

**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

**БАКАЛАВАРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Разработка системы классификации изображений с использованием объектно-ориентированного метода</b>

УДК 004.932.7:528.77

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ИББ	Захваткин Александр Сергеевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ	Буркатовская Ю.Б.	к.ф.-м.н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Рыжакина Т.Г.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД	Белоенко Е.В.	к.т.н.		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ**

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

Томск 2020 г

## Запланированные результаты обучения по ООП

Код результатов	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<b>Профессиональные и общепрофессиональные компетенции</b>	
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.
<b>Универсальные (общекультурные) компетенции</b>	
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) (ФИО)

**Задание  
на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы
---------------------

Студенту:

Группа	ФИО
8И6Б	Захваткину Александру Сергеевичу

Тема работы:

<b>Разработка системы классификации изображений с использованием объектно-ориентированного метода</b>
Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• алгоритмы классификации изображения, использующие объектно-ориентированный метод, и их возможные реализации</li><li>• алгоритмы обработки изображений</li></ul>
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Постановка цели и задачи исследования</li><li>• Анализ существующих методов классификации изображений</li><li>• Анализ существующих алгоритмов классификации</li><li>• Разработка собственного алгоритма классификации</li><li>• Выбор методов и средств разработки</li><li>• Проектирование системы</li></ul>

	• Реализация системы
<b>Перечень графического материала</b>	Диаграмма классов, блок схема алгоритма, изображения результирующей сегментации
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Рыжакина Т.Г.
Социальная ответственность	Белоенко Е.В.
<b>Название разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранных языках:</b>	

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	27.01.2020 г.
---	---------------

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
8И6Б	Захваткин Александр Сергеевич		

**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 2019/2020 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа
---------------------

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН**  
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентов выполненной работы	08.06.2020 г.
---	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
09.03.2020	Анализ предметной области	20
06.04.2020	Проектирование программного обеспечения	20
25.05.2020	Реализация программного обеспечения	35
08.06.2020	Финансовый менеджмент	15
08.06.2020	Социальная ответственность	10

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ	Буркатовская Ю.Б.	к.ф.-м.н.		

**СОГЛАСОВАНО:**

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

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
8И6Б	Захваткину Александру Сергеевичу

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

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Оклад инженера –26300 руб. Оклад руководителя – 35120 руб.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Премиальный коэффициент 30 %; Коэффициент доплат и надбавок 20 %; Районный коэффициент 30 %; Коэффициент дополнительной заработной платы 12 %; Накладные расходы 16 %.
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 30 %.

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Анализ конкурентных технических решений
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Формирование плана и графика разработки: – Определение структуры работ, – Определение трудоемкости работ, – Создание диаграммы Ганта Формирование бюджета затрат на разработку: – Материальные затраты, – Затраты на специальное оборудование, – Заработная плата (основная и дополнительная) – Социальные отчисления – Накладные расходы
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>Определить оценку ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Альтернативы проведения НИ
4. Диаграмма Ганта
5. Расчет бюджетных затрат

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	31.01.2020
---	------------

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ОСГН	Рыжакина Т.Г.	к.э.н.		31.01.2020

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8И6Б	Захваткин Александр Сергеевич		31.01.2020

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8И6Б	Захваткину Александру Сергеевичу

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

Тема ВКР:

<b>Разработка системы классификации изображений с использованием объектно-ориентированного метода</b>	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования являются алгоритмы классификации изображения, использующие объектно-ориентированный метод, и их возможные реализации. Разработанная система может применяться при анализе данных дистанционного зондирования Земли с высоким пространственным разрешением для анализа городской среды.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Специальные правовые нормы трудового законодательства при работе с компьютером и орг. техникой</li> <li>– Требования к организации рабочих мест пользователей</li> <li>– «Трудовой Кодекс Российской Федерации» от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 24.04.2020)</li> <li>– СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы»</li> <li>– СанПиН 2.2.4.542-96 «Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы»</li> </ul>
<b>2. Производственная безопасность:</b> 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	Проведен анализ выявленных вредных и опасных факторов: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Отклонения показателей микроклимата</li> <li>– Повешенный уровень электромагнитного излучения</li> <li>– Недостаточная освещенность рабочей зоны</li> <li>– Превышение уровня шума и вибрации</li> <li>– Перенапряжение зрительного анализатора</li> </ul>
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	Воздействие объекта на атмосферу и гидросферу отсутствует. Рассмотрено влияние на литосферу при утилизации компьютера, используемого в разработке, и люминесцентных ламп освещения.
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	Возможные ЧС: пожар, терроризм Наиболее вероятная ЧС: пожар

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	31.01.2020
--	------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД	Белоенко Е.В.	К.Т.Н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8И6Б	Захваткин Александр Сергеевич		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа: 89 с., 19 рис., 25 табл., 23 источника.

Ключевые слова: классификация, сегментация, графы, автоматизация, анализ изображений, программное обеспечение, космические снимки.

Объектом исследования являются алгоритмы классификации изображения, использующие объектно-ориентированный метод, и их возможные реализации.

Цель работы: разработка системы классификации изображений с использованием объектно-ориентированного метода классификации.

В процессе исследования проводились: анализ предметной области, разработка алгоритма, проектирование системы, реализация системы.

В результате исследования: разработано программное обеспечение, позволяющее сегментировать изображение и провести классификацию на основании сегментирования.

Область применения: разработанное программное обеспечение может использоваться для анализа космических снимков.

## **ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ**

В данной работе применены следующие обозначения и сокращения:

ДЗЗ – дистанционное зондирование Земли;

ИС – информационная система;

ПО – программное обеспечение;

NDVI – нормализованный относительный индекс растительности;

ОС – операционная система;

ЧС – чрезвычайная ситуация.

## Оглавление

Введение .....	14
1 Аналитический обзор.....	16
1.1 Актуальность работы .....	16
1.2 Описание объектно-ориентированного метода .....	16
1.3 Методы сегментации изображения .....	21
1.4 Описание нового алгоритма сегментации .....	22
1.5 Модификация нового алгоритма сегментации .....	28
2 Выбор методов и средств разработки .....	32
2.1 Выбор языка программирования.....	32
2.1.1 Язык программирования Java.....	32
2.1.2 Язык программирования Python.....	33
2.1.3 Язык программирования C++ .....	33
2.1.4 Язык программирования C# .....	34
2.2 Выбор среды разработки.....	34
2.2.1 Project Rider .....	35
2.2.2 Visual Studio Community .....	35
3 Проектирование и реализация .....	36
3.1 Проектирование пользовательского интерфейса .....	36
3.2 Проектирование структур для представления графов .....	39
3.3 Проектирование структур для задания каналов для анализа.....	40
3.4 Проектирование структур для реализации алгоритма сегментации .....	40
3.5 Проектирование структур для реализации классификации.....	42
4 Результаты реализации системы .....	44
5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережени....	49
5.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения .....	49
5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	49
5.1.2 Анализ конкурентных технических решений.....	49
5.1.3 SWOT-анализ.....	52

5.2. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований .....	55
5.3. Планирование научно-исследовательских работ .....	56
5.3.1 Структура работ в рамках научного исследования .....	56
5.3.2 Определение трудоёмкости выполнения работ .....	58
5.3.3 Разработка графика проведения научного исследования .....	58
5.3.4 Бюджет научно-технического исследования .....	64
5.4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования ..	71
Выводы по разделу.....	73
6 Социальная ответственность .....	74
Введение .....	74
6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности ...	74
6.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства .....	74
6.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны .....	75
6.2 Производственная безопасность .....	76
6.2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов .....	76
6.2.2 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя (работающего).....	82
6.3 Экологическая безопасность .....	83
6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	84
6.5 Выводы по разделу .....	85
Заключение .....	86
Список использованных источников .....	87

## Введение

Анализ изображений является одной из наиболее быстро развивающихся областей информационных технологий. Одной из важных областей анализа служит определение объектов на изображении. Решение данной задачи позволяет не только классифицировать отдельные изображения в зависимости от их содержания, а также проводить классификацию объектов внутри одного изображения [1]. Это часто может использоваться при проведении анализа космических снимков.

Задача сегментации изображения и проведения классификации, находящихся на изображении объектов, может применяться в различных областях, например, при анализе городской среды, мониторинге экологической ситуации, анализе сельскохозяйственных угодий, выделении отдельных объектов из изображения. При этом проведение данного процесса полностью вручную, без автоматизации, может занимать большое время и приводить к возникновению ошибок.

Целью работы является разработка системы классификации изображений с использованием объектно-ориентированного метода классификации.

Задачи работы:

- Проведение анализа существующих алгоритмов сегментации и классификации.
- Разработка собственного алгоритма сегментации на основе проведенного анализа
- Проектирование и реализацию системы, позволяющей проводить сегментацию и классификацию на основе разработанного алгоритма.

Объектом исследования являются алгоритмы классификации изображения, использующие объектно-ориентированный метод, и их возможные реализации.

Предмет исследования: применение алгоритма классификации объектно-ориентированным методом.

В первой главе разобрана актуальность данной работы, приведено описание объектно-ориентированного метода, описаны различные методы сегментации, приведено описание нового алгоритма сегментации и описание разработанной модификации данного алгоритма.

Во второй главе данной работы анализируются возможные средства для разработки данной системы, и приводится обоснование выбора конкретных средств для реализации системы.

В третьей главе представлено проектирование пользовательского интерфейса данной системы, приведен проект классов, которые необходимо реализовать для работы системы.

В четвертой главе представлены результаты реализации системы.

В пятой главе изложены вопросы, связанные с финансовым менеджментом и ресурсоэффективностью разработки.

В шестой главе рассмотрены экологическая безопасность и техника безопасности работников на рабочем месте.

Результатом работы должна стать система, позволяющая проводить автоматическую сегментацию изображений с возможностью классификации полученных сегментов.

## **1 Аналитический обзор**

### **1.1 Актуальность работы**

В данный момент существует множество различных методов для классификации изображений. Однако не все методы являются универсальными. Объектно-ориентированный метод является наиболее современным, он может быть легко модифицирован для выполнения конкретной задачи. В данной работе данный метод будет использоваться для анализа объектов на космических снимках, однако он может быть использован и для классификации обычных изображений.

Абсолютное большинство программ, проводящих классификацию, являются платными, следовательно, доступ к ним ограничен. Разработка же собственного программного обеспечения, выполняющего подобную задачу, даст возможность проводить анализ без использования дорогостоящих аналогов.

### **1.2 Описание объектно-ориентированного метода**

В отличие от классификации изображений на основании значений пикселей (контролируемая и неконтролируемая классификация), объектно-ориентированный метод появился позднее: в 1990-ых годах. Своё наибольшее распространение подход получил в середине 2000-ых. Если контролируемая и неконтролируемая классификации лучшим образом подходят для снимков с низким и средним пространственным разрешением, то в случае с объектно-ориентированным методом – для снимков с высоким пространственным разрешением.

В данном подходе происходит анализ и классификация изображений на уровне объектов, а не пикселей. Объекты формируются как группы пикселей на основании различных критериев. Поэтому при анализе используются не только значения спектральных яркостей пикселей изображения, а также геометрические, статистические, текстурные и другие характеристики. Различные вариации алгоритма могут использовать

различные характеристики. Например: площадь, протяженность, статистики распределения яркости, угловые характеристики [1].

Основными причинами появления объектно-ориентированного подхода можно считать:

- Необходимость в улучшенных интерпретирующих значениях данных дистанционного зондирования Земли для различных приложений
- Необходимость в увеличении доступности данных высокого разрешения с классифицированными данными
- Увеличение уровня развития технологического оборудования и алгоритмов, используемых для обработки данных дистанционного зондирования Земли.

Несмотря на то, что реализация объектно-ориентированного метода для классификации изображения может значительно отличаться, общая схема алгоритма остается одинаковой [2]. Общая схема алгоритма показана на рисунке 1.



Рисунок 1 - Общая схема алгоритма

В качестве входных данных алгоритм принимает мультиспектральное изображение. В зависимости от цели при решении определенных задач могут добавляться дополнительные вспомогательные слои с данными, которые могут быть полезны в процессе сортировки полученных сегментов в классы объектов. Такими слоями могут быть представлены тематической маской, используемой для включения / исключения определенных областей, или же, например, слой с данными, описывающим геоморфологические (уклон, высота) или другие свойства поверхности.

Предобработка используется для улучшения качества изображения. Данный пункт может включать процедуры радиометрической и атмосферной коррекции, фильтрации шума или преобразования яркостного пространства. Данный пункт может опускаться при достаточно высоком качестве исходного изображения и удовлетворительном результате классификации.

Наиболее сложным процессом является проведение сегментации, при которой получается нужное количество пространственных объектов, отличающихся по различным характеристикам. При проведении сегментации используются мер однородности (параметров) – для разделения изображения на однородные сегменты путем группировки соседних пикселей со схожими значениями различных характеристик (яркость, текстура, цвет и т.д.). Стоит отметить, что сегментированное таким образом изображение не представляет собой реальный объект на изображении, а скорее составные части объекта. Если сегментация будет проведена оптимально, то ожидается, что изображение будет разбито на семантически важные сегменты, которые можно распознать и классифицировать на следующих этапах.

В большинстве случаев для сегментации используются два типа алгоритмов: алгоритм, основанный на поиске границ, алгоритм наращивания областей или же комбинация этих двух алгоритмов. Выбор алгоритма зависит от данных, выбора параметров и цели анализа. Алгоритмы сегментации группируют отдельные пиксели на сегменты в соответствии со следующими критериями: однородность внутри сегмента, способность отделяться от соседних элементов (разнородных) и однородность формы. Поскольку три критерия иногда противоречат друг другу и поэтому не могут быть выполнены одновременно, алгоритмы сегментации отдают предпочтение одному или двум из них.

Процесс сегментации сталкивается с двумя распространенными проблемами: одна – чрезмерная сегментация, при которой контраст между соседними сегментами слишком велик, а другая – недостаточная сегментация, в которой контраст недостаточен, поэтому сегменты не отличаются [3].

Атрибуты сегмента описывают характеристики отдельных сегментов. Они могут быть следующими: геометрические (например, площадь, периметр, продолговатость, компактность), спектральные (например, среднее значение, среднеквадратичное отклонение, минимальное и максимальное

значение каждой полосы), текстурные (например, диапазон, энтропия, изменчивость), атрибуты пропорции полосы спектра (например, индекс растительности), контекстные (например, близость соседних пикселей, расстояние), временные (например, промежуток времени, дата, стабильность) и другие атрибуты. Количество вычисляемых атрибутов может достигать несколько десятков.

Классификация объектов (семантическая) использует характеристики сегментов для сортировки их по классам объектов. Индивидуальные характеристики сегмента (атрибуты) сравниваются, и устанавливается членство в определенном классе. Различные подходы используются для определения принадлежности сегмента к объектам или классам объектов. Двумя наиболее распространенными являются: определение обучающих выборок и определение правил на основе репрезентативных пороговых значений (обычно деревьев решений), которые обычно определяются для каждого класса целевых объектов отдельно. Классификация (выполнение правил) обычно выполняется выбранным методом или с использованием классификатора. Некоторые из наиболее известных классификаторов:

- параметрические и непараметрические статистические классификаторы (например, метод  $k$  средних, ISODATA, метод минимального расстояния, метод максимальной вероятности, ближайший сосед),
- классификаторы на основе нейронных сетей (метод Кохонена),
- классификаторы на основе машинного обучения (деревья решений, деревья классификации и регрессии),
- классификаторы на основе нечеткой логики (членства) и т. д.

Качество окончательной классификации напрямую связано с качеством сегментации и качеством классификатора. Тем не менее, существуют несколько вопросов, на которые нельзя дать однозначный ответ: являются ли процессы сегментации и классификации надежными, последовательными и повторяемыми? Результаты зависят от выбранной

модели? В ходе проведения исследования не было найдено однозначных ответов на данные вопросы. Также и не существует общей теории по данному методу, которая давала бы возможность выбрать наиболее оптимальный алгоритм, параметры и набор входных данных. [4]

### 1.3 Методы сегментации изображения

К результатам сегментации обычно предъявляют следующие требования:

1. Однородность областей для выбранных характеристик сегментации.
2. Полученные сегменты не должны содержать внутри себя большое количество несегментированных частей
3. Сегменты, находящиеся рядом друг с другом должны значительно отличаться по значениям выбранных характеристик
4. Сегменты должны иметь четкие границы

В начале сегментации каждый пиксель представляет собой отдельный сегмент. Затем в ходе сегментации отдельные пиксели объединяются в новые сегменты. Данный процесс повторяется, пока не будет получено требуемое число сегментов.

