them in the radio channel.

In addition, the requirements for input and output data are defined. In particular, the formats described are: raster and vector map formats, as well as the format of GPS data. It also describes the methods and formats for the interaction of the ground component of the SCV with UAV.

The onboard component of the SCV contains sensors set on board the UAV and a computing device developed in the project based on a modern chip-based system. These requirements are described in the requirements for the composition of the onboard component of the SCV. A complete list of requirements is presented in Appendix B.

Thus, not only functional requirements were identified and described, but also a number of others, necessary for the development of IS of GC.

1.2 The concept of creating the IS ground component of the SCV

The ground component of the SCV is located in the UAV control center, which organizes the monitoring of territories. The concept of creating such component provides that the core of its software is the software of the geographic information system (GIS). Moreover, one of the principles of the concept is the use of the functionality of the well-known freely distributed GIS. It is such a GIS that should allow the control center operators to work with spatial data when laying and tracking the UAV group routes. Moreover, the GIS should automatically put on a digital map data on the location of incidents in the monitoring area received from UAV.

Another principle of the concept indicates the need to include the developed software modules for UAV control in the environment of this GIS. Operators in the control center should be able to make a final decision on sending an alarm group to the incident area, be able to quickly re-interpret UAV images with detected emergency, if necessary. This means that the concept of creating the ground-based component of the SCV implies the presence in the center of an information system or several systems for the automated interpretation of images taken from UAV. The IS of GC should integrate with such a system of interpretation. To do this, the control center should have ground-based IS that

programmatically implement the promising CNN architectures proposed in the project and (or) use automated interpretation systems for aerial photographs of industrial facility.

Finally, the important principles of the construction concept of the ground-based component of the SCV are the principles of a Service-Oriented Architecture (SOA), on which the software for this component is designed, and as a result, the software of the entire UAV control center (network of centers). Firstly, the implementation of software on these principles will make it easy to programmatically implement new business processes (BP) of the control center in the form of web services and integrate them with an existing one in the software control center. This is especially important with repeated changes in the BP and the working conditions of the control center, leading to the need for rapid development of new software. Secondly, the implementation of the principles of SOA will quickly integrate various IS, including those used in the control center for the interpretation of images from UAV.

1.3 Model SOA information space UAV control center

SOA is a framework for integrating business processes and their supporting IT infrastructure in the form of safe and standardized components: services that can be used repeatedly and combined to adapt to the changing UAV control priorities [2]. In contrast to the development of specialized systems, the creation of the required software or in general IS based on the principles of SOA allows you to more effectively respond to new acquisitions of interpretation systems for territorial images, changes in the structure of the control center, etc. Within the SOA concept, the control center software is developed as a set of services, each other is designed to solve a specific, usually small task. In the general case, the services connected together in a certain sequence form a complete IS [3].

A *service* is an independent software component (module) with the possibility of self-description, performing a specific business task (BP, subprocess, function) and providing some functionality to the requesting party (third-party IS or other service). Most often, web-services are created [2]. Low connectivity of

services provides a simple and quick adaptation of IS to change the BP in the control center. Services can work either on their own or combined with other services to create composite (component) applications. Interacting over the network in a certain sequence, services allow you to implement a particular BP. To use the service, you must follow the interface agreement. Interfaces are a means to provide the capabilities of a service to the outside world and organize the interaction of services. The service interface defines the parameters for accessing it and describes the result data.

Another key component of SOA is *the service registry*. It is a catalog and contains descriptions of services (physical location of services, versions and their validity, as well as documentation on services). Thanks to the service registry, SOA implements low service connectivity.

The third component of the SOA is an *enterprise service bus* (ESB) [2]. It is a middleware for all services being created for a centralized and unified event-oriented messaging between company services. The ESB is responsible for a number of classical integration tasks: support for synchronous and asynchronous methods of calling services; use of secure transport with guaranteed message delivery that supports the transactional model; static and algorithmic message routing. The ESB also provides access to data from third-party IS using ready-made or specially designed adapters; message processing and conversion; orchestration and choreography of services; various control and management mechanisms (audits, logging); ready-made adapters for connecting to specific application software, API for creating such adapters.

Adapters are specific modules that are responsible for integration with a specific set of services. Unlike the message broker, the ESB does not contain the logic of extracting and converting data from services that do not have standardized interfaces. Therefore, the responsibility for interacting with such services lies with special modules. It is adapters that convert the data into a format that the bus understands (for example, in XML) [3]. Adapters need to be developed separately.

Finally, another component of the SOA is *Business Process Management Suite* (BPMS). This software provides opportunities for launching, coordinating, managing, administering and debugging BP. In this case, BPs are considered as some sequence of logically related actions that transform the input data into the result or output data. In other words, it is BP that determines the sequence of launching services in order to solve a specific business problem.

Summing up the results of a brief analysis of the components of SOA and their main capabilities, we can assume that SOA is a promising model for the interaction of the components of the created IS control center and its integration with other IS of this center (network of centers). This model allows you to connect components with each other using clearly defined interfaces, forming a single information space of the company. Moreover, the interfaces do not depend on the hardware platforms used in the center, operating systems and programming languages used to develop IS components. This allows the components to interact with each other in the same standard, but at the same time universal way. This feature of using interfaces that are independent of the environment and platform is called “low connectivity” [2]. This model allows for increased flexibility and adaptability of enterprise IS and, accordingly, a single information space in the changing conditions of the company, since the replacement or modernization of one of the system components will not affect the rest.

1.4 Features of the specialized ESB

Today, in some industrial companies and in a number of government organizations, ESB are used as a single point for connecting a large number of IS and applications of various classes. The goal in this case is to provide flexibility of scaling and ease of incorporation of legacy IS into a single information space of companies [4].

There are a lot of ESBs on the market, including free open-source projects on various integration platforms. An analysis of the advantages and disadvantages of the ESBs, as well as a list of the above features of using the SOA model, indicate the need to create a specialized ESB that takes into consideration the

specifics of information processes in the control center. In addition, an assessment of the labor costs of a qualified development team showed that it is more profitable to develop a specialized ESB rather than buying a fully-functional ESB.

In the work, an ESB was used, created in the Division for Information Technology of Tomsk Polytechnic University and positioned as a specialized service bus to create a single information space for companies, primarily the oil and gas industry [5].

The NET platform was chosen as a toolkit for developing the specialized ESB. It has a powerful library of classes for converting data formats, protocols of interaction between systems, as well as several technologies for implementing ESB in C#. To develop the specialized ESB, ASP.NET MVC (Model-View-Controller) technology was selected. It provides a framework for developing systems with web interaction and already has some necessary features inherent in ESB, such as message routing and data format conversion between services. The flexibility of MVC allows to change the structure of the ESB in accordance with the existing requirements of the company owning the UAV control center (network of centers) for monitoring territories.

The created specialized ESB provides standard integration capabilities for software products (services) and IS and is designed in such a way that there is no dependence on specific underlying platforms and software solutions. New functionality can be added to the bus if necessary. So, initially there is no need for a company to pay for ESB functionality, which will not be in demand.

To communicate between the DBMS and the ESB, an intermediary (adapter) is required. In this case, such an intermediary is the ADO.NET technology (Connection, Command, DataReader, DataSet, DataAdapter). ADO.NET provides ESB with a unified interface for working with a wide variety of DBMS, among them: MS SQL Server, OLE DB (Access, DB2, MySQL), Oracle, Realm DB, Mongo DB, PostgreSQL, FireBird and others.

For the ESB, it is important to be able to interact with various IS or services via data transfer protocols of various levels and purposes. Today, the

specialized ESB implements the network protocols Ggp, Icmp, Icmp6, Idp, Igmp, IP, IPv4, IPv6, Ipx, ND, Pup, Raw, Spx, SpxI (class System.NET.Sockets.Socket), streaming (TcpClient, TcpListener) and datagram sockets (UdpClient), Http (WebClient – WebRequest, WebResponse, HttpWebRequest, HttpWebResponse, HttpListener), mail protocols (SmtpClient, POP3, IMAP), file transfer (FtpWebRequest, FtpWebResponse). This allows supporting the integration of services of various kinds (SOAP and RESTful web-services, proxy).

