

Школа Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки 09.03.02 Информационные системы и технологии
 Отделение школы (НОЦ) Отделение информационных технологий

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка системы автоматизированного мониторинга изменений земной поверхности с использованием данных дистанционного зондирования Земли

УДК 681.5:550.311:528.8

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8И5Б	Маслов К.А.		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ ИШИТР	Токарева О.С.	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОСГН ШБИП	Шулинина Ю.И.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД ШБИП	Немцова О.А.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ ИШИТР	Цапко И.В.	К.Т.Н.		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результатов	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
Профессиональные и общепрофессиональные компетенции	
P1	Применять базовые и специальные естественнонаучные и математические знания для комплексной инженерной деятельности по созданию, внедрению и эксплуатации геоинформационных систем и технологий, а также информационных систем и технологий в бизнесе.
P2	Применять базовые и специальные знания в области современных информационных технологий для решения инженерных задач.
P3	Ставить и решать задачи комплексного анализа, связанные с созданием геоинформационных систем и технологий, информационных систем в бизнесе, с использованием базовых и специальных знаний, современных аналитических методов и моделей.
P4	Выполнять комплексные инженерные проекты по созданию информационных систем и технологий, а также средств их реализации (информационных, методических, математических, алгоритмических, технических и программных).
P5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования, включающие поиск и изучение необходимой научно-технической информации, математическое моделирование, проведение эксперимента, анализ и интерпретация полученных данных, в области создания геоинформационных систем и технологий, а также информационных систем и технологий в бизнесе.
P6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современные геоинформационные системы и технологии, информационные системы и технологии в бизнесе, обеспечивать их высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья, безопасность труда, выполнять требования по защите окружающей среды.
Универсальные (общекультурные) компетенции	
P7	Использовать базовые и специальные знания в области проектного менеджмента для ведения комплексной инженерной деятельности.
P8	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом. Владеть иностранным языком (углублённый английский язык), позволяющем работать в иноязычной среде, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности.
P9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций.
P10	Демонстрировать личную ответственность за результаты работы и готовность следовать профессиональной этике и нормам ведения комплексной инженерной деятельности.
P11	Демонстрировать знания правовых, социальных, экологических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности, а также готовность к достижению должного уровня физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности.

Министерство образования и науки Российской Федерации
 федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки 09.03.02 Информационные системы и технологии
 Отделение школы (НОЦ) Отделение информационных технологий

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ Цапко И.В.
 (Подпись) (Дата)

**ЗАДАНИЕ
 на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
8И5Б	Маслову Константину Андреевичу

Тема работы:

Разработка системы автоматизированного мониторинга изменений земной поверхности с использованием данных дистанционного зондирования Земли	
Утверждена приказом директора	18.02.2019 г. № 1240/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	03.06.2019 г.
--	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

1. Исходные данные к работе	Границы полигонов для границ исследуемых припоселковых кедровников и пораженных шелкопрядом участков хвойного леса в виде shape-файлов.
2. Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	<ul style="list-style-type: none"> – Анализ предметной области, связанной с мониторингом изменений земной поверхности, – проектирование системы автоматизированного мониторинга, – реализация системы автоматизированного мониторинга, – реализация сценария в рамках системы, – тестирование функциональных возможностей разработанной системы, – финансовый менеджмент, – социальная ответственность.
3. Перечень графического материала	

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент	Шулинина Ю.И.
Социальная ответственность	Немцова О.А.

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

Все разделы должны быть написаны на русском языке.

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	21.01.2019 г.
---	---------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ ИШИТР	Токарева О.С.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8И5Б	Маслов К.А.		

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа Инженерная школа информационных технологий и робототехники
Направление подготовки 09.03.02 Информационные системы и технологии
Уровень образования бакалавриат
Отделение школы (НОЦ) Отделение информационных технологий
Период выполнения весенний семестр 2018/2019 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
12.03.2019	<i>Анализ предметной области</i>	10
20.03.2019	<i>Проектирование программной системы</i>	25
22.05.2019	<i>Реализация и тестирование программной системы</i>	40
03.06.2019	<i>Финансовый менеджмент</i>	15
03.06.2019	<i>Социальная ответственность</i>	10

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ ИШИТР	Токарева О.С.	к.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ ИШИТР	Цапко И.В.	к.т.н.		

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

Студенту:

Группа	ФИО
8И5Б	Маслову Константину Андреевичу

Школа	ИШИТР	Отделение школы (НОЦ)	ОИТ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	09.03.02 Информационные системы и технологии

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Оклад инженера – 21760 руб., Оклад руководителя – 33664 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Премияльный коэффициент 30 %; Коэффициент доплат и надбавок 20 %; Районный коэффициент 30 %; Коэффициент дополнительной заработной платы 12 %; Накладные расходы 16 %.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 30 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Анализ конкурентных технических решений.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Формирование плана и графика разработки: – определение структуры работ, – определение трудоемкости работ, – создание диаграммы Гантта. Формирование бюджета затрат на разработку: – материальные затраты, – затраты на специальное оборудование; – заработная плата (основная и дополнительная), – социальные отчисления, – накладные расходы.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности разработки	Определение потенциального эффекта разработки.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценочная карта конкурентных технических решений,
2. Матрица SWOT,
3. Диаграмма Гантта,
4. Расчет бюджета затрат.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОСГН ШБИП	Шулинина Ю.И.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8И5Б	Маслов К.А.		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
8И5Б	Маслову Константину Андреевичу

Школа	ИШИТР	Отделение школы (НОЦ)	ОИТ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	09.03.02 Информационные системы и технологии

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<i>Характеристика объекта разработки (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</i>	<i>Объектом разработки является система автоматизированного мониторинга изменений земной поверхности с использованием данных дистанционного зондирования Земли. Работа осуществляется с использованием персонального компьютера. Разработанная система может быть использована при решении задач экологического мониторинга и землепользования.</i>
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

4. <i>Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности</i>	<i>Перечень нормативов: – Трудовой кодекс РФ, – Специальные правовые нормы трудового законодательства при работе с компьютером и орг. техникой, – Требования к организации рабочих мест пользователей, – СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы», – СанПиН 2.2.4.542-96 «Гигиенические требования к видео-дисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы».</i>
5. <i>Производственная безопасность</i>	<i>Анализ выявленных вредных факторов: – недостаточная освещенность рабочей зоны, – отклонение параметров микроклимата, – повышенный уровень шума, – повышенный уровень электромагнитного излучения, – нервно-психические перегрузки. Анализ выявленных опасных факторов: – электрический ток, – короткое замыкание; – статическое электричество.</i>
6. <i>Экологическая безопасность</i>	<i>Воздействие объекта на атмосферу и гидросферу отсутствует. Воздействие на литосферу происходит при утилизации персонального компьютера, используемого при разработке, и люминесцентных ламп освещения.</i>
7. <i>Безопасность в чрезвычайных ситуациях</i>	<i>Возможной чрезвычайной ситуацией при разработке системы является возникновение пожара на рабочем месте.</i>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД ШБИП	Немцова О.А.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8И5Б	Маслов К.А.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 98 с., 20 рис., 18 табл., 32 источника, 4 прил.

Ключевые слова: ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ, АВТОМАТИЗАЦИЯ, ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ, ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА, СИБИРСКИЙ ШЕЛКОПРЯД, ВЕГЕТАЦИОННЫЙ ИНДЕКС, NDVI, NDWI

Целью данной работы является разработка системы для автоматизированного решения задач мониторинга изменений земной поверхности с использованием данных дистанционного зондирования Земли.

Объектом исследования является процесс загрузки космических снимков (КС) из глобальной сети и их обработки по определенным сценариям.

В работе представлены результаты проектирования и программной реализации системы, осуществляющей автоматизированную загрузку и обработку данных дистанционного зондирования Земли. Были спроектированы и реализованы сценарии для решения задач мониторинга состояния припоселковых кедровников Томской области и участков хвойного леса, пораженных гусеницами сибирского шелкопряда, вблизи поселка Улу-Юл. Приведены результаты тестирования разработанных системы и сценариев и анализ полученных результатов.

Практическая ценность разрабатываемой системы состоит в ускорении и упрощении процесса решения задач экологического мониторинга состояния земной поверхности с применением данных дистанционного зондирования Земли. Разработанная система может быть использована в организациях, занимающихся мониторингом различных объектов и явлений на поверхности Земли.

Научную новизну представляют результаты оценки изменения состояния кедровников Томской области и пораженных сибирским шелкопрядом участков хвойного леса, полученные с использованием разработанной системы.

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

В данной работе применены следующие обозначения и сокращения:

ДЗЗ – дистанционное зондирование Земли;

КС – космический снимок;

КА – космический аппарат;

ПО – программное обеспечение;

ГИС – геоинформационная система;

NDVI – нормализованный относительный индекс растительности;

NDWI – нормализованный относительный водный индекс;

API – application programming interface.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	12
1 Анализ предметной области	14
1.1 Экологический мониторинг с использованием данных дистанционного зондирования Земли.....	14
1.2 Спектральные индексы	14
1.3 Примеры решения задач мониторинга изменений состояния растительного покрова с использованием данных ДЗЗ	16
1.3.1 Оценка изменения состояния растительного покрова на территориях нефтегазодобычи.....	17
1.3.2 Анализ динамики состояния хвойных лесов, поврежденных сибирским шелкопрядом	20
1.4 Обзор существующих систем автоматизированного получения и обработки данных дистанционного зондирования Земли	23
2 Проектирование системы.....	24
2.1 Требования к разрабатываемой системе	24
2.2 Общая архитектура системы.....	24
2.3 Описание инструментов доступа к спутниковым данным	26
2.4 Схема потока данных для проектируемого сценария	28
2.5 Алгоритм работы сценария.....	30
3 Программная реализация	32
3.1 Выбор языка программирования.....	32
3.2 Программная реализация системы	33
3.3 Реализация сценариев системы	36
4 Тестирование и практическое применение разработанной системы	38
4.1 Тестирование и результаты работы сценария для мониторинга припоселковых кедровников	38
4.1.1 Проверка корректности автоматического расчета.....	40
4.1.2 Анализ результатов	42

4.2 Результаты работы сценария для мониторинга пораженных сибирским шелкопрядом участков хвойного леса	44
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	46
6 Социальная ответственность	59
Заключение	73
Список публикаций	74
Список источников	76
Приложение А Руководство оператора.....	80
Приложение Б Диаграмма реализации	87
Приложение В Собранный зональная статистика для припоселковых кедровников.....	89
Приложение Г Собранный зональная статистика для пораженных шелкопрядом участков хвойного леса.....	91
Приложение Д Дипломы за доклады на конференциях по тематике работы	93

ВВЕДЕНИЕ

Мониторинг изменений земной поверхности позволяет выявлять изменения состояния объектов окружающей среды, происходящие в ходе естественных процессов и при антропогенном воздействии. Основываясь на результатах проведенного мониторинга, выносятся объективная оценка и рассчитывается динамика изменений состояния объектов окружающей среды. Полученные результаты позволяют планировать дальнейшую деятельность по использованию природных ресурсов в целях минимизации экологического ущерба [1]. Методы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) активно применяются при решении задач экологического мониторинга [2], ручная обработка данных ДЗЗ медлительна и может приводить к ошибкам из-за невнимательности или потери концентрации, поэтому актуален вопрос автоматизации данного процесса.

Целью данной работы является разработка системы для автоматизированного решения задач мониторинга изменений земной поверхности с использованием данных дистанционного зондирования Земли.

Объектом исследования является процесс загрузки космических снимков (КС) из глобальной сети и их обработки по определенным сценариям.

Предметом исследования является автоматизация указанного выше процесса.

В разделе 1 обоснована актуальность разработки системы автоматизированного мониторинга изменений земной поверхности с использованием данных ДЗЗ, рассмотрены примеры задач экологического мониторинга, актуальные для Томской области, проведен анализ существующих автоматизированных систем.

В разделе 2 описаны требования к разрабатываемой системе и результаты ее проектирования, описан поток данных для сценариев, подлежащих разработке в рамках системы.

В разделе 3 обоснован выбор инструментов для разработки системы, представлены результаты программной реализации системы мониторинга и реализации сценариев, решающих задачи мониторинга состояния кедровников Томской области, являющихся особо охраняемыми природными территориями, и участков хвойного леса, пораженных гусеницами сибирского шелкопряда, вблизи поселка Улу-Юл Томской области.

В разделе 4 приведены результаты тестирования разработанной системы на основе разработанных сценариев.

В разделе 5 изложены вопросы, связанные с финансовым менеджментом и ресурсоэффективностью разработки.

В разделе 6 рассмотрены экологическая безопасность и техника безопасности работников на рабочем месте.

В качестве инструментов для разработки в работе использованы: язык программирования Python, библиотека rasterio, публичные программные интерфейсы приложений (API) EarthExplorer API и ESPA ordering system API.

Практическая ценность разрабатываемой системы состоит в ускорении и упрощении процесса решения задач экологического мониторинга состояния земной поверхности с применением данных ДЗЗ. Разработанная система может быть использована в организациях, занимающихся мониторингом различных объектов и явлений на поверхности Земли.

Научную новизну представляют результаты оценки изменения состояния кедровников Томской области и пораженных сибирским шелкопрядом участков хвойного леса, полученные с использованием разработанной системы.

Результаты работы доложены на семи конференциях международного уровня, в частности на симпозиуме имени академика М. А. Усова и на конференции МСИТ 2018, и отмечены одним дипломом I степени, двумя дипломами II степени и двумя дипломами без степени (приложение Д).

1 Анализ предметной области

1.1 Экологический мониторинг с использованием данных дистанционного зондирования Земли

Экологическим мониторингом называется комплекс мер всестороннего наблюдения за состоянием внешней среды и земельных ресурсов. Данный подход помогает выявить как изменения, происходящие в ходе естественных процессов, так и изменения, происходящие при антропогенном воздействии. Основываясь на результатах проведенного мониторинга выносятся объективная оценка и рассчитывается динамика изменений, происходящих под влиянием природных и антропогенных факторов [1].

Сущность данного процесса состоит в обнаружении негативных и критических экологических составляющих и оценивании состояния окружающей среды. Проведение экологического мониторинга подразумевает организацию наблюдения за различными составляющими окружающей среды: растительным покровом, почвенными, водными и минерально-сырьевыми ресурсами и воздушной средой [1].

Методы дистанционного зондирования Земли активно применяются при проведении экологического мониторинга, предоставляя ряд преимуществ [2], таких как объективность, актуальность, широкий охват исследуемой территории, доступность и т.д.

Для решения задач мониторинга земной поверхности широко используются индексные изображения, получаемые на основе комбинирования значений пикселей из разных каналов. Примерами таких изображений являются карты вегетационных индексов.

1.2 Спектральные индексы

Одним из самых распространенных вегетационных индексов при оценке состояния растительного покрова является нормализованный относительный индекс растительности NDVI, отражающий количество фотосинтетически активной фитомассы и рассчитываемый с использованием данных

дистанционного зондирования Земли из космоса по формуле [3, 4]:

$$NDVI = \frac{NIR-RED}{NIR+RED}, \quad (1)$$

где NIR – отражение в ближней инфракрасной области спектра;

RED – отражение в красной области спектра.

В таблице 1 приведена шкала значений NDVI для идентификации различных типов объектов [4].

Таблица 1 – Типичные значения NDVI для различных типов объектов

Тип объекта	Отражение в красной области спектра	Отражение в ближней инфракрасной области спектра	Значение NDVI
Густая растительность	0,1	0,5	0,7
Разряженная растительность	0,1	0,3	0,5
Открытая почва	0,25	0,3	0,025
Облака	0,25	0,25	0
Снег и лед	0,375	0,35	-0,05
Вода	0,02	0,01	-0,25
Искусственные материалы	0,3	0,1	-0,5

Для оценки содержания влаги в листьях и хвоинках растительности используют нормализованный относительный водный индекс NDWI, рассчитываемый по приведенной ниже формуле [5, 6]:

$$NDWI = \frac{NIR-SWIR}{NIR+SWIR}, \quad (2)$$

где NIR – отражение в ближней инфракрасной области спектра;

SWIR – отражение в коротковолновой инфракрасной области.

Анализируя значения NDVI и NDWI, можно говорить о состоянии растительного покрова [4, 5].

Оценку изменения состояния растительного покрова возможно осуществить с помощью разностных индексов dNDVI и dNDWI, отражающих изменения в количестве здоровой фитомассы и изменения в содержании влаги в растениях и вычисляемых, соответственно, по формулам:

$$dNDVI = NDVI_{post} - NDVI_{pre}, \quad (3)$$

$$dNDWI = NDWI_{post} - NDWI_{pre}, \quad (4)$$

где $NDVI_{post}$, $NDWI_{post}$ – значения NDVI и NDWI для КС поздней даты;

$NDVI_{pre}$, $NDWI_{pre}$ – значения NDVI и NDWI для КС ранней даты.

Существует также множество других спектральных индексов для оценки состояния почвы и растительности или картографирования территории, например, почвенный индекс SAVI, индекс гарей NBR и др. [6, 7]

1.3 Примеры решения задач мониторинга изменений состояния растительного покрова с использованием данных ДЗЗ

Ниже в разделах 1.3.1 и 1.3.2 приведены результаты решения задач экологического мониторинга, характерных для территории Томской области, полученные автором данной работы (см. Список публикаций) с использованием данных ДЗЗ и инструментария свободно распространяемой геоинформационной системы (ГИС) с открытым исходным кодом QGIS.

В качестве данных ДЗЗ использовались КС, скачанные из архивов Геологической службы США (USGS) с помощью сервиса EarthExplorer. Сервис EarthExplorer предоставляет средства для поиска КС и других данных дистанционного зондирования, позволяя указывать пространственные границы исследуемой территории, временные параметры поиска. Имеется возможность широкого выбора коллекций данных, для каждой коллекции предусмотрены свои дополнительные параметры поиска (например, по идентификатору снимка, по доле облачности и т.д.). После регистрации и авторизации в системе найденные сцены доступны для загрузки [8].

Для решения описанных задач были использованы снимки с космического аппарата (КА) Landsat 8. Данные со спутника предоставляются в различных уровнях обработки [9]:

- Level-1 (L1), предоставляющем КС в виде набора растровых изображений с пространственной привязкой;
- Level-2 (L2), предоставляющем данные в различных коллекциях: surface reflectance (данные, прошедшие атмосферную коррекцию, позволяющие сравнивать состояние растительного покрова по снимкам с разными датами съемки); на момент начала выполнения работ

добавление коллекций surface reflectance-derived spectral indices (уже рассчитанные вегетационные индексы и индексы гарей) и provisional surface temperature (данные о яркостной температуре поверхности Земли) только планировалось;

– Level-3 (L3), предоставляющем данные о водных поверхностях, снежном покрытии и сгоревших участках.

1.3.1 Оценка изменения состояния растительного покрова на территориях нефтегазодобычи

Растительный покров территорий нефтегазодобычи Западной Сибири подвержен негативному влиянию механических повреждений вследствие строительства объектов инфраструктуры нефтегазовой отрасли, аварийных разливов нефти и загрязнения атмосферы в результате сжигания попутного газа [10].

Автором данной работы была проведена оценка изменения состояния растительного покрова для участков территории Васюганского лесничества Каргасокского района Томской области за период с 2013 г. по 2018 г. В работе использовались мультиспектральные КС с КА Landsat 8 уровня обработки L2 (surface reflectance), загруженные с сайта USGS, с датами съемки 13.06.2013 и 11.06.2018.

В настоящее время на территории Васюганского лесничества функционирует несколько нефтяных и газовых месторождений: Первомайское, Лонтыняхское, Катыльгинское, Западно-Катыльгинское, Оленье, Столбовое, Южно-Черемшанское, Поселковое. Исследуемая территория (рисунок 1) характеризуется слабой устойчивостью экосистем к внешним факторам, ландшафт территории определяется взаимопроникновением лесных и болотных выделов, преобладают темнохвойно-мелколиственные леса, сосновые леса и верховые болота [11]. Анализ состояния растительного покрова проведен в зонах воздействия месторождений и за их пределами. В качестве зон воздействия месторождений были выбраны буферные зоны радиусом 1,5 км

вокруг объектов на их территории (кустовые площадки, продуктопроводы и т.д.).



Рисунок 1 – Расположение исследуемой территории и буферные зоны месторождений: 1 - Первомайское и Лонтыньяхское, 2 - Катыльгинское, 3 – Западно-Катыльгинское, 4 - Оленье, 5 - Столбовое, 6 – Южно-Черемшанское, 7 - Поселковое

Для анализа факторов воздействия на состояние растительного покрова исследуемых участков была выполнена классификация космического снимка 2018 г. с целью выделения пикселей, относящихся к объектам инфраструктуры, вырубкам леса и пострадавшим от лесных пожаров территориям с помощью метода максимального правдоподобия [12], после чего полученная карта классификации была переведена в векторный формат, где путем экспертной оценки исправлялись значения классов для полигонов, классифицированных с ошибкой.

Состояние растительного покрова оценивалось на основе значений нормализованного относительного индекса растительности NDVI. Изменение состояния растительного покрова оценивалось с помощью значений индекса dNDVI. Значения индекса dNDVI были классифицированы по степени воздействия на растительный покров территории (таблица 2).

