

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

Институт кибернетики

Направление подготовки прикладная информатика

Кафедра оптимизации систем управления

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы	
Программное обеспечение классификации типов облачности по данным MODIS высокого разрешения.	

УДК 551.501:004.4

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8KM41	Герасимова Надежда Игоревна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ОСУ	С.В. Аксенов	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. менеджмента	И.С. Антонова	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ЭБЖ	М.И. Пустовойтова	К.Х.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ОСУ	М.А. Иванов	К.Т.Н.		

Томск – 2016 г.

Реферат

Выпускная квалификационная работа 106 с., 19 рис., 37 табл., 42 источников.

КЛАССИФИКАЦИЯ ОБЛАЧНОСТИ, ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, ТЕКСТУРНЫЕ ПРИЗНАКИ, САМООРГАНИЗУЮЩАЯСЯ КАРТА КОХОНЕНА, СПУТНИКОВЫЙ СНИМОК.

Объектом исследования являются изображения различных типов облачности на спутниковых снимках.

Цель работы – создание программного обеспечения, классифицирующего изображения облачности по данным MODIS с помощью самоорганизующейся карты Кохонена на основе текстурных характеристик.

Результатом работы является программное обеспечение, которое выделяет и классифицирует на спутниковых снимках 14 типов облачности.

Разработанное программное обеспечение может быть применимо для классификации облачности по спутниковым данным при решении задач, связанных с метеорологией и климатологией.

Оглавление

Введение.....	5
Глава 1. Классификация облачности.....	7
1.1. Метеорологическая классификация облачности	7
1.2. Развитие автоматизации классификации облачности по спутниковым снимкам.....	9
Глава 2. Проектирование программного обеспечения классификации типов облачности	22
2.1. Формирование эталонных образцов облачности.....	22
2.2. Текстульный подход к описанию изображений облачности	27
2.3. Сокращение размерности массива, описываемого изображением облачности.	31
2.4. Применение нейронных сетей для кластеризации	35
Глава 3. Программная реализация системы	41
3.1. Расчет матриц смежности по методу GLCM	41
3.2. Сокращение размерности массива с помощью метода главных компонент	43
3.3. Кластеризация данных с помощью самоорганизующейся карты Кохонена	45
3.4. Реализация алгоритма классификации облачности по данным MODIS... ..	47
Глава 4. Оценка результатов классификации облачности.....	50
4.1. Влияние числа уровней квантования яркости на результаты классификации	50
4.2. Оценка достоверности результатов классификации	51
Глава 5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	54
5.1. Предпроектный анализ.....	54
5.2. Инициация проекта.....	61
5.3. Планирование управления научно-техническим проектом	63

5.4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	74
Глава 6. Социальная ответственность.....	81
6.1. Техногенная безопасность	82
6.2. Региональная безопасность.....	90
6.3. Организационные мероприятия обеспечения безопасности	92
6.4. Пожарная безопасность.....	93
Заключение	96
Список публикаций.....	98
Список использованных источников	99
Приложение А. Cluster analysis.....	104
Приложение В. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических разработок	Ошибка! Закладка не определена.
Приложение Г. Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации	Ошибка! Закладка не определена.
Приложение Д. План денежных потоков	Ошибка! Закладка не определена.
Приложение Е. Расчет безубыточности.....	Ошибка! Закладка не определена.
Приложение Ж. Реестр рисков.....	Ошибка! Закладка не определена.
Приложение И. Итоговая матрица SWOT-анализа	Ошибка! Закладка не определена.
Приложение К. План эвакуации	Ошибка! Закладка не определена.

Введение

Существует множество научных и практических задач в лесном и сельском хозяйствах, в области метеорологии, экологии и авиации, которым необходима информация о типах облачности над определенными участками земли. Решение задачи классификации облачности заключается в том, что специалисты смогут отслеживать изменение облачных образований во времени и пространстве.

Снимки облачности, получаемые со спутников, дают целостную картину распределения облаков над обширными территориями. Это позволяет изучать неоднородности облачного покрова различного масштаба. В процессе обработки изображений облачности, полученных с аппаратов дистанционного зондирования Земли, могут быть выявлены облачные образования, которые состоят из различных типов облаков. То есть данные об облачности, полученные с наземной сети наблюдений, могут быть уточнены и конкретизированы.[1]

Необходимость автоматизации процедуры классификации облачности по спутниковым снимкам является следствием того, что классификация облачности специалистами-метеорологами является трудоемкой задачей и требует значительных временных затрат.

Целью работы является разработка и реализация алгоритма для классификации изображений облачности по спутниковым данным на основе текстурных характеристик.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1. Анализ существующих методов для задачи автоматической классификации облачности на основе спутниковых снимках.
2. Расчет матриц смежности яркости пикселей для изображений облачности из выборки по методу GLCM.
3. Сокращение размерности полученных характеристик с помощью метода главных компонент.

4. Нахождение эталонных изображений, характеризующих каждый тип облачности с помощью карты Кохонена.

5. Разработка программного продукта для автоматической классификации облачности на основе матриц смежности яркости.

6. Оценка результатов классификации облачности.

Объектом исследования является анализ спутниковых снимков облачности. Предмет исследования – классификация облачности по данным MODIS высокого разрешения.