To work with complex objects transmitted over the network in exchange formats, it is necessary to serialize them – conversion to a stream of bytes. Can be used the following popular formats: binary, soap, xml, json, xls, xlsx, doc, docx, cvs, txt, dbf. Some formats have their own serialization class: BinaryFormatter, SoapFormatter, XmlSerializer, DataContractJsonSerializer.

Another feature of the created ESB is the presence of a module for data validation like the values of technological and geological parameters. A number of IS within the integration project contains large volumes of similar information in different units of measurement and sometimes with different names. Therefore, part of the entities of the subject area was transformed into the structure of model classes (Model). Additional information in the form of attributes was specified for model objects, and thanks to the model binding mechanism, you don't have to think about serializing data from various formats into the corresponding class.

In general, tests show that the specialized ESB is quickly able to move a large volume of data between two or more IS, to load a large volume of data from one or more database files quickly with the ability to convert data. It also allows us to configure a RESTful web-service for one or several IS of control center quickly, perform compression and decompression, packaging and archiving, encryption and decryption of data.

The specialized ESB supports asynchronous methods. Such methods make it possible to optimize the performance of the system as a whole; they are primarily intended for queries that can take a long time (reading large volumes of data from a

database, accessing an external network resource, and computationally complex tasks).

Various restrictions can be imposed on the requested route in the ESB, for example, through the use of regular expression syntax. Restrictions can also apply to the HTTP-request method and specific addresses. At the same time, all aspects of web interaction (HttpContext) are available to the Controller: user identification data; request data (transmitted parameters, cookies, user data); response management (encoding, headers, response body); user session data and route data.

The created ESB includes an administrative module with a graphical interface for configuring integration scripts with syntax highlighting. In case of errors or the need for notification of the successful completion of the operation, a mechanism is provided for notifying the author of the integration process by e-mail. The entire history of user actions and changes in integration routes are logged with the ability to conduct subsequent necessary analysis, and all information about integration processes is archived as a backup on a separate server.

Access security is ensured by delimiting users by roles with the necessary rights. The security of authentication and user experience on the network is provided by ASP.NET Identity technology.

When you include additional software or other IS that do not have standardized interfaces in the integrated control center environment, additional development of new adapters using the created template is possible.

1.5 Software structure of the UAV control center

Based on the concept of the creation of the GC of the SCV, it was decided to develop the software of the GC in accordance with the SOA model. This model implies the presence of an expandable GIS in the structure of this software, which provides online interaction with UAV and supports work with electronic maps, as well as the presence of the IS control center for interpreting images received from UAV.

1.5.1 Selection of basic software

The ground component of the SCV should be equipped with software that will allow not only to visualize data from the UAV, but also to work with spatial data, maps and coordinates, as well as to communicate with the UAV through a list of set commands. A GIS possesses this functional set, therefore it was decided to use a geographic information system as the base software of the UAV control center.

An analysis of the subject area was carried out and companies specializing in the provision of software and various services for monitoring the territory using UAV were studied. Among them, the company "Geoscan" (St. Petersburg), providing a whole family of GIS called "Sputnik" [6], the company "Avax" (Krasnoyarsk), which provides a number of products and services for creating topographic maps based on materials aerial photography [7], and a number of other companies and their software products.

However, the considered analogues of the software for the control center have the following disadvantages:

- companies do not have a holistic software product for solving all the stated monitoring tasks;
- the territory monitoring software is designed for stationary data analysis from UAV, and in the bounds of our project, such analysis takes place on board the aircraft;
- lack of interaction functions and online tracking of UAV movement.

Further analysis of the existing software was carried out among universal GIS software, not specializing in UAV operations. It is shown that the most suitable option as a basis is GIS QGIS. It is a free cross-platform geographic information system [8]. QGIS runs on the Windows operating system (OS) and on most Unix platforms, supports many vector and raster formats, easily integrates with various database management systems, and also has a rich set of built-in data processing tools and the development of additional functionality.

The advantages of this GIS over other GIS are as follows:

- QGIS is free. It is distributed under the GNU General Public License, which gives users the right to copy, modify and distribute QGIS;
- supports the basic formats of spatial data, their visualization, and also provides the ability to operate with them;
- QGIS can connect external data sources;
- implemented tools for working with GPS data;
- the program also provides an opportunity to expand the functionality of QGIS through the development of additional modules; in particular, it provides a graphical interface development environment Qt Designer [9] for free, and also has a built-in console for the Python programming language.

Despite the fact that QGIS is not able to carry out the whole range of tasks that are solved during UAV control, it has a number of key advantages over its analogues, and the existing shortcomings can be eliminated by the developed tools for developing new modules that are easily integrated into the system. Therefore, it was decided to create an additional module in the QGIS environment, which will be responsible for working with UAV. It got the name "Active UAV".

1.5.2 Choosing a business process management system

BPMS is a technology software for managing business processes of any organization. The objectives of this system are: modeling, execution, control and improvement of business processes. BPMS allows you to: detect suboptimal places in production, accelerate the execution of tasks, improve the quality of their implementation, reduce costs and ensure efficient development of the company [10].

When BPMS is using, all users and third-party systems work in the correct order without breaking the rules. The system monitors the operating time and notifies the person in charge or offers an alternative route, if rejected.

Intuitive specifications are used for modeling BP, the most famous of which are BPMN (the most popular), EPC and IDEF0 [11]. Such languages can be

understood by everyone from business analysts to system developers. BPMS provides a graphical designer for modeling BP and a convenient user interface.

The most common BPMS collected in a special spreadsheet [12] were taken as the analyzed systems; here you can find many systems of various manufacturers for different platforms; many systems require a license.

The following criteria were selected as the main criteria for BPMS analysis:

1. The completeness of the implementation of the notation for the description of business processes (primarily BPMN). If the system does not allow designing absolutely any business process, then such a system cannot become the basis for development.

2. The ability to compile and execute designed diagrams. All BPMS provide an opportunity to build business process diagrams. It can be useful for visualizing a subject area at the stage of requirements analysis, but this is not enough when an information system is operating.

3. The presence of built-in adapters, support for protocols and exchange formats for integration and interaction with other systems. This aspect is characteristic of enterprise service buses, but the functionality of ESB and BPMS are mutually complementary, and therefore are often developed by a single information system.

4. The cost of the system. Buying a new system is expensive and increases the cost of the product, thereby reducing the competitive advantages of development.

5. Cross-platform. Systems designed only for certain platforms are not flexible enough.

Based on the data in the table and a number of advanced evaluation criteria, BPMS analysis was limited only to freely distributed cross-platform systems and technologies. Compliance with other criteria is determined by the trial operation of systems and the study of their documentation.

In addition to the systems, the table describes such systems and technologies as the Windows Workflow Foundation, Bonita BPM, Bizagi BPM Suit, as well as the Russian development ELMA BPM Community.

All considered systems are approximately equal in their functionality. Therefore, the main criterion for choosing a BPM system was the availability of exhaustive documentation in Russian.

So, the Russian development ELMA BPM was used [13]. In fact, this BPM-system is in some way an environment for developing information systems based on SOA principles, which is a key advantage in the framework of the ongoing project.

This environment contains everything you need to maximize programmer productivity: a source code editor for scripts with syntax highlighting, an integrated debugger, a form editor to simplify the creation of a graphical interface, and other useful tools. You can connect external services. Available from mobile devices. C# is used to create complex scripts. In the paid versions of ELMA, it is possible to work with the MS SQL and ORACLE DBMS.

1.5.3 Automated interpretation systems for UAV images

When monitoring the territory using UAV, it is important to interpret (recognize) objects in the images correctly. The primary image analysis takes place on board the UAV. Using trained and hardware-implemented convolutional neural networks (CNN), incidents are detected on the images of the monitoring territory. A detected CNN incident is assigned a specific object class, on the basis of which the operator of the control center decides on the level of danger that has arisen and on the direction of the alarm group in the area of the incident. However, not all the possible incidents can be recognized by CNN or they can be recognized incorrectly. In such cases, the operator should be given the opportunity to quickly interpret the resulting image. The concept of creating a ground-based component of the SCV implies the presence in the control center of an information system or several systems for the automated interpretation of images received from UAV.