Таблица 2 – Классы значений dNDVI

Класс	Значения dNDVI	Цвет
Значительное ухудшение	$(-\infty; 0,4]$	Красный
Серьезное ухудшение	$(-0,4; -0,25]$	Оранжевый
Умеренное ухудшение	$(-0,25; -0,1]$	Желтый
Незначительные изменения	$(-0,1; 0,1]$	Серый и Светло-зеленый
Умеренное улучшение	$(0,1; 0,25]$	Зеленый
Серьезное улучшение	$(0,25; 0,4]$	Темно-зеленый
Значительное улучшение	$(0,4; +\infty)$	Самый темный зеленый

Полученная карта dNDVI позволила провести оценку изменения состояния растительного покрова и выявить участки наиболее негативного воздействия антропогенных и природных факторов.

Фрагменты итоговой карты классификации, с обозначенными в соответствии с таблицей 2 классами, приведены на рисунке 2.

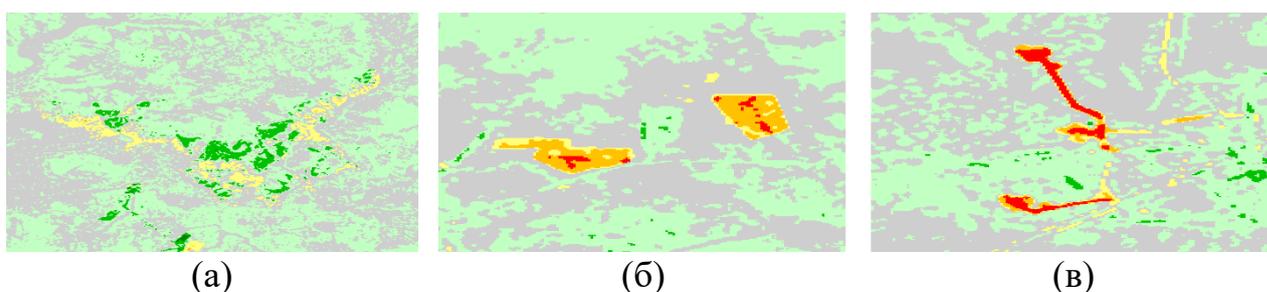


Рисунок 2 – Фрагменты карты dNDVI: для участка территории с гарью (а); для вырубок (б); для новых построенных объектов инфраструктуры (в)

Значительному ухудшению подверглось 0,24 % территории зон воздействия объектов нефтегазодобычи (против 0,01 % территории вне зон воздействия), серьезному ухудшению – 0,52 % (против 0,04 %), умеренному ухудшению – 1,15 % территории (против 1,01 %). Из чего можно сделать вывод, что территории зон нефтегазодобычи характеризуются наиболее негативным воздействием на растительный покров.

В результате проведенного анализа было выявлено, что в зонах воздействия месторождений ухудшение состояния растительного покрова связано преимущественно с постройкой новых объектов инфраструктуры и рубками леса. Вне зон воздействия объектов нефтегазодобычи основным негативным фактором воздействия являются лесные пожары. Значительные

ухудшения растительного покрова вызваны в большей степени постройкой новых объектов инфраструктуры.

Полученные при решении данной задачи результаты могут быть использованы для прогнозов дальнейшего изменения состояния растительного покрова на исследуемой территории [13] и планировании мероприятий по восстановлению растительного покрова на нарушенных участках.

1.3.2 Анализ динамики состояния хвойных лесов, поврежденных сибирским шелкопрядом

Повреждение хвойных лесов сибирским шелкопрядом является одной из наиболее важных проблем лесного хозяйства азиатской части России. В Томской области лес – один из значимых активов [14]. Очаги массового размножения сибирского шелкопряда ежегодно наносят существенный урон экономике региона [15].

При решении данной задачи автором был проведен анализ изменения состояния лесов, поражённых шелкопрядом, на основании анализа динамики значений индексов NDVI и NDWI.

Объектами исследования являются три участка территории, пораженные гусеницами сибирского шелкопряда (рисунок 3).



Рисунок 3 – Расположение исследуемых участков

Участки 1 и 2 расположены вблизи поселка Улу-Юл Первомайского района Томской области. Граница участка 1 была построена по данным Департамента лесного хозяйства [16], участка 2 – по данным Центра защиты леса Томской области. Участок 3 расположен на территории Асиновского

района Томской области и до весны 2018 г. не значился как пораженный. Участок 1 был обработан от гусениц сибирского шелкопряда весной 2017 г., участок 2 был обработан осенью 2017 г, участок 3 не подвергался обработке.

Для анализа были использованы КС со спутника Landsat 8 уровня обработки L2 (surface reflectance) за период с 2013 г. по 2018 г. (даты съемки: 21.06.2013, 30.07.2013, 24.06.2014, 02.08.2014, 27.06.2015, 20.07.2015, 13.06.2016, 03.08.2017, 26.08.2017, 19.06.2018), преимущественно не покрытые облачностью в исследуемых границах.

Для каждого снимка был произведен расчет NDVI и NDWI, далее из анализа были исключены области, покрытые облаками и не представляющие собой хвойный лес, путем формирования и применения масок облачности и масок хвойной растительности. Затем был произведен расчет средних значений NDVI и NDWI в границах исследуемых участков. Результаты обработки снимков были представлены в виде графиков (рисунок 4).

На рисунке 4 (а) представлен график изменения NDVI за период с 2013 г. по 2018 г. для участков 2 и 3. Участок 2 после обработки в 2017 г. показал увеличение значения NDVI в 2018 г., для необработанного участка 3 значение индекса продолжило уменьшаться в 2018 г.

На рисунке 4 (б) представлен график изменения NDWI за период с 2013 г. по 2018 г. для участков 2 и 3. Необработанный участок 3 характеризуется значительным снижением значения NDWI в 2018 г., для обработанного участка 2 снижение значения индекса оказалось существенно меньше.

На рисунке 4 (в) представлен график изменения NDWI за август 2017 г. для участков 1 и 3. Для участка 1, подвергнутого обработке, изменение значения индекса оказалось незначительным. Для пораженного участка 3 изменение NDWI оказалось существенным, данный факт может быть использован в решении задачи раннего обнаружения участков леса, пораженных гусеницами сибирского шелкопряда.

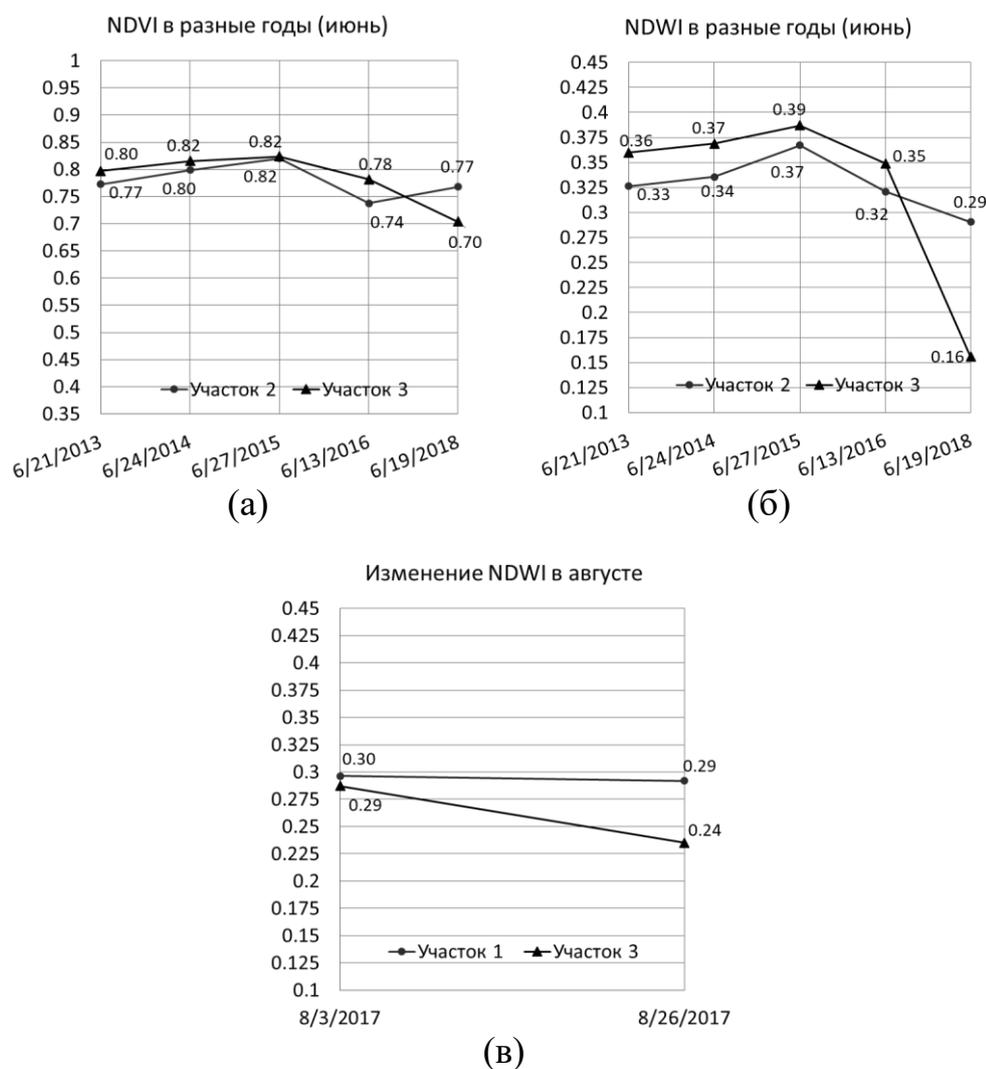


Рисунок 4 – Динамика значений вегетационных индексов

Полученные при решении данной задачи результаты могут быть использованы в дальнейшем для решения задач автоматизированного экологического мониторинга с применением ДЗЗ, связанных с мониторингом состояния лесного покрова, пораженного гусеницами сибирского шелкопряда. Было показано, что участки, прошедшие обработку от гусениц сибирского шелкопряда, показали улучшение динамики состояния.

Методы ДЗЗ также используются при оценке состояния почвенного и растительного покрова снегоотвалов [17], мониторинге припоселковых кедровников [18] и др. Решение описанных выше задач может быть полностью или частично автоматизировано.

1.4 Обзор существующих систем автоматизированного получения и обработки данных дистанционного зондирования Земли

В своем большинстве программное обеспечение (ПО) для работы с данными ДЗЗ представляет собой либо удобный инструмент для поиска и загрузки КС, либо специализированное ПО (ERDAS IMAGINE, ENVI, PCI Geomatica и др.) или модули ГИС для их обработки.

Для обеспечения непрерывного мониторинга территории с помощью данных ДЗЗ необходимо иметь систему, автоматизирующую одновременно как процесс получения данных из внешних источников, так и процесс обработки полученных данных по заданным сценариям.

Примером такой системы является спутниковый сервис непрерывного мониторинга состояния растительности «ВЕГА», разработанный в Институте космических исследований Российской академии наук [19]. Данный сервис предоставляет спутниковые данные и результаты их обработки с КА семейства Landsat и сенсоров MODIS, установленных на спутниках Aqua и Terra. Стоит отметить, что для конечного потребителя системы отсутствует возможность ее оперативного расширения: система решает задачи сельского и лесного хозяйств, предоставляя ограниченный набор отслеживаемых параметров определенной территории; доступ к системе осуществляется посредством сетевого соединения, при его отсутствии невозможно получить доступ к уже скачанным снимкам и результатам их обработки.

Другим примером подобной системы является сервис «Мониторинг территории» от компании Совзонд [20], который обладает схожими недостатками: отсутствие возможности создания новых сценариев обработки данных и т.д.

Ввиду ограниченных функциональных возможностей рассмотренные системы не могут быть использованы при решении описанных ранее задач мониторинга.

2 Проектирование системы

2.1 Требования к разрабатываемой системе

С учетом недостатков имеющихся систем, изложенных в подразделе 1.4, был сформулирован следующий перечень требований к разрабатываемой системе:

- система должна предоставлять фреймворк, ориентированный на разработку и запуск сценариев. Сценарием в контексте проектируемой системы является набор инструкций, автоматизирующий получение данных и их обработку. Сценарий имеет название, расписание (информация о последнем запуске и период запуска сценария) и описание;
- система должна поддерживать параллельный запуск нескольких сценариев обработки данных из внешних источников;
- система должна поддерживать запуск конкретных указанных пользователем сценариев;
- система должна обеспечивать возможность пользователю создавать собственные сценарии загрузки и обработки данных;
- запускаемые сценарии должны запускаться с заранее определенной частотой;
- система должна предоставлять инструменты для автоматической загрузки данных, полученных с КА Landsat 8 и доступных через открытые API;
- система должна обеспечивать возможность пользователю создавать собственные инструменты для загрузки данных из внешних источников.

2.2 Общая архитектура системы

На рисунке 5 представлена диаграмма, показывающая архитектуру проектируемой системы.

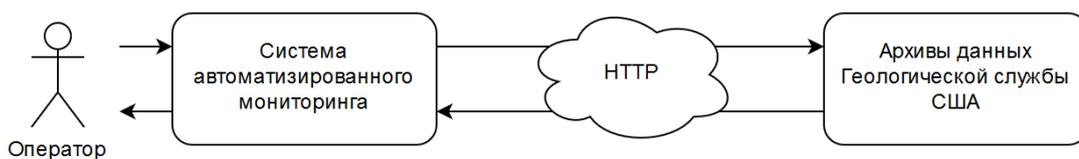


Рисунок 5 – Архитектура проектируемой системы

Оператор путем взаимодействия с консольным интерфейсом системы мониторинга осуществляет управление сценариями и системой в целом. Работающие в рамках системы сценарии посредством сетевых запросов обращаются к данным, хранящимся в сторонних источниках (в данном случае – в архивах USGS), скачивают их на локальный носитель данных и осуществляют обработку. Обработанные данные доступны для дальнейшего анализа в стороннем ПО, например, в ГИС.

Была спроектирована программная архитектура компонента системы автоматизированного мониторинга. Соответствующая диаграмма пакетов представлена ниже на рисунке 6.

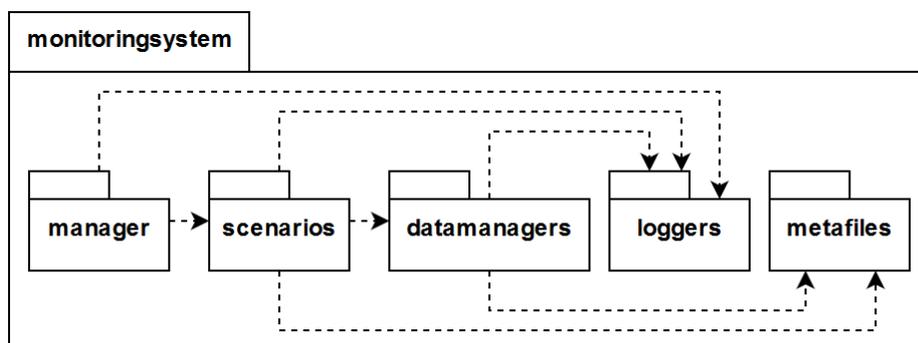


Рисунок 6 – Диаграмма пакетов

Разрабатываемая система представлена пакетом *monitoringsystem* с возможностью импортирования в стороннее ПО.

Модуль *manager* реализует консольный интерфейс взаимодействия с пользователем, предоставляя пользователю возможность запускать сценарии мониторинга, просматривать информацию об имеющихся в системе сценариях, проводить статические проверки реализованных сценариев и создавать новые сценарии по заранее определенному шаблону.

Пакет *scenarios* содержит классы-сценарии, реализованные в рамках разрабатываемой системы.

Пакет *datamanagers* содержит классы для получения данных из внешних источников. Классы пакета *scenarios* концептуально зависят от классов, предоставляемых пакетом *datamanagers*.

Пакеты *loggers* и *metafiles* являются вспомогательными и предоставляют, соответственно, функционал служебного вывода информации в консоль или другой источник и обработки файлов описания различных сущностей системы (сценарии, загруженные данные, обработанные продукты и т.д.) и их текущих состояний.

Архитектура разработанной системы не зависит от терминов предметной области ДЗЗ, поэтому имеется возможность автоматизировать с помощью разрабатываемой системы обработку практически любых данных из внешних источников, например, метеорологических или финансовых.

2.3 Описание инструментов доступа к спутниковым данным

На данный момент открытые сетевые ресурсы позволяют конечным пользователям получить доступ к данным спутникового зондирования Земли с помощью открытых API. Эти средства автоматизируют этапы поиска данных и их загрузки.

В данной работе при реализации сценариев в качестве исходных данных используется коллекция снимков, полученных со спутника Landsat 8, уровня обработки L2 (surface reflectance), прошедших атмосферную коррекцию. Несмотря на наличие в архиве USGS коллекций с уже рассчитанными спектральными индексами, использование исходных КС обусловлено возможной необходимостью в проведении более сложной обработки КС, например, кластеризации, классификации и т.д., более того, наличие скачанного КС на локальном носителе может помочь исследователю более точно проинтерпретировать данные путем визуализации снимка в ГИС.

Для автоматизации процесса получения корректных идентификаторов космических снимков используется EarthExplorer API, предоставляющий мощный механизм для поиска снимков в архивах данных USGS, позволяя осуществлять поиск по сотням коллекций данных, полученных с различных аппаратов: Landsat, MODIS, VIIRS и др., позволяя при этом осуществлять запросы для поиска по сложным условиям.

Для использования EarthExplorer API необходимо иметь аккаунт в системе EarthExplorer. Все запросы в данной системе используют нотацию JSON для представления содержимого запросов и ответов. Для начала сеанса работы с предоставляемым интерфейсом необходимо отправить запрос типа *login*, при успешном выполнении которого будет предоставлен ключ для дальнейшей работы с сервисом (он будет использоваться во всех дальнейших запросах в качестве данных аутентификации). Для поиска снимков используются запросы типа *search*, в параметрах которых возможно указать используемую коллекцию данных, критерии пространственной, временной фильтрации, результатом запроса является коллекция данных о снимках, из которых можно получить список их идентификаторов, время осуществления съемки и др. По завершении работы с сервисом рекомендуется выполнить запрос *logout*. Более подробное описание API представлено в [21].

Для заказа сцен и получения URL для их скачивания используется ESPA ordering system API. Для использования API допустимо использовать аутентификационные данные, полученные при регистрации в системе EarthExplorer. Каждый запрос требует аутентификации методом HTTP basic access authentication. Данные между клиентом и сервером также передаются в формате JSON. Для размещения новых заказов используются запросы типа *order*, для просмотра статусов заказанных продуктов и получения URL для скачивания уже готовых заказов – *item-status*. Более подробное описание ESPA ordering system API представлено в [22].

2.4 Схема потока данных для проектируемого сценария

Спроектированная архитектура и выбранные инструменты разработки позволяют автоматизировать процесс получения и обработки данных, диаграмма потока данных для которого представлена на рисунке 7.

В процессе, изображенном на рисунке 7, последовательно осуществляются этапы поиска, осуществление заказа, загрузки и последующей обработки данных. Данная схема потока данных верна для работы со снимками, требующими предварительного заказа, в частности, для данных, полученные с КА Landsat 8, уровня обработки L2 (surface reflectance).

Спроектированные в ходе работы сценарии для мониторинга состояния припоселковых кедровников Томской области и участков хвойного леса, пораженных гусеницами сибирского шелкопряда, вблизи поселка Улу-Юл будут реализовывать поток данных, отображенный на данной диаграмме.

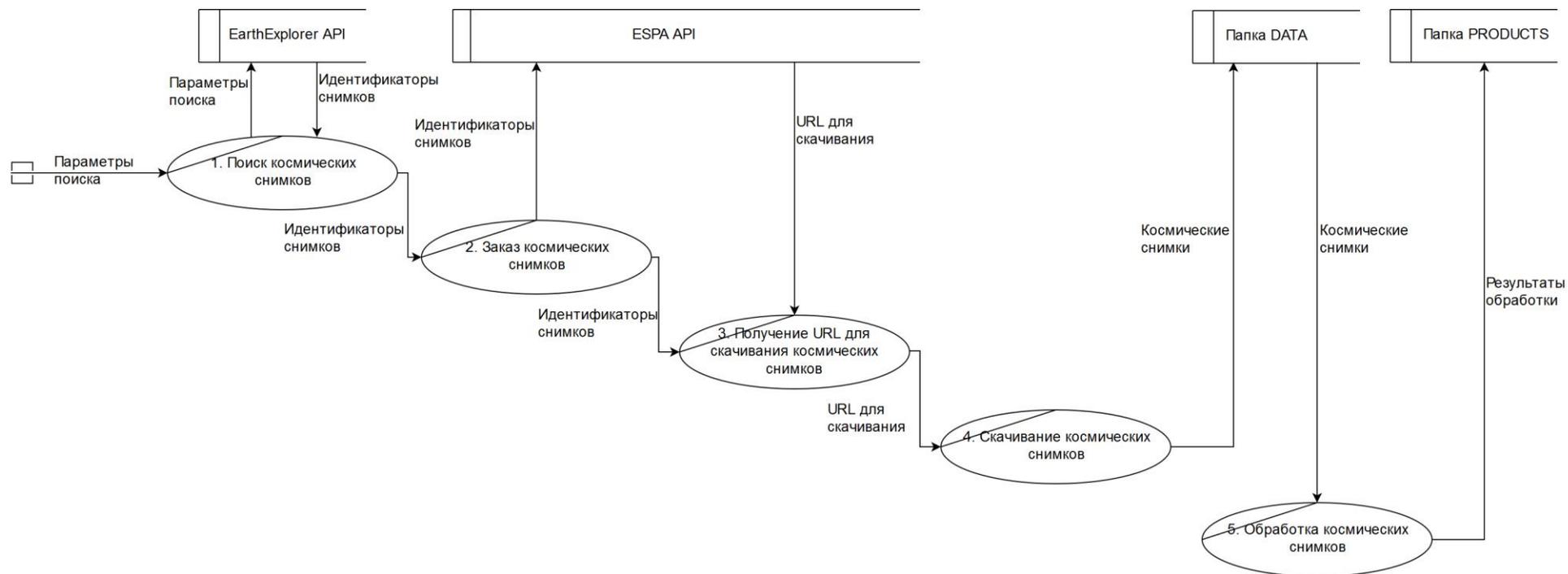


Рисунок 7 – Диаграмма потоков данных для сценария загрузки и обработки КС Landsat 8

2.5 Алгоритм работы сценария

На рисунке 8 представлена диаграмма деятельности в нотации UML, отражающая шаги, выполняемые спроектированными сценариями.