При выполнении работы были применены методы обработки изображений и данных дистанционного зондирования Земли из космоса, а также нейросетевые технологии.

Разработанная программная система для классификации облачности по спутниковым данным может быть использована для анализа климатических явлений и прогнозирования погоды.

Результаты работы были представлены на трех конференциях: XXII Международная научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых учёных «Молодежь и современные информационные технологии» (Томск, 2014); XXIII Международная научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых учёных «Молодежь и современные информационные технологии» (Томск, 2015), XIII Всероссийская научно-практическая конференция студентов, аспирантов, молодых ученых «Технологии Microsoft в теории и практике программирования» (Томск, 2016).

Глава 1. Классификация облачности

1.1. Метеорологическая классификация облачности

Облака представляют собой системы взвешенных в атмосфере продуктов конденсации водяного пара, которые при укрупнении выпадают в виде осадков [2]. Причинами образования облаков являются сложные и разнообразные физические процессы, происходящие в атмосфере. В атмосфере протекает множество различных физических процессов, которые создают облачные образования разных форм и разновидностей.

Существует несколько классификаций облаков в зависимости от основных их признаков:

- Морфологическая классификация. Критерием классификации является внешний вид облаков.
- Генетическая классификация. Критерием является характер процесса образования облаков.
- Классификация по микрофизическому строению. По данному виду облака классифицируются исходя из агрегатного состояния, вида и размера облачных частиц.[2]

Наиболее интересна морфологическая классификация, которая, используется в практических метеорологических наблюдениях. Форма облачности — это не объективная характеристика, которую может определить какой-нибудь специальный прибор. Ни один прибор, каким бы современным и совершенным он ни был, не может с этой задачей справиться. Форму определить можно только на глаз. Определение формы облаков (как и доли облачности в небе) — задача сугубо метеорологического наблюдателя. Поэтому возможны разногласия в определении типа облачности. Помимо этого существует ряд переходных форм, облака могут менять свою форму. Очень многое порой зависит от освещения, которое может дать ложную картину.

Классификация облачности, существующая в настоящий момент времени, возникла не сразу, а совершенствовалась на протяжении нескольких

столетий. В 1803 году Говард впервые предложил различать главные «модификации» облаков — перистые, перисто-кучевые, кучевые и слоистые, а также промежуточные формы — кучево-слоистые, перисто-слоистые, кучево-перисто-слоистые (дождевые) [3]. Также Говард предложил латинские названия и их сокращения, применяемые до сих пор. Классификация Говарда, с поясняющими её двумя рисунками, была включена в инструкцию для русских метеорологических станций, изданную в 1869 году.

В основу классификации взяты латинские слова, характеризующие их внешний вид: *stratus* — слой, *cumulus* — куча, *cirrus* — перо, *altus* — высокий, *opacus* — плотный, *nimbus* — дождь, *translucidus* — просвечивающий, *fractus* — разорванный, *humilis* — низкий.

В 1887 году Гильдебрандсон и Эберкромби предложили проект классификации, приближенной к современной, согласно которой выделяются 10 типов облаков. Однако высококучевые облака они называли кучево-перистыми, а высокослоистые облака слоисто-перистыми. В 1896 году был выпущен первый Международный атлас облаков с 30 цветными рисунками. В отличие от современной классификации перисто-кучевые облака были отнесены не к верхнему ярусу, а к среднему, а слоистые обозначены как «приподнятый туман». С этого момента классификация облачных полей стала единой по всему миру. В 1930 году был выпущен уточненный атлас облаков, к которому был приложен код для сообщения результатов наблюдения за облаками из 30 позиций. Новый Международный облачный атлас был подготовлен и издан в 1956 году (ВМО) на 224 листах. Используемый сейчас на сети метеостанций по всему миру Атлас облаков основан на материалах атласа, изданного в 1956 году ВМО.

При установлении формы облаков отличительными признаками служат их внешний вид и структура. Они отличаются по строению — однородные или волокнистые, по нижней поверхности — ровная или расчлененная, а также они могут быть дислоцированы в виде отдельных масс или сплошного покрова. Кроме того, облака могут быть плотными или прозрачными, сквозь которые

просвечивает небо, луна и солнце. По всем этим признакам можно судить о внешнем строении облаков. [4].

Облака делятся на три яруса по их ВНГО – верхний, средний и нижний, а также выделяют отдельную группу – облака вертикального развития. В настоящее время по морфологической классификации выделяют 27 (по 9 для каждого яруса) типов облаков, включая подтипы и некоторые сочетания (Приложение Б).[3]

1.2. Развитие автоматизации классификации облачности по спутниковым снимкам

Задача классификации облачности по спутниковым снимкам появилась с запуском первых космических аппаратов дистанционного зондирования Земли. Первая работа [5] по этой теме появилась в 1962 году, в которой по изображениям со спутника TIROS проводилась оценка таких характеристик облачности, как текстура, структура и яркость облачности.