В формальном виде это можно представить следующим образом:

$$S = S_1, \dots, S_n \quad (1)$$

Здесь  $S_i$  –  $i$ -ый сегмент изображения. При этом должны выполняться следующие условия:

$$S_i \subseteq I, \quad (2)$$

$$\forall j \neq i, S_i \cap S_j = \emptyset, \quad (3)$$

$$\cup S_i = I, \quad (4)$$

Здесь  $I$  – это набор всех пикселей изображения. Каждый сегмент – это набор пикселей, удовлетворяющий следующему выражению:

$$S_i = x_{rc} | \exists x_{kl} \in S_i, r - 1 \leq k \leq r + 1, c - 1 \leq l \leq c + 1, \text{if } |S_i| > 1 \quad (5)$$

Здесь  $r$  и  $c$  – это индексы строки и столбца пикселя изображения. То есть существует по крайней мере один связанный пиксель для каждого

пикселя, принадлежащего одному и тому же сегменту, если в сегменте более одного пикселя [5].

Можно выделить следующие группы алгоритмов для сегментации:

1. Алгоритмы кластеризации
2. Алгоритмы, основанные на поиске границ
3. Алгоритмы наращивания областей
4. Алгоритмы расщепления областей
5. Алгоритмы, основанные на графах

Данная классификация не является исчерпывающей, кроме того некоторые алгоритмы могут являться объединением нескольких способов.

В данной работе будет рассмотрен алгоритм, основанный на графах. Данный алгоритм называют «Новый алгоритм сегментации».

#### **1.4 Описание нового алгоритма сегментации**

Данный алгоритм основан на алгоритме кластеризации, разработанном в 2001 году, который в свою очередь основан на минимальном остовном дереве. Данное дерево сначала соединяет все узлы. Затем несовместимые ребра, длина которых превышает среднюю длину инцидентных узлу, удаляется. Пример показан на рисунке 2.



Рисунок 2 – Пример построения минимального остовного дерева и удаления ребер

Стоит отметить, что построение такого дерева может потребовать большое количество памяти и времени обработки. Более того, тот же алгоритм кластеризации при применении к изображению даст только очень маленькие объекты из-за влияния шума [6].

Преимущество использования теоретико-графовых подходов в сегментации изображений состоит в том, что полная структура графов уже известна. Пиксели можно рассматривать как узлы, соединенные в хорошо структурированную прямоугольную сетку. При этом при рассмотрении соседних пикселей можно рассматривать пиксели, находящиеся по диагонали к данному (в данном случае будет 8 соседей), либо же ограничиться соседними пикселями по горизонтали и вертикали (в данном случае будет 4 соседа) [7].

Алгоритм сначала группирует пиксели в объекты, основываясь на удалении вершин в графе, а затем итеративно сливает объекты на основании критерия однородности. Пиксели обрабатываются как объекты самого меньшего размера. Далее будут использованы определения: узел и объект. Узел будет относиться к графу, а объект – к сегментации. Данный процесс можно условно разделить на 2 стадии. На первой стадии цель: определить те области, которые максимально однородны. Далее по шагам описан алгоритм:

1. Начиная с пикселя слева вверху изображения, граф строится путем соединения каждого узла с ближайшим узлом, до которого расстояние наименьшее. Расстояние – это вес ребра между узлами. Расстояние между объектами рассчитывается с использованием простого Евклидова расстояния в пространстве признаков изображения по формуле 6.

$$d_{ij} = \sum_{k=1}^K (\mu_i^k - \mu_j^k)^2 \quad (6)$$

Здесь  $K$  – количество слоев, использующихся для сегментации.  $\mu_i^k$  и  $\mu_j^k$  – средние значения объектов  $i$  и  $j$  соответственно в  $k$ -ом слое изображения по определенным параметрам.

2. Если ребро, соединяющее текущий узел и ближайший узел уже в графе, то необходимо перейти к следующему ближайшему узлу. И так далее пока возможны соединения.

3. Когда больше невозможно создать соединения для узла: необходимо проверить какое из ребер инцидентное узлу является

несовместимым, после чего нужно удалить его. Это делается следующим образом: необходимо рассчитать среднее значение весов ребер инцидентных текущей вершине, затем нужно проверить какие из ребер имеют вес больший, чем коэффициент  $\alpha$  умноженный на средний вес. Считается, что коэффициент умножения  $\alpha$  учитывает случай, когда на узел попадают только два ребра. Несовместимые ребра удаляются, и все соединенные узлы группируются для формирования нового объекта. Среднее значение и среднеквадратичное отклонение являются репрезентативными значениями объектов в алгоритме. Таким образом, каждый раз, когда объекты группируются, среднее значение и среднеквадратичное отклонение должны быть обновлены, как показано в формулах 7 и 8.

$$\mu_{12}^i = \frac{n_1\mu_1^i + n_2\mu_2^i}{n_1 + n_2}, i = 1, 2, \dots, p \quad (7)$$

$$\sigma_{12}^i = \sqrt{\frac{1}{n_1 + n_2 - 1} [(n_1 - 1)(\sigma_1^i)^2 + (n_2 - 1)(\sigma_2^i)^2 + \frac{n_1 * n_2}{n_1 + n_2} (\mu_1^i - \mu_2^i)^2]} \quad (8)$$

Здесь  $n_1$  и  $n_2$  – количество пикселей в объектах, которые необходимо слить в один;  $\mu_1^i$  и  $\mu_2^i$  – средние значения для первого и второго объекта в  $i$ -ом слое изображения;  $\sigma_1^i$  и  $\sigma_2^i$  – среднеквадратичные отклонения для первого и второго объекта в  $i$ -ом слое изображения;  $\mu_{12}^i$  и  $\sigma_{12}^i$  – среднее значение и среднеквадратичное отклонение для нового объекта.

В качестве примера рассмотрим рисунок 3.

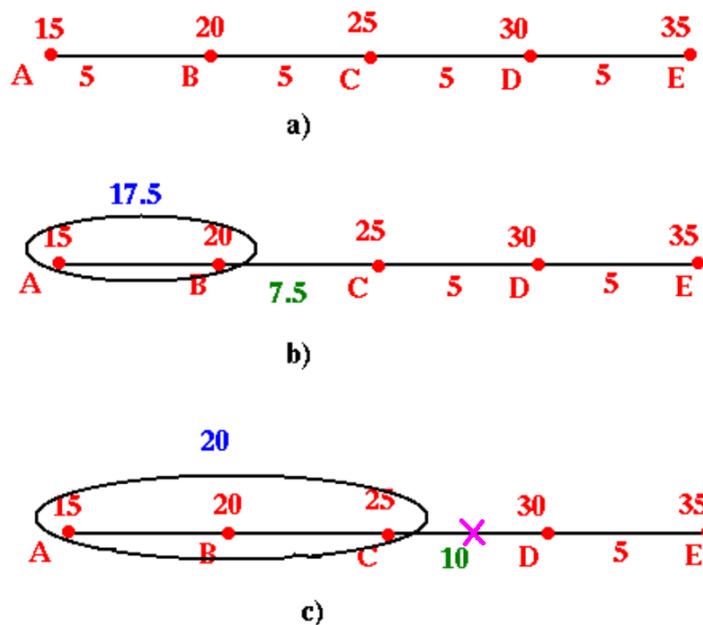


Рисунок 3 - Пример разбиения графа на отдельные сегменты

На рисунке 3 показан связный граф. Данный граф имеет 5 узлов: А, В, С, D, Е. Данные узлы соединены ребрами, имеющими веса. В случае а невозможно удалить какое-либо ребро (все ребра имеют одинаковый вес). Поэтому можно объединить узел А и В и пересчитать вес ребра до С как показано в случае в. Предположим, коэффициент  $\alpha$  равен 1.5. Тогда все еще нет нужды убирать ребро. Далее необходимо объединить объект, получившийся слиянием узлов А и В, с узлом С, а после этого пересчитать значения весов ребер. В случае с можно наблюдать несоответствие: вес ребра от объекта АВС до D – 10, вес ребра от D до Е – 5.  $5 \cdot 1.5 = 7.5$ . Значит, необходимо убрать ребро CD. В итоге получается 2 группы: {А, В, С} и {D, Е}. Как видно, в данном случае нет нужды строить полный граф, достаточно создавать и объединять промежуточные объекты.

4. Первая итерация создает очень маленькие объекты. Поэтому процесс повторяется итерационно столько раз, пока не будут получены объекты достаточного размера для решения определенной задачи. Как правило, проводятся еще 1 или 2 итерации. Большее количество итераций может привести к нарушению критерия однородности

Второй этап объединяет начальные сегменты, сформированные на первом этапе, с конечными объектами изображения, которые удовлетворяют условию однородности в итерационном процессе. В отличие от первого этапа, необходимо построить полный граф, сначала соединяющий все узлы, а затем решения о слиянии принимаются на основе условия однородности. По этой причине на первом этапе выполняются итерации, чтобы иметь начальные сегменты достаточно большого размера, что уменьшает количество узлов, которые должны обрабатываться на втором этапе. Объединение начальных сегментов производится следующим образом:

1. Начальные сегменты первого этапа рассматриваются как узлы для построения графа.

2. Необходимо выбрать узел произвольным образом или в заранее определенном порядке, затем нужно соединить выбранный узел с ближайшим узлом с ребром минимального веса. Вес рассчитывается как расстояние между узлами по формуле 6.

3. Если ребро, соединяющее текущий узел и ближайший узел уже в графе, то необходимо перейти к следующему ближайшему узлу. И так далее пока возможны соединения. Процесс создания графа показан на рисунке 4.



5. Далее необходимо объединить объекты, если они удовлетворяют условию однородности среднеквадратичного отклонения к среднему соотношению (SMR), как показано в формуле 9.

$$SMR^i = \frac{\sigma_{merge}^i}{\mu_{merge}^i} \leq T, i = 1, 2..p, \quad (9)$$

Здесь  $\sigma_{merge}^i, \mu_{merge}^i$  – это среднеквадратичное отклонение и среднее значение соответственно для  $i$ -го слоя изображения.  $T$  – это порог, определяющий однородность объектов. Условие должно выполняться во всех  $p$  слоях изображения.

6. Когда два объекта объединяются, все ребра, соединяющие соответствующий узел, обновляются с весами, вычисленными по отношению к объединенному объекту. Соответственно, отсортированный порядок ребер может измениться из-за обновленных ребер.

7. Далее необходимо проверить, какой узел является ближайшим к новому объекту. Если ребро, соединяющее ближайший узел отсутствует – необходимо создать его и вставить в отсортированный список.

8. Этот процесс продолжается до тех пор, пока ребра больше не будут меняться. На этом этапе достигается окончательная сегментация.

### **1.5 Модификация нового алгоритма сегментации**

Алгоритм, приведенный выше, имеет недостатки. Формирование начальных сегментов с использованием удаления ребер на первом этапе является эффективным подходом, однако данный метод требует большого количества вычислений [8]. Помимо этого использование Евклидова расстояния из формулы 6 не очень хорошо подходит в случае наличия разных типов слоев данных для сегментации. Например, NDVI имеет диапазон от -1 до 1, и при этом значения NDVI для растительности имеют очень большой диапазон по сравнению с другими классами. Нормализация диапазона NDVI для соответствия другим слоям может вносить ошибки, так

как это увеличивает дисперсию растительных объектов. Для решения этих проблем создана модифицированная версия алгоритма [5].

Модифицированный алгоритм также работает в 2 этапа. На первом этапе начальные сегменты создаются методом отличным от первого метода. Эти сегменты затем объединяются аналогичным образом путем создания графа. Веса ребер подсчитываются при этом не по формуле 6, а по отношению среднеквадратичного отклонения к среднему соотношению. Начальные сегменты создаются на первом этапе путем выращивания из исходной точки (seed). Исходные точки выбираются не случайным образом, а на основе информации о краях.

Пиксели внутри ярких объектов имеют большие различия по сравнению с пикселями в более темных объектах. Поэтому данные необходимо сначала нормализовать, используя сигмовидную функцию, показанную в формуле 10.

$$f(I) = \frac{1}{1 + e^{(-\alpha_1 I)}} \quad (10)$$

Здесь  $I$  – это изображение, а  $\alpha_1$  – коэффициент для изменения формы сигмовидной функции в зависимости от диапазона данных изображения. Как правило,  $\alpha_1$  выбирается таким образом, чтобы преобразованный диапазон изображения находился в диапазоне от 0 до 5, поскольку значение сигмовидной функции близко к 1 при входном значении 5. Это преобразование уменьшает относительное стандартное отклонение более ярких областей по сравнению с темными регионами.

Затем рассчитывается морфологический градиент с использованием квадратного структурирующего элемента  $3 \times 3$  для описания краев. Этот процесс очень хорошо определяет края по сравнению с прямым вычислением градиента. Максимальное значение градиента во всех диапазонах в пикселе представляет интенсивность края в этом пикселе. После определения интенсивности краев начальные сегменты формируются следующим образом:

1. Необходимо начинать с пикселя с наименьшим значением интенсивности края. Наименьшее значение означает, что пиксель находится в наиболее однородной окрестности, то есть внутри объекта. Исходная точка растет в небольшой окрестности (например, 51x51 пиксель вокруг данного пикселя), так что все соседние пиксели должны находиться в диапазоне, удовлетворяющем формуле 11.

$$p_i * (1 \pm s_t), \quad (11)$$

Здесь  $p_i$  – значение исходной точки,  $s_t$  – первый параметр алгоритма, определяющий, какая разница допускается относительно значения пикселя. Итак, первый шаг - вырастить исходную точку, соединив все пиксели, удовлетворяющие условию во всех слоях изображения.

2. Это повторяется до тех пор, пока все пиксели не будут принадлежать любому из выросших сегментов. Пиксель с наименьшей интенсивностью края в группе пикселей, которые не принадлежат уже выращенным областям, идентифицируется и используется в качестве следующей начальной точки.

3. Это создает изначальные сегменты. Как только у нас есть начальные сегменты, мы можем построить граф по этим сегментам, как это было сделано в первой версии алгоритма. Окончательная сегментация достигается на втором этапе следующим образом.

1. Начальные сегменты первого этапа рассматриваются как узлы для построения графа.

2. В отличие от более ранней версии алгоритма, веса ребер теперь рассчитываются на основе стандартного отношения отклонения к среднему, а не меры расстояния. Эта адаптация позволяет нам использовать разные слои изображения без нормализации исходных данных. Вес ребра между двумя узлами определяется по формуле 12.

$$w_{mn} = \max \left( \frac{\sigma_{mn}^i}{\mu_{mn}^i} \right), i = 1, 2..p, \quad (12)$$

Здесь  $\mu_{mn}^i$  и  $\sigma_{mn}^i$  – это средние значения и среднеквадратичные отклонения, образованные объектами, определенными узлами  $m$  и  $n$  в  $i$ -ом слое изображения. Стоит отметить, что учитывается максимум отношения среднего значения к среднеквадратичному отклонению во всех слоях изображения.

3. Выбрав узлы любым способом (случайным / предварительно определенным порядком), соедините его с ближайшим узлом ребром минимального веса, как показано на рисунке 4.

4. Если ребро, соединяющее текущий узел и ближайший узел уже в графе, то необходимо перейти к следующему ближайшему узлу. И так далее пока возможны соединения.

5. Когда все узлы соединены, необходимо отсортировать ребра в порядке возрастания веса.

6. Начиная с наименьшего ребра, необходимо объединить объекты, если они удовлетворяют условию однородности в формуле 13.

$$w_{mn} \leq T, \quad (13)$$

Здесь  $T$  – это порог, который определяет однородность объектов.

7. Когда два объекта объединяются, все ребра, соединяющие соответствующий узел, обновляются с весами, вычисленными по отношению к объединенному объекту. Соответственно, отсортированный порядок ребер может измениться из-за обновленных ребер.

8. Далее необходимо проверить, какой узел является ближайшим к новому объекту. Если ребро, соединяющее ближайший узел отсутствует – необходимо создать его и вставить в отсортированный список.