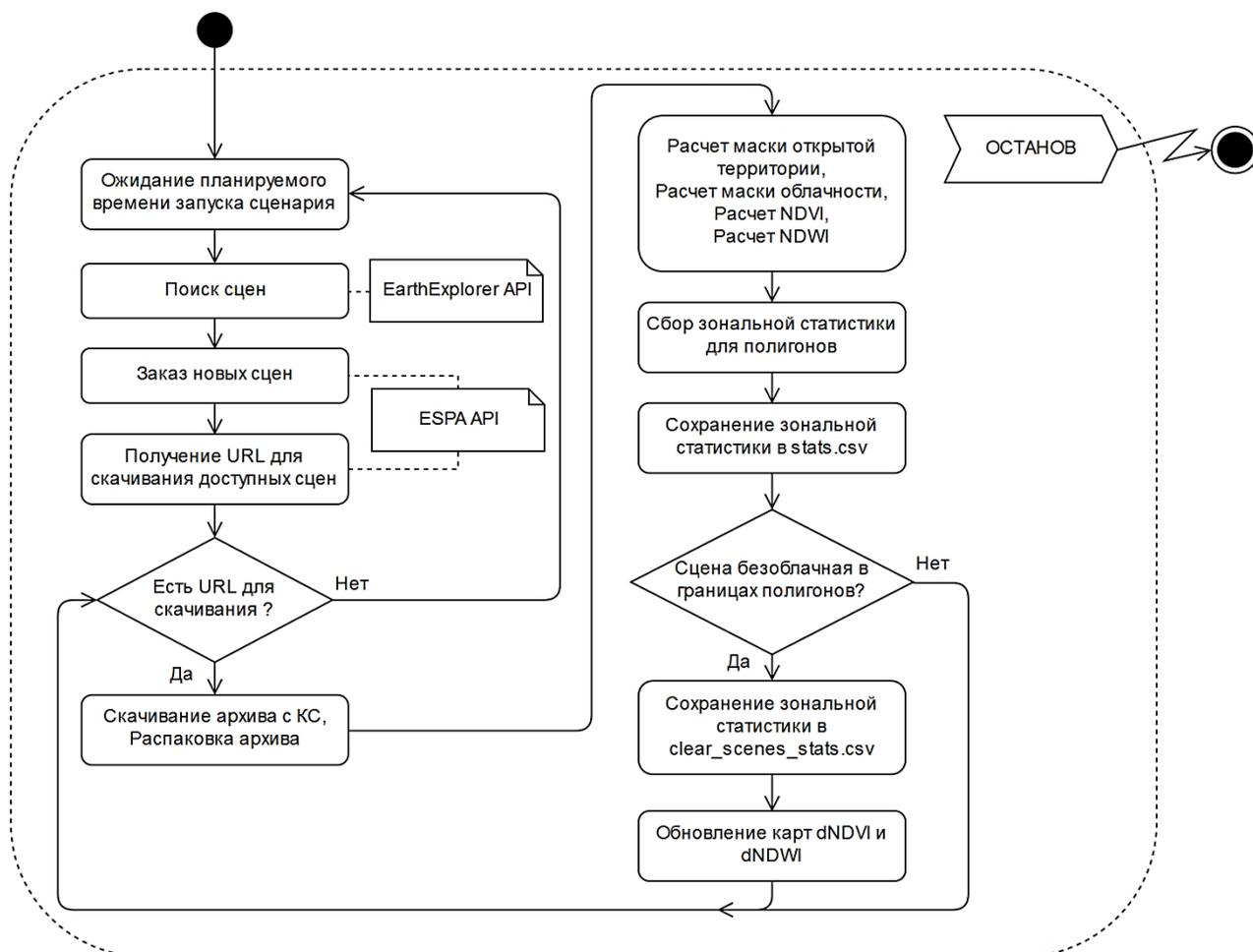


Рисунок 8 – Алгоритм работы разработанных сценариев

Стоит отметить, что представленный алгоритм явно соотносится со схемой потоков данных, представленной на рисунке 7.

На каждой итерации своей работы сценарии выполняют ожидание следующего запуска, после чего выполняют авторизацию в системе EarthExplorer и осуществляют поиск необходимых космических снимков, далее осуществляется заказ необходимых сцен и скачивание уже готовых заказов.

Для каждой скачанной сцены выполняются следующие инструкции:

1. Формирование маски открытой территории;

Маска открытой территории представляет собой растровое изображение, в котором яркость, равная нулю, соответствует открытой территории (пригодные для анализа пиксели), равная единице – облачности и водным поверхностям.

2. Формирование маски облачности;

Маска облачности представляет собой растровое изображение, в котором яркость, равная единице, соответствует облачности, равная нулю – всем остальным объектам в пределах сцены.

3. Построение карт индексов NDVI и NDWI;

4. Сбор зональной статистики;

Сбор зональной статистики заключается в вычислении средних значений индексов NDVI и NDWI в границах полигонов, представляющих изучаемые объекты на цифровой карте. Также рассчитываются средние значения по маске облачности для данных полигонов, что соответствует доле покрытых облаками пикселей. В качестве полигонов для сценария мониторинга состояния припоселковых кедровников были взяты границы кедровников, для сценария состояния участков хвойного леса, пораженных сибирским шелкопрядом, – границы соответствующих участков, описанные в пункте 1.3.2.

5. Сохранение полученных статистических параметров в .csv файл,

6. Если сцена оказалась безоблачной в границах полигонов, то осуществляется сохранение зональной статистики в отдельный .csv файл и обновление карт dNDVI и dNDWI.

Файлы расширения .csv, полученные в ходе работы сценариев впоследствии могут быть открыты в пакете Microsoft Excel или другом ПО для проведения дальнейшего анализа, включающего, например, построение графиков динамики значений вегетационных индексов. Сформированные маски открытой территории и облачности, а также карты индексов NDVI, NDWI, dNDVI, dNDWI представляют собой растровые изображения с пространственной привязкой и, соответственно, могут быть открыты и визуализированы в ГИС, использованы для более сложного геоанализа и т.д.

3 Программная реализация

3.1 Выбор языка программирования

Язык программирования, используемый для реализации системы, должен быть достаточно простым, чтобы сценарии для разрабатываемой системы могли создавать пользователи, не являющиеся профессиональными разработчиками ПО.

При этом должна предоставляться возможность использования широкого спектра модулей для работы с растровыми и векторными геоданными, например, с помощью библиотеки GDAL, для работы с внешними источниками данных посредством HTTP запросов, для параллельного запуска различных процессов для выполнения различных сценариев.

Одним из таких языков является язык программирования Python. Python имеет модули-обертки для библиотеки GDAL, также предоставляет возможность воспользоваться большим перечнем других библиотек для работы с геопространственными данными, например, rasterio, fiona, geopandas, pygeoprocessing, shapely и т.д. Для обеспечения параллельного запуска сценариев имеется возможность использовать функционал модуля multiprocessing, а для взаимодействия с сетевыми ресурсами – модули requests или urllib. Также значительно упрощает процесс разработки факт наличия встроенных инструментов для работы с архивами расширения .tar.gz (модуль tarfile), т.к. данные из архивов USGS с аппарата Landsat 8 поставляются именно в этом формате.

Альтернативными языками программирования для разработки системы могли бы быть Java, Kotlin, C# и другие языки высокого уровня, однако автору данной работы не известны аналогичные инструменты для работы с геопространственными данными в этих языках, поэтому в качестве языка реализации был выбран Python.

В качестве интерпретатора была выбрана де-факто эталонная реализация языка программирования Python – CPython, распространяемая бесплатно.

3.2 Программная реализация системы

Были реализованы классы разрабатываемой системы, на рисунке 9 представлена соответствующая диаграмма.

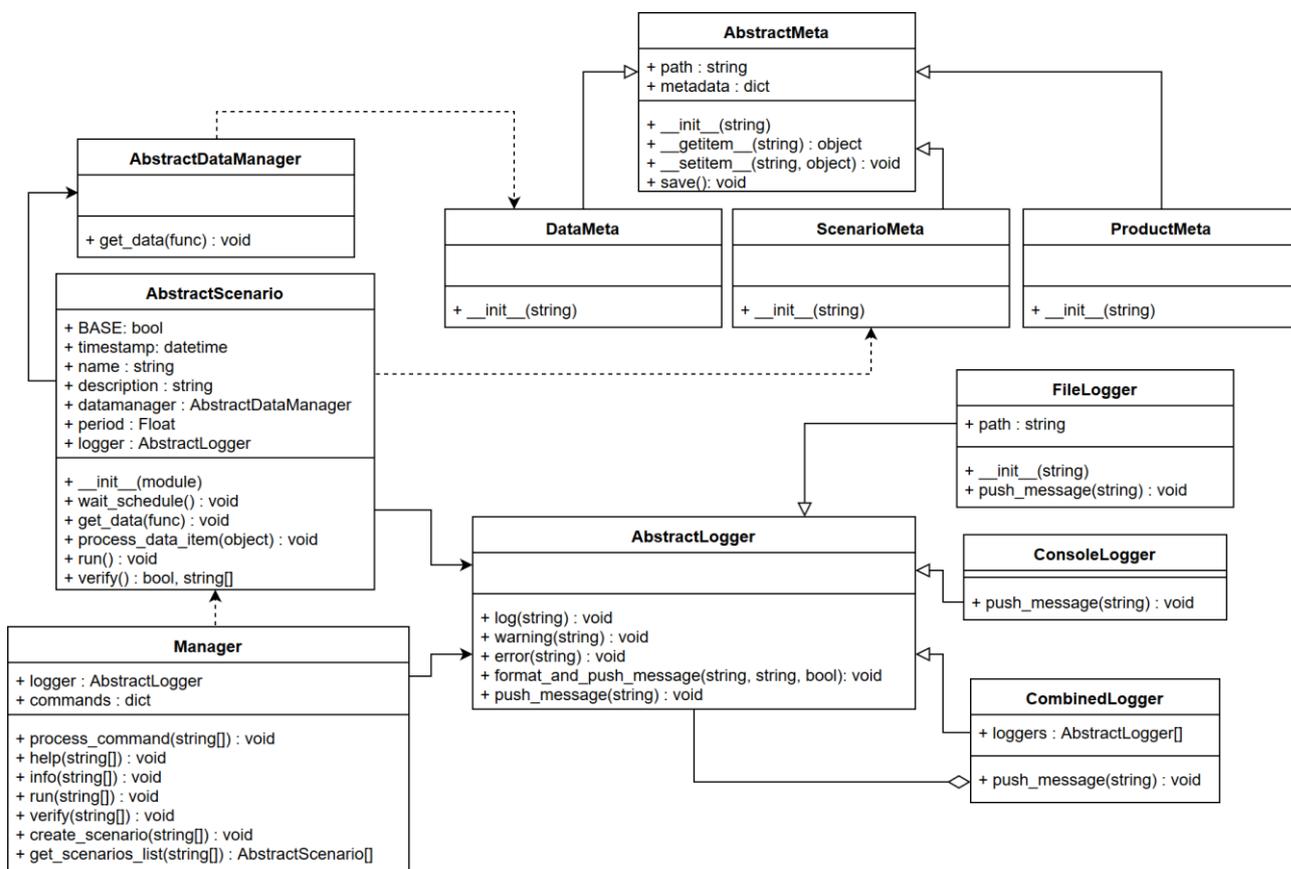


Рисунок 9 – Разработанные классы системы

Класс *Manager* реализует консольный интерфейс взаимодействия с пользователем и является ответственным за интерпретацию команд пользователя.

Консольный интерфейс поддерживает пять команд (более подробное описание см. в приложении А):

- *help* – при запуске выводит на экран сообщение об поддерживаемых системой командах;
- *info* – при запуске осуществляет вывод информации о всех зарегистрированных в системе сценариях с их описанием. Имеется возможность вывода информации о конкретных сценариях путем перечисления через пробел их названий после команды *info*;

- *run* – при запуске осуществляет запуск всех сценариев, находящихся в пакете *scenarios*. Сценарии запускаются как дочерние процессы и выполняются асинхронно. Имеется возможность запуска конкретных сценариев путем перечисления через пробел их названий после команды *run*;
- *verify* – при запуске осуществляется статические проверки всех сценариев находящихся в пакете *scenarios*. Статические проверки предназначены для раннего обнаружения потенциальных проблем разработанных сценариев (отсутствие названия сценария, дублирование названия сценария и т.п.). Имеется возможность запуска проверок только для конкретных сценариев путем перечисления через пробел их названий после команды *verify*;
- *createscenario* – содержит обязательным параметром имя сценария, при запуске осуществляет создание файлов нового сценария по заранее определенному в системе шаблону.

Класс *AbstractScenario* является абстрактным и представляет собой обобщенное описание сценария.

AbstractDataManager является абстрактным и представляет собой обобщенное описание классов для получения данных из внешних источников.

AbstractMeta является абстрактным и представляет собой обобщенное описание классов для работы с файлами метаданных. От него наследуются классы *DataMeta*, *ScenarioMeta* и *ProductMeta*, ответственные за работу, соответственно, с файлами, хранящими актуальную информацию о состоянии скачиваемых данных, с файлами, хранящими метаданные сценариев, и с файлами, хранящими информацию результатах обработки.

AbstractLogger является абстрактным и представляет собой обобщенное описание классов для вывода служебной и журнальной информации. От него наследуются класс *ConsoleLogger*, ответственный за вывод в командную строку, класс *FileLogger*, реализующий механизмы вывода в текстовые файлы, и класс

CombinedLogger, позволяющий агрегировать различные реализации *AbstractLogger* и направлять служебный вывод одновременно в различные источники. Возможна реализация класса-наследника *AbstractLogger* для сохранения журнальной информации в базу данных.

Расширение системы возможно за счет создания потомков классов *AbstractScenario* и, при необходимости, *AbstractDataManager*, добавляя тем самым новые сценарии загрузки и обработки данных и новые способы получения данных из сторонних источников.

Ниже на рисунке 10 показана концептуальная схема взаимодействия объектов классов-наследников от классов *AbstractScenario* и *AbstractDataManager* в виде диаграммы последовательности.

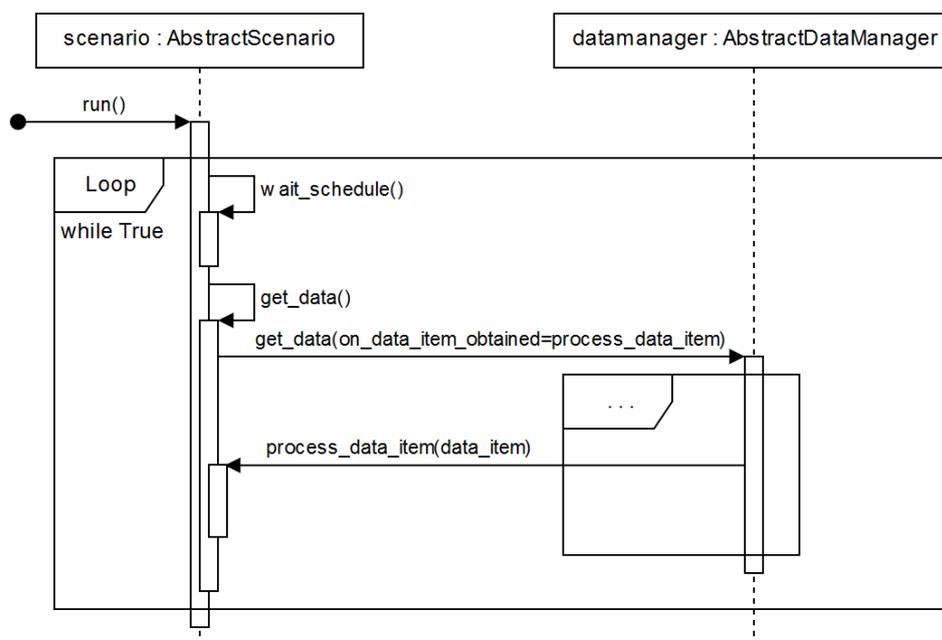


Рисунок 10 – Схема взаимодействия объекта-сценария с объектом, реализующим получение данных из внешних источников

При запуске сценария происходит расчет времени, которое должно пройти до его следующего старта, после ожидания этого времени, вызывается метод *get_data*, внутри которого происходит обращение к объекту класса-наследника *AbstractDataManager*, при этом в качестве параметра передается метод сценария *process_data_item*, который вызывается в дальнейшем при

получении данных. Фреймом «. . .» отмечен блок инструкций, уникальный для каждого объекта *datamanager*, обозначающий механизм получения данных.

В приложении Б представлена диаграмма реализации, отражающая то, как файлы программного решения размещены на носителе информации, показаны документы программного решения (директория *monitoringsystem*), каталог загруженных данных (директория *DATA*) и каталог результатов обработки загруженных КС (директория *PRODUCTS*).

3.3 Реализация сценариев системы

В рамках системы мониторинга были реализованы сценарии для мониторинга участков припоселковых кедровников Томской области и участков хвойного леса, пораженных сибирским шелкопрядом, вблизи поселка Улу-Юл.

На рисунке 11 представлена диаграмма классов для разработанных сценариев (показаны только существенные отношения, поля и методы).

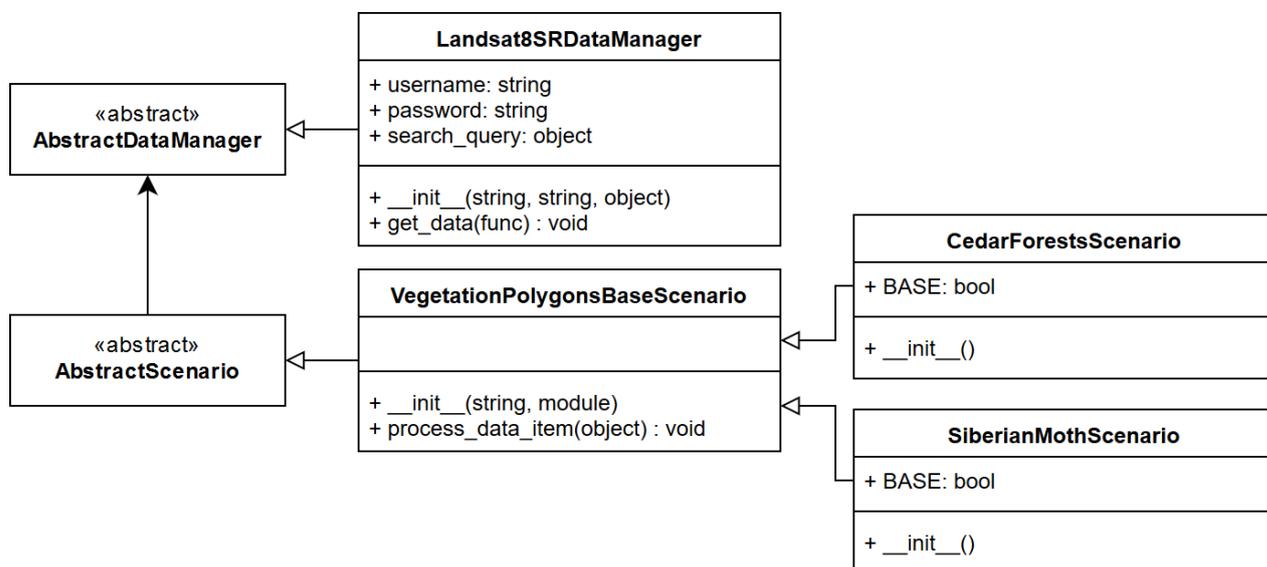


Рисунок 11 – Классы разработанных сценариев

Абстрактные классы *AbstractScenario* и *AbstractDataManager* были описаны выше.

Класс *VegetationPolygonsBaseScenario* унаследован от *AbstractScenario* и переопределяет метод *process_data_item*, принимающий на вход информацию о

файлах скачанного КС, вычисляющий маски открытой территории и облачности, а также карты NDVI, NDWI для скачанного снимка, производящий расчеты зональной статистики для указанных полигонов, при необходимости формирующий карты dNDVI и dNDWI и сохраняющий результаты в .csv файлы.

Классы *CedarForestsScenario* и *SiberianMothScenario* унаследованы от *VegetationPolygonsBaseScenario* и реализуют сценарии для мониторинга, соответственно, припоселковых кедровников и пораженных шелкопрядом участков хвойного леса.