После запуска Nimbus-2 в 1966 году, появилась возможность извлечения признаков облачности с помощью мультиспектральных методов. После этого сформировалось два подхода к описанию облачности по данным аппаратов дистанционного зондирования Земли: текстурный и спектральный. В некоторых работах используется их сочетание. Спектральный метод основан на определении энергетической яркости пикселей облачности в различных диапазонах длин волн сканирующей аппаратуры. Недостатком этого метода является то, что изображение не может быть охарактеризовано, как единое целое, так как описывается попиксельно. Также в работах [6,7] доказано, что для классификации облачности больше информации несет текстурный подход.

Начало 70-х годов было отмечено успешным запуском 23 января 1970 года первого эксплуатационного метеорологического спутника второго поколения ITOS-1. Вторым спутник ITOS-A (NOAA-1), запущенный 11 декабря 1970 года, положил начало серии спутников NOAA. В 70-х годах часть работ была посвящена исследованию спектральных и текстурных характеристик

облачности, а в других предприняты первые попытки по созданию автоматических классификаторов облаков.

В 1992 году Bankert представляет свой алгоритм [8], который классифицирует облачность по девяти основным типам. Для описания облачности использовались спектральный и текстурный подходы (GLDV, SADH, длины серий), а также характеристики, восстановленные по спутниковым данным. В ходе исследований было рассмотрено 203 признака, из которых были выбраны 12 наиболее значимых для описания облачности в задачи классификации. Эти признаки в виде векторов являлись входными данными для вероятностной нейронной сети, которая служила классификатором облачности в данном алгоритме.

Вероятностные нейронные сети (PNN-сети) – тип нейронных сетей, в которых плотность вероятности принадлежности классам оценивается посредством ядерной аппроксимации. [9] Вероятностная нейронная сеть несомненно имеет преимущества, такие как устойчивость к шуму, способность извлекать ключевые характеристики, а также она фактически не требует обучения, так как исследуемый образец относится к классу на основании вычисленных оценок с помощью энергетических преобразований. Однако для обучения вероятностной нейронной сети необходимо большое количество примеров для хорошего приближения к истинной плотности вероятности.

В 1966 году Uddstorm представил алгоритм, представленный в работе [10], в котором для классификации облачности выбран байесовский подход, основанный на принципе максимума апостериорной вероятности. Байесовский подход основан на теореме, утверждающей, что если плотности распределения каждого из классов известны, то искомый алгоритм можно выписать в явном аналитическом виде. [11] Классификатор для данной разработки оказался не эффективным и усредненная вероятность правильной классификации составила лишь 70%.

В 1978 г. была закончена разработка и начата эксплуатация системы метеорологических спутников третьего поколения TIROS-N,

функционирующих на полярной орбите. Второй спутник третьего поколения NOAA-6 был запущен на орбиту в июне 1979 г. Впервые на борту этих двух спутниках был установлен сенсор AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer), сканирующий земную поверхность в 5 спектральных каналах с разрешением 1100 м и шириной обзора 2800 км. В дальнейшем AVHRR устанавливался на все спутники серии NOAA и до сих пор является одним из основных инструментов для получения данных дистанционного зондирования с целью выполнения оперативного мониторинга атмосферных процессов, включая наблюдение за движением облачных масс.

В 80-е года XX века было проведено множество исследований по анализу текстуры, спектральных свойств, состава и определению типов облачности. Однако известных работ по автоматической классификации облачности, в которых облака разделялись по 10 основным формам (не говоря уже и о подтипах) на основе данных дистанционного зондирования по-прежнему не существовало. В первую очередь это объясняется недостаточной вычислительной мощностью компьютерной техники того времени для возможности применения более эффективных классификаторов по сравнению с пороговыми методами и деревьями принятий решений. Вторым объяснением является слабое развитие методик распознавания и классификации образов по типам.

Развитие ЭВМ и методов классификации в конце 80-х годов способствовало появлению эффективных работ по автоматической классификации облачности на основе спутниковых данных. В этих годах были впервые применены нейронной сети для решения задачи классификации облачности.

В 90-х годах наряду с такими классическими способами описания облачности по спутниковым данным, как спектральный и текстурный подходы, ряд работ был посвящен разработке методик, основанных на цифровой обработке сигналов – пространственно-частотной фильтрации и вейвлет-преобразованиях.

В конце 90-х и начале 2000-х годов можно заметить тенденцию разделения единой задачи автоматической классификации облачности по спутниковым данным на несколько частных подзадач:

- классификация однослойной облачности и облаков вертикального развития;
- классификация многослойной облачности;
- классификация облачности по спутниковым данным за ночное время суток;
- классификация облачности над подстилающей поверхностью различных типов.

В декабре 1999 года был запущен спектрорадиометр MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer — сканирующий спектрорадиометр среднего разрешения), который на сегодняшний день занимает лидирующую позицию среди современных космических систем.

Причиной широкого использования данных MODIS является их доступность, так как данные распространяются свободно на сервере Goddard Space Flight Center (<http://ladsweb.nascom.nasa.gov>). Кроме этого на сервере бесплатно можно скачать несколько десятков тематических продуктов, получаемых с помощью данных MODIS.

Спектрорадиометр MODIS предназначен для получения спектральных изображений отражений с дневной части земной поверхности и дневного/ночного излучения в каждой точке поверхности Земли, как минимум, каждые два дня. В инструменте применена концепция отображающего радиометра [12].