9. Этот процесс продолжается до тех пор, пока ребра больше не будут меняться. На этом этапе достигается окончательная сегментация.

## **2 Выбор методов и средств разработки**

### **2.1 Выбор языка программирования**

Для решения данной задачи необходимо выбрать язык программирования с соответствующими фреймворками и библиотеками. Данный выбор необходимо делать исходя из того, что потребуются выполнять обработку большого числа данных, иметь возможности удобного получения данных из файла, а также иметь возможность удобного вывода изображения на экран пользователя. Следующие пункты разбирают различные языки программирования, которые могут быть использованы для реализации.

#### **2.1.1 Язык программирования Java**

Java является одним из самых популярных языков программирования. Данный язык является объектно-ориентированным, что является большим плюсом, так как это позволяет строго структурировать код.

Помимо этого Java является не зависит от платформы (то есть является кросс-платформенным). Для реализации данной возможности используется специальная виртуальная машина Java (JVM), которая запускает скомпилированный код на любом устройстве, на котором данная виртуальная машина установлена. Одновременно это является и минусом, так как Java является относительно «медленным» языком – время выполнения программ увеличивается из-за использования промежуточного элемента в виде виртуальной машины [9].

Также данный язык удобен при работе в команде из-за встроенных возможностей удаленной совместной работы, однако это не является актуальным, так как выполнение работы происходит в одиночку.

Также в язык встроен «сборщик мусора», который удаляет элементы, на которые отсутствует ссылка. Это избавляет от необходимости вручную очищать память, а также снижает риски утечки памяти.

Язык имеет достаточно большое количество фреймворков для работы с изображениями, что также является плюсом.

Данный язык не был выбран в качестве языка для разработки системы, так как в проекте нет необходимости независимости от платформы, и жертвовать производительностью не имеет смысла.

### **2.1.2 Язык программирования Python**

Python – это интерпретируемый язык программирования. Так как данный язык является интерпретируемым, это негативно сказывается на его производительности в большинстве случаев. В случае данной работы это является большим минусом, так как необходимо обработать большое число данных.

Хотя данный язык и поддерживает объектно-ориентированный подход, но он также позволяет писать код и с использованием других подходов (например, функциональный подход). Это может являться и плюсом (возможность использования различных подходов в одном проекте), так и минусом (возможность написания плохо структурированного кода).

Значительным плюсом данного языка является его высокий уровень абстракции, что позволяет писать достаточно сложные программы без использования большого количества кода [10].

Также данный язык имеет большое число фреймворков для работы с изображениями.

Данный язык не был выбран в качестве языка для реализации, так как скорость его работы плохо подходит для решения задачи.

### **2.1.3 Язык программирования C++**

C++ - самый производительный язык из всех рассматриваемых в данной работе языков. Высокая скорость его работы достигается за счёт возможности работы на низком уровне (с памятью, портами), отсутствия «сборщика мусора», использование компиляции, а не интерпретации [11].

Данный язык также не является строго объектно-ориентированным, а позволяет использовать другие парадигмы. Возможность программирования на низком уровне и возможность использования процедурного программирования создаёт проблему структуризации кода.

Также отсутствие сборщика мусора увеличивает риск появления утечек памяти, которые ещё труднее исправить при использовании процедурного подхода.

Работа с изображениями в C++ сложнее, чем в других описываемых здесь языках. Это также связано с тем, что данный язык работает на немного более низком уровне абстракции.

Хотя данный язык и наиболее предпочтителен для реализации вычислительно затратных и сложных алгоритмов, однако наличие множества рисков делает его менее предпочтительным для решения задачи.

#### **2.1.4 Язык программирования C#**

Язык C# во многом похож на язык программирования Java. Он также является строго объектно-ориентированным, обладает сборщиком мусора, работает на более высоком уровне, чем C++, имеет большое число фреймворков для работы с изображениями.

C# в отличие от Java, не использует виртуальную машину. Данный язык использует преобразование кода в так называемый «промежуточный язык», который затем преобразуется в машинный код. Из-за этого производительность данного языка несколько ниже, чем у C++. Однако C# более производителен, чем Java [12].

Наличие всех преимуществ языка Java и более быстрая скорость работы, чем у Java, делает C# наиболее предпочтительным для реализации данного проекта.

## **2.2 Выбор среды разработки**

После того, как был выбран язык разработки, необходимо выбрать среду разработки. Выбор необходимо делать исходя из наличия

необходимых функций для реализации задачи, и комфортности использования. В следующих пунктах сравниваются среды разработки, которые могут быть использованы для реализации задачи.

### **2.2.1 Project Rider**

Это среда от компании JetBrains. Данная среда основана на плагине ReSharper, который использовался для улучшения функций Visual Studio. Данная среда разработки позволяет работать с фреймворком .NET, предоставляет множество функций для структурирования кода и отладки (данные функции превосходят аналогичные в Visual Studio).

Данная среда разработки была выпущена на рынок относительно недавно. Из-за этого в данной среде существуют некоторые недоработки.

Помимо этого использовать данную среду разработки можно только платно. Поэтому данная среда не была выбрана в качестве используемой для разработки.

### **2.2.2 Visual Studio Community**

Visual Studio Community – это бесплатная версия Visual Studio от компании Microsoft. Так как C# в данный момент поддерживается именно Microsoft, можно считать, что это наиболее «официальная» среда разработки.

Минусом использование данной среды разработки можно считать высокий уровень «загруженности»: продукт обладает множеством функций, поэтому в них может быть трудно разобраться. Также минусом является высокий уровень потребления ресурсов компьютера.

Данная среда разработки поддерживает все необходимые технологии и функции, которые нужны для реализации проекта.

В качестве среды разработки для проекта была выбрана данная среда разработки из-за большого опыта её использования, а также её доступности.

## 3 Проектирование и реализация

### 3.1 Проектирование пользовательского интерфейса

Пользовательский интерфейс главного окна системы должен иметь вид аналогичный тому, что показан на рисунке 5.

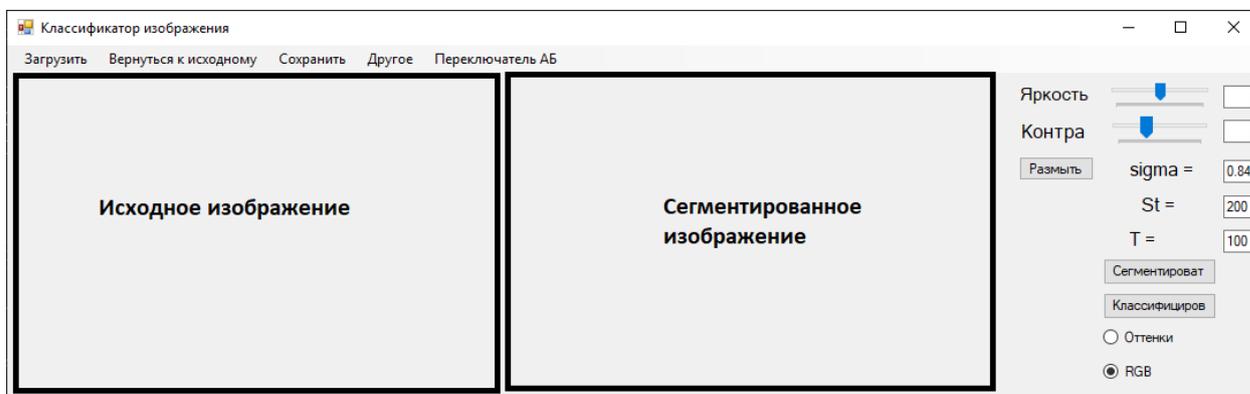


Рисунок 5 - Пользовательский интерфейс главного окна системы

Пользователь должен иметь следующие возможности в данном окне:

- Загрузить изображение, которое необходимо подвергнуть классификации (Выполняется нажатием на кнопку «Загрузить», и выбором пункта «Загрузить изображение»)
- Загрузить готовую классификацию из файла (Выполняется нажатием на кнопку «Загрузить», и выбором пункта «Загрузить готовую классификацию»)
- Сохранить результаты выполнения сегментации в выбранном пользователем графическом формате (Выполняется нажатием на кнопку «Сохранить»)
- Вернуться к исходному загруженному изображению, к которому не применялись фильтры и сегментация (Выполняется нажатием на кнопку «Вернуться к исходному»)
- Переключаться между сегментированным изображением и исходным (Выполняется нажатием на кнопку «Переключатель АБ»)

- Менять яркость и контраст изображения (Выполняется изменением положения ползунков рядом с надписями «Яркость» и «Контраст» соответственно)
- Размыть исходное изображение, используя фильтр Гаусса
- Изменять данные для анализа путём изменения значения переключателя. Переключатель может иметь 2 значения: «Оттенки серого» - результирующая сегментация будет показана на основании оттенков серого, и «RGB» - результирующая сегментация будет показана на основании каналов RGB.
- Задать параметры для сегментации. Sigma – задаёт коэффициент в сигмовидной функции, используемой при нормализации. Min – определяет значение порога для определения однородностей объектов. K – коэффициент из формулы 11, который определяет, какая разница допускается относительно значения пикселя при выращивании из исходной точки
- Запустить сегментацию нажатием на кнопку «Сегментировать»
- Открыть окно для проведения классификации на основе результатов сегментации нажатием на кнопку «Классифицировать»

Окно системы для проведения классификации показано на рисунке 6.

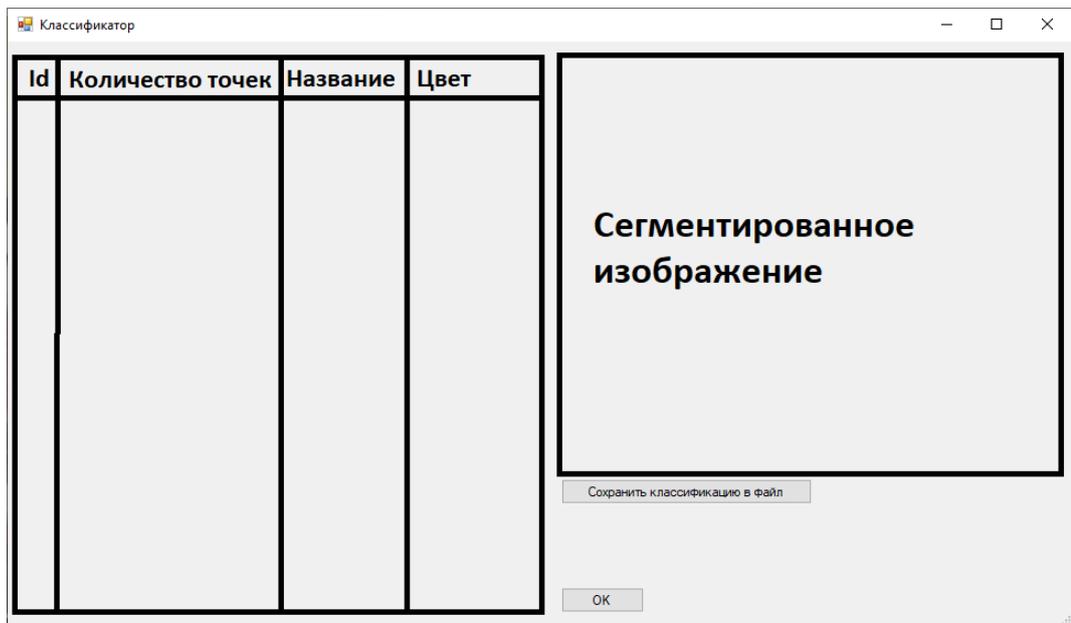


Рисунок 6 - Пользовательский интерфейс окна классификации системы

В данном окне:

- Должно отображаться текущее сегментированное изображение
- В таблице в левой части для каждого сегмента должна быть представлена следующая информация: Id сегмента в системе, количество точек в сегменте, название сегмента, цвет сегмента
- Пользователь должен иметь возможность изменить название для каждого из сегментов
- Пользователь должен иметь возможность изменить цвет для каждого из сегментов. При изменении цвета данный сегмент также должен менять свой цвет на сегментированном изображении в правой части окна. Для изменения цвета сегмента пользователь должен щелкнуть мышкой в нужной записи таблицы в колонке «Цвет». Должно открыться отдельное окно для выбора цвета.
- Пользователь должен иметь возможность слить несколько выбранных им сегментов в один. Новый сегмент должен включать все пиксели сегментов, которые были выбраны для слияния. Цвет нового сегмента задаётся как один из цветов выбранного для слияния сегмента. Для слияния пользователь должен выбрать в таблице необходимые записи,

нажать правую кнопку мыши и во всплывающем меню выбрать пункт «Слить».

- Пользователь должен иметь возможность сохранить полученную классификацию в файл. Для этого необходимо нажать на кнопку «Сохранить классификацию в файл» и в открывшемся окне указать путь к файлу в ОС.

### 3.2 Проектирование структур для представления графов

Для представления графа используется массив объектов класса Edge. Класс Edge является классом, содержащим информацию о рёбрах графа. Данный класс содержит следующие данные:

- Значения X и Y координат первого узла ребра
- Значения X и Y координат второго узла ребра
- Значения веса ребра
- Значения типа соседства (вертикальные, горизонтальные, диагональные)
- Ширину исходного изображения (вспомогательное поле, необходимое для преобразований координат)

Изначальные значения X и Y задаются равными координатам пикселей на изображении. В дальнейших преобразованиях, при объединении узлов графа в один, – значения X и Y задаются, как одна из координат исходного узла.

Также другим классом, используемым для операций с графами, является класс DisjointSet. Этот класс используется для хранения данных об узлах, которые ещё не были добавлены к графам. Данный класс содержит следующие данные:

- Подкласс SetElement, содержащий координаты узла, а также значение в данном узле
- Массив SetElement, содержащий все такие узлы

- Также данный класс содержит методы поиска:
- Find с аргументами в виде координат. Возвращает узел с заданными координатами
- Find с аргументом в виде значения в узле. Возвращает все элементы с заданным значением узла.

### 3.3 Проектирование структур для задания каналов для анализа

Для удобства добавления новых цветовых схем в проекте был создан интерфейс IColorScheme. Данный интерфейс содержит требования к следующим методам:

- Convert – принимает на вход данные изображения, а возвращающий данные каналов, по которым должен проводиться анализ. В реализации интерфейса можно задать подсчёт, например, NDVI.
- Difference – принимает два значения каналов, а возвращает разность между ними. Иными словами, при написании реализации данного интерфейса, имеется возможность задать формулу, по которой необходимо считать разность между двумя узлами.

Для расчёта каналов были созданы 2 класса, реализующие данный интерфейс: RgbColorScheme, выполняющий расчёт в схеме RGB, и GrayScaleColorScheme, выполняющий расчёт в оттенках серого.

### 3.4 Проектирование структур для реализации алгоритма сегментации

Основным классом в системе является класс Segmentation, который объединяет описанные выше классы, и выполняет описанные в главе 1 модифицированный новый алгоритм сегментации. Данный класс содержит следующие данные:

- Объект класса, реализующего интерфейс IColorScheme. Объект данного класса используется для расчёта по различным каналам.

- Объект класса `DisjointSet`, содержащий данные об отдельных узлах и методы поиска.
- Ширину и высоту исходного изображения
- Массив со значениями пикселей исходного изображения по каждому каналу
- Количество сегментов, получившихся в ходе сегментации

Также класс содержит следующие методы:

- Метод `DoSegmentation()` – вызывается из представления для запуска процесса сегментации. Данный метод в качестве параметров принимает изображение (либо в виде набора значения пикселей для каждого канала, либо в виде объекта `Bitmap`), значения параметров `sigma`, `St` и `T` и реализацию интерфейса `IColorScheme`. Данный метод возвращает `DisjointSet` – результирующие узлы по результатам сегментации.
- Метод `growPixels()` – метод для разрастания пикселей и получения изначальных небольших сегментов, на основании которых будет строиться граф.
- Метод `postProcessSmallComponents()` – метод для объединения небольших получившихся компонентов. Соответствует этапам 6-8 алгоритма, описанного в пункте 1.5. Принимает в качестве параметров ребра графов, набор узлов и значение порога.
- Метод `buildGraphByImage()` – метод построения изначального графа по входному получившимся сегментам в результате работы метода `growPixels()`. Возвращает набор рёбер графа.
- Метод `segmentOnDisjointSet()` – метод соединения изначальных узлов. Соответствует этапам 1-4 алгоритма, описанного в пункте 1.5.
- Метод `diff()` – метод для расчёта веса ребра графа. Для расчёта используется реализация интерфейса `IColorScheme`, а также значения пикселей начального изображения, и координаты двух узлов для расчёта.