There are a sufficient number of software products with a wide range of functions for data processing and interpretation aerospace images. Many modern geographic information systems ArcGIS, GRASS, SAGA, including QGIS, provide a wide range of functions for image processing with further interpretation of the results, as well as the opportunity to develop their own processing algorithms. In addition, there are specialized systems such as ERDAS, ENVI, etc., distributed on a commercial basis, as well as non-commercial software MultiSpec [14]. All of the above software products provide, to one degree or another, the ability to process and interpret images. However, ERDAS was highlighted. It is a full-featured raster and vector GIS for working with remote sensing data [15], as it was previously used by project participants in solving problems of interpreting remote sensing data and monitoring.

1.5.4 Features of the control center software structure

Considering the above SOA concept and the results of the selection of individual components of the required software, the software structure of the UAV control center was proposed (Fig. A.1).

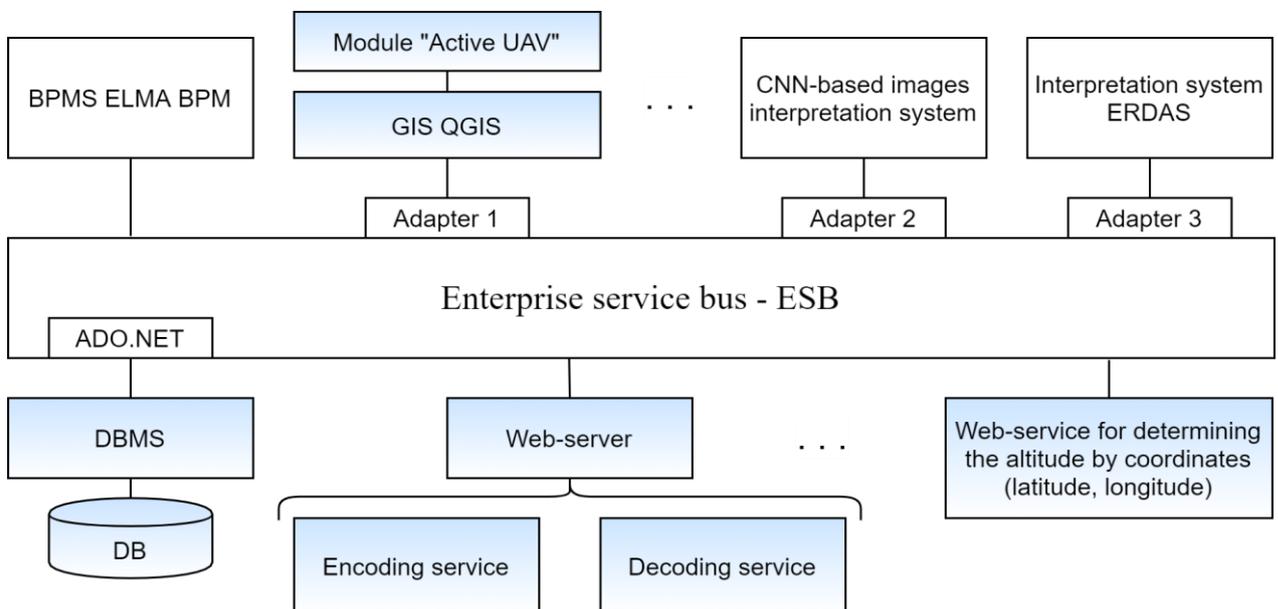


Figure A.1. The structure of the control center software

Highlighted components were developed or customized by the author and are components of the software of GC. In addition to these software components,

the GC will include a database under the control of a modern DBMS, which allows us to talk about the development of IS of GC.

One of the components of the SOA model was chosen. It is BPMS ELMA BPM (see section 1.5.2). Services interact with external UAV control center IS through the ESB bus. And databases interact through the DBMS.

Two systems are shown in Fig. A.1 as an example of external IS. They are intended for the interpretation of images received from UAV, and the third (GIS QGIS) is intended as part of the IS of GC for the operational control of UAV flights, receiving and processing data from UAV. Since the standard QGIS software does not provide tools for the interaction of GIS with UAV, this GIS is supplemented by the Active UAV module. When transmitting data, the IS of GC must use the functions of noise-resistant coding/decoding, and also include the function of determining altitude from latitude and longitude coordinates to set UAV flight parameters. To implement these GIS functions, QGIS refers to the corresponding web-services that are located on the web-server and whose operation should be determined by the ESB and management system of ELMA BPM BP.

External information systems used as part of a single information center of the control center do not necessarily have standardized interfaces, since they were not created within the SOA concept. Therefore, service bus adapters must be implemented for them (Fig. A.1 shows three of them). Adapter 1 for GIS QGIS was developed in our project.

It is worth noting that during the trial operation of the specialized ESB, various tests were conducted in oil and gas companies. The operation results indicate high bus performance and the ease of integration with its help of developed services and IS inherited in companies [5].

Thus, the results obtained during the operation of the enterprise bus suggest that it can be used to create a single information space for the UAV control center.

Приложение Б Требования к интеллектуальной СКЗ

Группы требований к интеллектуальной СКЗ

Код группы требований	Группа требований
SW	Требования к аппаратному и программному обеспечению (ПО) наземной компоненты СКЗ
F	Функциональные требования к наземной компоненте СКЗ
I	Требования к информационному обеспечению
IE	Требования к входным/выходным данным
S	Требования по безопасности передачи данных по радиоканалу
D	Требования к датчикам на борту БПЛА

[SW] Требования к аппаратному и программному обеспечению наземной компоненты СКЗ

Код требования	Требования	Примечания
SW.01	Требования к аппаратному обеспечению и к операционной системе компьютера оператора	Компьютер с такими характеристиками предоставляется каждому оператору
SW.01.01	Процессор (Intel/AMD – совместимый x64/x86) должен быть на 1,6-2,4 ГГц	
SW.01.02	Память ОЗУ должна быть не менее 4 ГБ	
SW.01.03	ОС Windows 8.1	
SW.02	Требования к аппаратному обеспечению и к операционной системе сервера наземной компоненты СКЗ	
SW.02.01	Процессор (Intel/AMD – совместимый x64/x86) должен иметь не менее 4-х физических ядер с частотой 2 ГГц	
SW.02.02	Память ОЗУ должна быть не менее 8 ГБ	
SW.02.03	ОС Windows Server 8	
SW.03	Требования к СУБД	
SW.03.01	MS SQL Server 12	Можно использовать более старшие версии
SW.04	Требования к ГИС QGIS	
SW.04.01	Версия QGIS 2.8	С поддержкой инструментального модуля для осуществления дальнейшей разработки

[F] Функциональные требования к наземной компоненте СКЗ

Код требования	Требования	Примечания
F.01	Общие требования	
F.01.01	Возможность конфигурации исходных параметров системы	- тип исследуемого объекта; - координаты границ; - тип используемых БПЛА
F.01.02	Возможность добавлять/заменять/удалять БПЛА из системы мониторинга территории	
F.01.03	Отображение списка активных БПЛА	
F.01.04	Возможность добавлять маршрут-задание для БПЛА	
F.01.05	Возможность создания нового маршрута для мониторинга промышленного объекта	
F.01.06	Возможность просмотра траекторий перемещения БПЛА на карте в режиме реального времени	Для построения траектории используются координаты местонахождения БПЛА, передаваемые с его борта
F.01.07	Возможность отдельного просмотра принимаемых данных по каждому БПЛА	- снимки потокового видео с видеокамеры; - снимки тепловизионной камеры; - показания (если установлены на БПЛА) датчиков-газоанализаторов и т.д.