Класс *Landsat8SRDataManager* реализует механизм поиска, заказа и загрузки КС с КА Landsat 8 уровня обработки L2 (surface reflectance) из архивов USGS. Данный класс может быть переиспользован другими сценариями системы для доступа к данным той же коллекции снимков архива USGS, но для других пространственных и временных параметров.

В следующем разделе представлены тестирование разработанных сценариев и анализ результатов, полученных с их использованием.

4 Тестирование и практическое применение разработанной системы

4.1 Тестирование и результаты работы сценария для мониторинга припоселковых кедровников

В данном разделе описаны результаты работы сценария для мониторинга состояния припоселковых кедровников Томской области, являющихся особо охраняемыми природными территориями (Аксеновского, Белоусовского, Богашевского, Лоскутовского, Лучаново-Ипатовского, Магадаевского, Нижне-Сеченовского, Петровского, Петуховского, Плотниковского, Протопоповского, Трубачевского кедровников и лесного парка у села Яр). Расположение исследуемых кедровников [18] представлено на рисунке 12.

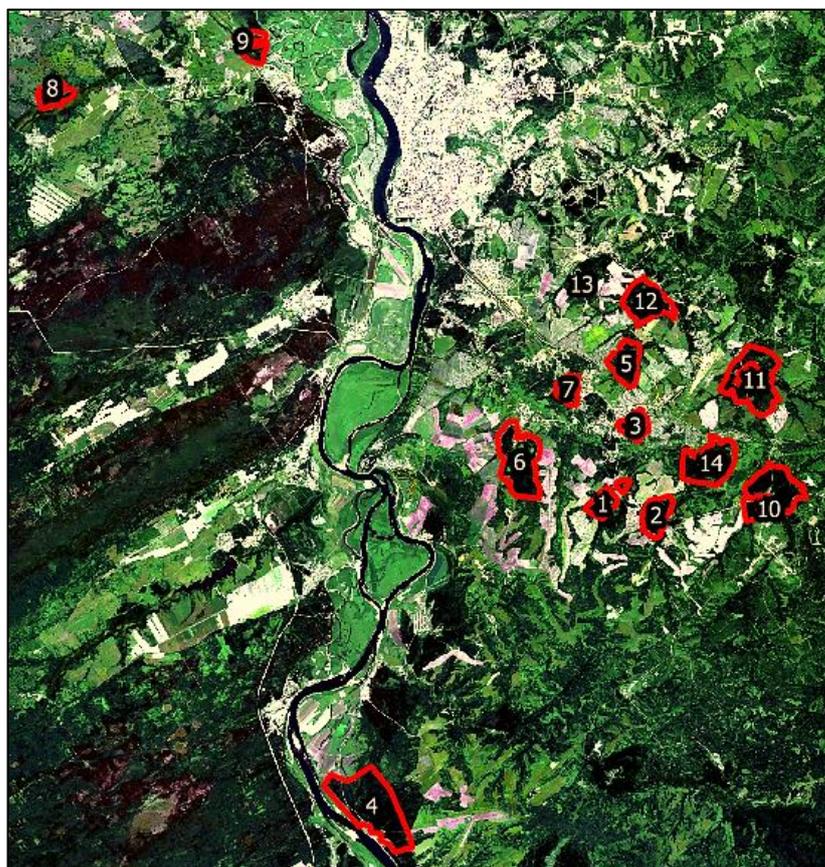


Рисунок 12 – Расположение исследуемых припоселковых кедровников:

- 1 - Аксеновский, 2 - Белоусовский, 3 - Богашевский, 4 - Лесной парк у села Яр,
5 - Лоскутовский, 6 - Лучаново-Ипатовский, 7 - Магадаевский,
8 - Нижне-Сеченовский, 9 - Петровский, 10 - Петуховский, 11 - Плотниковский,
12 - Протопоповский, 13 - Трубачевский, 14 - Вороновский

В ходе исполнения сценария *CedarForestsScenario* были в автоматическом режиме загружены и обработаны КС, полученные с КА Landsat 8.

На рисунке 13 представлены фрагменты результатов обработки данных по сценарию *CedarForestsScenario*. На рисунке 13 (а) приведена маска открытой территории, белыми пикселями отмечены участки, покрытые облачностью или соответствующие водной поверхности, черными – пиксели открытой территории; на рисунке 13 (б) показана маска облачности, белыми пикселями отмечены участки, покрытые облачностью, черными – остальные; на рисунке 13 (в) и (г) приведены, соответственно, карты NDVI и NDWI, пикселям в зеленых тонах соответствуют наибольшие значения вегетационных индексов, в желто-красных – наименьшие, белые пиксели – пиксели, исключенные с помощью маски открытой территории.

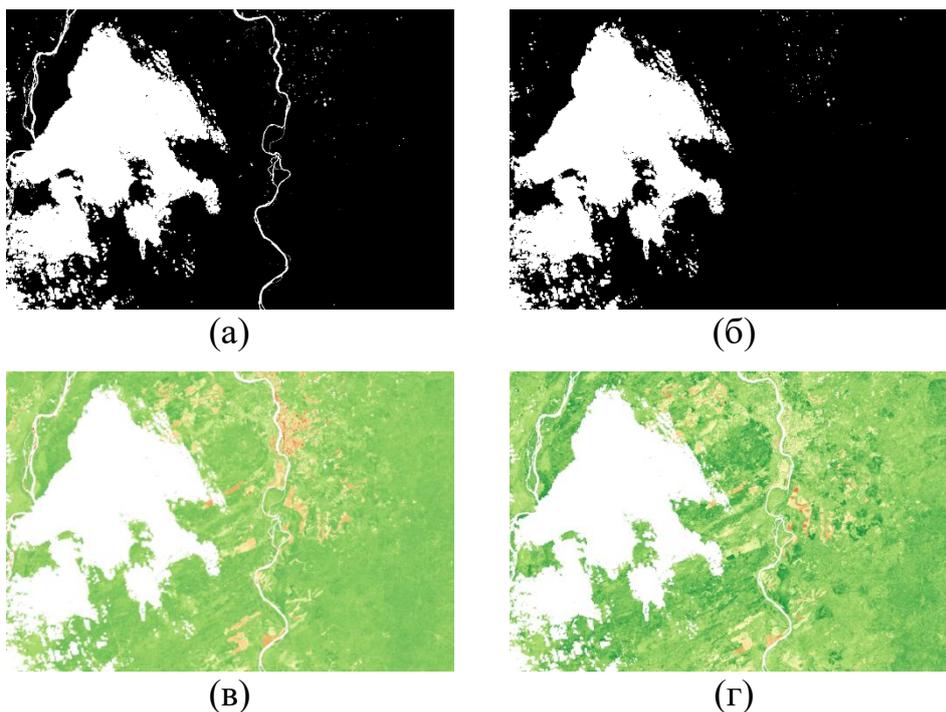


Рисунок 13 – Результаты обработки КС: маска открытой территории (а), маска облачности (б), карта NDVI (в), карта NDWI (г)

Были рассчитаны средние значения индексов NDVI и NDWI в границах припоселковых кедровников Томской области. Полученная зональная статистика представлена в приложении В в виде таблицы.

Сценарий автоматически определил безоблачные в границах всех рассматриваемых кедровников снимки (снимки за 14.07.2013, 22.07.2016, 26.08.2017, 12.07.2018). Для этих снимков были также автоматически построены карты dNDVI и dNDWI, фрагменты которых представлены на рисунке 14 (оттенками красного цвета отмечены участки территории, где произошло значительное снижение значений индексов).

4.1.1 Проверка корректности автоматического расчета

Для проверки корректности расчетов, осуществляемых сценарием мониторинга состояния припоселковых кедровников, был обработан снимок за 14.07.2013 с помощью инструментария ГИС QGIS на примере расчета зональной статистики для Аксеновского кедровника, полученные результаты были сравнены с полученными автоматически. Результаты проверки представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Проверка корректности результатов

	NDVI	NDWI	Доля облаков
Посчитано автоматически	0,861	0,428	0,000
Посчитано вручную	0,861	0,428	0,000

Как видно из таблицы, результаты ручной обработки КС совпали с результатами автоматического расчета, что свидетельствует о корректности составления программы для разработанного сценария.

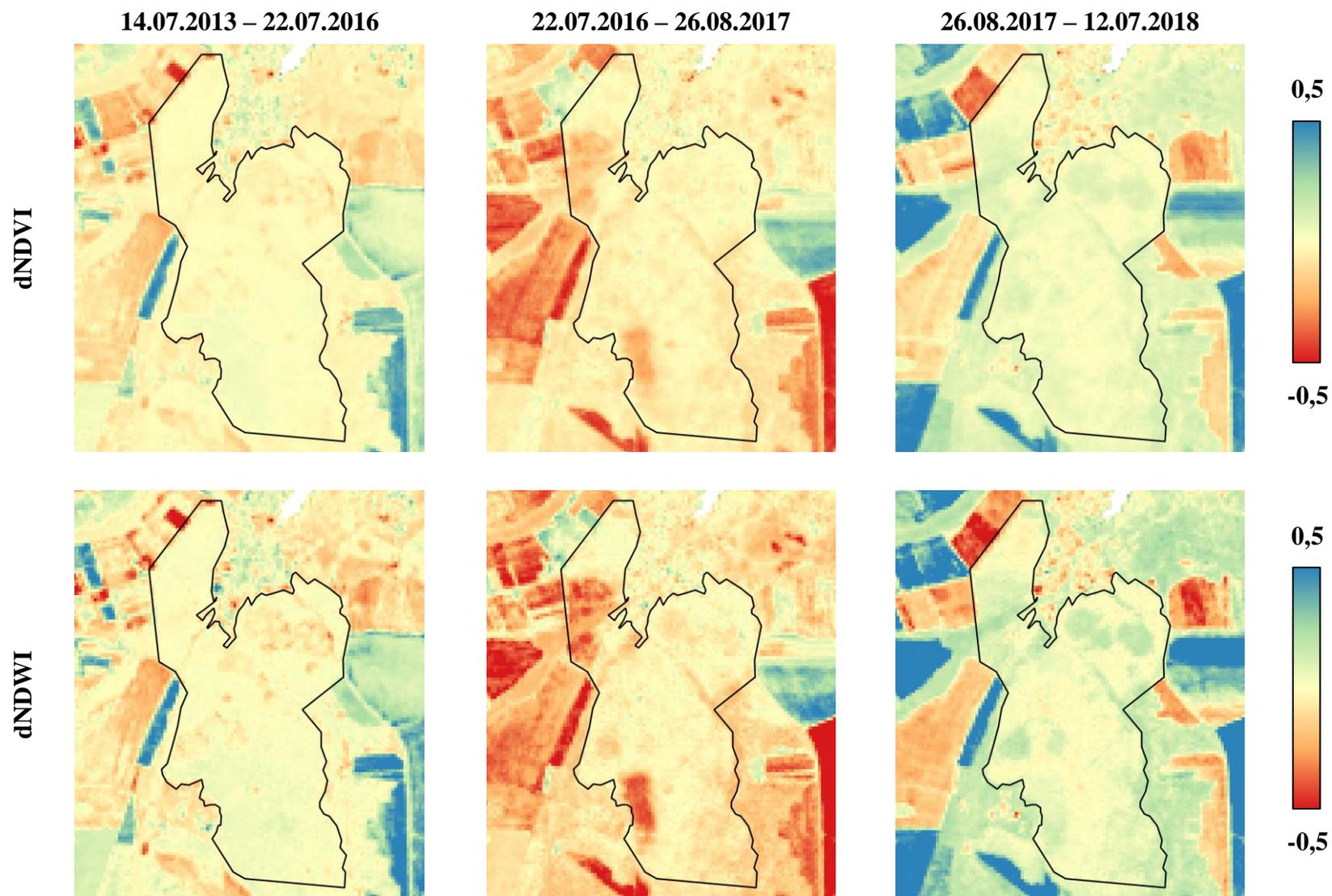


Рисунок 14 – Фрагменты полученных карт dNDVI и dNDWI для Лучаново-Ипатовского кедровника

4.1.2 Анализ результатов

На основании автоматически полученных файлов с зональной статистикой для безоблачных в границах всех кедровников сцен были построены графики, отображающие изменение средних значений индексов NDVI (рисунок 15) и NDWI (рисунок 16) по годам для середины июля.

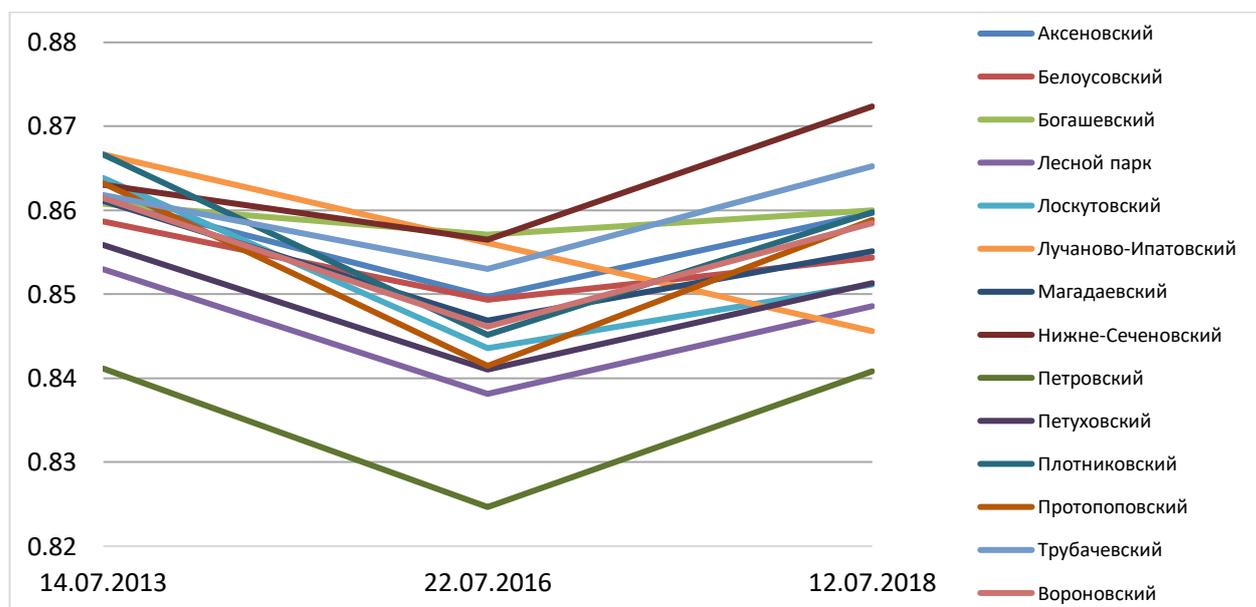


Рисунок 15 – Изменение средних значений NDVI по годам

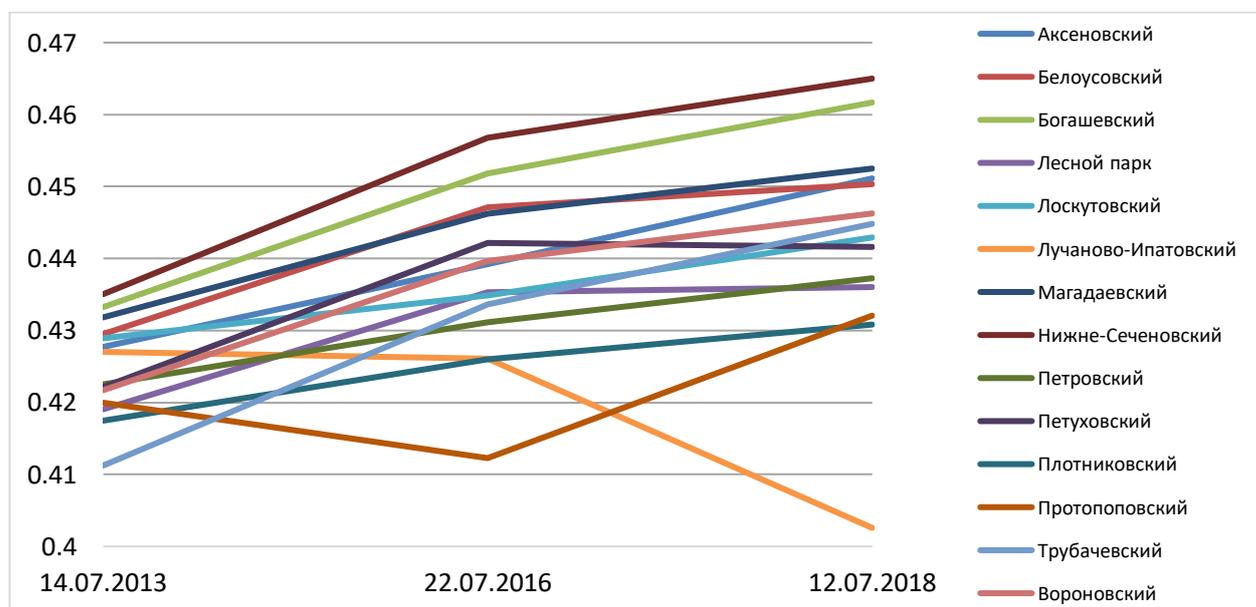


Рисунок 16 – Изменение средних значений NDWI по годам

Как видно на рисунках 15 и 16, Лучаново-Ипатовский кедровник показал значительную отрицательную динамику состояния, не коррелирующую

с другими участками леса. В июле 2018 г. для указанного кедровника произошло снижение средних значений индексов NDVI и NDWI.

Фрагменты карт разностных индексов dNDVI и dNDWI для Лучаново-Ипатовского кедровника были приведены на рисунке 14. По данным фрагментам были установлены участки наиболее отрицательной динамики состояния: это участки леса вблизи села Лучаново и деревни Ипатово; и был определен временной промежуток негативного воздействия – период с 2016 г. по 2017 г. При этом значения индекса NDWI для пораженных участков изменились значительно, чем значения индекса NDVI (см. фрагменты для периода с 22.07.2016 по 26.08.2017), было сделано предположение о поражении участков гусеницами сибирского шелкопряда.

На рисунке 17 представлены фрагменты КС высокого разрешения за 19.06.2018 для пораженных участков, полученные с помощью системы Google Earth Pro. На данных фрагментах видно повреждение древостоя для обозначенных выше участков, выраженное в соответствующем изменении цветового оттенка с темно-зеленого на серо-розовый, характерный для значительного уменьшения количества хвои и усыхания кедров.

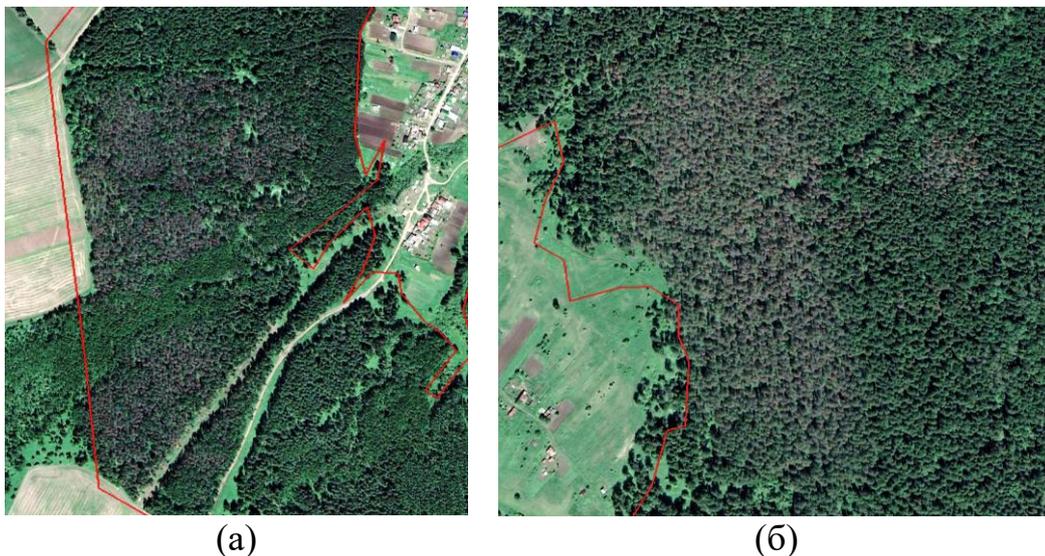


Рисунок 17 – Фрагменты снимка высокого разрешения для пораженных участков Лучаново-Ипатовского кедровника: участок вблизи с. Лучаново (а), участок вблизи д. Ипатово (б)

Основываясь на информационных сообщениях в новостных ресурсах [23, 24], предположение о поражении участков гусеницами сибирского шелкопряда было подтверждено: в 2016 г. кедровник был поражен вредителем, а в 2017 г. обработан.

4.2 Результаты работы сценария для мониторинга пораженных сибирским шелкопрядом участков хвойного леса

Аналогичные описанным в подразделе 4.1 результаты были получены для участков хвойного леса вблизи поселка Улу-Юл Томской области (рисунок 3), пораженных очагами размножения сибирского шелкопряда и описанных в пункте 1.3.2, с использованием сценария *SiberianMothScenario*.

Собранная зональная статистика для исследуемых полигонов приведена в приложении Г в виде таблицы. По средним значениям вегетационных индексов удалось выявить заметное ухудшение состояния для участка 3 в 2017 г. Фрагменты карт NDVI и NDWI для указанного участка приведены на рисунке 18.