Данные MODIS по всей поверхности Земли поступают со спутников каждые 2 дня в 36 спектральных зонах (в диапазоне 0.405-14.385 мкм) с разрешением 250-1000 м, что обеспечивает моделирование в глобальном и региональном масштабе. В табл. 2.1 представлено описание спектральных зон MODIS.

В 2000-х годах, по данным MODIS ведутся исследования по анализу спектральных характеристик облаков, так как данные предыдущего аппарата дистанционного зондирования Земли не могли дать такой информации.

Однако стандартного тематического продукта (MOD/MYD), который бы мог дать информацию о типах облачности над определенной территорией, не существует. Из продуктов MODIS можно выделить облачную маску (MOD35/MYD35), которая формируется с помощью пороговых тестов (ATBD). Тесты учитывают спектральные особенности облачности в различных диапазонах длин волн излучения. Для улучшения качества классификации облачности проведены исследования с применением более совершенных алгоритмов. Например, для построения облачной маски использовался неконтролируемый алгоритм максимального правдоподобия. В результате применения алгоритма максимального правдоподобия было улучшено качество построения облачной маски и повышена достоверность идентификации облачности нижнего, среднего и верхнего ярусов. Классификация облачности по типам в данной работе не проводилась, но были определены спектральные характеристики, которые свойственны только для перистой облачности. Еще одной успешной работой, в которой были улучшены результаты построения облачной маски, является. В этой работе идентификация облачности выполнялась с помощью метода опорных векторов на основе спектральных характеристик облачности в различных диапазонах длин волн излучения. В ходе исследования облачность не только выделялась, но и определялся ее физический состав (вода, лед).

В работах [13, 14] представлены алгоритмы, которые классифицируют облачность по 10 типам на основе данных систем Imager (GOES) и AVHRR (NOAA) с пространственным разрешением 1000 м. В качестве классификатора используется алгоритм ближайших соседей, который имеет преимущество над вероятностной нейронной сетью в оперативности обработки спутниковых снимков.

Основной идеей метода ближайших соседей является то, что классифицируемый образец относится к тому классу, число обучающих образцов которого больше в пределах некоторой области. Алгоритм прост в реализации, устойчив к зашумленной или искаженной информации, но проблема этого классификатора в том, модель невозможно «отделить» от данных, так как классификации исследуемого образца необходимо использовать всю обучающую выборку.

В отечественных работах на данную тему можно выделить работы Е.В. Волковой и А.Б. Успенского. Они сформировали 13 классов облачности. Каждый класс включает в себя несколько типов облачности и их подтипов, которые имеют сходные спектральные и восстановленные на их основе признаки: высота верхней границы облаков, микроструктура, водность и другое. При этом один и тот же тип облачности может принадлежать нескольким классам одновременно в зависимости от значений классификационных характеристик. Их алгоритм основан на спектральных и восстановленных на их основе параметрах облачности, а классификация происходит с помощью порогового классификатора. Следует отметить, что при достаточно простой реализации, пороговый классификатор имеет низкую эффективность при большом количестве признаков, а также он чувствителен к шуму. Оценка вероятности правильной классификации этой работы оценивается ими, как 80-90 %.

В апреле 2016 года ученые Института оптики атмосферы (ИОА СО РАН, Томск) представили программный продукт для автоматической классификации различных облаков, который распознает 14 различных текстур облачности. Программа использует алгоритмы, позволяющие определять количество ярусов облаков и классифицировать их по текстуре в каждом из этих ярусов.[15]

Для описания облачности в данном программном продукте используется статистический подход GLCM, в основе которого лежит вычисление матриц пространственной смежности яркости пикселей. Для решения задачи классификации облачности используется нейронная сеть – многослойный

персептрон. Эта архитектура сети была предложена работы Rumelhart, McClelland (1986). Каждый элемент такой нейронной сети строит взвешенную сумму своих входов с поправкой в виде слагаемого и таким образом получается выходное значение этого элемента. Многослойный персептрон, как классификатор имеет следующие преимущества: устойчивость к шуму, компактная структура, способность к обобщению, возможность моделировать решающее правило любой сложности, способность извлекать ключевые характеристики. Однако наличие нескольких слоев у персептрона увеличивает количество производимых математических операций, а соответственно и время, при выполнении процедуры классификации. К тому же фактически многослойный персептрон представляет собой «черный ящик», поскольку известны только входные и выходные сигналы сети, а внутренние значения весовых коэффициентов практически невозможно интерпретировать при большом количестве связей.

На данный момент программный продукт, представленный учеными Института оптики атмосферы, превосходит имеющиеся аналоги. Он не только распознает большее количество типов облачности, чем существующие аналоги, но и осуществляет это с достаточно хорошей вероятностью правильной классификации. Однако он не способен идентифицировать все типы облачности, содержащиеся в метеорологическом стандарте. Поэтому задача автоматической классификации облачности на основе спутниковых снимков до сих пор является актуальной.

Также можно сделать вывод в том, что применение данных среднего (<100 м) и высокого (<10 м) разрешения для автоматической классификации облачности является нецелесообразным по следующим причинам:

- большая периодичность съемки делает невозможным проведение оперативного мониторинга облачности;
- наличие больших разрывов между отдельными облаками делает невозможным описания облачности как единой структуры со сходной текстурой;

- облачность может покрывать весь снимок, не имея определенной структуры.