F.01.08	Предоставление возможности оператору подтверждать или отменять результаты анализа снимков на борту БПЛА	
F.02	Требование к редактору заданий для БПЛА	
F.02.01	Должна быть возможность просмотра уже существующих маршрутов БПЛА при помощи векторной карты со слоем маршрутов или таблицы координат контрольных точек маршрута	
F.02.02	Должна быть возможность создания нового маршрута БПЛА	Путем нанесения контрольных точек на карте или путем создания и заполнения таблицы с координатами контрольных точек
F.02.03	Должна быть возможность корректировки маршрута БПЛА (до его вылета)	- путем перемещения на карте контрольных точек; - путем внесения изменений в таблицу координат.
F.02.04	Должна быть возможность удаления существующего маршрута.	
F.03	Требования к командам для БПЛА и к сигналам/пакетам данных с БПЛА	
F.03.01	Должна быть возможность отправки команды-запроса на получение снимка и первого снимка, классифицированного как содержащий сторонний объект (объекты)	Запрос осуществляется оператором для принятия им решения об инциденте
F.03.02	Должна быть возможность отправки на БПЛА команды «Повтори» с целью повторной передачи всего пакета данных или последнего снимка (двух снимков)	Формируется в случае необходимости
F.03.03	Должна быть возможность отправки запроса на получение увеличенного/уменьшенного снимка. Масштаб задается в зависимости от характеристик датчиков и возможностей БПЛА	Является дополнительной опцией
F.03.04	Должна быть возможность отправки команды на возврат БПЛА на базу	
F.03.05	Должна быть возможность приема данных о времени до полной разрядки источника энергопотребления БПЛА, для возможности замены одного БПЛА другим	Функция важна в случае непрерывного мониторинга промышленного объекта с помощью нескольких БПЛА
F.03.06	Должна быть возможность приема сигнала SOS и текущих координат в случае быстрой разрядки источника электропитания БПЛА	
F.03.07	Должна быть возможность приема сигнала о достижении БПЛА контрольной/конечной точки	
F.03.08	Должна быть возможность приёма пакетов данных (данные об инцидентах на территории и соответствующие им снимки) с БПЛА в режиме реального времени	Число принимаемых пакетов (блоков) данных зависит от размеров снимков с видеокамеры и тепловизора

[I] Требования к информационному обеспечению

Код требования	Требования	Примечания
I.01	Требования к базе геоданных (карт)	
I.01.01	Должны храниться электронные карты исследуемых территорий различных масштабов (1:100000, 1:50000, 1:5000)	Обзорные карты на территорию мониторинга; детальные карты на эту же территорию.
I.02	Требования к базе маршрутов БПЛА	
I.02.01	Должны храниться базовые маршруты пролета БПЛА над исследуемыми территориями	Маршрут задается указанием начального и конечного пункта, а также контрольных точек по маршруту, если таковые имеются
I.03	Требования к хранению снимков	

I.03.01	Должны храниться как снимки, полученные с БПЛА, так и детектированные на них объекты	Снимки с видеокамеры и с тепловизора, установленных на БПЛА
I.04	Требования к базе расписаний передвижений по территории объекта	
I.04.01	Должны храниться расписания движения людей, автотранспорта и т.п., действующие на территории подлежащего мониторингу промышленного объекта	Для сопоставления оператором с результатами обнаружения сторонних объектов на снимках с БПЛА

[IE] Требования к входным/выходным данным

Код требования	Требования	Примечания
IE.01	Требования к форматам	
IE.01.01	Требования растровым форматам	
IE.01.01.01	Форматы, поддерживаемые библиотекой GDAL: GeoTIFF, Erdas IMG, ArcInfo ASCII Grid, JPEG, PNG	
IE.01.02	Требования к векторным форматам	
IE.01.02.01	Должны поддерживаться форматы GRASS	
IE.01.03	Требования к GPS-формату	
IE.01.03.01	Формат GPS данных – .gpx (GPS eXchange format), основанный на XML формате	
IE.01.03.02	Формат координат аналогичен принятому в ГИС-ядре	Формат координат, принятый в ГИС QGIS 2.8

[S] Требования по безопасности передачи данных

Код требования	Требования	Примечания
S.01	Требования к кодированию/декодированию данных в наземной компоненте СКЗ	
S.01.01	Должно в наземной компоненте СКЗ осуществляться декодирование пакетов (блоков) данных по инциденту и команд, принятых с БПЛА	Осуществляется программно
S.01.02	Должно в наземной компоненте СКЗ осуществляться декодирование пакетов (блоков) данных, содержащих изображения с БПЛА	Осуществляется программно
S.01.03	Должно осуществляться помехоустойчивое кодирование команд, передаваемых на БПЛА	
S.01.03.01	Объем команды вместе с дополненной кодовой последовательностью не более 2 байт	
S.02	Требования к кодированию/декодированию данных в бортовой компоненте СКЗ	
S.02.01	Должно осуществляться помехоустойчивое кодирование команд, передаваемых с борта БПЛА	
S.02.01.01	Объем команды вместе с дополненной кодовой последовательностью не более 2 байт	

[D] Требования к датчикам на борту БПЛА

Код требования	Требования	Примечания
D.01	Требования к оптическому датчику	
D.01.01	Современная видеокамера	
D.01.01.01	Максимальное пространственное разрешение 0.5 м/пиксель	Может быть ниже
D.01.01.02	Подвес видеокамеры на БПЛА возможен в разных точках	
D.01.01.03	Угол обзора не менее 46,8°	
D.01.01.04	Одномоментно охватываемая площадь не менее 14700 м ²	Зависит от скорости БПЛА и высоты его полета. Может быть выше
D.01.01.05	Размер одного изображения 12 МП	Размер изображения 4000x3000 пикселя. Может быть выше.

Приложение В Руководство пользователя

Модуль «Активные БПЛА» программного обеспечения наземной компоненты системы компьютерного зрения

1 Введение

1.1 Область применения

Модуль «Активные БПЛА» предназначен для работы с беспилотными летательными аппаратами (БПЛА) в центре управления полетами в наземной компоненте (НК) системы компьютерного зрения (СКЗ). Его возможности актуальны для предприятий опасного технологического производства, как нефтегазодобывающие предприятия, а также организаций, отвечающих за своевременное выявление очагов возгорания на участках земной поверхности, таких как МЧС, мобильные пункты лесоохранной службы

1.2 Краткое описание возможностей

Модуль позволяет осуществлять и контролировать процесс мониторинга опасных технологических территорий с помощью БПЛА и реализует ряд необходимых для этого функций. Данные, полученные в процессе мониторинга территории, используются оператором системы для принятия решения о направлении группы реагирования на место выявленного инцидента.

1.3 Уровень подготовки пользователя

Для работы с разработанным модулем необходим навык работы с геоинформационными системами (ГИС), в частности с ГИС QGIS, так как модуль «Активные БПЛА» является ее дополнительной встраиваемой частью.

2 Назначение и условия применения

2.1 Виды деятельности, функции, для автоматизации которых предназначено данное средство автоматизации

Модуль «Активные БПЛА» реализует следующий набор функций, предназначенных для автоматизации:

- Добавление/замена/удаление БПЛА из списка активных БПЛА, участвующих в мониторинге территории;
- Отправка управляющей команды из установленного списка команд на БПЛА;
- Просмотр маршрутов перемещений БПЛА на электронной карте;
- Просмотр списка принятых снимков инцидентов с конкретного БПЛА;
- Подтвердить или опровергнуть наличие инцидента на снимке, полученном с БПЛА;
- Просмотр конкретного снимка, принятого с БПЛА.

А также ряд вспомогательных функций, обеспечивающих работу основных:

- Выгрузка данных о БПЛА/маршрутах при добавлении активного БПЛА;
- Прием информационных сообщений и текущих координат с БПЛА.
- Прием снимков инцидентов на территории технологического объекта в режиме реального времени;
- Сохранение принятого снимка инцидента на локальном компьютере;
- Сохранение снимка с подтвержденным фактом наличия инцидента на нем на сервер центра управления полетами БПЛА.

Все представленные функции описаны в основной части данного документа (пояснительной записке к магистерской диссертации автора).