По приведенным фрагментам возможно проследить динамику роста площади пораженного леса. Характерным является резкое снижение значений вегетационных индексов в августе 2017 г., что соответствует одному из периодов интенсивного развития гусениц сибирского шелкопряда. Можно отследить начало поражения участков леса вне границ участка 3 (рисунок 18).

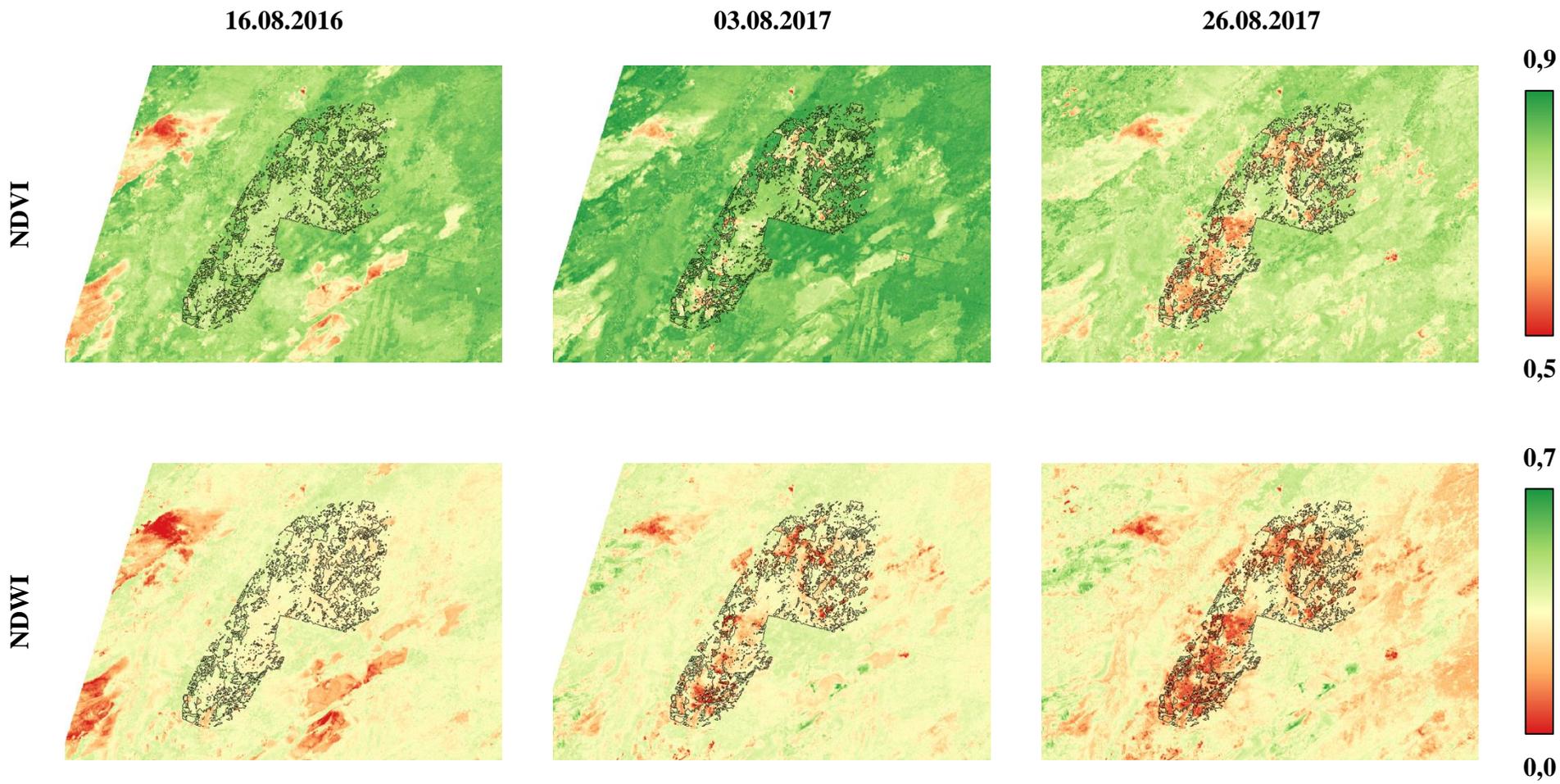


Рисунок 18 – Фрагменты карт NDVI и NDWI для участка 3

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Разработанная система автоматизированного мониторинга изменений земной поверхности с использованием данных ДЗЗ обеспечивает непрерывный процесс загрузки данных ДЗЗ (космических снимков) из сторонних источников через публичные программные интерфейсы приложений и их обработку.

Существующие системы, автоматизирующие обозначенный процесс, не являются универсальными и не предоставляют инструменты для быстрого и удобного расширения для решения новых задач мониторинга. Решение указанных проблем – создание программной системы, проектирование и реализация которой описаны в предыдущих разделах.

Разработанная система может быть внедрена в исследовательские учреждения, предприятия или использована независимыми исследователями, чтобы удовлетворить их требования в области мониторинга изменений земной поверхности, в частности при решении задач экологического мониторинга, как местного, так и глобального масштабов.

5.1.2 Анализ конкурентных технических решений

В качестве основных конкурентных технических решений были выбраны следующие разработки:

- разработка ИКИ РАН «ВЕГА»,
- решение от компании Совзонд «Мониторинг территории»,
- реализованная в рамках данной работы система.

В качестве факторов конкурентоспособности были выбраны: «Удобство использования», «Расширяемость», «Универсальность», «Независимость от сетевого подключения» и «Потребность в вычислительных ресурсах», которым

были присвоены соответствующие значения важности фактора путем осуществления экспертной оценки. Все системы, взятые для сравнения, были оценены по выбранным факторам, на основании чего были рассчитаны итоговые оценки конкурентоспособности.

В таблице 4 представлена оценочная карта конкурентных технических решений. На рисунке 19 приведен многоугольник конкурентоспособности для рассматриваемых информационных систем. Анализируя данные таблицы и многоугольника конкурентоспособности, можно сделать вывод о перспективности разработки.

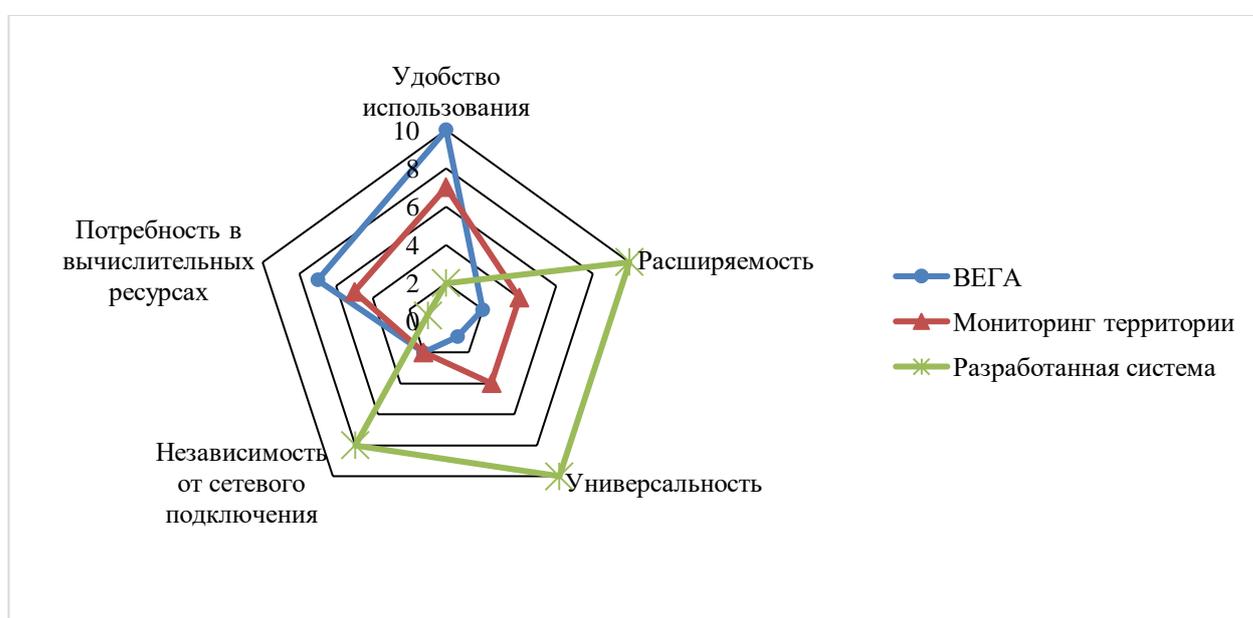


Рисунок 19 – Многоугольник конкурентоспособности

Таблица 4 – Оценочная карта конкурентных технических решений

№ п/п	Конкуренты	Факторы конкурентоспособности					Итоговая оценка
		Удобство использования	Расширяемость	Универсальность	Независимость от сетевого подключения	Потребность в вычислительных ресурсах	
1	«ВЕГА»	10 / 2,11	2 / 0,53	1 / 0,26	2 / 0,32	7 / 0,74	3,95
2	«Мониторинг территории»	7 / 1,47	4 / 1,05	4 / 1,05	2 / 0,32	5 / 0,53	4,42
3	Разработанная система	2 / 0,42	10 / 2,63	10 / 2,63	8 / 1,26	1 / 0,11	7,05
Важность		4	5	5	3	2	19
Вес		0,21	0,26	0,26	0,16	0,11	1

5.1.3 SWOT-анализ

На основе анализа рынка и конкурентных технических решений, была составлена матрица SWOT анализа. Матрица показывает сильные и слабые стороны проекта, потенциальные возможности и угрозы для разработки. Матрица SWOT анализа представлена в таблице 5.

Таблица 5 – SWOT анализ

		Внутренние факторы	
		Сильные стороны проекта: - Широкие возможности по расширению системы, - Универсальность системы, - Возможность доступа к результатам обработки оффлайн.	Слабые стороны проекта: - Относительная сложность создания новых сценариев, - Требовательность к вычислительным ресурсам, - Требовательность к системе хранения данных.
Внешние факторы	Возможности: - Автоматизация процесса загрузки и обработки данных, - Централизованное хранение результатов обработки для конкретных задач мониторинга.	- Реализовать графический интерфейс управления системой, - Обеспечить поддержку ПО после введения в эксплуатацию.	- Предусмотреть готовые механизмы получения снимков с большого количества космических аппаратов, - Реализовать графический конструктор новых сценариев.
	Угрозы: - Невостребованность системы, - Отсутствие подходящей аппаратной платформы для развертывания.	Привлечь новых пользователей через научные публикации и Интернет.	- Написать руководство пользователя к системе, - Осуществить оптимизацию алгоритмов, - Предусмотреть возможность удаления неактуальных данных.

5.2 Планирование научно-исследовательских работ

5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Для организации и систематизации работы выпускника был сформирован план работ. Данный этап обеспечил своевременное и эффективное выполнение задания выпускной квалификационной работы. Для осуществления разработки, был сформирован ряд работ и назначены исполнители для каждого этапа работы (таблица 6).

Таблица 6 – Перечень работ по проекту

№ работы	Наименование работы	Исполнители работы
1	Выбор научного руководителя бакалаврской работы	Маслов К.А.
2	Составление и утверждение темы бакалаврской работы	Токарева О.С., Маслов К.А.
3	Составление календарного плана-графика выполнения бакалаврской работы	Токарева О.С.
4	Подбор и изучение литературы по теме бакалаврской работы	Маслов К.А.
5	Анализ предметной области	Маслов К.А.
6	Проектирование системы автоматизированного мониторинга	Маслов К.А.
7	Проектирование сценариев, реализуемых в рамках системы	Токарева О.С., Маслов К.А.
8	Разработка системы автоматизированного мониторинга	Маслов К.А.
9	Разработка сценариев в рамках системы	Маслов К.А.
10	Тестирование программного комплекса и анализ полученных результатов	Токарева О.С., Маслов К.А.
11	Согласование выполненной работы с научным руководителем	Токарева О.С., Маслов К.А.
12	Выполнение других частей работы (финансовый менеджмент, социальная ответственность)	Маслов К.А.
13	Подведение итогов, оформление работы	Маслов К.А.

5.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Для того чтобы определить трудоемкость работ, используются следующие показатели:

- ожидаемое значение трудоемкости,
- продолжительность каждой работы,
- продолжительность выполнения i -ой работы в календарных днях,
- коэффициент календарности.

Расчет ожидаемого значения продолжительности работ $t_{ож}$ осуществляется согласно формуле:

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

где t_{min} – минимально возможная трудоемкость i -ой работы, чел.-дни;

t_{max} – максимально возможная трудоемкость i -ой работы, чел.-дни.

Далее определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_{pi} , которая учитывает параллельность выполнения работ несколькими исполнителями:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (6)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб.дни;

$t_{ожi}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дни;

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

5.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

Для построения графика, осуществляется перевод длительности каждого из этапов работ из рабочих дней в календарные дни по следующей формуле:

$$T_{ки} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \quad (7)$$

где $T_{ки}$ – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{кал}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}}, \quad (8)$$

где $T_{кал}$ – количество календарных дней в году;

$T_{вых}$ – количество выходных дней в году;

$T_{пр}$ – количество праздничных дней в году.

Согласно производственному календарю (для 6-дневной рабочей недели) в 2019 году 365 календарных дней, из них 66 выходных или праздничных дней, следовательно, $k_{кал} = 1,22$.

Расчеты по трудоемкости выполнения работ представлены в таблице 7. Диаграмма Ганта, построенная по рассчитанным показателям, представлена на рисунке 20.

Таблица 7 – Временные показатели осуществления разработки

№	Наименование работы	Исполнители работы	Трудоемкость работ, чел.-дни			Длительность работ, дни	
			t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$	T_p	T_k
1	Выбор научного руководителя бакалаврской работы	Маслов К.А.	1	2	1,4	1	1
2	Составление и утверждение темы бакалаврской работы	Токарева О.С.	4	7	5,2	3	4
		Маслов К.А.	4	7	5,2	3	4
3	Составление календарного плана-графика выполнения бакалаврской работы	Токарева О.С.	2	2	2	2	2
4	Подбор и изучение литературы по теме бакалаврской работы	Маслов К.А.	7	10	8,2	8	10
5	Анализ предметной области	Маслов К.А.	7	10	8,2	8	10
6	Проектирование системы автоматизированного мониторинга	Маслов К.А.	4	7	5,2	5	6
7	Проектирование сценариев, реализуемых в рамках системы	Токарева О.С.	3	5	3,8	2	2
		Маслов К.А.	3	5	3,8	2	2
8	Разработка системы автоматизированного мониторинга	Маслов К.А.	30	45	36	36	44
9	Разработка сценариев в рамках системы	Маслов К.А.	10	14	11,6	12	15
10	Тестирование программного комплекса и анализ полученных результатов	Токарева О.С.	5	7	5,8	3	4
		Маслов К.А.	5	7	5,8	3	4
11	Согласование выполненной работы с научным руководителем	Токарева О.С.	1	3	1,8	1	1
		Маслов К.А.	1	3	1,8	1	1
12	Выполнение других частей работы (финансовый менеджмент, социальная ответственность)	Маслов К.А.	5	7	5,8	6	7
13	Подведение итогов, оформление работы	Маслов К.А.	3	4	3,4	3	4
Итого		Токарева О.С.			11	13	
		Маслов К.А.			88	108	

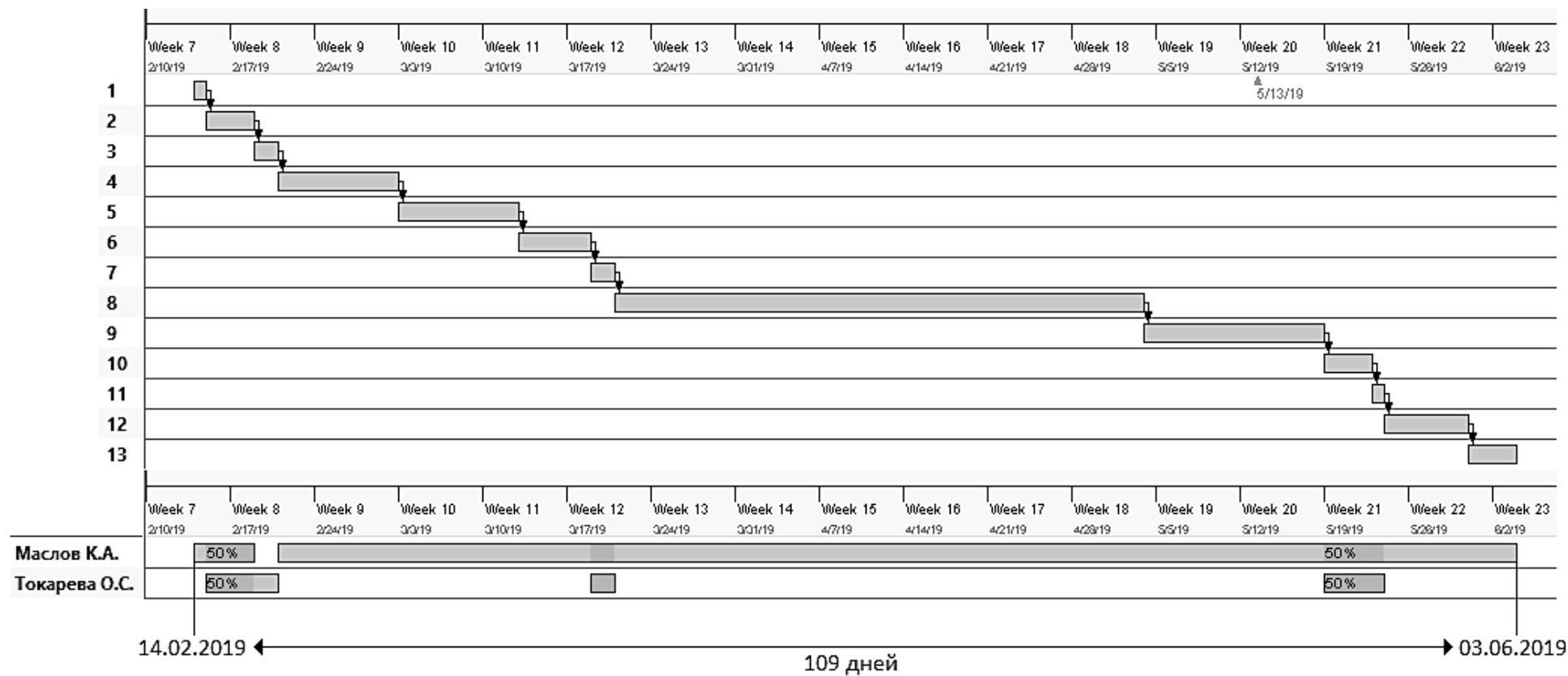


Рисунок 20 – Диаграмма Гантта: этапы выполнения работ (сверху), загруженность исполнителей (снизу)

5.2.4 Бюджет научно-технической разработки

5.2.4.1 Расчет материальных затрат

Данная статья затрат включает в себя затраты на приобретение сырья, материалов, полуфабрикатов и комплектующих со стороны. Также в эту статью включаются транспортные расходы, равные 15 % от общей стоимости материальных затрат.

Общая сумма материальных затрат включает в себя только затраты на канцелярские принадлежности (250 руб.), для которых не учитываются транспортные расходы.

Таким образом, общая сумма материальных затрат составляет 250 руб.

5.2.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование

В данную статью затрат входят суммы, необходимые на обеспечение амортизации используемого оборудования.

Расчет амортизации персонального компьютера, используемого при написании работы: первоначальная стоимость персонального компьютера составляет 42300 рублей; срок полезного использования для офисных машин – 3 года; планируется использовать персональный компьютер для написания ВКР в течение 4 месяцев. Тогда:

- норма амортизации:

$$A_n = \frac{1}{n} \cdot 100\% = \frac{1}{3} \cdot 100\% = 33,33 \%, \quad (8)$$

- годовые амортизационные отчисления:

$$A_g = 42300 \cdot 0,33 = 14100 \text{ руб.}, \quad (9)$$

- ежемесячные амортизационные отчисления:

$$A_m = \frac{14100}{12} = 1175 \text{ руб.}, \quad (10)$$

- итоговая сумма амортизации основных средств:

$$A = 1175 \cdot 4 = 4700 \text{ руб.} \quad (11)$$

Итоговая сумма затрат на амортизацию составила 4700 руб.

5.2.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Данная статья расходов включает основную заработную плату с учетом премий и доплат для исполнителей проекта: студента и научного руководителя.

Месячный оклад руководителя ТПУ с должностью доцента и степенью кандидата наук составляет 33664 рубля, для студента был взят оклад ассистента без научной степени – 21760 рублей.

В таблице 8 показаны количества календарных, нерабочих и праздничных дней, дней, пришедшихся на потерю рабочего времени и действительный годовой фонд рабочего времени.

Таблица 8 – Баланс рабочего времени (для 6-дневной недели)

Показатели рабочего времени	Дни
Календарные дни	365
Нерабочие дни (праздники/выходные)	66
Потери рабочего времени (отпуск/невыходы по болезни)	56
Действительный годовой фонд рабочего времени	243

Количество месяцев работы без отпуска принимается за 10,4 (с учетом длительности отпуска в 48 дней). Тогда, зная месячную заработную плату, можно рассчитать среднедневную заработную плату:

$$Z_{\text{рук}}^{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{33664 \cdot 10,4}{243} = 1441,76 \text{ руб.}, \quad (12)$$

$$Z_{\text{студ}}^{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{21760 \cdot 10,4}{243} = 931,29 \text{ руб.} \quad (13)$$

Расчет основной заработной платы осуществляется по формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{р}} \cdot (1 + K_{\text{пр}} + K_{\text{д}}) \cdot K_{\text{р}}, \quad (14)$$

где $Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата, руб.;

$T_{\text{р}}$ – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дни;

$K_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент;

$K_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок;

$K_{\text{р}}$ – районный коэффициент.