- `sigmaBlur` – метод, использующийся для предобработки изображения. Принимает значения пикселей изначального изображения и значение параметра `sigma`.

Также для использования морфологического градиента на этапе предобработки создан отдельный класс `MorphGradient`. Данный класс содержит метод `ApplySobelFilter()` для применения морфологического градиента Собеля к входному изображению. Данный метод использует также 2 вспомогательных метода: `ApplyMatrixToPixel()` для наложения матрицы на отдельный пиксель и `ApplyMatrixToPixel_AllChannels()` для наложения матрицы на отдельный пиксель по всем входящим каналам.

Также для конвертации получившегося результата сегментации в графический формат, удобный для просмотра, создан отдельный класс `SegmentedSetConverter`. Данный класс имеет один метод: `ConvertToBitmap`. Данный метод принимает в качестве параметра объекта класса `DisjointSet`, в котором записаны значения результирующих узлов, а также ширину и высоту изображения. Данный метод возвращает объект класса `Bitmap`.

### 3.5 Проектирование структур для реализации классификации

Для работы с результатами сегментации используются 2 основных класса: `RealCoordsSegmentResult` и `RealCoordsSegment`. `RealCoordsSegmentResult` содержит массив экземпляров класса `RealCoordsSegment`, а также ширину и высоту изображения, которое было подвергнуто классификации. `RealCoordsSegment` содержит следующие данные:

- Массив экземпляров класса `Point`, в котором хранятся координаты пикселей, входящих в данный сегмент.
- Цвет сегмента.
- Название сегмента.
- Вспомогательные поля для хранения среднеквадратичных отклонений в каждом из каналов, и средних значений в каждом из каналов.

Также для проведения классификация создана отдельная форма, в которой есть следующие методы:

- Методы BuildGrid() и BuildGridBase() для построения таблицы на основе данных сегментации.
- Методы для изменения цвета и названия сегмента на основе изменений в таблице – ChangeColor() и ChangeName().
- Метод для перерисовки сегментированного изображения на основе внесенных в таблицу изменений – reDrawImage().
- Метод для сливания нескольких сегментов в один – mergeSegments().
- Также методы для обработки событий взаимодействия с элементами управления.

Все описанные выше классы показаны на диаграмме классов UML на рисунке 7.

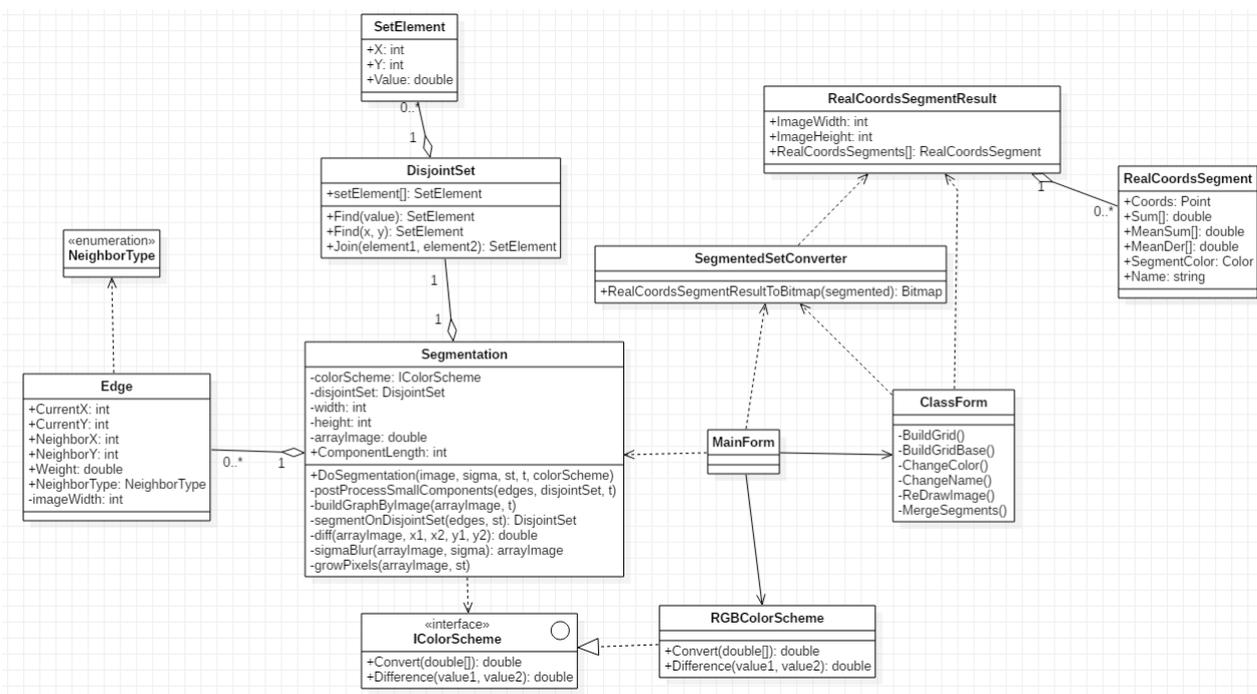


Рисунок 7 - Диаграмма классов в системе

## 4 Результаты реализации системы

На рисунке 8 показано главное окно реализованной системы.

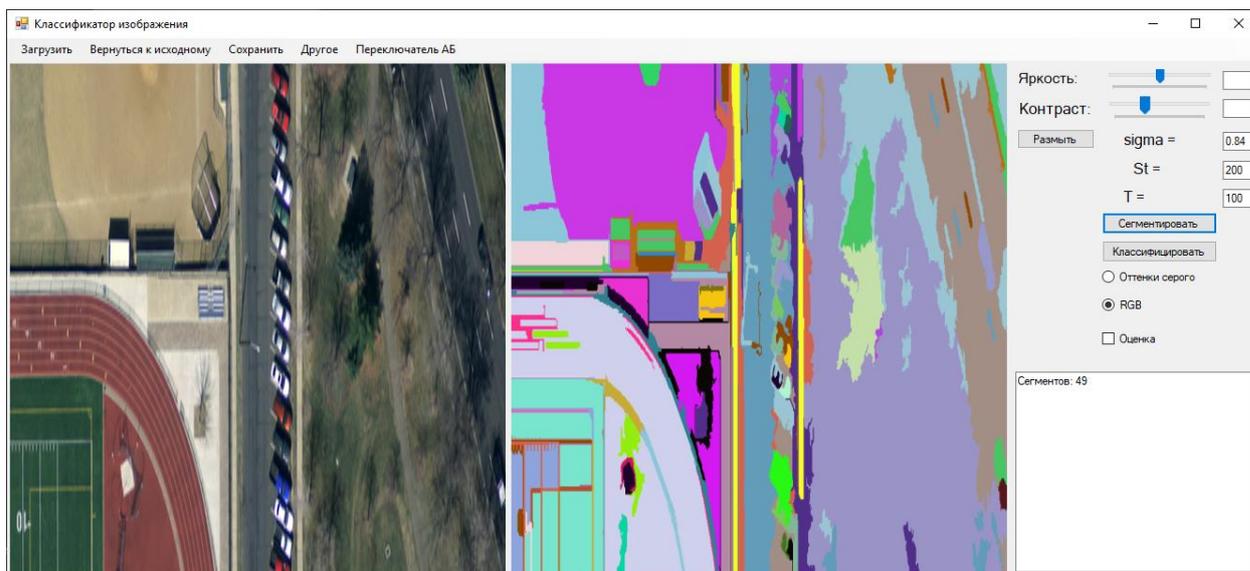


Рисунок 8 - Главное окно реализованной системы

В левой части показано загруженное изображение, справа от него показан результат сегментации, в правом краю окна находятся настройки параметров сегментации.

На рисунке 9 показано окно классификации для результатов классификации, приведенной на рисунке 8.

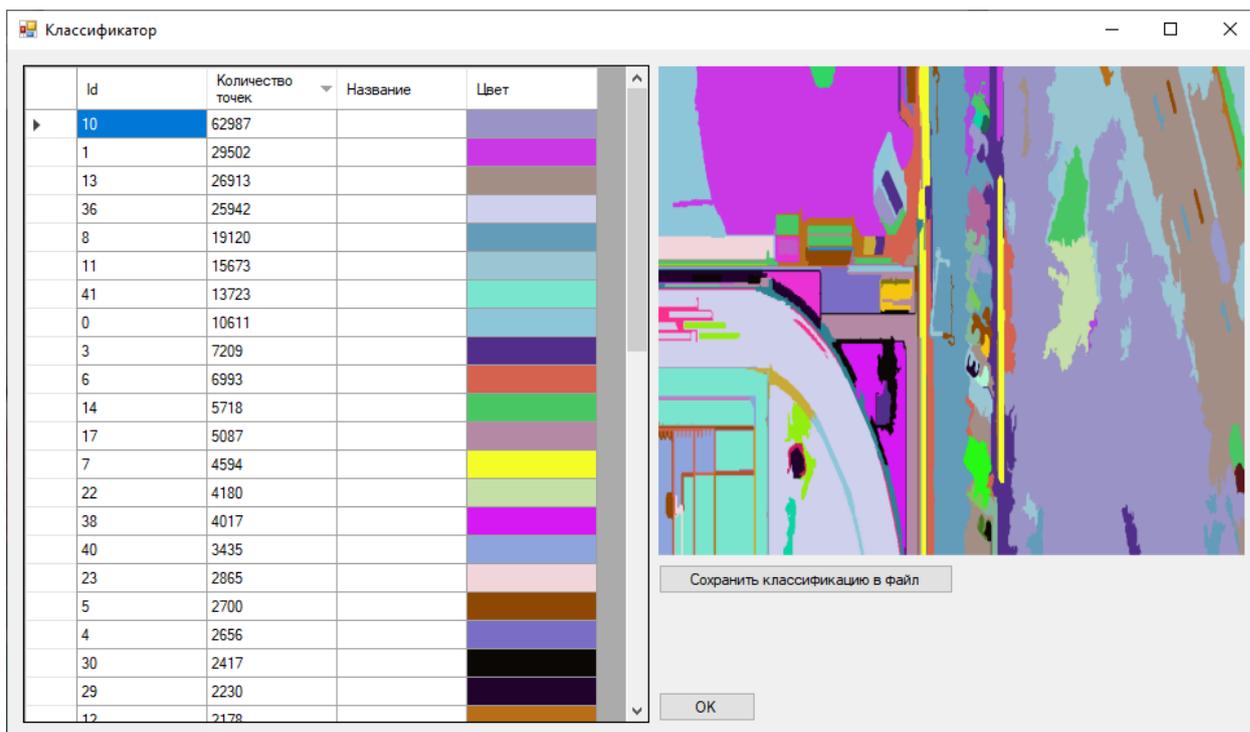


Рисунок 9 - Окно классификации

В данном окне можно выполнить слияние сегментов, задать название для сегмента, а также поменять цвет сегмента. Результат слияния двух самых крупных сегментов, а также задание им названия и цвета – представлен на рисунке 10.

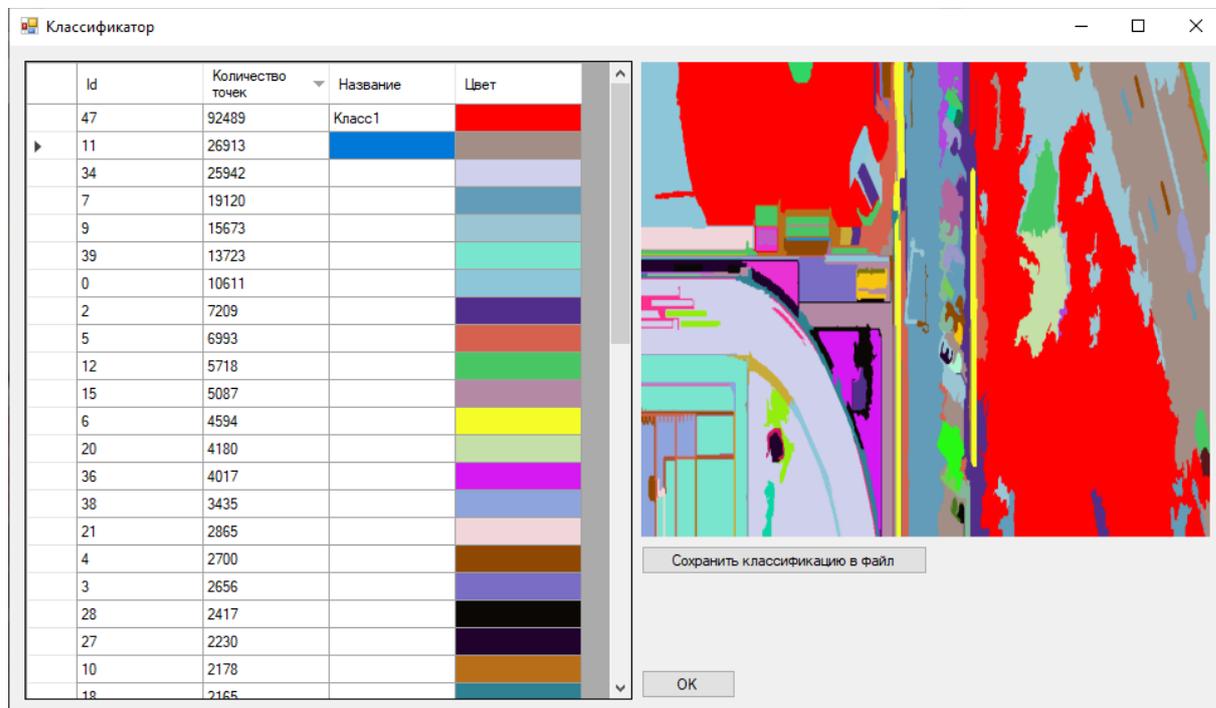


Рисунок 10 - Результат слияния сегментов, изменения цвета и задания названия

На рисунке 11 показан снимок высокого пространственного разрешения (0,3 м) части города Денвер, штат Колорадо, США. Данный снимок был получен с помощью съемки из самолёта.



Рисунок 11 - Снимок высокого пространственного разрешения

Результат сегментации данного изображения при значениях параметров:  $\sigma = 0.84$ ,  $St = 300$ ,  $T = 100$  показан на рисунке 12. Количество результирующих сегментов равно 89.

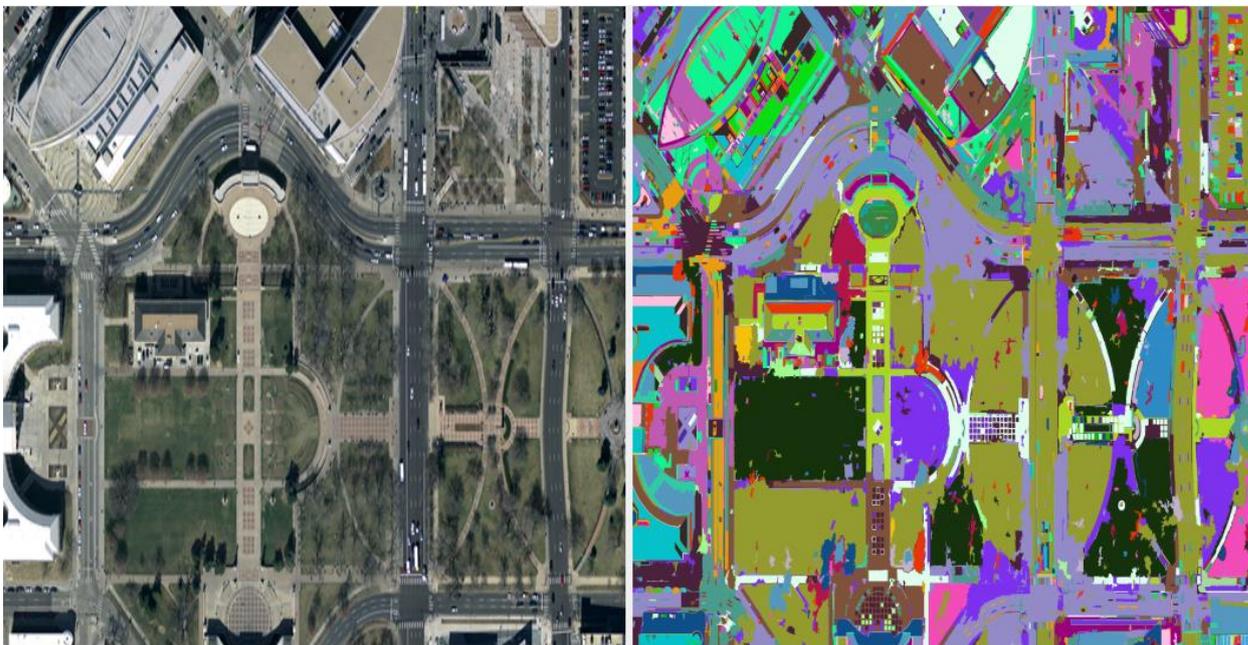


Рисунок 12 - Результат сегментации при  $\sigma = 0.84$ ,  $St = 300$ ,  $T = 100$

Результат сегментации этого же изображения при значениях:  $\sigma = 0.84$ ,  $St = 700$ ,  $T = 100$  (увеличивается значение  $St$ , остальные параметры такие же) показан на рисунке 13. Количество результирующих сегментов равно 78.