Наиболее перспективной для улучшения результатов классификации облачности можно считать систему MODIS, позволяющую сканировать земную поверхность с разрешением 250, 500 и 1000 м. Это объясняется возможностью съемки с более высоким (<1000 м) разрешением, что может повлиять на определение уникальной текстуры не только основных типов облаков, но и их подтипов, и сочетаний.

Глава 5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.

5.1. Предпроектный анализ

5.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования

Успехом разработки программного продукта считается, если он удовлетворяет все ключевые потребности пользователей. Зачастую они имеют разные предпочтения, поэтому необходимо выделить целевую аудиторию, которая будет максимально удовлетворена продуктом. Другими словами, рассмотреть целевой рынок.

Целевая аудитория – это группа людей, которая стремится удовлетворить ту потребность, которую решает данный продукт.

Результатом магистерской работы является программное обеспечение, которое производит классификацию облачности. Целевым рынком данного продукта являются компании, которые занимаются прогнозированием климатических изменений, отслеживанием перемещения облачности, синоптики.

Конечными пользователями являются метеорологи, для которых важен простота функционирования, дружественный интерфейс, быстроедействие и точность результатов.

5.1.2. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

По теме автоматизированной классификации облачности до сих пор ведутся разработки, на данный момент нет программного обеспечения, который давал бы всю необходимую информацию об облачности по спутниковому снимку.

Необходимо отметить, что 14 апреля 2016 года учеными томского Института оптики атмосферы (ИОА СО РАН) была представлена программа, способная автоматически классифицировать различные облака. Для классификации облаков используются их текстурные признаки и многослойная

нейронная сеть в качестве классификатора. Алгоритм действия позволяет выделить 25 различных текстур облачности.

Программный пакет MeteoGamma является технологическим решением компании СканЭкс для обработки спутниковой информации. ПП MeteoGamma обеспечивает анализ облачности и мониторинг окружающей среды. Программа определяет 11 типов облаков, а также земную и водные поверхности, смог, дымовые шлейфы и очаги крупных пожаров.

Для того, чтобы оценить сравнительную эффективность научной разработки необходимо проанализировать конкурентные технические решения с позиции ресурсосбережения и ресурсоэффективности. Анализ проведен с помощью оценочной карты, которая представлена в приложении В.

По результатам оценочной карты можно сделать вывод, что разрабатываемый проект пока что уступает разработкам томского Института оптики атмосферы. Для увеличения конкурентоспособности главным образом необходимо дополнить функционал программы.

5.1.3. SWOT-анализ

На начальном этапе SWOT-анализа были описаны слабые и сильные стороны проекта, а также выявлены возможности и угрозы для реализации проекта, которые проявились или могут проявиться в его внешней среде.

Сильными сторонами проекта можно отметить:

- С1. Высокое качество программного продукта.
- С2. Интуитивно понятный интерфейс.
- С3. Удобство в использовании.
- С4. Быстрая установка программного продукта.
- С5. Экономичность ресурсов памяти.

Слабые стороны:

- Сл1. Небольшой функционал.
- Сл2. Локальное приложение.
- Сл3. Уступает конкурентам в быстродействии.

Сл4. Неполная выборка подвидов облачности.

Сл5. Ограниченное количество распознавания текстур облачности.

Возможности:

В1. Появление дополнительного спроса на продукт.

В2. Использование облачных технологий.

В3. Использование дополнительных материально-технических ресурсов.

В4. Появление дополнительных финансовых ресурсов.

В5. Повышение стоимости конкурентных разработок.

Угрозы:

У1. Выход продукта-конкурента с полным функционалом.

У2. Выход продукта-конкурента с более полным количеством распознавания типов облачности.

У3. Введение дополнительных государственных требований к сертификации продукции.

У4. Снижение доходов потенциальных клиентов.

Итоговая матрица SWOT-анализа приведена в приложении Д.

5.1.4. Оценка готовности проекта к коммерциализации

Степени готовности проекта к коммерциализации важно оценивать на каждом этапе жизненного цикла. Приложение Г содержит бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации, который отражает показатели, указывающие на степень проработанности проекта с позиции коммерциализации.

В итоге $B_{\text{сум}}$ равен 42. Показатель находится в интервале от 44 до 30, что говорит о средней перспективности разработки.

5.2. Инициация проекта

5.2.1. Цели и результат проекта.

Заинтересованные стороны в работе, а также их ожидания от реализованного проекта представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Руководитель проекта	Реализация научных задумок
Исполнитель по проекту	Написанная магистерская диссертация
НИ ТПУ	Созданный проект, обладающий научной новизной

В таблице 12 представлена информация об иерархии целей проекта и критериях их достижения. Эти данные необходимы для того, что при выполнении проекта не отойти от поставленных целей и ожидаемых результатов. Это должен отслеживать ответственный за проект.