Результаты соответствующих расчетов приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_{дн}$, руб.	$K_{нр}$	$K_{д}$	$K_{р}$	$T_{р}$	$Z_{осн}$, руб.
Студент	931,29	0,3	0,2	1,3	88	159809,36
Научный руководитель	1441,76	0,3	0,2	1,3	11	30925,75
Итого						190735,12

5.2.4.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

В данную статью расходов входит заработная плата, начисленная рабочим и служащим не за фактически выполненные работы или проработанное время, а в соответствии с действующим законодательством, в том числе оплата очередных отпусков рабочих, времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей.

Зная основную заработную плату, можно рассчитать дополнительную заработную плату в размере 12 % от основной:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}, \quad (15)$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительная заработная плата;

$Z_{осн}$ – основная заработная плата.

Таблица 10 – Расчет дополнительной заработной платы

Исполнители	$k_{доп}$	$Z_{осн}$, руб.	$Z_{доп}$, руб.
Студент	0,12	157993,35	19177,12
Научный руководитель	0,12	30925,75	3711,09
Итого			22888,21

5.2.4.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данную статью затрат включаются отчисления в органы социального страхования, пенсионные фонды и отчисления медицинского страхования.

Отчисления во внебюджетные фонды рассчитываются как:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}), \quad (16)$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент внебюджетные фонды; в 2019 г., в соответствии с Федеральным законом для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность, используется пониженная ставка – 30%;

$Z_{осн}$ – основная заработная плата;

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата.

Таблица 11 – Расчет страховых отчислений

Исполнители	$k_{внеб}$	$Z_{доп}$	$Z_{осн}$	$Z_{внеб}$
Студент	0,30	18959,20	157993,35	53695,95
Научный руководитель	0,30	3711,09	30925,75	10391,05
			Итого	64087,00

5.2.4.8 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов, оплата услуг связи, электроэнергии и т.д. Их величина определяется согласно следующей формуле:

$$Z_{накл} = k_{накл} \cdot (\text{сумма статей расходов}), \quad (17)$$

где $k_{накл}$ – коэффициент накладных расходов, принятый за 16 %.

Таблица 12 – Расчет накладных расходов

Статьи затрат	Сумма, руб.
Материальные затраты	250
Затраты на амортизацию	4700
Затраты на основную заработную плату	190735,12
Затраты на дополнительную заработную плату	22888,21
Затраты на отчисления во внебюджетные фонды	64087,00
Накладные расходы	45225,65

5.2.4.9 Формирование бюджета затрат проекта разработки

Рассчитанные величины затрат научно-исследовательской работы являются основой для формирования бюджета затрат проекта. Результаты составления итогового бюджета разработки представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Бюджет затрат на разработку

Наименование	Сумма, руб.	Удельный вес, %
Материальные затраты	250	0,08
Затраты на амортизацию	4700	1,43
Затраты на основную заработную плату	190735,12	58,17
Затраты на дополнительную заработную плату	22888,21	6,98
Затраты на отчисления во внебюджетные фонды	64087,00	19,55
Накладные расходы	45225,65	13,79
Общий бюджет	327885,98	100

5.3 Определение потенциального эффекта разработки

В ходе осуществления оценки конкурентоспособности разработки было установлено, что разработанная система обладает высоким уровнем конкурентоспособности; общая длительность разработки составляет 109 календарных дней (период с 14.02.2019 по 03.06.2019); общий бюджет был оценен в 327885,98 рублей.

Разработанная система может использоваться исследователями и предприятиями для решения задач мониторинга земной поверхности, в частности экологического мониторинга, с использованием данных ДЗЗ. При этом разработанная система значительно упростит и ускорит процесс поиска, получения и обработки данных, полученных из архивов служб, предоставляющих космические снимки через открытые программные интерфейсы.

6 Социальная ответственность

Целью данной выпускной квалификационной работы является проектирование и разработка системы автоматизированного мониторинга изменений земной поверхности с использованием данных ДЗЗ и тестирование ее функциональных возможностей на примере экологического мониторинга состояния припоселковых кедровников Томской области и участков хвойного леса, пораженных гусеницами сибирского шелкопряда, вблизи поселка Улу-Юл.

Разработанная система может быть внедрена на исследовательские и прочие предприятия, в деятельность которых входит непрерывный анализ данных космической съемки.

В данном разделе ВКР исследованы меры по защите работника от возможного негативного воздействия среды, а также вредные и опасные факторы среды. Также были рассмотрены возможные чрезвычайные ситуации и действия, которые разработчик должен выполнить в случае возникновения чрезвычайной ситуации.

Были выделены и рассмотрены следующие факторы, воздействующие на разработчика системы: уровень освещения, показатели микроклимата, уровень шума, нервно-психические перегрузки. К опасным факторам при работе с персональным компьютером можно отнести высокое напряжение и возможность короткого замыкания, влекущего за собой опасность поражения разработчика электрическим током. Рассматриваются вопросы правового регулирования трудовых отношений, связанных с использованием разработанной системы.

Программные продукты не оказывают непосредственного негативного влияния на окружающую среду, однако их использование сопряжено с использованием ПК, что оказывает негативное влияние на литосферу при утилизации ПК.

6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

6.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства

Функции государственного надзора и контроля в организациях независимо от организационно-правовых форм и форм собственности осуществляются специально уполномоченными государственными органами и инспекциями согласно федеральным законам.

Трудовой Кодекс Российской Федерации определяет отдых после окончания рабочего дня или смены.

Трудовой Кодекс также определяет продолжительность рабочего дня. Согласно 91 статье ТК РФ, нормальная продолжительность рабочего времени не может превышать 40 часов в неделю. Работодатель обязан вести учет времени, фактически отработанного каждым работником.

Каждый работник имеет право на выходные дни, то есть периоды еженедельного непрерывного отдыха. Согласно 110 статье ТК РФ продолжительность еженедельного непрерывного отдыха не может быть менее 42 часов.

Трудовой кодекс РФ не определяет работу за компьютером как вредные условия труда.

Нормативными документами, регламентирующими деятельность работника с использованием ПЭВМ, являются СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [26], Гигиенические требования к ПЭВМ и организации труда и Инструкция по охране труда при работе с ПК.

Во время регламентированных перерывов целесообразно выполнять комплексы упражнений и осуществлять проветривание помещения. Не рекомендуется работать за компьютером более 6 часов за смену. Для того чтобы ПЭВМ соответствовали нормам, осуществляется производственный контроль и надзор внутри предприятия-производителя. Эксплуатирующие предприятия также следят за характеристиками используемой аппаратуры.

6.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Большое значение для профилактики статических физических перегрузок имеет правильная организация рабочего места человека, работающего с ПЭВМ. Рабочее место должно быть организовано в соответствии с требованиями стандартов, технических условий и (или) методических указаний по безопасности труда.

Оно должно удовлетворять следующим требованиям:

- обеспечивать возможность удобного выполнения работ,
- учитывать физическую тяжесть работ,
- учитывать размеры рабочей зоны и необходимость передвижения в ней работающего,
- учитывать технологические особенности процесса выполнения работ.

Невыполнение требований к расположению и компоновке рабочего места может привести к получению пользователем производственной травмы или развития у него профессионального заболевания.

Рабочее место программиста должно соответствовать требованиям СанПин 2.2.2/2.4.1340-03 [26]:

- Конструкция оборудования и рабочего места при выполнении работ в положении сидя должна обеспечивать оптимальное положение работающего, которое достигается регулированием высоты рабочей поверхности, высоты сидения, оборудованием пространства для размещения ног и высотой подставки для ног;
- Схемы размещения рабочих мест с персональными компьютерами должны учитывать расстояния между рабочими столами с мониторами: расстояние между боковыми поверхностями мониторов не менее 1,2 м, а расстояние между экраном монитора и тыльной частью другого монитора не менее 2,0 м. Клавиатура должна располагаться на поверхности стола на расстоянии 100 – 300 мм от края, обращенного к

пользователю. Быстрое и точное считывание информации обеспечивается при расположении плоскости экрана ниже уровня глаз пользователя, предпочтительно перпендикулярно к нормальной линии взгляда (нормальная линия взгляда 15 градусов вниз от горизонтали).

– Рабочие места с ПЭВМ при выполнении творческой работы, требующей значительного умственного напряжения или высокой концентрации внимания, рекомендуется изолировать друг от друга перегородками высотой 1,5 - 2,0 м.

6.2 Производственная безопасность

Вредные и опасные факторы, воздействующие на сотрудника, устанавливаются согласно ГОСТ 12.0.003-2015 [27] «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».

Опасные и вредные факторы при выполнении работ по разработке описанной системы представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Опасные и вредные факторы

Наименование видов работ	Факторы		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Разработка системы автоматизированного мониторинга изменений земного покрова	<ul style="list-style-type: none"> - Недостаточная освещенность рабочей зоны, - Отклонение показателей микроклимата на рабочем месте, - Повышенный уровень шума на рабочем месте, - Повышенный уровень электромагнитного излучения на рабочем месте, - Психологические факторы: нервно-психические перегрузки. 	<ul style="list-style-type: none"> - Электрический ток, - Возможность короткого замыкания, - Повышенный уровень статического электричества. 	<p>Освещение, шум, статическое электричество, психофизиологические факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03, - ТОИ Р-45-084-01. <p>Микроклимат:</p> <ul style="list-style-type: none"> - СанПиН 2.2.4.548-96, - СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. <p>Электрический ток, короткое замыкание:</p> <ul style="list-style-type: none"> - «Правила устройства электроустановок», утвержденные приказом Главтехуправлением, Госэнергонадзором Минэнерго СССР от 05.10.1979 г. - ГОСТ 12.1.033-81 - «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей», утверждённые Приказом Минэнерго России от

			13.01.2003 г. - «Межотраслевые правила охраны труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок» (ПОТ РМ 016-2001), утвержденные Постановлением Минтруда России от 05.01.2001 г. № 3.
--	--	--	---

6.2.1 Недостаточная освещенность рабочей зоны

В данном случае к негативным факторам относятся повышенные урны излучения, а также увеличенная нагрузка на зрительные органы. Требования к освещению на рабочих местах, оборудованных ПЭВМ, установлены в СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [26] (см. таблицу 15).

Таблица 15 – Требования к освещению на рабочих местах

Освещенность на рабочем столе	300 - 500 лк
Освещенность на экране ПЭВМ	Не более 300 лк
Блики на экране	Не более 40 кд/м ²
Прямая блескость источника света	Не более 200 кд/м ²
Показатель ослепленности	Не более 20
Показатель дискомфорта	Не более 15
Отношение яркости между рабочими поверхностями	3:1 - 5:1
Отношение яркости между рабочими поверхностями и поверхностями стен и оборудования	10:1
Коэффициент пульсации	Не более 5 %

6.2.2 Отклонение параметров микроклимата

В производственных помещениях, в которых работа с использованием ПЭВМ является основной (диспетчерские, операторские, расчетные, кабины и посты управления, залы вычислительной техники и др.) и связана с нервно-эмоциональным напряжением, должны обеспечиваться оптимальные параметры микроклимата для категории работ 1а и 1б в соответствии с действующими санитарно-эпидемиологическими нормативами микроклимата производственных помещений. На других рабочих местах следует

поддерживать параметры микроклимата на допустимом уровне, соответствующем требованиям указанных выше нормативов.

Содержание вредных химических веществ в производственных помещениях, в которых работа с использованием ПЭВМ является основной, не должно превышать предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест в соответствии с действующими гигиеническими нормативами.

Также указывается, что в помещениях с ПЭВМ должна ежедневно проводиться влажная уборка.

Уставленные гигиенические нормативы для помещений с видеодисплейными терминалами и ПЭВМ для категории работы 1а (работа в положении сидя, не требующая физического напряжения) приведены в таблице 16.

Таблица 16 – Оптимальные величины показателей микроклимата

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	1а (до 120 ккал/ч)	22-24	20-24	40-60	0.1
Теплый		23-25	21-25		

6.2.3 Повышенный уровень шума

В производственных помещениях при выполнении основных или вспомогательных работ с использованием ПЭВМ уровни шума на рабочих местах не должны превышать предельно допустимых значений, установленных для данных видов работ в соответствии с действующими санитарно-эпидемиологическими нормативами. В СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [26] установлены допустимые значения уровней звукового давления в октавных полосах частот и уровня звука, создаваемого ПЭВМ (см. таблицу 17).

Таблица 17 – Допустимые значения уровней звукового давления

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

6.2.4 Повышенный уровень электромагнитного излучения

ПК является источником повышенного уровня электромагнитных излучений, повышающих риск возникновения сердечно-сосудистых заболеваний и негативно влияющих на нервную систему.

Оценка опасности воздействия электромагнитного поля на человека производится по величине электромагнитной энергии, поглощаемой телом человека, с учетом электрической и магнитной напряженностей поля.

Практически, при обслуживании даже мощных, электроустановок высокого напряжения магнитная напряженность значительно меньше опасной (в 8 раз), поэтому оценку потенциальной опасности воздействия электромагнитного поля достаточно производить по величине электрической напряженности поля. В соответствии с ГОСТ 12.1.002-84 [28], ССБТ «Электромагнитные поля токов промышленной частоты. Общие требования безопасности», 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. Основными видами средств коллективной защиты от воздействия электромагнитного поля токов промышленной частоты являются стационарные или переносные заземленные экранирующие устройства. Так как электромагнитное излучение в месте работы не превышает 5 кВ/м, применение экранирующих устройств не требуется.

6.2.5 Психофизиологические факторы

Работа с ПК сопряжена с воздействием вредных психофизиологических факторов, в частности, нервно-психических перегрузок. Для снижения воздействия вредных факторов, устанавливаются перерывы в работе для отдыха сотрудников. Суммарное время регламентированных перерывов при работе с ПК зависит от категории трудовой деятельности и уровня нагрузки за рабочую смену. В таблице 18 приведено суммарное время отдыха для каждой категории работ.

Таблица 18 – Суммарное время отдыха для различных категорий работ

Категория работы с ПЭВМ	Уровень нагрузки за рабочую смену			Суммарное время регламентированных перерывов при 8-часовой смене, мин.
	Группа А, количество знаков	Группа Б, количество знаков	Группа В, часы	
I	до 20 000	до 15 000	до 2	50
II	до 40 000	до 30 000	до 4	70
III	до 60 000	до 40 000	до 6	90

В данном случае уровень нагрузки относится к группе В, категория работы III. Согласно таблице 5, требуется установить перерывы, сумма которых за смену составит не менее 90 минут. По типовой инструкции по охране труда при работе на персональном компьютере ТОИ Р-45-084-01 [29] для данной категории работ требуется установить перерывы по 15 минут каждый трудовой час.

6.2.6 Статическое электричество

В помещениях, оборудованных ПЭВМ, токи статического электричества чаще всего возникают при прикосновениях персонала к элементам ПЭВМ. Подобные разряды опасности для человека не представляют, однако способны вызывать неприятные ощущения и вывести оборудование из строя.

Для предотвращения образования и защиты от статического электричества в помещении используются нейтрализаторы и увлажнители, полы снабжаются антистатическое покрытие в виде поливинилхлоридного

антистатического линолеума, предусматривается использование защитного заземления.

Также в СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [26] установлен максимальный допустимый электростатический потенциал экрана видеомонитора – 500 В.

В качестве мер уменьшения влияния вредных факторов на пользователя используются защитные фильтры для мониторов, увлажнители воздуха. Должны использоваться розетки с заземлением. Требуется проводить регулярную влажную уборку.

6.2.7 Электрический ток

К опасностям использования электрического тока относятся возможность поражения электрическим током, а также воспламенения электронных устройств из-за воздействия различных условий – попадания влаги или повреждения изоляции.

Поражение электрическим током может привести к ожогам, судорогам, повреждению нервной системы, а также смерти. Возникновение пожара может привести к последствиям, описанным в ГОСТ 12.1.033-81 [30].

Во избежание негативных последствий необходимо соблюдать правила пожарной и электрической безопасности. Подготовка к возникновению данных ситуаций должна производиться до начала работы.

Требования безопасности при эксплуатации электрооборудования регламентируются следующими нормативными актами:

- правилами устройства электроустановок (издание шестое с отдельными разделами и главами в издании седьмом), утвержденными Главтехуправлением, Госэнергонадзором Минэнерго СССР 05.10.1979 г.,
- правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей, утверждёнными Приказом Минэнерго России от 13.01.2003 г. № 6,

– межотраслевыми правилами охраны труда (правилами безопасности) при эксплуатации электроустановок (ПОТ РМ 016-2001), утвержденными Постановлением Минтруда России от 05.01.2001 г. № 3.

Согласно им:

– электрооборудование, имеющее контакты для подключения заземления, должно быть заземлено, а помещения, где размещаются рабочие места с ПЭВМ, должны быть оборудованы защитным заземлением (занулением) в соответствии с техническими требованиями по эксплуатации оборудования;

– все крышки и защитные панели должны находиться на своих местах (при отсутствии крышки или защитной панели эксплуатация электрооборудования не допускается);

– при работе с электрооборудованием не допускать попадания влаги на поверхность электрооборудования, а также запрещается работать с электрооборудованием влажными руками;

– вентиляционные отверстия электрооборудования не должны быть перекрыты находящимися вплотную стенами, мебелью, посторонними предметами;

– выдергивание штепсельной вилки электроприбора необходимо осуществлять за корпус штепсельной вилки, при необходимости придерживая другой рукой корпус штепсельной розетки;

– подключение и отключение разъемов компьютеров и оргтехники должно производиться при отключенном питании (за исключением подключения и отключения USB-устройств);

– удаление пыли с электрооборудования должно производиться в отключенном от электрической цепи состоянии;

– перед использованием электроприборов необходимо проверить надёжность крепления электророзетки, свериться с номиналом используемого напряжения;

- корпуса штепсельных розеток и выключателей не должны содержать трещин, оплавлений и других дефектов, способных снизить защитные свойства или нарушить надёжность контакта;
- кабели (шнуры) электропитания не должны содержать повреждений изоляции, сильных изгибов и скручиваний.

6.2.8 Соответствие рабочего места указанным нормам

По итогам анализа было установлено:

- освещение на рабочем месте соответствует нормам – используется несколько энергосберегающих ламп;
- уровни шума находятся в допустимых пределах – источником шума при эксплуатации ПК могут являться системы охлаждения и хранения постоянной памяти, однако уровень создаваемого ими шума находится в пределах нормы;
- микроклиматические условия соблюдаются за счет использования систем отопления и кондиционирования и соответствуют установленным нормам;
- защита от повреждений статическим электричеством обеспечивается путем защитного заземления и соблюдения правил безопасности на рабочем месте;
- во время работы делаются перерывы для снижения нагрузки и предотвращения нервно-психических перегрузок;
- помещение оборудовано согласно требованиям электробезопасности;
- регулярно проводится влажная уборка помещения.

6.3 Экологическая безопасность

Для проектирования и разработки указанной системы необходим ПК, в таком случае происходит воздействие на литосферу при его утилизации.

Федеральный закон № 89 от 1998 г. «Об отходах производства и потребления» запрещает юридическим лицам самовольно избавляться от опасных отходов. Этим видом деятельности, согласно постановлению Правительства РФ № 340 от 2002 г., могут заниматься только специализированные структуры. В их число входят и фирмы, которые занимаются утилизацией электронных отходов. Обращение с отходами регламентируется ГОСТ Р 53692-2009 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами» [31].

При необходимости утилизировать вышедшую из употребления электронику наиболее безопасным для окружающей среды способом является обращение в специализированную компанию по утилизации. Такие компании действуют на всей территории Российской Федерации, в том числе и в Томской области. Необходимо отметить, что в общем при работе с компьютером существенного загрязнения окружающей среды не происходит и вредные выбросы значительно меньше производственных.

Существуют компании, занимающиеся утилизацией энергосберегающих ламп. Причина опасности данных ламп заключается в наличии паров ртути, содержащихся в колбах ламп. Специализированные компании занимаются демеркуризацией и утилизацией ртутных отходов. Данные компании имеют специальные лицензии на сбор, использование, транспортировку отходов. В случае выхода из строя используемых электроники или ламп, отходы передаются в соответствующие компании.

6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Наиболее вероятной чрезвычайной ситуацией при разработке системы мониторинга является пожар на рабочем месте. В качестве противопожарных мероприятий должны быть применены следующие меры:

- в помещении должны находиться средства тушения пожара, средства связи;

- электрическая проводка электрооборудования и осветительных приборов должна быть исправна;
- все сотрудники должны знать место нахождения средств пожаротушения, средств связи и номера экстренных служб;
- все сотрудники должны иметь компетенции по использованию указанных выше средств пожаротушения и связи.