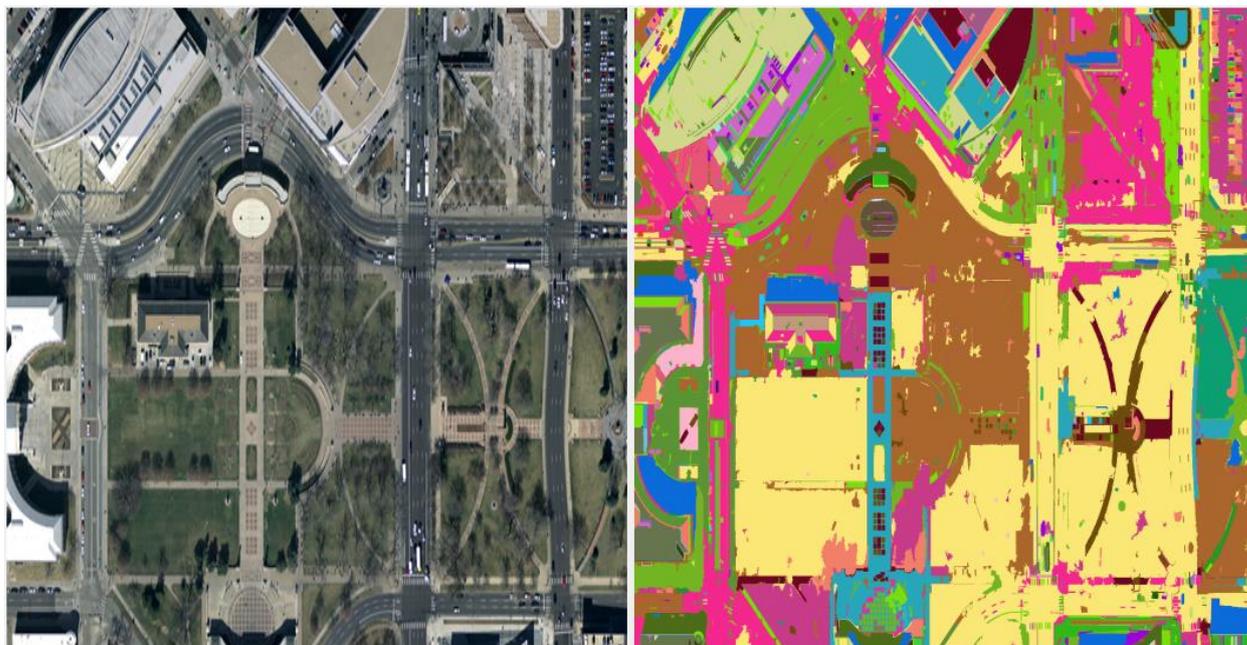


Рисунок 13 - Результат сегментации при  $\sigma = 0.84$ ,  $St = 700$ ,  $T = 100$

Результат сегментации этого же изображения при значениях:  $\sigma = 0.84$ ,  $St = 300$ ,  $T = 400$  (увеличивается значение  $T$ , остальные параметры такие же, как в случае на рисунке 12) показан на рисунке 14. Количество результирующих сегментов равно 54.



Рисунок 14 - Результат сегментации при  $\sigma = 0,84$ ,  $St = 300$ ,  $T=400$

На рисунке 15 показан снимок той же съёмки города Денвер, только другая его часть.

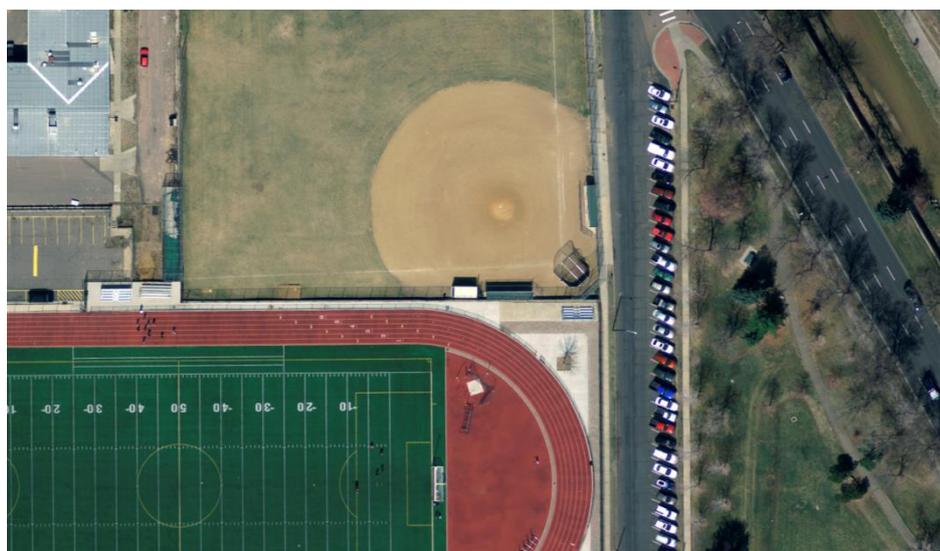


Рисунок 15 - Снимок высокого пространственного разрешения

На рисунке 16 показан результат сегментации изображения с рисунка 15 при значениях параметров  $\sigma = 0,84$ ,  $St = 100$ ,  $T = 300$ . Количество результирующих сегментов равно 49.

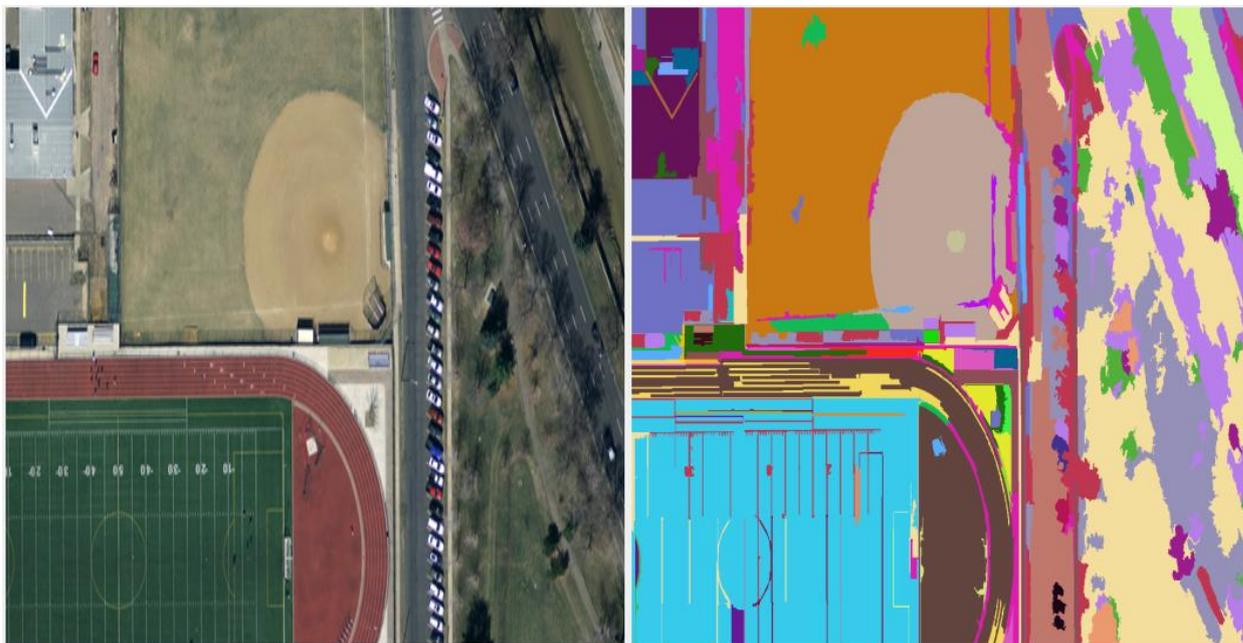


Рисунок 16 - Результат сегментации при  $\sigma = 0.84$ ,  $St = 100$ ,  $T = 300$

Как было сказано в описании алгоритма, его применение не ограничивается на космических снимках. На рисунке 12 показана обычная фотография и результат применения алгоритма к ней.



Рисунок 17 - Фотография (слева) и результат сегментации (справа)

## **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 классификации изображений с использованием объектно-ориентированного метода позволяет проводить анализ космических снимков для определения различных категорий объектов земной поверхности и дальнейшей проведении классификации данных объектов. Существующие решения задач классификации часто используют устаревшие методы, которые плохо подходят для решения задачи проведения классификации для снимков высокого пространственного разрешения.

Потенциальными потребителями разработанной системы проведения классификации изображений могут быть: различные городские службы для проведения анализа городской среды, исследовательские учреждения для проведения научных исследований, сельскохозяйственные предприятия для проведения анализа состояния растений и почв.

#### **5.1.2 Анализ конкурентных технических решений**

Для анализа конкурентных технических решений были рассмотрены следующие системы:

- Erdas Imagine от компании Intergraph
- ArcGIS от компании ESRI
- ENVI от Harris Geospatial

Для сравнения конкурентоспособности были выбраны следующие факторы: «Быстродействие», «Удобство графического интерфейса», «Гибкость выбора слоёв для анализа», «Цена», «Качество результирующей классификации», «Надёжность», «Необходимость установки», «Послепродажное обслуживание», «Срок выхода на рынок». Для каждого из факторов для каждой из систем были присвоены соответствующие оценки

(по десятибалльной шкале). Также каждому фактору был присвоен соответствующий вес (по пятибалльной шкале). По данным оценкам была составлена оценочная карта, показанная в таблице 1. В таблице разрабатываемая система обозначена ф, ErdasImagine–к1, ArcGIS–к2, ENVI–к3. На рисунке 18 также приведён многоугольник конкурентоспособности.

Таблица 1 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы				Конкурентоспособность			
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	Б <sub>к3</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>	К <sub>к3</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>									
Быстродействие	0,12	5	6	6	7	0,6	0,72	0,72	0,84
Удобство графического интерфейса	0,09	8	4	6	6	0,72	0,36	0,54	0,54
Гибкость выбора слоёв для анализа	0,12	8	5	5	5	0,96	0,6	0,6	0,6
Качество результирующей классификации	0,15	8	4	5	6	1,20	0,6	0,75	0,9
Надёжность	0,12	9	9	9	9	1,08	1,08	1,08	1,08
Необходимость установки	0,06	9	5	5	5	0,54	0,3	0,3	0,3
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>									
Цена	0,15	9	2	3	2	1,35	0,3	0,45	0,3
Послепродажное обслуживание	0,09	6	8	8	8	0,54	0,72	0,72	0,72
Уровень востребованности среди потребителей	0,09	3	6	7	8	0,27	0,54	0,63	0,72
<b>Итого</b>	1					7,26	5,22	5,79	6

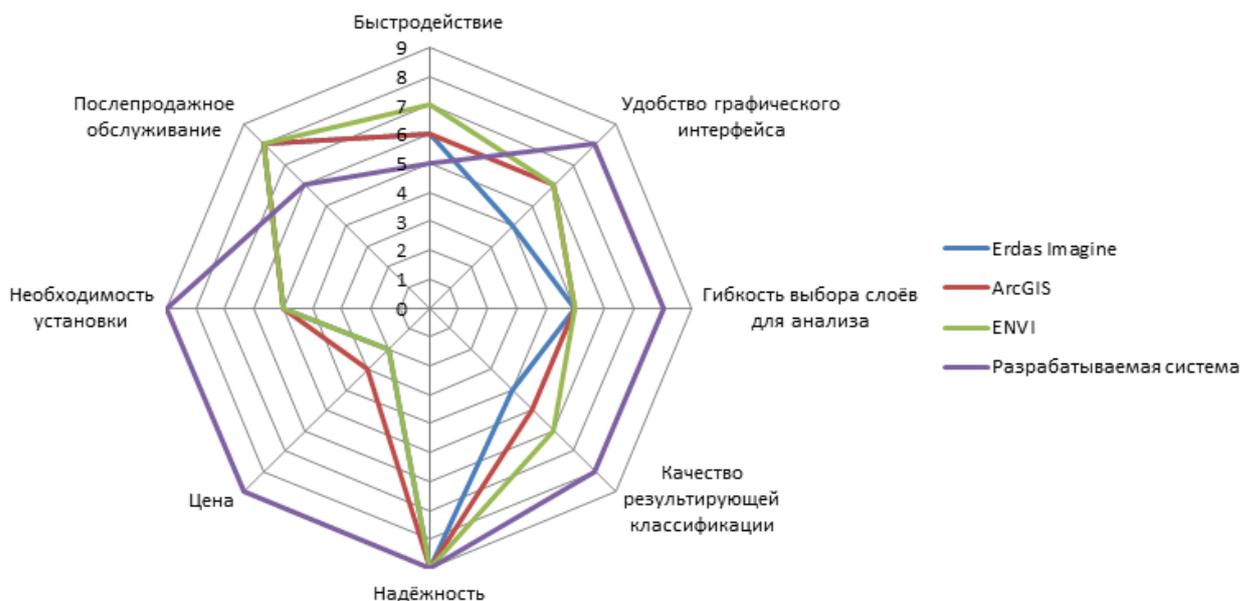


Рисунок 18 - Многоугольник конкурентоспособности

Как видно из таблицы 1, разрабатываемая система классификации изображений имеет наивысшую оценку по сравнению с конкурентами. Системы конкурентов являются крупными универсальными системами, поэтому задача классификации изображений является лишь одной из задач, которые решает система. Из-за этого конкуренты значительно проигрывают в цене (крупные системы стоят значительно дороже), удобстве графического интерфейса, качестве анализа и выборе параметров для анализа. Недостатком перед конкурентами можно считать более низкий показатель быстродействия системы.

Таким образом, разрабатываемая система имеет преимущество по следующим критериям:

- Удобство графического интерфейса;
- Гибкость выбора слоев для анализа;
- Качество результирующей классификации;
- Необходимость установки;
- Цена.

Недостатки системы:

- Быстродействие;

- Послепродажное обслуживание;
- Уровень востребованности среди потребителей.

### 5.1.3 SWOT-анализ

SWOT-анализ применяется для комплексного анализа проекта, его сильных и слабых сторон, а также для исследования внутренней и внешней среды проекта.