3 Подготовка к работе

3.1 Состав и содержание дистрибутивного носителя данных

Так как предоставляемое программное обеспечение выполнено в виде подключаемого модуля и является open-source разработкой, что соответствует парадигме создания ГИС QGIS, то для установки модуля необходимо скачать его из репозитория системы QGIS, где был размещен данный модуль. Для этого в QGIS реализован стандартный инструмент «менеджер модулей», который позволит найти, скачать и подключить модуль в систему.

Таким образом, чтобы начать работу с модулем, необходимо подключить его к системе ГИС QGIS при помощи менеджера модулей. Добавление модуля «Активные БПЛА» в среду QGIS представлено на рис. В.1 ниже.

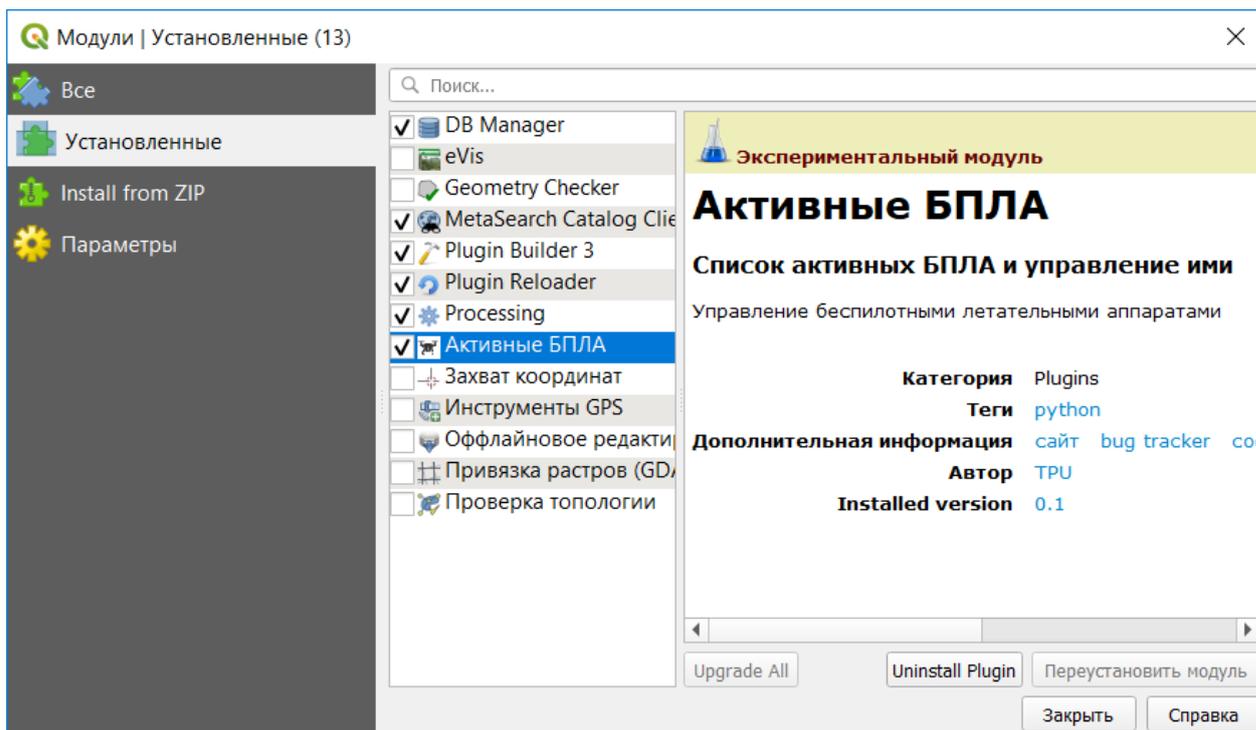


Рисунок В.14 – Добавление в среду QGIS модуля «Активные БПЛА»

После добавления модуля на панели инструментов QGIS должна появиться пиктограмма модуля (см. рис. В.2). После чего модуль станет активным и его можно использовать в дальнейшей работе.



Рисунок В.25 – Пиктограмма модуля «Активные БПЛА», включенного в среду QGIS

3.2 Порядок проверки работоспособности

Проверить работоспособность модуля можно путем его запуска и добавления нового БПЛА в список активных БПЛА для участия в мониторинге территории.

Для того, чтобы запустить модуль, необходимо нажать на его пиктограмму на панели управления (см. рис. В.2). В левой части окна ГИС должна открыться панель с пустым списком активных БПЛА (рис. В.3).

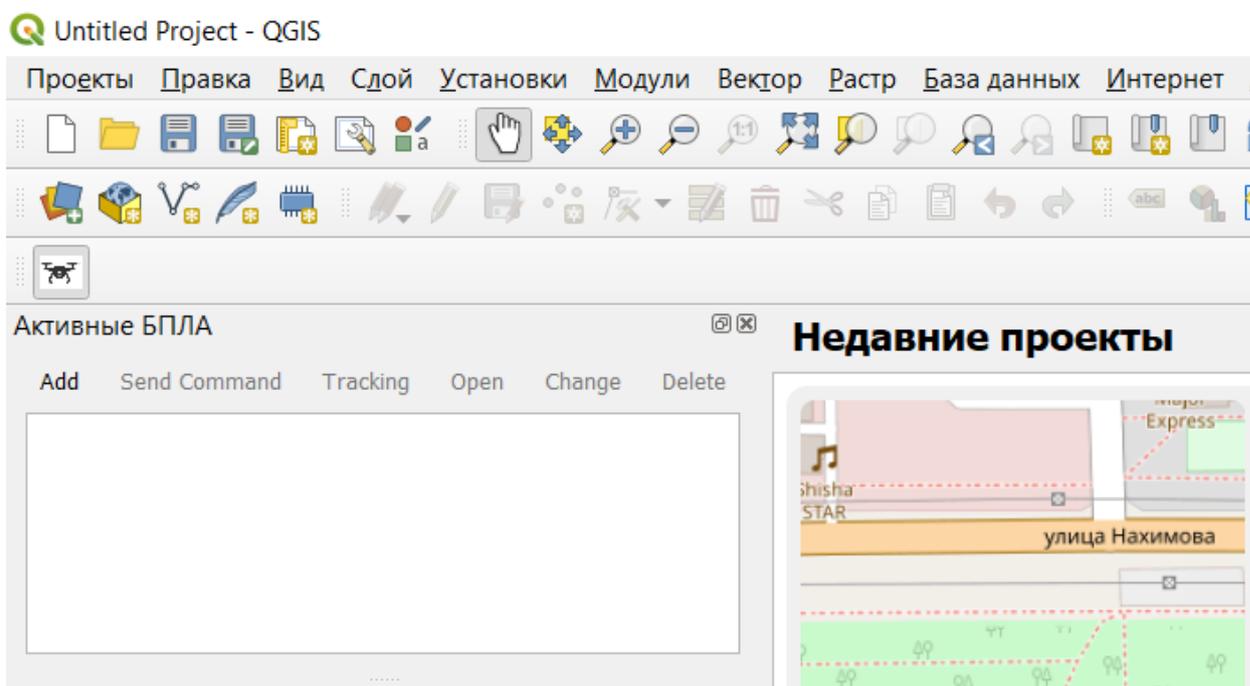


Рисунок В.36 – Запуск модуля «Активные БПЛА»

Если панель «Активные БПЛА» не была открыта, то необходимо ознакомиться с текстом ошибки в панели «Отладочные сообщения» и сообщить об ошибке в службу поддержки для ее устранения.

Дальнейший шаг проверки работоспособности добавления в список БПЛА. Для этого в панели модуля необходимо кликнуть на кнопку «Add». В появившемся окне все поля должны быть заполнены данными, как показано на рис. В.4.