В связи с возможностью возникновения пожара разработан следующий план действий:

- в случае возникновения пожара сообщить о нем руководителю, постараться устранить очаг возгорания имеющимися силами при помощи первичных средств пожаротушения (огнетушитель порошковый, углекислотный О-1П0 (з)-АВСЕ);
- привести в действие ручной пожарный извещатель, если очаг возгорания потушить не удастся;
- сообщить о возгорании в службу пожарной охраны по телефону 01, 101 или 112; сообщить адрес, место и причину возникновения пожара;
- принять меры по эвакуации людей;
- встретить пожарную охрану, при необходимости сообщить всю необходимую информацию и оказать помощь при выборе наилучшего маршрута к очагу возгорания.

Рабочее помещение, использованное при разработке системы, оборудовано в соответствии с требованиями пожарной безопасности: имеются порошковый огнетушитель, пожарная сигнализация и соответствующие средства связи.

6.5 Заключение по разделу

В ходе выполнения работы над разделом «Социальная ответственность» были выявлены опасные и вредные факторы, воздействию которых может подвергнуться сотрудник, разрабатывающий систему автоматизированного мониторинга изменений земной поверхности с использованием данных

дистанционного зондирования Земли. Был проведен анализ нормативной документации.

Рабочее место, использованное при разработке системы, удовлетворяет требованиям безопасности. Выполняемая работа не сопряжена с высоким риском травматизма.

Освещение на рабочем месте соответствует нормам – используется несколько энергосберегающих ламп.

Уровни шума находятся в допустимых пределах – источником шума при эксплуатации ПК могут являться системы охлаждения и хранения постоянной памяти, однако уровень создаваемого ими шума находится в пределах нормы.

Микроклиматические условия соблюдаются за счет использования систем отопления и кондиционирования.

Защита от повреждений статическим электричеством обеспечивается путем защитного заземления и соблюдения правил безопасности на рабочем месте.

Во время работы делаются перерывы для снижения нагрузки и предотвращения нервно-психических перегрузок.

Помещение оборудовано согласно требованиям электробезопасности.

В случае выхода из строя используемой электроники или ламп, отходы передаются в соответствующие компании.

Рабочее помещение оборудовано в соответствии с требованиями пожарной безопасности. Имеется порошковый огнетушитель, а также пожарная сигнализация.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе была обоснована актуальность разработки системы автоматизированного экологического мониторинга, представлены результаты ее проектирования и реализации. Были спроектированы и реализованы сценарии для мониторинга участков лесного покрова припоселковых кедровников и пораженных шелкопрядом участков хвойного леса вблизи поселка Улу-Юл Томской области. Была протестирована способность разработанных сценариев решать поставленные задачи экологического мониторинга с использованием данных ДЗЗ.

В будущем разработанная система может быть расширена: возможно предусмотреть визуальный конструктор для создания и редактирования сценариев, разработать ПО для отображения результатов обработки, реализовать графический пользовательский интерфейс, предусмотреть возможность внедрения клиент-серверной архитектуры с запуском сценариев на удаленном вычислительном узле. Возможна реализация дополнительных сценариев для решения других задач мониторинга.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ

Список публикаций по тематике ВКР:

1. Маслов К.А. Использование данных дистанционного зондирования Земли для оценки состояния лесов, поврежденных шелкопрядом, в Томской области // Труды XXII Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых. Том 1 / Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2018. – С. 648 – 650
2. Маслов К.А. Мониторинг состояния лесов, поврежденных сибирским шелкопрядом, в Томской области с использованием данных дистанционного зондирования Земли // Материалы 56-й Международной научной студенческой конференции, Новосибирск, 22-27 Апреля 2018. – Новосибирск: НГУ, 2018 – С. 25
3. Маслов К.А., Токарева О.С. Анализ динамики состояния хвойных лесов, поврежденных сибирским шелкопрядом, с использованием космических снимков Landsat 8 // Сборник научных трудов международной научной конференции «Энерго-ресурсоэффективность в интересах устойчивого развития» Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2018. – С. 262 – 263
4. Маслов К.А. Анализ динамики состояния хвойных лесов, поврежденных сибирским шелкопрядом, с использованием данных дистанционного зондирования Земли // Сборник трудов XVI Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодежь и современные информационные технологии» / Томский политехнический университет. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2019, С. 98 – 99
5. Маслов К.А., Токарева О.С. Оценка изменения состояния растительного покрова нефтедобывающих территорий с использованием данных дистанционного зондирования Земли // Наука. Технологии. Инновации.

Сборник научных трудов в 9 ч. / под ред. Гадюкиной А.В. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2018. – Часть 2. – С. 56 – 60

6. Маслов К.А. Оценка изменения состояния растительного покрова Васюганского лесничества Томской области с использованием спутниковых снимков Landsat 8 // Сборник трудов XVI Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодежь и современные информационные технологии» / Томский политехнический университет. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2019, С. 96 – 97

7. Маслов К.А. Использование данных дистанционного зондирования Земли для оценки состояния лесов, поврежденных шелкопрядом, в Томской области // Труды XXIII Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых. Принято к опубликованию.

8. Maslov K. Development of a software system for automated monitoring of land-cover change // Научная сессия ТУСУР – 2019. Материалы международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Принято к опубликованию.

Другие публикации:

1. Кондратьева А.А., Маслов К.А., Михайлова Е.В. Искусственные нейронные сети в задачах повышения резкости изображений // Научная сессия ТУСУР – 2017: материалы Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной 55-летию ТУСУРа. В 8 частях, Томск, 10-12 Мая 2017. – Томск: В-Спектр, 2017 – Т. 5 – С. 68 – 70

2. Кондратьева А.А., Маслов К.А., Михайлова Е.В. Искусственные нейронные сети в задачах повышения резкости изображений // Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов XV Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 4-7 Декабря 2017. – Томск: ТПУ, 2018 – С. 319 – 320

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Экологический мониторинг [Электронный ресурс] / ТехноТерра – URL: <http://tterra.ru/articles/ehkologicheskij-monitoring/> (дата обращения: 26.12.2018)
2. Киселевская К.Е. Применения метода дистанционного зондирования Земли для экологического мониторинга // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2009. – № 1. – С. 188 – 190
3. Черепанов А.С., Дружинина Е.Г. Спектральные свойства растительности и вегетационные индексы // Геоматика. – 2009. – № 3. – С. 28 – 32
4. NDVI – теория и практика [Электронный ресурс] / Gis-Lab – URL: <http://gis-lab.info/qa/ndvi.html> (дата обращения: 13.11.2018)
5. Князева С.В., Эйдлина С.П., Жиринов В.М. Дистанционная оценка изменения состояния лесных экосистем за 20-летний период после массового размножения сибирского шелкопряда // Аэрокосмические методы и геоинформационные технологии в лесоведении, лесном хозяйстве и экологии. – 2016. – Т. 6. – № 1. – С. 126 – 129
6. Bannari A., Morin D., Bonn F., Huete A.R. A review of vegetation indices // Remote sensing reviews. – 1995. – Vol. 13: – no. 1 – P. 95 – 120
7. David P.R., Luigi B., Simon N.T. Remote sensing of fire severity: assessing the performance of the normalized burn ratio // IEEE Geoscience and remote sensing letters. – 2006. – Vol. 3. – no. 1 – P. 112 – 116
8. EarthExplorer [Электронный ресурс] / USGS – URL: <https://earthexplorer.usgs.gov/> (дата обращения: 11.05.2019)
9. Landsat Collections [Электронный ресурс] / USGS – URL: <https://www.usgs.gov/land-resources/nli/landsat/landsat-collections> (дата обращения: 24.05.2019)
10. Kovalev A., Tokareva O. Using MODIS NDVI products for vegetation state monitoring on the oil production territory in Western Siberia // MATEC Web of

- Conferences. – 2016. – V. 48. – № 05003. – P. 1–4. URL: <https://doi.org/10.1051/mateconf/20164805003> (дата обращения: 07.11.2018)
11. Полищук Ю.М., Токарева О.С. Методика оценки воздействия техногенного химического загрязнения атмосферы на лесоболотные комплексы в нефтедобывающих районах Западной Сибири // Химия в интересах устойчивого развития. – 2002. – Т. 10. – № 5. – С. 659 – 668
 12. Richards J., Jia Xiuping Remote sensing digital image analysis: an introduction – fourth edition – Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg. – 2006. – 454 p.
 13. Аэрокосмический мониторинг лесного покрова / Седых В.Н. – Новосибирск: Наука.Сиб.отд-ние, 1991. – 239 С.
 14. Зайцева Х.И., Зиновьева И.С. Роль и значение лесного комплекса в экономике РФ // Современные наукоемкие технологии. – 2014. – № 7-1. – С. 132 – 134
 15. Сибирский шелкопряд [Электронный ресурс] / Уральское отделение РАН – URL: <http://insects.botgard.uran.ru/node/6> (дата обращения: 11.11.2017)
 16. Пандемия сибирского шелкопряда [Электронный ресурс] / Департамент лесного хозяйства Томской области – URL: <https://deples.tomsk.gov.ru/pandemija-sibirskogo-shelkoprjada> (дата обращения: 05.10.2017)
 17. Федорова Л.А. Анализ динамики состояния растительного покрова на территориях снегоотвалов с использованием геоинформационных технологий и космических снимков // Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов XIV Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 7-11 Ноября 2016 г.: в 2 т. – Томск: ТПУ, 2016. – Т. 2. – С. 92 – 93
 18. Пасько О.А., Токарева О.С., Алшаиби А., Черникова Т.Ю., Кабраль П. Оценка состояния припоселковых кедровников Томской области с использованием данных дистанционного зондирования Земли // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2019. – Т. 330. – № 1. – С. 98 – 109

19. Лупян Е.А., Савин И.Ю., Барталев С.А., Толпин В.А., Балашов И.В., Плотников Д.Е. Спутниковый сервис мониторинга состояния растительности («ВЕГА») // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2011. – Т. 8. – № 1. – С. 190 – 198
20. Мониторинг территории [Электронный ресурс] / Совзонд – URL: <https://sovzond.ru/products/online-services/monitoring/> (дата обращения: 16.04.2019)
21. EarthExplorer – Service Documentation [Электронный ресурс] / USGS – URL: <https://earthexplorer.usgs.gov/inventory/documentation/json-api#search> (дата обращения: 15.12.2018)
22. User API Operations [Электронный ресурс] / ESPA API – URL: <https://github.com/USGS-EROS/espa-api/blob/master/docs/API-RESOURCES-LIST.md> (дата обращения: 15.12.2018)
23. Гусеницы-вредители поразили кедры и сосны под Томском [Электронный ресурс] / Sibnovosti.ru Томск – URL: <http://tomsk.sibnovosti.ru/society/337852-gusenitsy-vrediteli-porazili-kedry-i-sosny-pod-tomskom> (дата обращения: 25.05.2019)
24. До 98 % шелкопряда уничтожили в кедровнике неподалеку от Томска [Электронный ресурс] / Новости.Здесь Томск – URL: <http://pro-tomsk.tv/News/2017/6/6/Do-98-shelkopryada-unichtozhili-v-kedrovnike-nepodaleku-ot-tomska> (дата обращения: 25.05.2019)
25. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / Видяев И.Г., Серикова Г.Н., Гаврикова Н.А., Шаповалова Н.В., Тухватулина Л.Р., Креницына З.В. Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 36 с.
26. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы: Санитарно-эпидемиологические правила и нормы. – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2003. – 54 с.

27. ГОСТ 12.0.003-2015. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. – Введ. 01.03.2017 – М.: Изд-во стандартов, 2016. – 16 с.
28. ГОСТ 12.1.002-84. Электрические поля промышленной частоты. – Введ. 01.01.86 – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 7 с.
29. ТОИ Р-45-084-01. Типовая инструкция по охране труда при работе на персональном компьютере. – Утверждено Приказом Минсвязи РФ от 2 июля 2001 г. № 162
30. ГОСТ 12.1.033-81. ССБТ. Пожарная безопасность. Термины и определения. – Введ. 01.07.1982 – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 9 с.
31. ГОСТ Р 53692-2009. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. – Введ. 15.12.2009 – М.: Изд-во стандартов, 2011. – 20 с.
32. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений: Санитарные правила и нормы: – М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 2001. – 20 с.

Приложение А
(справочное)
Руководство оператора

ОГЛАВЛЕНИЕ

A.1	Общее описание взаимодействия	82
A.2	Вывод информации о сценариях	83
A.3	Верификация системы и сценариев	83
A.4	Запуск сценариев	84
A.5	Создание нового сценария	85
A.6	Другие способы расширения системы	86

A.1 Общее описание взаимодействия

Взаимодействие с системой осуществляется с помощью интерфейса командной строки, путем вызова утилиты *manager.py* с различными аргументами.

Для доступа к справке *help* приложения и просмотра доступных команд выполните:

```
ПАТН>python manager.py help
Supported params are:
help                to see this message
info [SCENARIO]    to see information about all or specified
scenarios
run [SCENARIO]     to run all or only specified scenarios
verify [SCENARIO] to verify all or only specified scenarios
createscenario SCENARIO to create a new scenario with specified name
```

Пользователю для выполнения доступны следующие команды:

- *help*,
- *info*,
- *run*,
- *verify*,
- *createscenario*.

Команда *help* была показана выше, остальные будут описаны в последующих разделах данного руководства. В случае ошибки интерпретации команды пользователя будет также выведено сообщение справки *help* с указанием списка переданных аргументов, которые не удалось интерпретировать, например:

```
ПАТН>python manager.py execute
Unrecognized params: execute
Supported params are:
help                to see this message
info [SCENARIO]    to see information about all or specified
scenarios
run [SCENARIO]     to run all or only specified scenarios
verify [SCENARIO] to verify all or only specified scenarios
createscenario SCENARIO to create a new scenario with specified name
```

А.2 Вывод информации о сценариях

Для вывода информации о зарегистрированных в системе сценариях используется команда *info*. Чтобы вывести информацию о всех сценариях, достаточно выполнить:

```
ПАТН>python manager.py info
Scenario "CedarForestsScenario" info:
Сценарий для мониторинга состояния припоселковых кедровников Томской области по снимкам Landsat 8 уровня обработки surface reflectance (path-row: 148-21)
period = 24 hours

Scenario "scenario1" info:
Описание сценария scenario1
period = 0.08333333333333333 hours

Scenario "scenario2" info:
Описание сценария scenario2
period = 0.01666666666666666 hours

Scenario "SiberianMothScenario" info:
Сценарий для мониторинга состояния трех участков хвойного леса вблизи поселка Улу-Юл Томской области по снимкам Landsat 8 уровня обработки surface reflectance (path-row: 147/148-20)
period = 12 hours
```

Указав список интересующих сценариев в качестве аргумента, можно ограничиться информацией только о конкретных сценариях:

```
ПАТН>python manager.py info CedarForestsScenario
Scenario "CedarForestsScenario" info:
Сценарий для мониторинга состояния припоселковых кедровников Томской области по снимкам Landsat 8 уровня обработки surface reflectance (path-row: 148-21)
period = 24 hours
```

А.3 Верификация системы и сценариев

Под верификацией системы понимается процесс проверки целостности ее состояния: проверка наличия созданных папок в соответствии с указанными в файле настроек параметрами (в случае их отсутствия система делает попытку их создать), поиск сценариев с одинаковыми именами, верификация каждого сценария в отдельности.

Под верификацией сценария понимается упрощенный процесс проверки сценария на корректность: проверка указанного имени, указанного периода запуска, и объекта *datamanager*, используемого сценарием.

Для запуска верификации системы необходимо выполнить команду *verify*:

```
ПАТН>python manager.py verify
[2019-05-23 06:01:23.717252] Path "logs" checked
[2019-05-23 06:01:23.717252] Path "scenarios\meta" checked
[2019-05-23 06:01:23.717252] Path "E:\DATA" checked
[2019-05-23 06:01:23.717252] Path "E:\DATA\meta" checked
```

```

[2019-05-23 06:01:23.717252] Path "E:\DATA\static" checked
[2019-05-23 06:01:23.717252] Path "E:\PRODUCTS" checked
[2019-05-23 06:01:23.717252] Verifying scenario "CedarForestsScenario"
Scenario "CedarForestsScenario" is verified
[2019-05-23 06:01:23.732876] Verifying scenario "scenario1"
Scenario "scenario1" is verified
[2019-05-23 06:01:23.732876] Verifying scenario "scenario2"
Scenario "scenario2" is verified
[2019-05-23 06:01:23.732876] Verifying scenario "SiberianMothScenario"
Datamanager is not set for the scenario
ERROR: Scenario "SiberianMothScenario" is not verified

```

Указав список интересующих сценариев в качестве аргумента, можно ограничиться верификацией только конкретных сценариев:

```

PATH>python manager.py verify scenario1 scenario2
[2019-05-23 06:04:03.042166] Verifying scenario "scenario1"
Scenario "scenario1" is verified
[2019-05-23 06:04:03.050216] Verifying scenario "scenario2"
Scenario "scenario2" is verified

```

А.4 Запуск сценариев

Для запуска всех зарегистрированных в системе сценариев выполните команду `run` без указания аргументов:

```

PATH>python manager.py run
[2019-05-23 06:06:48.171095] Path "logs" checked
[2019-05-23 06:06:48.171095] Path "scenarios\meta" checked
[2019-05-23 06:06:48.171095] Path "E:\DATA" checked
[2019-05-23 06:06:48.201287] Path "E:\DATA\meta" checked
[2019-05-23 06:06:48.201287] Path "E:\DATA\static" checked
[2019-05-23 06:06:48.201287] Path "E:\PRODUCTS" checked
[2019-05-23 06:06:48.211370] Running scenario "CedarForestsScenario"
[2019-05-23 06:06:48.261708] Running scenario "scenario1"
[2019-05-23 06:06:48.302037] Running scenario "scenario2"
[2019-05-23 06:06:48.360665] ERROR: Scenario "SiberianMothScenario" is not run
due to the verification failure
. . .

```

Обратите внимание, что система автоматически выполняет проверку наличия необходимых каталогов файловой системы и верификацию сценариев. Сценарии, не прошедшие верификацию, не будут запущены.

Для запуска конкретных сценариев, укажите их имена в качестве аргументов команды `run`:

```

PATH>python manager.py run CedarForestsScenario
[2019-05-23 06:09:54.101318] Path "logs" checked
[2019-05-23 06:09:54.101318] Path "scenarios\meta" checked
[2019-05-23 06:09:54.101318] Path "E:\DATA" checked
[2019-05-23 06:09:54.101318] Path "E:\DATA\meta" checked
[2019-05-23 06:09:54.101318] Path "E:\DATA\static" checked
[2019-05-23 06:09:54.116942] Path "E:\PRODUCTS" checked
[2019-05-23 06:09:54.123452] Running scenario "CedarForestsScenario"
. . .

```

A.5 Создание нового сценария

Штатным средством расширения системы является добавление новых сценариев. Для того, чтобы создать сценарий, необходимо воспользоваться командой *createscenario*:

```
PATH>python manager.py createscenario My new scenario
Scenario "MyNewScenario" created. Check its files at:
PATH\scenarios\mynewscenario.py
PATH\scenarios\configs\mynewscenarioconfig.py
```

Система сообщит о создании нового сценария и укажет пути для доступа к файлам для его модификации. Заметьте, что имя сценария в связи с ограничением на одно слово не обязано совпадать с вводом пользователя (на примере выше «My new scenario» было преобразовано в «MyNewScenario»).

Созданный файл с классом сценария приведен ниже:

```
from scenarios.abstractscenario import AbstractScenario
from scenarios.configs import mynewscenarioconfig as config

class MyNewScenario(AbstractScenario):
    BASE = False

    def __init__(self):
        super().__init__(config)

    def process_data_item(self, data_item):
        raise NotImplementedError()
```

Здесь оператору предлагается реализовать метод *process_data_item* для обработки данных, полученных *datamanager*, при этом *datamanager* предоставляет в качестве объекта, описывающего полученные данные, объект *data_item*. Структура и внутреннее устройство объекта зависит от реализации *datamanager*.

Созданный конфигурационный файл сценария приведен ниже:

```
import datamanagers
import loggers

NAME = 'MyNewScenario'
DESCRIPTION = '''Place here the description of your scenario'''
DATAMANAGER = None # Change None to the appropriate datamanager object
PERIOD = 24 # [hours]
LOGGER = loggers.CombinedLogger(
    loggers.ConsoleLogger(),
    loggers.FileLogger('MyNewScenario')
)
```

Здесь оператору предлагается добавить описание созданного сценария, отредактировать период его запуска и проинициализировать объект

DATAMANAGER для доступа к данным. В случае необходимости, пользователь также может настроить способы журналирования с помощью объекта *LOGGER* для сценария.

А.6 Другие способы расширения системы

Пользователю как разработчику доступны более гибкие методы расширения и изменения поведения системы через реализацию новых классов и внесения изменений в имеющиеся в связи с открытостью исходных кодов.

Типичными сценариями расширения функциональности являются:

- добавление наследников класса *AbstractDataManager* в пакет *datamanagers* для обеспечения новых способов доступа к данным из внешних ресурсов;
- добавление наследников класса *AbstractLogger* в пакет *loggers* для обеспечения новых способов журналирования;
- ручное создание наследников класса *AbstractScenario* в пакете *scenario* в случае, если оператор сочтет это более целесообразным способом.