На первом этапе были описаны сильные и слабые стороны проекта, возможности и угрозы реализации. Они представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Матрица SWOT

		Внутренние факторы	
Внешние факторы		<p>Сильные стороны проекта:</p> <p>С1. Высокий уровень точности классификации по сравнению с другими методами</p> <p>С2. Широкие возможности для расширения системы</p> <p>С3. Удобство и простота использования</p> <p>С4. Возможность поддержки нескольких форматов</p> <p>С5. Увеличение скорости классификации данных для эксперта</p>	<p>Слабые стороны проекта:</p> <p>Сл1. Относительно медленная скорость обработки данных</p> <p>Сл2. Необходимость наличия определенных знаний у эксперта о параметрах, использующихся в классификации</p> <p>Сл3. Сложность интеграции системы в существующие на предприятиях решения</p> <p>Сл4. Возможные ошибки системы при неверных данных</p>
	<p>Возможности:</p> <p>В1. Увеличение вычислительных возможностей ЭВМ</p> <p>В2. Малое число конкурентов в области классификации снимков высокого пространственного разрешения</p> <p>В3. Увеличение спроса на системы анализа данных дистанционного зондирования у предприятий и государственных структур</p>		

Продолжение таблицы 2

В4. Возможность получения субсидий на разработку от государства		
Угрозы: У1. Возможность появления подобных систем у конкурентов У2. Государственный контроль за данными дистанционного зондирования У3. Недостаток средств у предприятий из-за экономического кризиса У4. Возможный низкий уровень доверия к новой системе на рынке		

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Интерактивные матрицы показаны в таблицах 3-6.

Таблица 3 - Интерактивная матрица сильных сторон и возможностей

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		С1	С2	С3	С4	С5
	В1	-	+	-	-	+
	В2	+	-	+	+	-
	В3	-	-	-	-	+
	В4	-	-	-	-	-

Таблица 4 - Интерактивная матрица слабых сторон и возможностей

Слабые стороны проекта					
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	В1	+	-	-	-
	В2	-	-	-	-
	В3	-	+	+	-
	В4	-	-	-	-

Таблица 5 - Интерактивная матрица сильных сторон и угроз

Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		С1	С2	С3	С4	С5
	У1	-	-	-	-	+
	У2	-	+	-	-	-
	У3	-	-	-	-	+
	У4	+	-	+	+	-

Таблица 6 - Интерактивная матрица слабых сторон и угроз

Слабые стороны проекта					
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	У1	+	+	-	-
	У2	-	-	-	-
	У3	-	-	+	-
	У4	-	-	-	+

На третьем этапе составляется итоговая матрица SWOT-анализа. Она представлена в таблице 7.

Таблица 7 - SWOT анализ

Внутренние факторы			
Внешние факторы		<p>Сильные стороны проекта:</p> <p>С1. Высокий уровень точности классификации по сравнению с другими методами</p> <p>С2. Широкие возможности для расширения системы</p> <p>С3. Удобство и простота использования</p> <p>С4. Возможность поддержки нескольких форматов</p> <p>С5. Увеличение скорости классификации данных для эксперта</p>	<p>Слабые стороны проекта:</p> <p>Сл1. Относительно медленная скорость обработки данных</p> <p>Сл2. Необходимость наличия определенных знаний у эксперта о параметрах, используемых в классификации</p> <p>Сл3. Сложность интеграции системы в существующие на предприятиях решения</p> <p>Сл4. Возможные ошибки системы при неверных данных</p>
	<p>Возможности:</p> <p>В1. Увеличение вычислительных возможностей ЭВМ</p> <p>В2. Малое число конкурентов в области классификации снимков высокого пространственного разрешения</p> <p>В3. Увеличение спроса на системы анализа данных дистанционного зондирования у предприятий и государственных структур</p> <p>В4. Возможность получения субсидий на разработку от государства</p>	<p>В1С2С5 – за счёт увеличения вычислительных возможностей ЭВМ возможно значительно увеличить скорость классификации и внедрить новые возможности в систему</p> <p>В2С1С3С4 – высокая точность классификации, простой и удобный интерфейс и поддержка разных форматов является большим преимуществом перед конкурентами</p> <p>В3С5 – автоматизация процесса классификации позволяет значительно увеличить производительность труда</p>	<p>В1Сл1 – увеличение вычислительных возможностей ЭВМ может компенсировать медленную скорость обработки</p> <p>В3Сл2Сл3 – на предприятиях может не оказаться нужного оборудования или людей, которые обладают необходимыми знаниями для использования системы, необходимо обучение</p>

--	--	--	--

Продолжение таблицы 7.

	<p>Угрозы:</p> <p>У1. Возможность появления подобных систем у конкурентов</p> <p>У2. Государственный контроль за данными дистанционного зондирования</p> <p>У3. Недостаток средств у предприятий из-за экономического кризиса</p> <p>У4. Возможный низкий уровень доверия к новой системе на рынке</p>	<p>У1С5 – из-за значительной степени автоматизации процесса классификации возможно появление конкурентов</p> <p>У2С2 – расширению системы может препятствовать государственный контроль за пространственными данными</p> <p>У3С5 – увеличение скорости классификации пространственных данных может компенсировать затраты на систему</p> <p>У4С1С3С4 – недоверие к новой системе может компенсироваться качественной классификацией, широким функционалом и удобством</p>	<p>У1Сл1 – медленная скорость обработки данных может быть серьезным недостатком при появлении конкурента</p> <p>У1Сл2 – системы, где для классификации не требуется специальных знаний, будут более предпочтительны, если у предприятия нет эксперта</p> <p>У3Сл3 – интеграция в систему при сложном экономическом положении может быть довольно дорогой, что может сделать менее предпочтительной</p> <p>У4Сл4 – неверный результат классификации при некорректных данных увеличивает недоверие к новой системе</p>
--	--	---	--

## 5.2. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

При разработке системы классификации изображений необходимо провести анализ различных альтернатив характеристик системы и выбрать наиболее оптимальные из этих характеристик. Для этого использован морфологический подход. В таблице 8 приведена морфологическая матрица проекта.

Таблица 8 - Морфологическая матрица проекта

	1	2	3
А. Язык разработки приложения	С#	С++	Python
Б. Платформа приложения	Мобильное приложение	Веб-приложение	Десктопное приложение
В. Задание параметров классификации	Пользователем	Хранение в системе	Загрузка из файла
Г. Язык интерфейса приложения	Английский	Русский	
Д. Сохранение результатов классификации	В базу данных на ПК	В файл	В облачный сервер

Е. Используемый алгоритм	На основе теории графов	На основе нейронных сетей	На основе алгоритмов поиска границ
--------------------------	-------------------------	---------------------------	------------------------------------

В качестве языка программирования был выбран С#, как язык обладающий балансом между скоростью исполнению и функциональными возможностями при работе с изображениями. В качестве платформы наиболее предпочтительным вариантом является десктопное приложение, так как его использование более удобно, чем использование мобильного приложения, и не требует подключения к сети интернет, как использование веб-приложения. Задание параметров предпочтительно предоставить пользователю, так как выбор параметров может отличаться для каждого набора данных. Язык интерфейса может быть как русским, так и английским. Сохранение результатов удобнее всего осуществлять в файл, но также возможно использование облачного сервера, если присутствует подключение к сети интернет. Используемый алгоритм основывается на теории графов, как наиболее современный и точный.

Таким образом, наиболее оптимальные варианты решения:

- А1Б3В1Г1Д2Е1
- А1Б3В1Г1Д3Е1
- А1Б3В1Г2Д2Е1

### **5.3. Планирование научно-исследовательских работ**

#### **5.3.1 Структура работ в рамках научного исследования**

В таблице 9 представлен перечень этапов работ в рамках выполнения выпускной квалификационной работы студента, а также распределены исполнители.

Исполнители работ:

- Студент – Захваткин А.С.
- Научный руководитель – Буркатовская Ю.Б.

Таблица 9 - Перечень работ и распределение исполнителей

№	Основные этапы	Содержание работ	Должность исполнителя
1	Выбор научного руководителя бакалаврской работы	Выбор научного руководителя по интересующей тематике	Научный руководитель
2	Выбор направления исследования	Составление и утверждение темы бакалаврской работы	Научный руководитель, студент
3		Проработка и утверждение содержания бакалаврской работы	Научный руководитель, студент
4		Составление календарного плана-графика выполнения бакалаврской работы	Научный руководитель
5	Проведение анализа	Подбор и изучение литературы по теме работы	Научный руководитель, студент
6		Анализ алгоритмов классификации и выбор алгоритма для реализации	Студент
7		Модификация алгоритма	Научный руководитель, студент
8	Проектирование и реализация системы	Выбор средств для реализации системы классификации изображений	Научный руководитель, студент
9		Проектирование графического интерфейса системы классификации изображений	Студент
10		Проектирование архитектуры системы классификации изображений	Студент
11		Реализация системы классификации изображений	Студент
12		Тестирование системы классификации изображений	Студент
13	Оформление отчёта о выполненной работе	Согласование выполненной работы с научным руководителем	Научный руководитель, студент
14		Выполнение других частей работы (финансовый менеджмент, социальная ответственность)	Студент
15		Подведение итогов, оформление отчёта по работе	Студент

### 5.3.2 Определение трудоёмкости выполнения работ

При разработке программного обеспечения основной частью стоимости системы являются трудовые затраты. В связи с этим важно определить трудоёмкость работ каждого исполнителя.

Трудоёмкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путём в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоёмкости используется формула:

$$t_{\text{ож}} = \frac{3 \cdot t_{\text{min } i} + 2 \cdot t_{\text{max } i}}{5}, \quad (14)$$

Где  $t_{\text{min } i}$  – минимально возможная трудоёмкость выполнения  $i$ -ой работы чел.-дн.;

$t_{\text{max } i}$  – максимально возможная трудоёмкость выполнения  $i$ -ой работы чел.-дн.;

Исходя из ожидаемой трудоёмкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_{pi}$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями.

$$T_{pi} = \frac{t_{\text{ож } i}}{Ч_i}, \quad (15)$$

Где  $T_{pi}$  – продолжительность одной работы, раб.дн.;

$t_{\text{ож } i}$  – ожидаемая трудоёмкость выполнения одной работы, чел.-дн.

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

### 5.3.3 Разработка графика проведения научного исследования

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

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (16)$$

Где  $T_{ki}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в календарных днях;

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

$k_{\text{кал}}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (17)$$

Где  $T_{\text{кал}}$  – количество календарных дней в году;

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

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

Согласно производственному календарю (для 6-дневной рабочей недели) в 2020 году 366 календарных дней, из них 66 выходных или праздничных дней, следовательно,  $k_{\text{кал}} = 1,22$ .

Для построения календарного плана-графика необходимо рассчитать временные показатели проведения научного исследования. Расчёты приведены в таблице 10. В качестве исполнителей буквой «С» – обозначен студент, буквами «НР» – научный руководитель. Диаграмма Ганта, построенная по рассчитанным показателям, представлена на рисунке 19.

Таблица 10 - Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ									Исполнители			Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$			Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$		
	$t_{min}$ , чел-дни			$t_{max}$ , чел – дни			$t_{ожі}$ , чел – дни											
	Исп 1.	Исп2.	Исп3.	Исп 1.	Исп2.	Исп3.	Исп 1.	Исп2.	Исп3.	Исп 1.	Исп2.	Исп3.	Исп 1.	Исп2.	Исп3.	Исп 1.	Исп2.	Исп3.
Выбор научного руководителя бакалаврской работы	1	1	1	2	2	2	1,4	1,4	1,4	С	С	С	1,4	1,4	1,4	1,7	1,7	1,7
Составление и утверждение темы бакалаврской работы	7	7	7	10	10	10	8,2	8,2	8,2	С, НР	С, НР	С, НР	4,1	4,1	4,1	5	5	5
Проработка и утверждение содержания бакалаврской работы	9	9	9	10	10	10	9,4	9,4	9,4	С, НР	С, НР	С, НР	4,7	4,7	4,7	5,73	5,73	5,73
Составление календарного плана-графика выполнения бакалаврской работы	2	2	2	2	2	2	2	2	2	НР	НР	НР	2	2	2	2,44	2,44	2,44

Продолжение таблицы 10

Подбор и изучение литературы по теме работы	8	8	8	12	12	12	9,6	9,6	9,6	С, НР	С, НР	С, НР	4,8	4,8	4,8	5,86	5,86	5,86
Анализ алгоритмов классификации и выбор алгоритма для реализации	6	6	6	9	9	9	7,2	7,2	7,2	С	С	С	7,2	7,2	7,2	8,78	8,78	8,78
Модификация алгоритма	7	7	7	10	10	10	8,2	8,2	8,2	С, НР	С, НР	С, НР	4,1	4,1	4,1	5	5	5
Выбор средств для реализации системы классификации изображений	5	5	5	7	7	7	5,8	5,8	5,8	С, НР	С, НР	С, НР	2,9	2,9	2,9	3,5	3,5	3,5
Проектирование графического интерфейса системы классификации изображений	2	3	3	4	5	5	2,8	3,8	3,8	С	С	С	2,8	3,8	3,8	3,4	4,6	4,6
Проектирование архитектуры системы классификации изображений	5	7	7	8	10	10	6,2	8,2	8,2	С	С	С	6,2	8,2	8,2	7,56	10	10

Реализация системы классификации изображений	25	30	32	40	45	50	31	36	39	С	С	С	31	36	39	37,82	43,92	47,58
Тестирование системы классификации изображений	5	6	7	8	9	10	6,2	7,2	8,2	С	С	С	6,2	7,2	8,2	7,56	8,78	10
Согласование выполненной работы с научным руководителем	2	2	2	4	4	4	2,8	2,8	2,8	С, НР	С, НР	С, НР	2,8	2,8	2,8	3,42	3,42	3,42
Выполнение других частей работы (финансовый менеджмент, социальная ответственность)	5	5	5	8	8	8	6,2	6,2	6,2	С	С	С	6,2	6,2	6,2	7,56	7,56	7,56
Подведение итогов, оформление отчёта по работе	4	4	4	7	7	7	5,2	5,2	5,2	С	С	С	5,2	5,2	5,2	6,34	6,34	6,34
Итого:													92	101	105	112	123	128

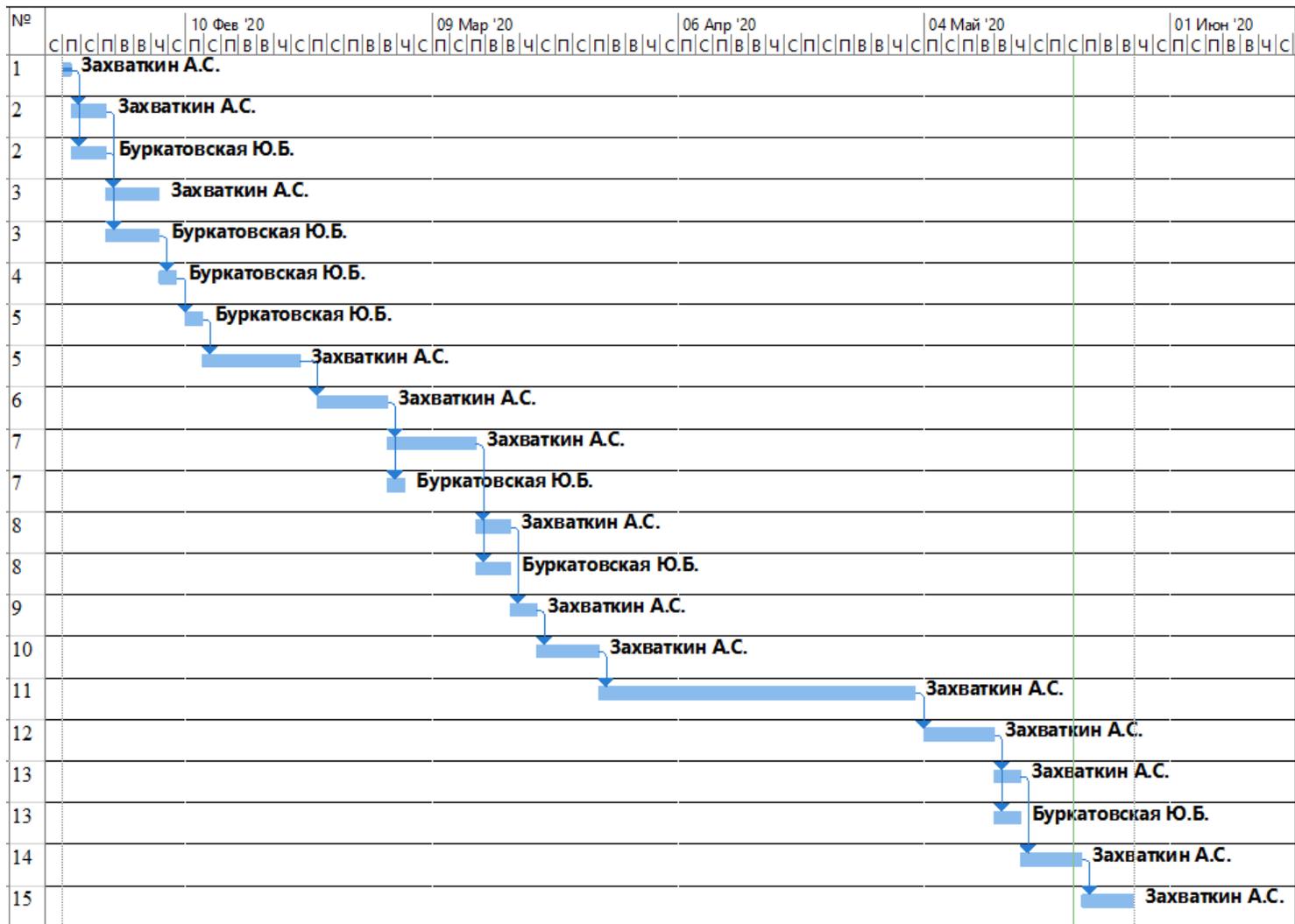


Рисунок 19 - Диаграмма Ганта по этапам выполнения работ

## 5.3.4 Бюджет научно-технического исследования

### 5.3.4.1 Расчёт 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 затраты на канцелярские принадлежности (1000 руб.), для которых не учитываются транспортные расходы.