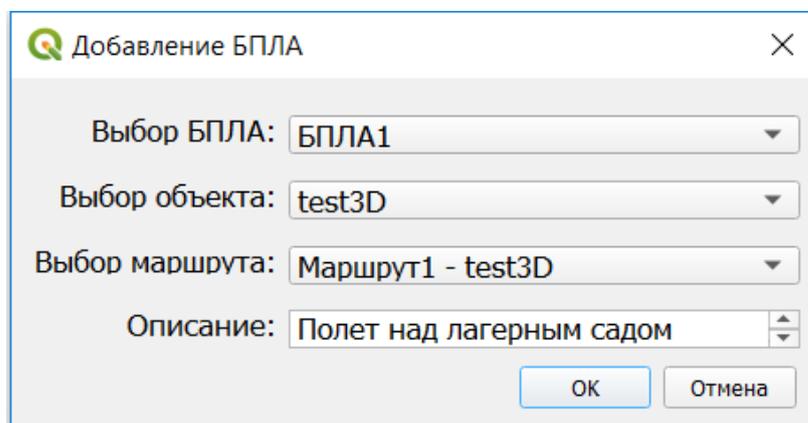


Рисунок В.47 – Проверка работоспособности модуля «Активные БПЛА»

Вызов данной функции проверяет подключение к серверу центра управления полетами БПЛА, который возвращает данные о доступных БПЛА, объектах и маршрутах мониторинга. В случае, когда соединение отсутствует появляется сообщение об ошибке и предлагается проверить подключение рабочей машины к сети интернет. Если подключение к сети работает, а данные не загружаются, то необходимо сообщить об ошибке в службу поддержки для выяснения причин отсутствия связи с сервером данных центра управления полетами БПЛА.

4 Описание операций

4.1 Описание выполняемых оператором функций, задач, комплексов задач, процедур

Выполнение всех основных функций, автоматизирующих процесс мониторинга, происходит из главного меню панели «Активные БПЛА» (рис. В.5). Кнопка «Add» главного меню активна всегда, остальные становятся активными при выделении в списке конкретного БПЛА.

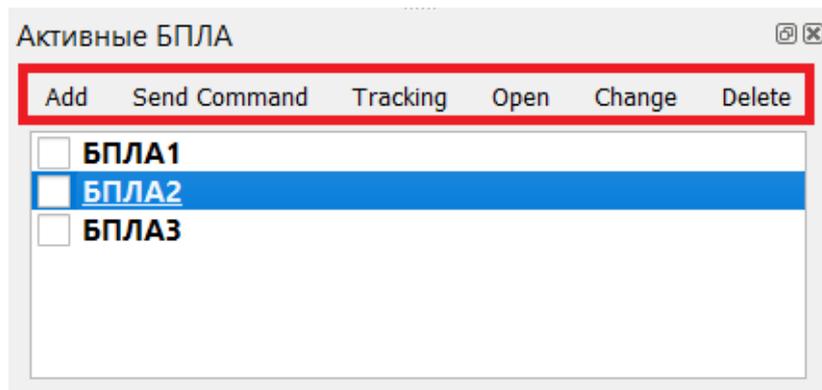


Рисунок В.5 – Главное меню модуля «Активных БПЛА»

4.1.1 Добавление/замена/удаление БПЛА из списка активных БПЛА, участвующих в мониторинге территории

Функции добавления нового активного БПЛА в список на главной панели модуля активируется нажатием на кнопку «Add». Здесь осуществляется поиск по БД доступных БПЛА, а также реализуется подгрузка маршрутов, имеющихся в базе для выбранного объекта мониторинга. Интерфейс добавления БПЛА в список активных представлен на рис. В.6.

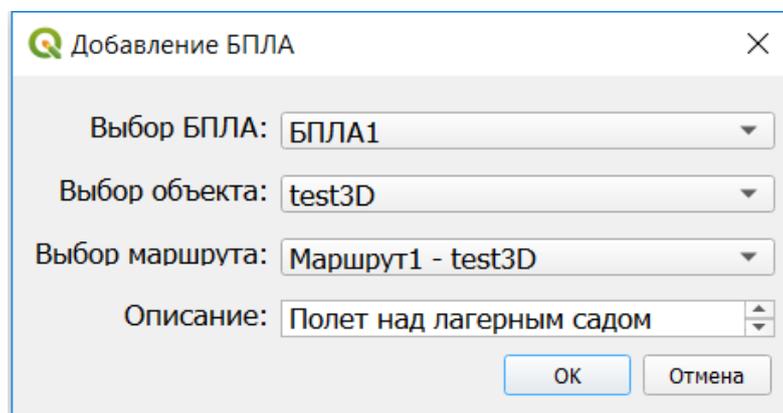


Рисунок В.6 – Формы добавления БПЛА

Здесь и далее кнопка «Ок» подтверждает действие, «Отмена» отменяет. Подтверждение добавления БПЛА приводит к его добавлению в список активных БПЛА на панели модуля. Дальнейшие функции меню выполняются только для выбранного в списке БПЛА.

Функция замены БПЛА активируется при нажатии кнопки «Change» главного меню, и реализует замену БПЛА на новый с переносом всех необходимых настроек и параметров, установленных на первоначальном

БПЛА. При этом по БД ведется поиск доступных (не используемых в данный момент) для замены БПЛА. Интерфейс формы замены БПЛА представлен на рис. В.7.

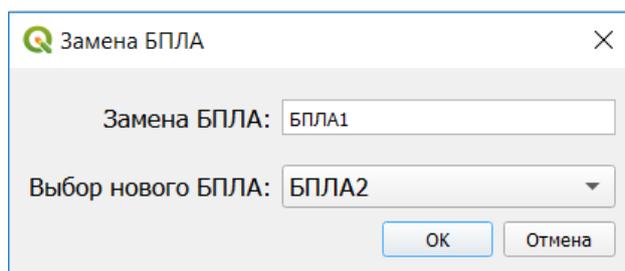


Рисунок В.7 – Формы замены БПЛА

При попытке замены БПЛА возможна ситуация, что на данный момент нет доступных БПЛА. Сообщение о том, что такая ситуация возникла, представлено на рис. В.8.

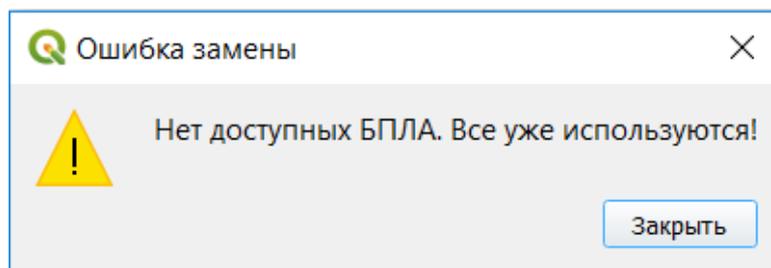


Рисунок В.8 – Сообщение об ошибке замены БПЛА

Любой добавленный БПЛА можно удалить из списка активных, если он достиг контрольной точки или еще не начал полёт. Для этого необходимо кликнуть на кнопку «Delete» главного меню. Окно запроса подтверждения представлено на рис. В.9.

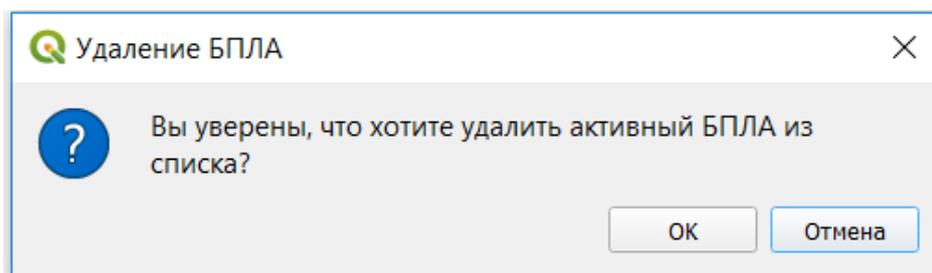


Рисунок В.9 – Подтверждение удаления БПЛА

4.1.2 Отправка управляющей команды из установленного списка команд на БПЛА

Функция отправки команды активируется нажатием на кнопку «Send Command» главного меню. Форма отправки команды предлагает

пользователю выбрать активный БПЛА, на который будет отправляться команда и, непосредственно, сама управляющая команда из установленного списка (рис. В.10).

После подтверждения, с учетом установленных параметров и настроек БПЛА, а также битового кода выбранной команды, выполняется отправка команды. При отправке задействуется веб-сервис помехоустойчивого кодирования.