Таблица 12 – Цели и результат проекта

Цель проекта:	Создать математическое программное обеспечение, классифицирующее облачность для анализа климатических явлений и прогнозирования погоды.
Ожидаемые результаты проекта:	Работающее программное обеспечение, которое при обработке графического файла с изображением облаков определяет их класс.
Критерии приемки результата проекта:	ПО верно классифицирует все типы облачности.
Требования к результату проекта:	БД проекта содержит все типы облачности.
	Выборка включает в себя всевозможные интерпретации каждого типа облачности.
	Одно изображение может быть отнесено только к одному классу облачности.
	Интуитивно-понятный интерфейс.
	Время обработки изображения не более 2 минут.

5.2.2. Организационная структура проекта.

В таблице 13 представлена информация о составе рабочей группы, в которую входят руководитель и исполнитель. Для каждого участника проекта описаны роль, функции и трудозатраты. В общем на выполнение проекта необходимо 1056 рабочих часов.

Таблица 13 – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО	Роль в проекте	Функции	Трудо-затраты, час.
1.	Аксенов Сергей Владимирович	Руководитель проекта	Управление проектом, координирование и анализ выполнения проекта.	408
2.	Герасимова Надежда Игоревна	Исполнитель	Реализация проекта	648
Итого:				1056

5.2.3. Ограничения и допущения проекта.

В таблице 14 представлены пункты, которые указывают на «границы проекта» и служат неким ограничением степени свободы участников проекта. Главными ограничителями проекта в основном являются временные и финансовые ресурсы, а также технические характеристики.

Таблица 14 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
3.1. Бюджет проекта:	
3.1.1. Источник финансирования	НИ ТПУ
3.2. Сроки проекта:	
3.2.1. Дата утверждения плана управления проектом	11.01.2016
3.2.2. Дата завершения проекта	20.05.2016
3.3. Прочие ограничения и допущения	
3.3.1. Ограничения по выборке	Рассматриваются лишь 14 текстур

5.3. Планирование управления научно-техническим проектом

5.3.1. Иерархическая структура работ проекта

Иерархической структурой работ (ИСР) называют детализацию укрупненной структуры работ. На рисунке 16 представлена иерархическая структура работ по проекту разработки программного обеспечения.

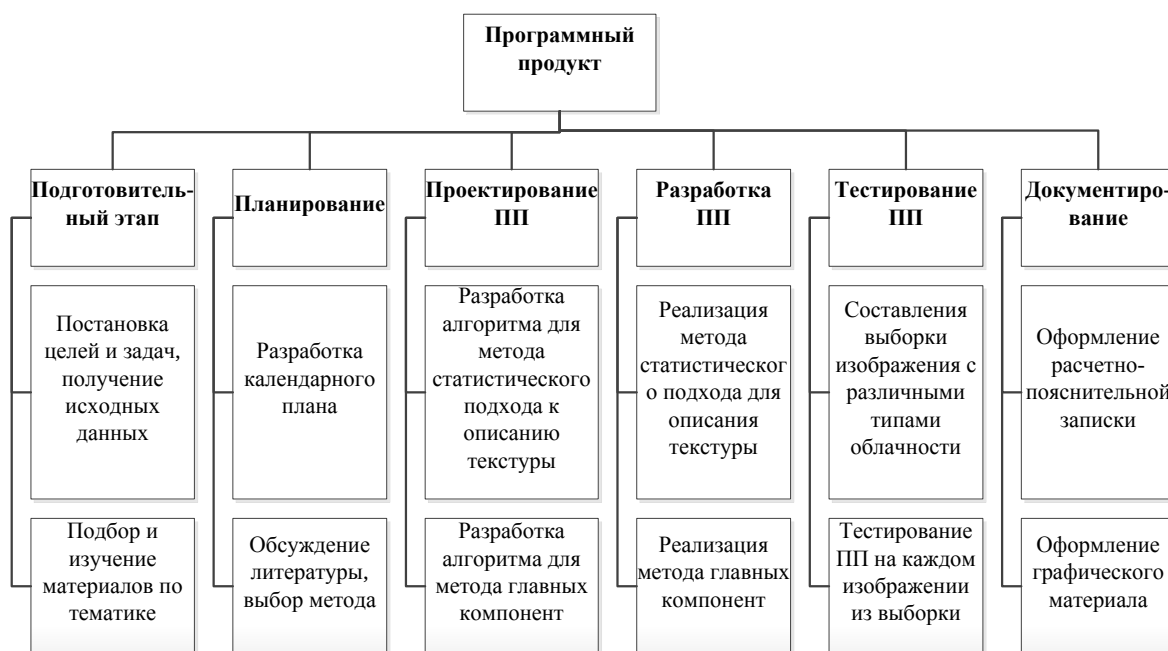


Рисунок 16 – Иерархическая структура работ по проекту разработки

Создание программного продукта было разделено на 6 этапов: подготовительный, планирование, проектирование, разработка, тестирование и документирование. Каждый из этапов также разбит на подзадачи.

5.3.2. Контрольные события проекта

Организация процесса может быть неудачной, если не выполнить заранее планирование сроков работ. Таблица 15 содержит ключевые события проекта, а также даты, когда эти события должны быть выполнены.