К категории материалов относится электроэнергия. Затраты на электроэнергию рассчитываются по формуле:

$$C_{\text{эл}} = C_{\text{эл}} \cdot P \cdot T_{\text{об}}, \quad (18)$$

Где  $C_{\text{эл}}$  – тариф на электроэнергию (3,5 руб./кВт\*ч);

$P$  – мощность оборудования, кВт. Для персонального компьютера, на котором ведётся разработка составляет 100 Вт.

$T_{\text{об}}$  – время использования оборудования, часов. При работе 6 часов в день, для студента и научного руководителя составляет:  $(97 + 20) \cdot 6 = 702$  ч.

$$C_{\text{эл}} = C_{\text{эл}} \cdot P \cdot T_{\text{об}} = 3,5 \cdot 0,1 \cdot 702 = 245,7 \text{ руб.} \quad (19)$$

В таблице 11 показан расчет материальных затрат. Данный расчет используется для всех исполнений.

Таблица 11 - Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, ( $Z_m$ ), руб.
Электричество	кВт.	70,2	3,5	245,7
Бумага офисная	Шт.	500	1,1	550
Ручка пишущая	Шт.	4	30	120
Итого:				915,7

Таким образом, общая стоимость материальных затрат составляет 915,7 рублей.

### 5.3.4.2 Расчёт затрат на специальное оборудование

В ходе работы использовалось 2 компьютера: для студента и для научного руководителя. Использовались одинаковые компьютеры стоимостью 62300 рублей. Также для каждого компьютера необходимо учесть стоимость доставки и монтажа в размере 15%. Для одного компьютера эта стоимость составляет 9345 рублей.

Также 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 62300 рублей; срок полезного использования для офисных машин – 3 года; планируется использовать персональный компьютер для написания ВКР в течение 4 месяцев. Тогда:

- Норма амортизации:

$$A_n = \frac{1}{n} \cdot 100\% = \frac{1}{3} \cdot 100\% = 33,3\%, \quad (20)$$

- Годовые амортизационные отчисления:

$$A_r = 62300 \cdot 0,33 = 20559 \text{ руб.}, \quad (21)$$

- Ежемесячные амортизационные отчисления:

$$A_m = \frac{20559}{12} = 1713,25 \text{ руб.}, \quad (22)$$

- Итоговая сумма амортизации основных средств:

$$A = 1713,25 \cdot 4 = 6853 \text{ руб.} \quad (23)$$

Итоговая сумма затрат на амортизацию составила 6853 рубля.

Также учитывается стоимость компьютерных программ. Для разработки использовалась бесплатная версия среды разработки VisualStudioCommunity, поэтому её цена составляет 0 рублей. Также для составления отчетов использовался пакет программ MicrosoftOffice, стоимость 1 лицензии которой составляет 14 367 рублей. Расчет затрат на оборудование приведен в таблице 12.

Таблица 12 - Затраты на оборудование

Наименование	Количество единиц оборудования		Цена, руб.		Общая стоимость, руб	
Персональный компьютер	2		62300		124600	
Доставка и монтаж персонального компьютера	2		9345		18690	
Амортизация персонального компьютера	2		6853		13706	
Пакет программ Microsoft Office	2		14367		28734	
Среда разработки Visual Studio	1	-	0	-	0	-
Итого:					185730	

Таким образом, общая сумма затрат на оборудование составляет 185730 рублей.

#### 5.3.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы

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

Месячный оклад руководителя ТПУ с должностью доцента и степенью кандидата наук составляет 35120рублей. Для расчёта заработной платы студента был выбран оклад инженера– 26300 рублей.

Для расчёта необходимо указать баланс рабочего времени для шестидневной рабочей недели, который приведен в таблице 13.

Таблица 13 - Баланс рабочего времени (для 6-ти дневной рабочей недели)

Показатели рабочего времени	Дни
Календарные дни	366
Нерабочие дни (праздники/выходные)	66
Потери рабочего времени (отпуск/невыходы по болезни)	56
Действительный годовой фонд рабочего времени	244

Заработная плата состоит из основной и дополнительной. Основная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p \cdot (1 + K_{\text{пр}} + K_{\text{д}}) \cdot K_p, \quad (24)$$

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

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых работниками, раб. дни.;

$K_{\text{пр}}$  – премиальный коэффициент (0,3);

$K_{\text{д}}$  – коэффициент доплат и надбавок (0,2);

$K_p$  – районный коэффициент (для Томска 1,3);

Среднедневная заработная плата рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (25)$$

Где  $Z_m$  – месячный оклад работника, руб.;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 48 раб.дней  $M = 10,4$  месяца, 6-дневная неделя;

$F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени персонала, раб.дн.

Среднедневная заработная плата для студента составляет:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{26300 \cdot 10,4}{244} = 1\,120,98 \text{ руб.} \quad (26)$$

Основная заработная плата для студента составляет:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p \cdot (1 + K_{\text{пр}} + K_{\text{д}}) \cdot K_p = 1120,98 \cdot 97 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 212\,033,37 \text{ руб.} \quad (27)$$

Среднедневная заработная плата для научного руководителя составляет:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{35120 \cdot 10,4}{244} = 1\,496,92 \text{ руб.} \quad (28)$$

Основная заработная плата для научного руководителя составляет:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p \cdot (1 + K_{\text{пр}} + K_{\text{д}}) \cdot K_p = 1496,92 \cdot 20 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 58\,379,88 \text{ руб.} \quad (29)$$

В таблице 14 приведен расчет основной заработной платы студента и научного руководителя.

Таблица 14 - Расчет основной заработной платы

Исполнители	З <sub>дн</sub> , руб	К <sub>пр</sub>	К <sub>д</sub>	К <sub>р</sub>	Т <sub>р</sub>			З <sub>осн</sub> , руб		
					Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Научный руководитель	1 496,92	0,3	0,2	1,3	20	20	20	58379,88	58379,88	58379,88
Студент	1 120,98	0,3	0,2	1,3	90	100	103	196731,99	218591,1	225148,83
Итого:								255111,87	276971	283528,71

#### 5.3.4.4 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:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}, \quad (30)$$

Где  $k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной заработной платы;

$Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата.

В таблице 15 показан результат расчёта дополнительной заработной платы.

Таблица 15 - Расчет дополнительной заработной платы

Исполнители	k <sub>доп</sub>	З <sub>осн</sub> , руб.			З <sub>доп</sub> , руб.		
		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Научный руководитель	0,12	58379,88	58379,88	58379,88	7 005,59	7 005,59	7 005,59
Студент	0,12	196731,99	218591,1	225148,83	23607,84	26230,93	27017,86
Итого:					30613,43	33236,52	34023,45

### 5.3.4.5 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:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (31)$$

Где  $k_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды. Страховые отчисления составляют 30% от суммы основной и дополнительной заработной платы. В таблице 16 приведён расчёт страховых отчислений.

Таблица 16 - Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.			Дополнительная заработная плата, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Научный руководитель	58379,88	58379,88	58379,88	7 005,59	7 005,59	7 005,59
Студент	196731,99	218591,1	225148,83	23607,84	26230,93	27017,86
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,3					
<b>Итого</b>						
<b>Исполнение 1</b>	85 717,59					
<b>Исполнение 2</b>	93 062,25					
<b>Исполнение 3</b>	95 265, 65					

### 5.3.4.6 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:

$$Z_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (\text{сумма статей расходов}), \quad (32)$$

Где  $k_{\text{накл}}$  - коэффициент накладных расходов, принятый за 16%.

Расчет накладных расходов приведён в таблице 17.

Таблица 17 - Расчет накладных расходов

Статья затрат	Сумма, руб		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Материальные затраты	915,7	915,7	915,7
Затраты на оборудование	185 730	185 730	185 730
Затраты на основную заработную плату	255111,87	276971	283528,71
Затраты на дополнительную заработную плату	30613,43	33236,52	34023,45
Затраты на отчисления во внебюджетные фонды	85 717,59	93 062,25	95 265,65
<b>Накладные расходы</b>	89 294,17	94 386,48	95 914,16

#### 5.3.4.7. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанные величины затрат научно-исследовательской работы являются основой для формирования бюджета затрат проекта. Результаты составления итогового бюджета разработки представлены в таблице 18.

Таблица 18 - Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	
1. Материальные затраты	915,7	915,7	915,7	Пункт 3.4.1
2. Затраты на оборудование	185 730	185 730	185 730	Пункт 3.4.2
3. Затраты на основную заработную плату	255111,87	276971	283528,71	Пункт 3.4.3
4. Затраты на дополнительную заработную плату	30613,43	33236,52	34023,45	Пункт 3.4.4
5. Затраты на отчисления во внебюджетные фонды	85 717,59	93 062,25	95 265,65	Пункт 3.4.5
6. Накладные расходы	89 294,17	94 386,48	95 914,16	16% от суммы 1-5
7. Бюджет затрат НИИ	472371	496853,22	504197,86	Сумма ст. 1-6

#### 5.4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (33)$$

Где  $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$  – интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

Расчет данного показателя приведен в таблице 19.

Таблица 19 - Расчет интегрального финансового показателя

	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Бюджет затрат	472371	496853,22	504197,86
Интегральный финансовый показатель	0,937	0,985	1

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (34)$$

Где  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности для  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$b_i$  – бальная оценка  $i$ -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

В таблице 20 приведен расчет интегрального показателя ресурсоэффективности.

Таблица 20 - Сравнительная оценка характеристика вариантов исполнения проекта

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Потребность в ресурсах памяти	0,1	3	4	4
2. Функциональность	0,2	4	4	5
3. Удобство эксплуатации	0,2	5	4	4
4. Скорость работы с файлами	0,15	5	3	3
5. Надежность	0,35	4	5	4
Итого	1	4,25	4,2	4,05

Наиболее высокую оценку, как видно из таблицы 20, получил первый вариант исполнения. Данный вариант не требует подключения к интернету, что требует больше памяти от компьютера, но одновременно делает более удобным использование системы.

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ( $I_{исп.i}$ ) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.i} = \frac{I_{р-исп1}}{I_{финр}^{исп.1}}, \quad (35)$$

В результате:

$$I_{финр}^p = \frac{4,25}{0,937} = 4,54;$$

$$I_{финр}^{a1} = \frac{4,2}{0,985} = 4,26;$$

$$I_{финр}^{a2} = \frac{4,05}{1} = 4,05;$$

Сравнительная эффективность определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп.1}}}{I_{\text{исп.2}}}, \quad (36)$$

В таблице 21 приведена сравнительная эффективность разработки.

Таблица 21 - Сравнительная эффективность разработки

№	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,937	0,985	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,25	4,2	4,05
3	Интегральный показатель эффективности	4,54	4,26	4,05
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	1,07	1,12

Таким образом, основываясь на интегральном финансовом показателе, интегральном показателе ресурсоэффективности, интегральной показателе эффективности и сравнительной эффективности вариантов исполнения, был сделан вывод, что первый вариант исполнения является наиболее предпочтительным.

### **Выводы по разделу**

В результате выполнения раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» был проведён анализ рынка, конкурентов на данном рынке, SWOT-анализ, определены возможные альтернативы проведения исследований, составлен план выполнения работ, рассчитаны трудозатраты и расходы.

Получен вывод, что система обладает высокой конкурентоспособностью, общая длительность работы составляет 117 календарных дней, общий бюджет оценен в 465826,64 рубля.

Данная разработка позволит значительно облегчить и ускорить процесс анализа данных дистанционного зондирования Земли, что может быть эффективно использовано различными государственными и частными компаниями, занимающимися анализом пространственных данных.

## **6 Социальная ответственность**

### **Введение**

Целью данной работы является разработка алгоритма классификации изображений, а также проектирование и разработка системы, позволяющей классифицировать объекты на космическом снимке, что позволит автоматизировать процесс анализа данных дистанционного зондирования Земли с высоким пространственным разрешением. Данная система может использоваться при анализе городской среды. Потенциальными потребителями разработанного программного обеспечения являются различные предприятия, занимающиеся анализом географических данных, городские администрации. В качестве основного места выполнения работы рассматривается рабочее место студента ТПУ, расположенное в научно-технической библиотеке ТПУ, зал курсового и дипломного проектирования, расположенное по адресу Белинского 53а и оснащенное техникой для разработки системы: дисплей, клавиатура, компьютерная мышь, системный блок.

### **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 [13] определяет ежедневный и междуменный отдых – это отдых после окончания рабочего дня или смены.

Трудовой Кодекс также определяет продолжительность рабочего дня. Согласно статье 91 ТК РФ нормальная продолжительность рабочего времени

не может превышать 40 часов в неделю. Работодатель обязан вести учёт времени, фактически отработанного каждым работником.

Каждый работник также имеет право на выходные дни. Продолжительность еженедельного непрерывного отдыха не может быть менее 42 часов согласно статье 110 ТК РФ.

Деятельность работника с использованием ПЭВМ регламентируются с помощью СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [14] «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы. Данный нормативный документ устанавливает, что при работе с компьютером рабочий обязан делать перерыв длительностью 15 минут каждый час непрерывной работы.

Во время регламентированных перерывов целесообразно выполнять комплексы упражнений и осуществлять проветривание помещения. Не рекомендуется работать за компьютером более 6 часов за смену.

### **6.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны**

Большое значение для профилактики статических и 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 профессионального

заболевания. Рабочее место пользователя системы и программиста должно соответствовать СанПин 2.2.2/2.4.1340-03:

- Конструкция оборудования и рабочего места при выполнении работ в положении сидя должна обеспечивать оптимальное положение работающего, которое достигается путём регулирования высоты рабочей поверхности, высоты сидения, оборудованием пространства для размещения ног и высотой подставки для ног;
- Схемы размещения рабочих мест с персональными компьютерами должны учитывать расстояние 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**

### **6.2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов**

Вредные и опасные факторы, воздействующие на разработчика системы классификации изображений, устанавливаются согласно ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»

Опасные и вредные факторы при выполнении работ по разработке описанной системы представлены в таблице 22.

Таблица 22 - Возможные опасные и вредные факторы при разработке системы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разраб отка	Внедре ние	Экспл уатац ия	
1. Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	Микроклимат: – СанПиН 2.2.4.548-96 [15] – СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Электромагнитное излучение: – ГОСТ 12.1.002-84 [16] Освещение: – СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 – СП 52.13330.2016 [17] – СанПиН 2.2.4.3359-16 [18] Шум и вибрации: – СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [19] Перенапряжение зрительного анализатора: – ГОСТ Р 55710-2013 [20] – СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03
2. Повышенный уровень электромагнитного излучения	+	+	+	
3. Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+	+	
4. Превышение уровня шума и вибраций	+	+	+	
5. Перенапряжение зрительного анализатора	+	+	+	

### 6.2.1.1 Отклонение показателей микроклимата

Основными показателями для анализа микроклимата рабочего места являются влажность воздуха, температура воздуха, температура поверхностей, скорость движения воздуха и тепловое излучение.

Источник возникновения фактора – частота проветривания помещения, температура воздуха в окружающей среде, нагревающиеся элементы ЭВМ и других приборов в помещении при разработке или эксплуатации системы.