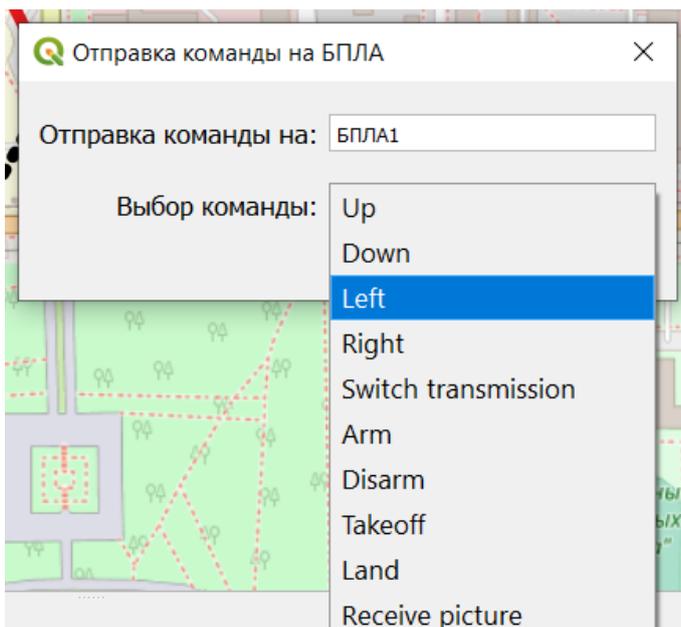


Рисунок В.10 – Эскиз формы отправки команды

По окончании процесса отправки, пользователю выводится сообщение с описанием результатов работы функции (рис. В.11).

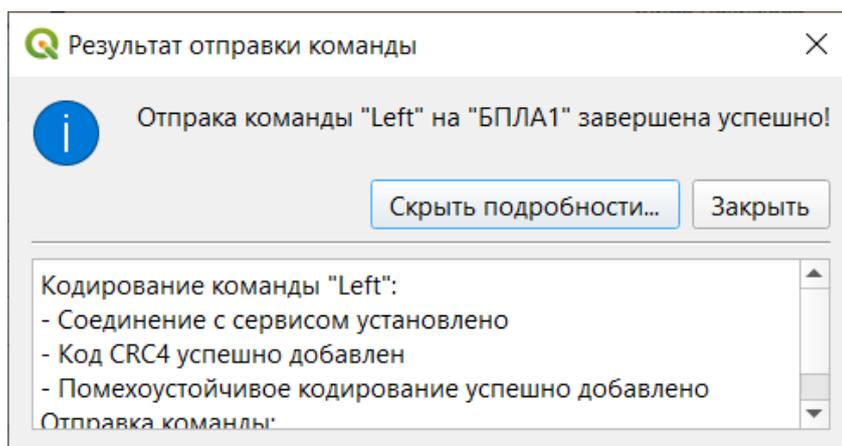


Рисунок В.11 – Сообщение о результатах отправки команды

В случае возникновения ошибки, отправку команды можно повторить.

4.1.3 Просмотр маршрутов перемещений БПЛА на электронной карте

Функция просмотра маршрута полета на электронной карте активируется при нажатии на кнопку «Tracking» главного меню панели управления БПЛА. При возникновении данного события в список слоев проекта QGIS добавляется векторный слой, содержащий линейный объект – маршрут выбранного БПЛА, по которому осуществляется мониторинг территории. Таким образом, маршрут любого БПЛА будет отображен на отдельном слое проекта QGIS, что позволит настраивать уникальный стиль отображения и видимость маршрута на карте. При этом слой является временным, т.е. автоматически не сохраняется и удаляется при закрытии QGIS. Результат работы функции отображения на карте маршрута БПЛА, загруженного из базы данных представлен на рис. В.12.

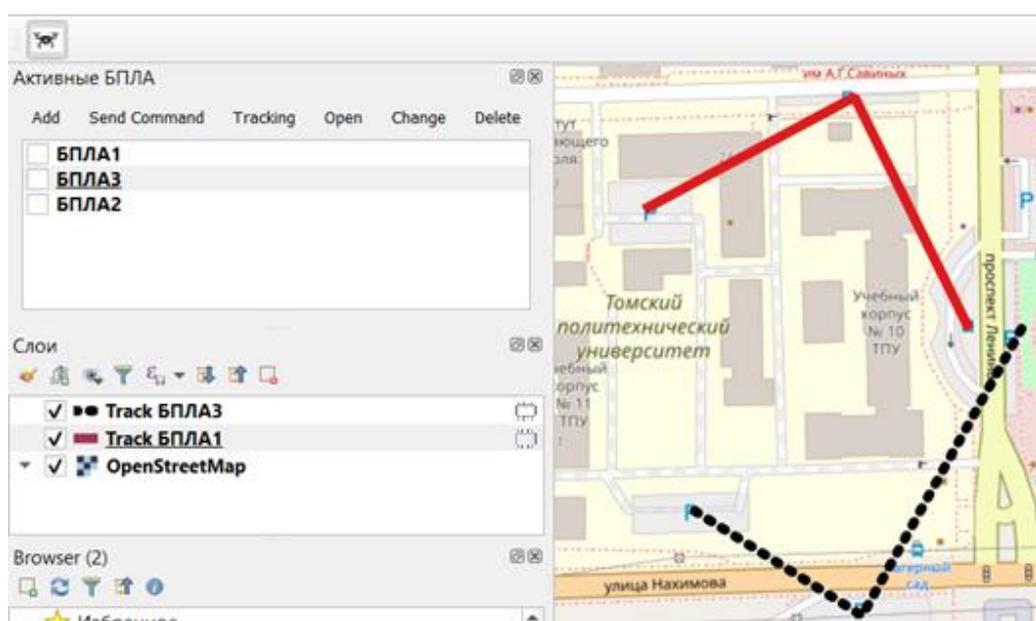


Рисунок В.12 – Отображение маршрута БПЛА на карте.

4.1.4 Просмотр списка принятых снимков инцидентов с конкретного БПЛА.

Функция просмотра снимков БПЛА активируется нажатием на кнопку «Open» главного меню. При нажатии на данную кнопку открывается панель со списком снимков, принятых с выбранного БПЛА. В шапке данной панели – формы, реализовано меню управления снимками. Любой принятый

снимок можно просмотреть, подтвердить или опровергнуть наличие на снимке нештатной ситуации, а также удалить снимок из рассмотрения. Данные функции реализуются при нажатии соответствующих кнопок меню формы просмотра списка принятых снимков («View», «Confirm», «Reject», «Delete»), для чего сначала необходимо выбрать конкретный снимок из списка. Стоит отметить, что для удобства каждый элемент списка снимков сопровождается его (снимка) уменьшенной копией. Кроме того, во время приема снимка с БПЛА внизу окна появляется строка с указанием прогресса (в процентах) данного процесса. Данная строка не видна в моменты, когда БПЛА не ведет передачу изображения. Интерфейс формы просмотра принятых снимков представлен на рис. В.13.

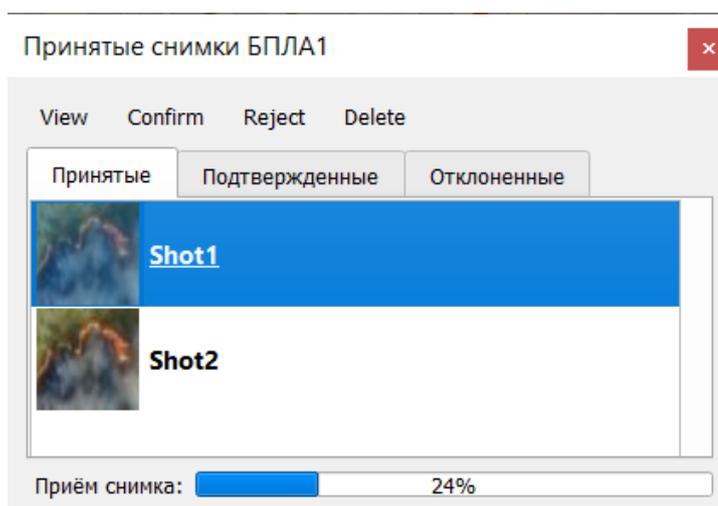


Рисунок В.138 – Форма просмотра списка принятых снимков с БПЛА

4.1.5 Возможность подтвердить или опровергнуть наличие инцидента на снимке, полученном с БПЛА.