Таблица 15 – Контрольные события проекта

№ п/п	Контрольное событие	Дата	Результат
1.	Подготовительный этап	05.02.2016	Отчет
2.	Планирование	20.02.2016	Отчет
3.	Разработка алгоритма	18.03.2016	Отчет
4.	Реализация алгоритма	18.04.2016	Программа на языке C#

5.	Тестирование на выборке	04.05.2016	База данных
6.	Документирование	20.05.2016	Пояснительная записка

5.3.3. План проекта

На данном этапе составлен полный перечень проводимых работ, определены их исполнители и оптимальная продолжительность. Результатом планирования работ является линейный график реализации проекта, представленный в таблице 16.

Таблица 16 – Календарный план проекта

Код работ	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников
1	Постановка целей и задач, получение исходных данных	5	11.01.2016	15.01.2016	Руководитель
2	Подбор и изучение материалов по тематике	15	18.01.2016	05.02.2016	Руководитель, инженер
3	Разработка календарного плана	3	08.02.2016	10.02.2016	Руководитель
4	Обсуждение литературы	8	11.02.2016	20.02.2016	Руководитель, инженер
5	Разработка алгоритма для метода GLCM	6	24.02.2016	03.03.2016	Руководитель, инженер
6	Разработка алгоритма для метода главных компонент	10	04.03.2016	18.03.2016	Руководитель, инженер
7	Реализация метода GLCM	7	21.03.2016	29.03.2016	Инженер
8	Реализация метода главных компонент	14	30.03.2016	18.04.2016	Инженер
9	Составления выборки изображения с различными типами облачности	4	19.04.2016	22.04.2016	Руководитель, инженер
10	Тестирование ПП	6	25.05.2016	04.05.2016	Инженер

Продолжение таблицы 16.

11	Оформление расчетно- пояснительной записки	7	05.05.2016	16.05.2016	Инженер
12	Оформление графического материала	4	17.05.2016	20.05.2016	Инженер

Для иллюстрации календарного плана проекта построена диаграмма Ганта, представленная на рисунке 17.

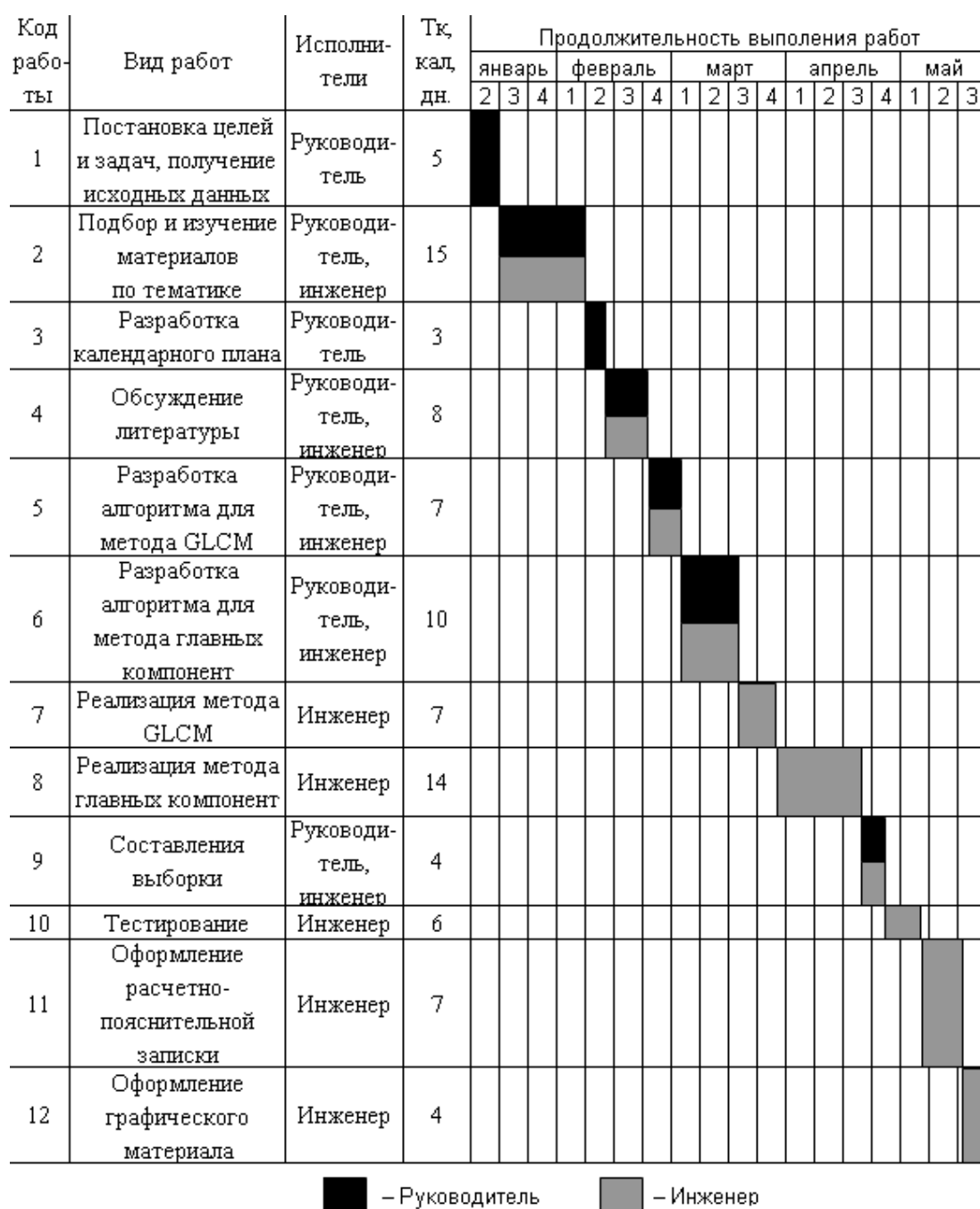


Рисунок 17 – Диаграмма Ганта

Диаграмма Ганта отображает план проекта, который содержит виды работ по выполнению проекта, описываемые началом и окончанием выполнения данных работ.