Отклонение показателей микроклимата может привести к ухудшению самочувствия или к потере концентрации у рабочего. Выход температур за допустимые значения может привести к перегреву организму или же переохлаждению. Влажность воздуха также оказывает влияние на процессы терморегуляции организма. Высокая скорость движения воздуха может привести к простудным заболеваниям, в тоже время недостаточная

подвижность может вызывать ухудшение внимания, нервозность. Длительное тепловое излучение может привести к заболеваниям глаз, нарушению деятельности сердечно-сосудистой системы.

Оптимальные показатели микроклимата на рабочих местах производственных помещений для категорий работ 1а и 1б, к которым относятся работы, проводимые сидя и требующие небольшое количество физического напряжения (к данным видам работ относятся работы при разработке и эксплуатации системы классификации изображений с использованием объектно-ориентированного метода), согласно СанПиН 2.2.4.548-96 показаны в таблице 23 [15].

Таблица 23 - Оптимальные показатели микроклимата на рабочих местах

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	1а (до 139)	22-24	21-25	60-40	0,1
	1б (140-174)	21-23	20-24	60-40	0,1
Теплый	1а (до 139)	23-25	22-26	60-40	0,1
	1б (140-174)	22-24	21-25	60-40	0,1

Для регуляции температуры на рабочих местах должны быть установлены кондиционеры (в тёплый период), и обогреватели (в холодный). Для регуляции влажности следует применять увлажнители воздуха. В помещениях должна проводиться ежедневная влажная уборка и систематическое проветривание после каждого часа работы на ЭВМ.

### 6.2.1.2 Повышенный уровень электромагнитного излучения

Источниками электромагнитных и электростатических полей на рабочем месте при эксплуатации и разработке системы являются системные блоки компьютеров, мониторы, электросеть здания рабочего места, Wi-Fi оборудование, а также другие бытовые приборы, находящиеся на рабочем месте.

Электромагнитные поля вызывают поляризацию молекул биологической ткани и систем человека, нарушение циркуляции жидкости, нагрев тканей. Воздействия электромагнитных полей со значением напряженности выше предельно допустимого значения могут приводить к нарушениям работы нервной системы, органов дыхания и пищеварения, изменению биохимических показателей крови. Первой на воздействие электромагнитных полей реагирует нервная система: появляются мигрени, нарушения памяти, сна, внимания.

Согласно ГОСТ 12.1.002-84 присутствие персонала на рабочем месте в течение 8 часов допускается при напряженности, не превышающей 5 кВ/м [16].

Чтобы уменьшить уровень электромагнитного излучения, можно использовать мониторы с более низким уровнем излучения, использовать корпуса и блоки питания со специальным многослойным экраном, проводить регулярное обслуживание электросети здания, уменьшить количество используемых бытовых приборов и мобильных устройств на рабочем месте.

### **6.2.1.3 Недостаточная освещенность рабочей зоны**

Источником недостаточной освещенности рабочей зоны является низкий уровень естественного и искусственного освещения в помещении рабочей зоны.

Разработка и эксплуатация системы классификации изображений с использованием объектно-ориентированного метода предполагает длительный контакт с монитором ЭВМ. Недостаточное освещение увеличивает нагрузку на зрительные органы, что может привести к профессиональным заболеваниям зрительных органов, увеличивает утомляемость и нагрузку на нервную систему.

Согласно СанПиН 2.2.4.3359-16 разработка системы и её эксплуатация относятся к разряду III и подразряду Г зрительных работ (работы высокой точности) [18].

Рабочие столы следует размещать таким образом, чтобы видеодисплейные терминалы были ориентированы боковой стороной к световым проемам, чтобы естественный свет падал преимущественно слева.

Искусственное освещение в помещениях для эксплуатации ПЭВМ должно осуществляться системой общего равномерного освещения. В производственных и административно-общественных помещениях, в случаях преимущественной работы с документами, следует применять системы комбинированного освещения.

Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300 - 500 лк. Освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана. Освещенность поверхности экрана не должна быть более 300 лк.

Следует ограничивать прямую блескость от источников освещения, при этом яркость светящихся поверхностей (окна, светильники и др.), находящихся в поле зрения, должна быть не более 200 кд/м<sup>2</sup>.

#### **6.2.1.4 Превышение уровня шума и вибраций**

Источниками шумов и вибраций на рабочем месте при разработке и эксплуатации системы классификации изображений с использованием объектно-ориентированного метода могут являться системы охлаждения ЭВМ, городской шум и транспорт на улице, различные бытовые электроприборы, работающие на рабочем месте.

Беспорядочные звуковые колебания оказывают вредное влияние на организм человека. Реакция со стороны нервной системы начинается на уровне 40 дБ. При уровне 70 дБ происходят глубокие изменения в нервной системе, вплоть до психического заболевания, а также заболевания органов зрения, слуха, изменение состава крови. Шум снижает разборчивость речи, снижает производительность труда [21].

В СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 установлены допустимые значения уровней звукового давления в октавных полосах частот и уровня звука, создаваемого ПЭВМ. Данные приведены в таблице 24.

Таблица 24 - Допустимые значения уровней звукового давления

Уровни звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, дБ									Уровень звука в дБА 50
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	

Борьба с шумом осуществляется при помощи технических и организационных мероприятий в соответствии с комплексными планами охраны труда и развития предприятия. Среди мероприятий по борьбе с шумом можно выделить следующие: выявление источников шума; звукоизоляция помещений; организация контроля за уровнем шума на рабочих местах и в рабочих помещениях; замена и модернизация оборудования для исключения источников шума или снижения интенсивности шума от данных источников [21].

### **6.2.1.5 Перенапряжение зрительного анализатора**

Перенапряжение зрительного анализатора может возникнуть вследствие длительной работы за монитором ЭВМ при разработке системы классификации изображений с использованием объектно-ориентированного метода.

Перенапряжение зрительного анализатора может приводить к профессиональным заболеваниям, связанным со зрением. Также это может приводить к нарушениям работы нервной системы, повышенной утомляемости, снижению производительности труда.

Согласно требованиям из ГОСТ Р 55710-2013 для рабочих мест, оборудованных персональными компьютерами или мониторами, допустимые значения габаритной яркости осветительного прибора, отражающихся в

экранах мониторов, в зависимости от яркости экранов/мониторов приведены в таблице 25 [20].

Таблица 25 - Допустимые значения габаритной яркости ОП

Класс представления информации	Габаритная яркость ОП, кд/м	Яркость экранов/мониторов, кд/м
А – темные знаки на светлом фоне	До 1500 включ. " 3000 "	До 200 включ. Св. 200
В - светлые знаки на темном фоне	" 1000 " " 1500 "	До 200 включ. Св. 200
Примечание - Значения габаритной яркости ОП определяют под углом не менее 65° от вертикали для рабочих мест, в которых находятся дисплейные экраны с углом наклона 150°.		

Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300-500 лк. Освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана. Освещенность поверхности экрана не должна быть более 300 лк.

Для минимизации воздействие данного фактора необходимо обеспечивать достаточную освещенность рабочей зоны, обеспечение работников мониторами с высоким разрешением, большой диагональю и достаточным уровнем яркости.

### **6.2.2 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя (работающего)**

Методы защиты от опасных и вредных факторов были описаны в каждом из вышеприведенных пунктов. Варианты обеспечения защиты работников от этих факторов многочисленны, при этом некоторые методы могут использоваться для защиты разработчика системы классификации изображений одновременно от нескольких негативных факторов. Поэтому можно выделить все данные методы в отдельные классы:

– Нормализация условий труда: проведение организационных, технических и иных мероприятий, направленных на снижение уровня факторов, вызывающих риск повреждения здоровья, и приведение значений

вредных и опасных производственных факторов к нормированным значениям.

– Защита расстоянием: устранение зоны пересечения рабочего пространства человека и пространства, в котором возможно появление опасных и вредных факторов.

– Защита временем: установление нормативов на допустимое время пребывания человека в зоне повышенной опасности или вредности [22].

### **6.3 Экологическая безопасность**

Разработка системы классификации изображений с использованием объектно-ориентированного метода и её эксплуатация не оказывают влияния на гидросферу и атмосферу. При утилизации или выходе из строя ЭВМ, на котором ведётся разработка системы или её эксплуатация, происходит воздействие на литосферу.

Утилизация ЭВМ должна происходить путём сдачи в специальные организации, занимающиеся утилизацией. ЭВМ содержит различные детали, которые относятся к разным классам опасности, определенные части содержат драгоценные металлы (палладий, золото, серебро, платина), а также части, которые могут быть вторично использованы на производстве (пластик, железо, стекло).

В ЭВМ могут содержаться элементы с различным классом опасности:

- Ртутные лампы, используемые в мониторах, персональных компьютерах относятся к I классу опасности
- Платы и аккумуляторы, содержащие свинец, кадмий или олово относятся к II классу опасности
- Трансформаторы и провода – III класс опасности
- Металлические и пластиковые детали имеют V класс опасности.

Утилизацию необходимо осуществлять согласно ГОСТ Р 55102-2012 [23]. Различные виды оборудования необходимо собирать в отдельные упаковки, способные обеспечить неизменность свойств для дальнейшего

хранения и транспортировки. Согласно российскому законодательству организации в обязательном порядке должны проводить учёт драгоценных металлов. После проведения комплексной утилизации все чистые металлы сдаются в Госфонд России.

#### **6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Разработка или эксплуатация программного обеспечения, в том числе и разработка системы классификации изображений с использованием объектно-ориентированного метода, не могут являться причиной возникновения чрезвычайных ситуаций. Однако чрезвычайные ситуации могут возникнуть при разработке или эксплуатации системы из-за внешних условий.

В здании, где ведётся разработка могут возникнуть следующие ЧС техногенного характера: пожары, взрывы или обрушения в здании или коммуникациях. Возможны стихийные бедствия: ураганы, заморозки, наводнения. Также существует опасность террористического акта.

Наиболее вероятным чрезвычайным происшествием является пожар в здании, где ведётся разработка или эксплуатация системы классификации изображений с использованием объектно-ориентированного метода.

Источником возникновения пожара могут быть неполадки в электропроводке здания, возгорание электроприборов (в том числе и ЭВМ), неосторожное обращение с огнем.

В качестве превентивных мер необходимо:

- Проводить систематические проверки пожарной безопасности в здании
- Проведение пожарно-технического обследования здания с представителями пожарного надзора
- Проведение инструктажей с работниками здания по вопросам пожарной безопасности
- Проведение систематической проверки оборудования и средств пожаротушения, системы оповещения о пожаре

Работники в случае возникновения пожара или при обнаружении признаков пожара обязаны:

- Как можно скорее сообщить о пожаре по телефону 01 в пожарную охрану. При этом необходимо сообщить адрес здания, предполагаемое место возникновения пожара, при необходимости личные данные.
- Принять меры по предупреждению о пожаре и эвакуации других людей из здания

## **6.5 Выводы по разделу**

В ходе выполнения данного раздела были выявлены опасные и вредные факторы, воздействие которых оказывается на работника при разработке или эксплуатации системы классификации изображений с использованием объектно-ориентированного метода. Были изучены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности на рабочем месте.

Основываясь на полученных данных, был составлен ряд мер для исключения или уменьшения влияния опасных и вредных факторов на человека и окружающую среду.

## **Заключение**

В данной работе был проведён разбор объектно-ориентированного метода классификации изображений, разобраны плюсы и минусы различных методов сегментации изображений, разобраны возможные проблемы при реализации, выбран конкретный алгоритм реализации и модифицирован для решения конкретной задачи. В результате работы был подготовлен строгий алгоритм, позволяющий провести сегментацию и классификацию на её основании. Были выбраны наиболее подходящие методы и средства разработки, выполнено проектирование системы и реализована возможность сегментации с заданными пользователем параметрами и проведения классификации для данной системы.

В будущем разработанная система может быть расширена: могут быть добавлены инструменты для оценки качества сегментации, система может перейти на клиент-серверную архитектуру для увеличения скорости анализа, классификация может производиться с помощью обучения нейронных сетей.

## Список использованных источников

1. Blaschke, T. Object Based Image Analysis: Evolution, History, State-of-the-Art and Future Vision. / T. Blaschke, M. Kelly, H.R. Merschdorf // Remote Sensing Handbook; Remotely Data Characterization, Classification, and Accuracies. – 2015. – p.275-290.
2. Барталев С.А. Анализ возможностей применения методов сегментации спутниковых изображений для выявления изменений в лесах. / С.А. Барталев, Т.С. Ховратович // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2011. – Т8. – №1. – С. 44-62.
3. Дьяконова С.В. Анализ методов сегментации спутниковых изображений / Дьяконова С.В., Зайченко Ю.П. // Вестник Национального Технического Университета Украины «Киевский Политехнический Университет». – 2012. – №46. – С. 118-123.
4. Baatz M. Object-based Image Analysis. Spatial Concepts for Knowledge-Driven Remote Sensing Applications / M. Baatz, C. Hoffmann, G. Willhauck. – Springer. – 2008. – P.817.
5. P.R. Marpu Geographic Object-based Image Analysis. – FID GEO. – 2009. – P.121.
6. Крайникова А.В. Классификация изображений на основе дескрипторов цвета, текстуры и границ // Молодёжный научно-технический вестник. – 2016. – №5. – С.77-89.
7. Chaokun L. Research on the classification of high resolution image based on object-oriented and class rule / L. Chaokun, F. Wen, D. Xiaojiao // The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science. – 2015. – Vol.XL-7. – P.75-80.
8. Balasubramaniam R. Active Learning-Based Optimized Training Library Generation for Object-Oriented Image Classification / R. Balasubramaniam, R.R. Nidamanuri, R.K Gorthi // IEEE Transactions on geoscience and remote sensing. – 2018. – Vol.56,№1. – P.575-585

9. Эккель Б. Философия Java. 4-е полное изд. – СПб.: Питер, 2015. – 1168 с.: ил. – (Серия «Классика computer science»).
10. Applications for Python. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.python.org/about/apps/>, свободный. – Яз. англ. Дата обращения: 20.03.2020 г.
11. Прата С. Язык программирования C++. Лекции и упражнения, 6-е изд. : Пер. с англ. – М. : ООО «И.Д. Вильямс», 2013. – 1248 с. : ил.
12. Шилдт Г. C# 4.0: полное руководство. : Пер. с англ. – М. : ООО «И.Д. Вильямс», 2014. – 1056 с.: ил.
13. «Трудовой кодекс Российской Федерации» от 30.12.2001 N 197-ФЗ // Законодательство РФ. Кодексы РФ в действующей редакции. URL: <https://legalacts.ru/kodeks/TK-RF/> (дата обращения: 02.05.2020).
14. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы» // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации URL: <http://docs.cntd.ru/document/901865498/> (дата обращения: 03.05.2020).
15. СанПиН 2.2.4.548-96. «2.2.4. Физические факторы производственной среды. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. Санитарные правила и нормы» // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/901704046/> (дата обращения: 03.05.2020).
16. ГОСТ 12.1.002-84 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах» // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/5200271> (дата обращения: 03.05.2020).
17. СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение» // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/456054197> (дата обращения: 03.05.2020).

18. СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах» // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/420362948> (дата обращения: 03.05.2020).
19. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. Санитарные нормы» // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/901703278> (дата обращения: 03.05.2020).
20. ГОСТ Р 55710-2013 «Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений» // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/901704046/> (дата обращения: 03.05.2020).
21. Е.А.Ключкова. Охрана труда. М., 412 с. URL: <https://studfile.net/preview/4497711/> (дата обращения: 03.05.2020).
22. Мероприятия по снижению опасных и вредных факторов // Экономика. Эффективность и безопасность производства. URL: 86 [https://studwood.ru/1524657/ekonomika/meropriyatiya\\_snizheniyu\\_opasnyh\\_v\\_rednyh\\_faktorov](https://studwood.ru/1524657/ekonomika/meropriyatiya_snizheniyu_opasnyh_v_rednyh_faktorov) (дата обращения: 03.05.2020)
23. ГОСТ Р 55102-2012 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Руководство по безопасному сбору, хранению, транспортированию и разборке отработавшего электротехнического и электронного оборудования, за исключением ртульсодержащих устройств и приборов» // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200104723> (дата обращения: 03.05.2020).