Форма просмотра списка принятых снимков содержит вкладки-фильтры снимков. Снимки делятся на три группы: все принятые снимки, подтвержденные и отклоненные снимки. Снимки, подтвержденные оператором, автоматически сохраняются в БД. До этого действия ни один снимок в БД не записывается. Для активации функции подтверждения наличия инцидента необходимо нажать на кнопку «Confirm» в меню формы просмотра принятых снимков. Интерфейс, представленный на рис.

В.14 Рисунок В.149, демонстрирует вкладку подтвержденных оператором мониторинга снимков.

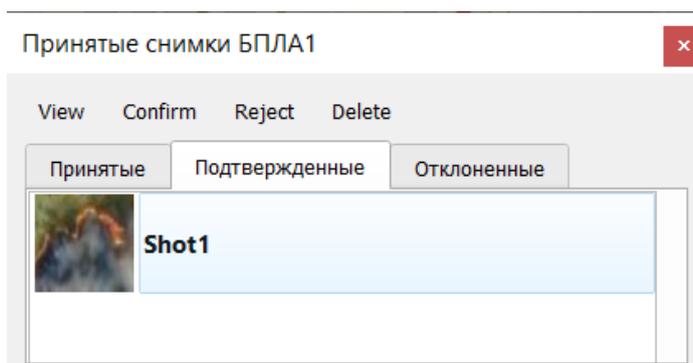


Рисунок В.149 – Список подтвержденных оператором снимков БПЛА

По аналогии, для опровержения наличия инцидента на снимке, пользователю необходимо выбрать конкретный снимок и нажать на кнопку меню «Reject».

Любой принятый снимок БПЛА также можно удалить из списка рассматриваемых. Для этого необходимо выбрать конкретный снимок и нажать на кнопку меню «Delete». Запрос подтверждения представлен на рис. В.15.

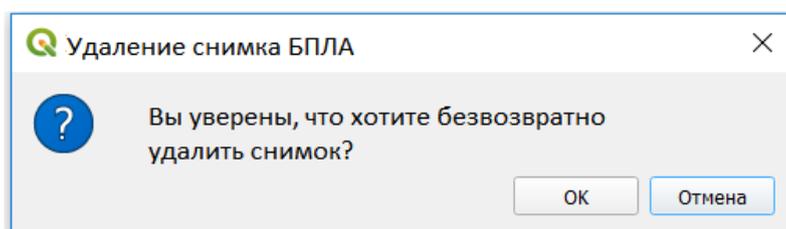


Рисунок В.15 – Окно подтверждения удаления снимка БПЛА

Снимок удалиться не только из рассматриваемых списков, но и из базы данных, если он был сохраненным, т.е. находился во вкладке подтвержденных снимков.

4.1.6 Просмотр конкретного снимка, принятого с БПЛА

Функция просмотра конкретного снимка в полноэкранном режиме активируется нажатием кнопки «View» в меню формы просмотра списка принятых снимков. Открытое окно просмотра снимка в шапке содержит описание снимка: дату и время снимка, когда он был сделан, и детектированный класс объекта. Форма данного окна представлена рис. В.16.

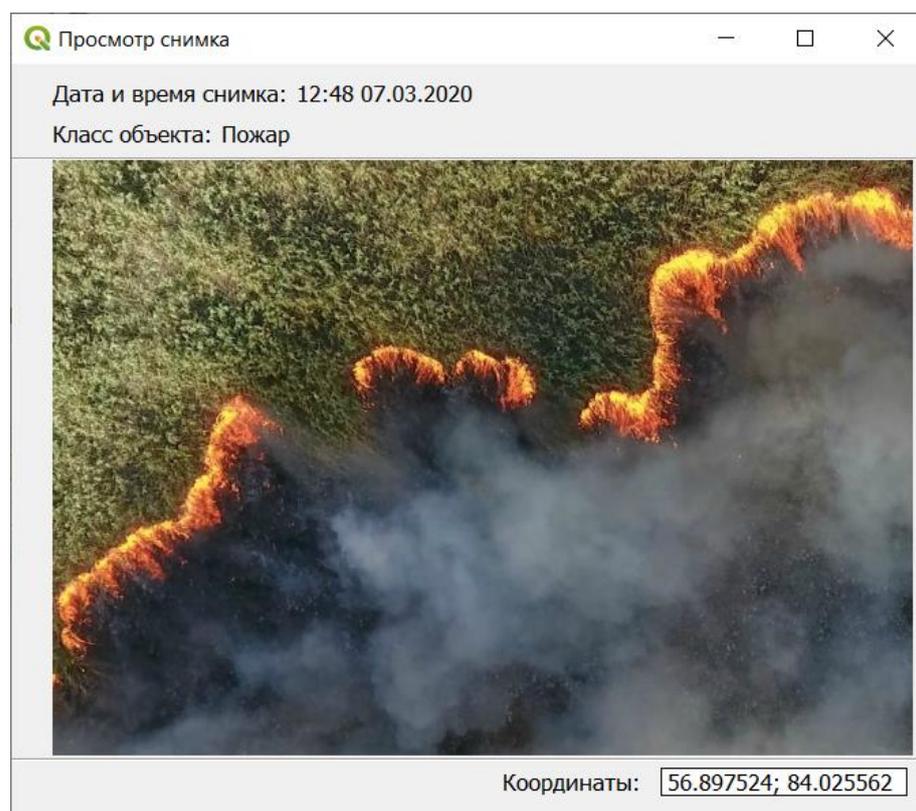


Рисунок В.16 – Форма просмотра снимка инцидента

Но внизу, под изображением находится информационное поле, где отображаются координаты центра изображения, которое сделал БПЛА пролетая над территорией мониторинга.

5 Аварийные ситуации

5.1 Действия в других аварийных ситуациях

В случае сбоя программы QGIS, при перезапуске программы все принятые снимки загрузятся из локального хранилища.

Приложение Г Акт внедрения результатов магистерской диссертации

Общество с ограниченной ответственностью
«Центр нефтегазовых технологий»

634029, г. Томск, ул. Никитина, 37Б, оф. 3, тел. 8-913-821-43-88
ИНН 7017292107 / КПП 701701001 ОГРН 11117017016016
р/с 40702810164000051430 в ОТДЕЛЕНИЕ № 8616 СБЕРБАНКА РОССИИ г.Томск
БИК 046902606 к/с 30101810800000000606
stroyservis_07@mail.ru



УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор
ООО «ЦНГТ»
С.В. Федяева
2020 г.

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

результатов магистерской диссертации Кузнецовой Т.В.

Настоящим актом подтверждаем, что в ООО «Центр нефтегазовых технологий» внедрены следующие результаты, полученные в магистерской диссертации Кузнецовой Т.В. «Разработка алгоритмического и программного обеспечения наземной компоненты системы компьютерного зрения беспилотных летательных аппаратов».

1. Концепция создания информационной системы наземной компоненты системы компьютерного зрения (СКЗ) на основе принципов SOA.
2. Алгоритмы помехоустойчивого кодирования/декодирования данных при обменах сообщениями с беспилотными летательными аппаратами (БПЛА).
3. Программная реализация перечисленных алгоритмов в виде веб-сервисов.
4. Структура базы данных под СУБД MS SQL Server 2017.
5. Программный модуль «Активные БПЛА» в среде геоинформационной системы QGIS для управления полетами БПЛА.

Эти результаты магистерской диссертации были использованы при выполнении проекта по созданию СКЗ, устанавливаемых на современные БПЛА. Такие СКЗ будут применяться при решении практически важных задач мониторинга опасных технологических объектов предприятий нефтегазовой, нефтехимической и химической отраслей.

Начальник лаборатории ИТ

Ведущий инженер лаборатории ИТ

К.А. Мартынов
К.А. Мартынов
Т.И. Зайцева
Т.И. Зайцева