Приложение Б
(обязательное)
Диаграмма реализации

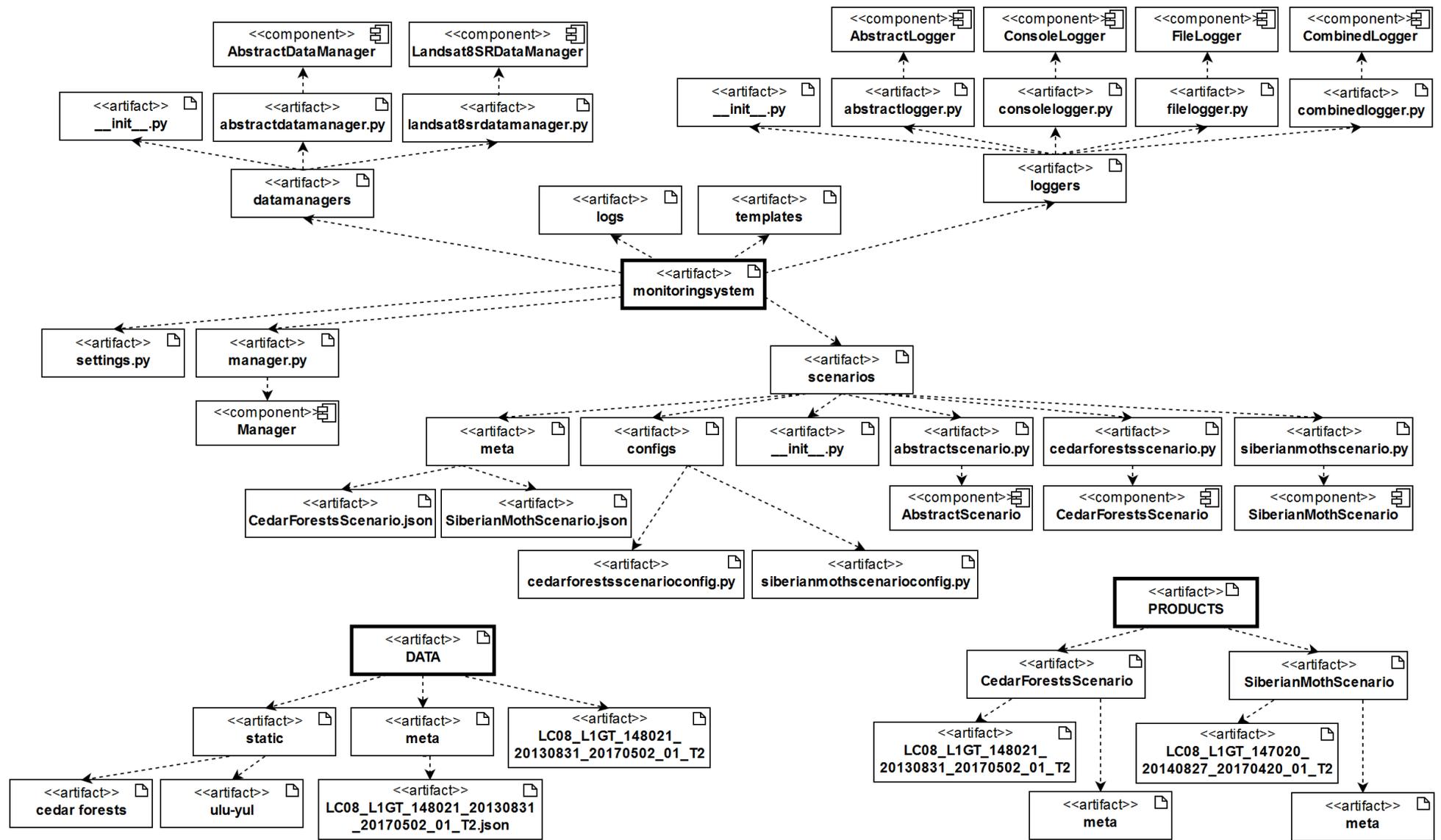


Рисунок Б.1 – Диаграмма реализации

Приложение В

(обязательное)

Собранная зональная статистика для припоселковых кедровников

Таблица В.1 – Полученная зональная статистика для кедровников (цветом выделены результаты для безоблачных в границах всех кедровников КС)

Дата съемки	Кедровники																				
	Аксеновский			Белоусовский			Богашевский			Лесной парк у села Яр			Лоскутовский			Лучаново-Ипатовский			Магадаевский		
	NDVI	NDWI	Доля облаков	NDVI	NDWI	Доля облаков	NDVI	NDWI	Доля облаков	NDVI	NDWI	Доля облаков	NDVI	NDWI	Доля облаков	NDVI	NDWI	Доля облаков	NDVI	NDWI	Доля облаков
14.07.2013	0,861	0,428	0,000	0,859	0,430	0,000	0,861	0,433	0,000	0,853	0,419	0,000	0,864	0,429	0,000	0,867	0,427	0,000	0,861	0,432	0,000
30.07.2013	0,844	0,444	0,000	0,861	0,453	0,000	0,829	0,466	0,000	0,825	0,440	0,000	0,838	0,456	0,000	0,847	0,447	0,000	0,834	0,469	0,000
15.08.2013	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000
31.08.2013	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000
01.07.2014	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000	0,787	0,405	0,958	–	–	1,000	0,864	0,457	0,884	–	–	1,000
17.07.2014	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000
02.08.2014	0,842	0,447	0,544	0,850	0,472	0,209	0,861	0,471	0,010	–	–	1,000	0,815	0,397	0,429	0,832	0,458	0,979	0,849	0,456	0,252
18.08.2014	0,842	0,419	0,000	0,848	0,441	0,000	0,857	0,454	0,000	0,839	0,429	0,000	0,843	0,427	0,000	0,852	0,416	0,000	0,852	0,445	0,000
04.07.2015	–	–	1,000	–	–	1,000	0,523	0,266	0,712	–	–	1,000	–	–	1,000	0,456	0,248	0,715	0,641	0,258	0,869
20.07.2015	0,847	0,426	0,000	0,847	0,439	0,005	0,856	0,451	0,000	0,842	0,428	0,013	0,846	0,423	0,000	0,852	0,422	0,000	0,850	0,443	0,000
05.08.2015	–	–	1,000	–	–	1,000	0,902	0,540	0,962	0,869	0,461	0,817	0,884	0,455	0,146	0,868	0,438	0,581	0,886	0,486	0,975
21.08.2015	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000
06.07.2016	0,852	0,448	0,821	–	–	1,000	0,807	0,542	0,964	0,851	0,444	0,044	0,856	0,480	0,809	0,846	0,445	0,931	0,845	0,466	0,885
22.07.2016	0,850	0,439	0,000	0,849	0,447	0,000	0,857	0,452	0,000	0,838	0,435	0,000	0,844	0,435	0,000	0,856	0,426	0,000	0,847	0,446	0,000
07.08.2016	0,858	0,416	0,987	0,864	0,447	0,000	0,856	0,505	0,785	0,853	0,434	0,452	0,853	0,430	0,173	0,862	0,429	0,734	0,857	0,445	0,099
23.08.2016	0,850	0,414	0,000	0,851	0,428	0,000	0,862	0,444	0,000	0,845	0,416	0,043	0,851	0,410	0,000	0,846	0,393	0,003	0,855	0,433	0,000
09.07.2017	0,887	0,466	0,063	0,880	0,458	0,000	–	–	1,000	0,872	0,448	0,467	0,900	0,474	0,415	0,859	0,422	0,794	0,873	0,448	0,604
25.07.2017	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000
10.08.2017	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000	0,865	0,459	0,979	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000
26.08.2017	0,830	0,414	0,000	0,832	0,425	0,000	0,845	0,449	0,000	0,821	0,405	0,000	0,819	0,404	0,000	0,808	0,355	0,000	0,830	0,417	0,000
12.07.2018	0,860	0,451	0,000	0,854	0,450	0,000	0,860	0,462	0,000	0,849	0,436	0,000	0,851	0,443	0,000	0,846	0,403	0,000	0,855	0,453	0,000
28.07.2018	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000
13.08.2018	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000
29.08.2018	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000
Дата съемки	Кедровники																				
	Нижне-Сеченовский			Петровский			Петуховский			Плотниковский			Протопоповский			Трубачевский			Вороновский		
	NDVI	NDWI	Доля облаков	NDVI	NDWI	Доля облаков	NDVI	NDWI	Доля облаков	NDVI	NDWI	Доля облаков	NDVI	NDWI	Доля облаков	NDVI	NDWI	Доля облаков	NDVI	NDWI	Доля облаков
14.07.2013	0,863	0,435	0,000	0,841	0,423	0,000	0,856	0,422	0,000	0,867	0,417	0,000	0,863	0,420	0,000	0,862	0,411	0,000	0,861	0,422	0,000
30.07.2013	0,852	0,479	0,017	0,811	0,454	0,000	0,856	0,458	0,000	0,853	0,436	0,000	0,830	0,431	0,000	0,811	0,396	0,000	0,854	0,448	0,000
15.08.2013	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000
31.08.2013	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000
01.07.2014	0,836	0,438	0,530	0,834	0,421	0,000	–	–	1,000	0,816	0,421	0,928	0,817	0,415	0,799	–	–	1,000	–	–	1,000
17.07.2014	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000
02.08.2014	–	–	1,000	–	–	1,000	0,848	0,474	0,923	0,832	0,444	0,978	–	–	1,000	–	–	1,000	0,847	0,447	0,663
18.08.2014	0,869	0,452	0,000	0,764	0,362	0,810	0,844	0,438	0,000	0,843	0,415	0,000	0,840	0,409	0,000	0,852	0,423	0,000	0,845	0,428	0,000
04.07.2015	–	–	1,000	0,324	0,262	0,987	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000
20.07.2015	0,860	0,440	0,000	0,827	0,422	0,000	0,844	0,420	0,000	0,846	0,406	0,012	0,845	0,413	0,000	0,850	0,415	0,000	0,847	0,416	0,132
05.08.2015	0,869	0,445	0,527	0,872	0,441	0,997	0,869	0,442	0,201	0,860	0,413	0,916	0,860	0,411	0,408	–	–	1,000	–	–	1,000
21.08.2015	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000
06.07.2016	0,887	0,489	0,773	0,849	0,443	0,003	0,856	0,460	0,524	0,881	0,494	0,953	0,844	0,434	0,876	0,859	0,513	0,000	0,855	0,463	0,820
22.07.2016	0,857	0,457	0,000	0,825	0,431	0,000	0,841	0,442	0,000	0,845	0,426	0,000	0,841	0,412	0,000	0,853	0,434	0,000	0,846	0,440	0,000
07.08.2016	0,862	0,436	0,765	0,772	0,382	0,992	0,862	0,442	0,402	0,861	0,412	0,504	0,784	0,336	0,999	–	–	1,000	0,871	0,437	0,751
23.08.2016	0,862	0,436	0,121	0,840	0,421	0,401	0,849	0,421	0,203	0,845	0,402	0,082	0,834	0,368	0,000	0,821	0,365	0,000	0,855	0,416	0,009
09.07.2017	0,893	0,505	0,047	0,839	0,458	0,959	0,881	0,455	0,719	0,890	0,462	0,601	0,892	0,473	0,937	–	–	1,000	0,883	0,448	0,903
25.07.2017	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000
10.08.2017	0,883	0,450	0,803	–	–	1,000	0,849	0,446	0,998	–	–	1,000	0,853	0,408	0,836	–	–	1,000	–	–	1,000
26.08.2017	0,837	0,413	0,000	0,824	0,423	0,000	0,827	0,417	0,000	0,815	0,375	0,000	0,815	0,378	0,000	0,832	0,396	0,000	0,828	0,407	0,000
12.07.2018	0,872	0,465	0,000	0,841	0,437	0,000	0,851	0,442	0,000	0,860	0,431	0,000	0,859	0,432	0,000	0,865	0,445	0,000	0,858	0,446	0,000
28.07.2018	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000
13.08.2018	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000
29.08.2018	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000

Приложение Г

(обязательное)

Собранная зональная статистика для пораженных шелкопрядом участков хвойного леса

Таблица Г.1 – Полученная зональная статистика для участков хвойного леса вблизи поселка Улу-Юл (цветом выделены результаты для безоблачных в границах всех участков КС)

Дата съемки	Участки хвойного леса								
	Участок 1			Участок 2			Участок 3		
	NDVI	NDWI	Доля облаков	NDVI	NDWI	Доля облаков	NDVI	NDWI	Доля облаков
05.06.2013	0,732	0,338	0,991	0,729	0,347	0,982	0,770	0,367	0,546
12.06.2013	0,781	0,361	0,965	–	–	1,000	0,837	0,434	0,983
21.06.2013	0,781	0,354	0,370	0,776	0,327	0,018	0,797	0,360	0,041
28.06.2013	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000
07.07.2013	0,821	0,384	0,520	0,767	0,345	0,915	0,751	0,380	0,700
14.07.2013	0,835	0,391	0,086	0,821	0,379	0,106	0,826	0,388	0,000
23.07.2013	0,830	0,394	0,242	0,796	0,371	0,344	0,804	0,397	0,141
30.07.2013	0,815	0,422	0,007	0,793	0,402	0,022	0,805	0,425	0,045
08.08.2013	0,791	0,403	0,000	0,774	0,381	0,000	0,797	0,410	0,000
15.08.2013	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000
24.08.2013	0,829	0,418	0,714	0,785	0,437	0,848	0,831	0,403	0,570
31.08.2013	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000
08.06.2014	0,568	0,274	0,998	0,695	0,306	0,520	–	–	1,000
15.06.2014	0,785	0,332	0,000	0,758	0,297	0,000	0,759	0,331	0,000
24.06.2014	0,823	0,372	0,000	0,798	0,334	0,000	0,815	0,368	0,000
01.07.2014	0,820	0,411	0,702	0,774	0,376	0,845	0,821	0,403	0,345
10.07.2014	0,867	0,439	0,680	0,852	0,406	0,750	–	–	1,000
17.07.2014	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000
26.07.2014	0,824	0,424	0,532	0,802	0,388	0,751	0,822	0,400	0,000
02.08.2014	0,836	0,431	0,039	0,809	0,405	0,000	0,812	0,420	0,000
11.08.2014	0,825	0,431	0,969	0,807	0,408	0,920	0,822	0,411	0,114
18.08.2014	0,823	0,423	0,220	0,805	0,399	0,000	0,811	0,432	0,333
27.08.2014	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000
02.06.2015	0,811	0,385	0,569	0,784	0,346	0,735	0,737	0,359	0,989
11.06.2015	0,824	0,410	0,879	0,835	0,405	0,880	0,848	0,439	0,947
18.06.2015	0,830	0,395	0,166	0,795	0,362	0,567	–	–	1,000
27.06.2015	0,834	0,391	0,000	0,818	0,364	0,000	0,823	0,386	0,007
04.07.2015	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000
13.07.2015	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000
20.07.2015	0,828	0,391	0,000	0,816	0,369	0,000	0,815	0,381	0,000
29.07.2015	0,837	0,439	0,893	0,825	0,425	0,932	0,841	0,415	0,793
05.08.2015	0,852	0,418	0,692	0,846	0,420	0,642	0,832	0,397	0,607
14.08.2015	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000
21.08.2015	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000
30.08.2015	0,792	0,358	0,336	0,769	0,344	0,718	0,744	0,345	0,549
04.06.2016	0,784	0,323	0,000	0,761	0,298	0,000	0,778	0,326	0,000
13.06.2016	0,782	0,354	0,000	0,735	0,319	0,000	0,781	0,348	0,000
20.06.2016	0,817	0,424	0,986	–	–	1,000	–	–	1,000
29.06.2016	0,835	0,429	0,420	0,808	0,402	0,213	0,826	0,402	0,179
06.07.2016	0,829	0,427	0,773	0,811	0,401	0,851	0,822	0,413	0,749
15.07.2016	0,792	0,406	0,605	0,757	0,380	0,338	0,794	0,389	0,638
22.07.2016	0,805	0,421	0,000	0,777	0,387	0,000	0,779	0,381	0,000
31.07.2016	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000

Продолжение таблицы Г.1

Дата съёмки	Участки хвойного леса								
	Участок 1			Участок 2			Участок 3		
	NDVI	NDWI	Доля облаков	NDVI	NDWI	Доля облаков	NDVI	NDWI	Доля облаков
07.08.2016	0,830	0,403	0,585	0,820	0,373	0,420	0,787	0,444	0,829
16.08.2016	0,807	0,366	0,287	0,750	0,353	0,703	0,769	0,348	0,000
23.08.2016	0,806	0,368	0,372	0,803	0,399	0,799	0,787	0,339	0,425
07.06.2017	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000
16.06.2017	0,750	0,266	0,113	0,753	0,286	0,063	0,751	0,270	0,000
23.06.2017	0,818	0,392	0,881	0,828	0,390	0,536	0,829	0,404	0,902
02.07.2017	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000
09.07.2017	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000
18.07.2017	0,796	0,315	0,436	0,800	0,342	0,509	0,767	0,330	0,346
25.07.2017	0,730	0,311	0,954	–	–	1,000	0,641	0,301	0,999
03.08.2017	0,789	0,297	0,081	0,806	0,350	0,389	0,776	0,286	0,000
10.08.2017	0,824	0,382	0,983	0,844	0,384	0,797	0,823	0,342	0,754
19.08.2017	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000
26.08.2017	0,746	0,290	0,000	0,745	0,323	0,000	0,687	0,233	0,000
03.06.2018	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000
10.06.2018	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000
19.06.2018	0,796	0,307	0,000	0,768	0,289	0,000	0,701	0,153	0,069
26.06.2018	0,783	0,335	0,307	0,762	0,324	0,409	0,698	0,189	0,063
05.07.2018	0,795	0,289	0,997	–	–	1,000	–	–	1,000
12.07.2018	0,832	0,351	0,000	0,813	0,342	0,000	0,736	0,202	0,036
21.07.2018	0,811	0,364	0,078	0,782	0,371	0,458	–	–	1,000
28.07.2018	0,850	0,442	0,992	0,784	0,361	0,960	–	–	1,000
06.08.2018	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000
13.08.2018	0,804	0,380	0,910	–	–	1,000	–	–	1,000
22.08.2018	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000
29.08.2018	–	–	1,000	–	–	1,000	–	–	1,000
06.06.2019	0,711	0,251	0,134	0,704	0,239	0,007	0,640	0,149	0,022

Приложение Д
(справочное)

Дипломы за доклады на конференциях по тематике работы

Министерство образования и науки Российской Федерации
Национальный исследовательский Томский политехнический университет
Инженерная школа природных ресурсов

ДИПЛОМ

награждается

Маслов Константин Андреевич
(руководитель Токарева О.С.)

студент группы 8И5Б
Национального исследовательского
Томского политехнического университета
за доклад

«ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО
ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ДЛЯ ОЦЕНКИ
СОСТОЯНИЯ ЛЕСОВ, ПОВРЕЖДЕННЫХ
ШЕЛКОПРЯДОМ, В ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ»,
представленный на XXII Международном научном симпозиуме
студентов и молодых ученых имени академика М.А. Усова
«ПРОБЛЕМЫ ГЕОЛОГИИ И ОСВОЕНИЯ НЕДР»

2-7 апреля 2018 г.
г. Томск, Россия

Директор ИШПР ТПУ

А.С. Боев

Рисунок Д.1 – Диплом (XXII симпозиум им. Усова)

ДИПЛОМ

I степени

НАГРАЖДАЕТСЯ

МАСЛОВ КОНСТАНТИН АНДРЕЕВИЧ

студент Томского политехнического университета

за доклад, представленный на

**XVI Международной научно-практической конференции
студентов, аспирантов и молодых ученых
«Молодёжь и современные информационные технологии»**

**«ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА
ВАСЮГАНСКОГО ЛЕСНИЧЕСТВА ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПУТНИКОВЫХ СНИМКОВ LANDSAT 8»**

3-7 декабря 2018 г.

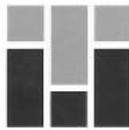
г. Томск

**Проректор по научной работе и
инновациям**

И.Б. Степанов



Рисунок Д.3 – Диплом (МСИТ - 2018)



ТОМСКИЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

ДИПЛОМ

II СТЕПЕНИ

НАГРАЖДАЕТСЯ

МАСЛОВ КОНСТАНТИН АНДРЕЕВИЧ

студент

*Национального исследовательского
Томского политехнического университета*

за доклад

***«ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО
ПОКРОВА ВАСЮГАНСКОГО ЛЕСНИЧЕСТВА ТОМСКОЙ
ОБЛАСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОСМИЧЕСКИХ
СНИМКОВ»***,

*представленный на XXIII Международном научном
симпозиуме студентов и молодых ученых
имени академика М.А. Усова*

«ПРОБЛЕМЫ ГЕОЛОГИИ И ОСВОЕНИЯ НЕДР»

*8 – 12 апреля 2019 года
г. Томск*



ЧУБИК
Пётр Савельевич

Врио ректора Томского
политехнического
университета

Рисунок Д.4 – Диплом (XXIII симпозиум им. Усова)



TUSUR | TUSUR
UNIVERSITY

Диплом II степени

награждается

Маслов

Константин Андреевич

за лучший доклад на
Международной научно-технической конференции
студентов, аспирантов и молодых ученых
«**НАУЧНАЯ СЕССИЯ ТУСУР**»

секция 3 «Информационные технологии и системы»
подсекция 3.7 «Разработка программного обеспечения»

Председатель конференции



А.А. Шелупанов
Ректор ТУСУРа

22 – 24 мая 2019 г.

г. Томск

Рисунок Д.5 – Диплом (Научная сессия ТУСУР 2019)