По разработанному графику началом проекта считается начало второй недели января, а временем завершения проекта – конец третьей недели мая. Также график отображает ответственных за каждый вид работ. Этот график может помочь в мониторинге выполнения проекта, так как временной ресурс является одним из самых важных.

5.3.4. Бюджет научного исследования

Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты (за вычетом отходов).

В этой статье рассчитывается стоимость материальных затрат, цена указывается по действующим прейскурантам. Статья материальных затрат включает в себя транспортно-заготовительные расходы, которые составляют 3 – 5 % от цены, а также расходы на оформление документации. Результаты по данной статье представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Сырье и материалы

Наименование	Марка, размер	Кол-во	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Блокнот	Listoff, 48 стр	2	40	80
Бумага для принтера формата А4	HP Printing Paper, 500 листов	1	350	350
Картридж	HP CB320HE, Тип: Одноцветный Ресурс: 300 стр	1	1200	1200
Ручка шариковая	ErichKrause	1	30	30
Карандаш	ErichKrause	1	15	15
Стирательная резинка	ErichKrause	1	10	10
Всего за материалы				1685
Транспортно-заготовительные расходы				65
Итого по статье См				1750

Основная заработная плата

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением проекта, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату.

Для расчета основной заработной платы необходимо умножить среднедневную заработную плату на продолжительность работ.

Чтобы найти среднедневную заработную плату, необходимо произвести расчет действительного годового фонда рабочего времени персонала. Для рассматриваемого проекта, действительный годовой фонд представлен в таблице 18.

Таблица 18 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней - выходные дни - праздничные дни	116	116
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	24	24
Действительный годовой фонд рабочего времени, час	1800	1800

При расчете месячной заработной платы учитываются премиальный, районный коэффициенты, а также коэффициент доплат и надбавок. Результаты расчета основной заработной платы представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Зб, руб.	$k_{пр}$	$k_{д}$	$k_{р}$	Зм, руб	Здн, руб.	Тр, раб. дн.	Зосн, руб
Руководитель	23264,86	0,3	0,2	1,3	45 366,48	2258,24	52	117 428,48
Инженер	7864,12	0,3	0,2	1,3	15 335,03	763,34	82	62 593,88

Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала

Данная статья включает в себя сумму выплат, которые предусмотрены законодательством о труде, например, выплаты вознаграждений за выслугу лет, расходы на отпуска. Обычно дополнительная заработная плата рассчитывается, как 10 – 15% от основной заработной платы работников, которые непосредственно занимаются проектом.

В таблице 20 приведена форма расчёта основной и дополнительной заработной платы.

Таблица 20 – Заработная плата исполнителей НТИ

Заработная плата	Руководитель	Инженер
Основная зарплата	117 428,48	62 593,88
Дополнительная зарплата	14 091,42	7 511,27
по статье $C_{зп}$	131 519,9	70 105,15
Итого по статье $C_{зп}$:	201 625,05	

Отчисления на социальные нужды

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды:

- 1) отчисления в пенсионный фонд;
- 2) социальное страхование;
- 3) медицинское страхование.

Данная статья рассчитывается, как 30% от основной и дополнительной заработных плат.

Отчисления из заработной платы участников проекта составили:

$$C_{\text{внеб}} = 0,3 * 201\,625,05 = 60\,487,52$$

Прочие прямые расходы

В эту статью включаются затраты на управление и хозяйственное обслуживание, которые могут быть отнесены непосредственно на конкретную тему. Для расчета прочих расходов находится произведение коэффициента накладных расходов и суммарной заработной платы. Таким образом, прочие прямые расходы составили: $C_{\text{пр}} = 0,7 * 201\,625,05 = 123\,015,65$.

Полная смета

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составлена калькуляция плановой себестоимости НТИ, которая приведена в таблице 21. В результате, затраты на выполнение проекта составили 386 878 тысяч рублей.

Таблица 21 – Полная смета затрат

Наименование статьи	Затраты, руб.
1. Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты.	1 750
2. Основная заработная плата	180 022,36
3. Дополнительная заработная плата	21 602,68
4. Отчисления на социальные нужды	60 487,52
5. Прочие расходы	123 015,65
Итого плановая себестоимость	386 878,21

5.3.5. Организационная структура проекта

Базовыми вариантами организационных структур являются матричная, функциональная и проектная. В рассматриваемой ситуации наиболее подходящей является проектная организационная структура.

Проектная структура является временной, созданной для решения какой-то конкретной задачи. В ее рамках происходит объединение всех специалистов для качественной и быстрой реализации проекта, после чего она ликвидируется.

Структура выполняемого проекта представлена на рисунке 18.

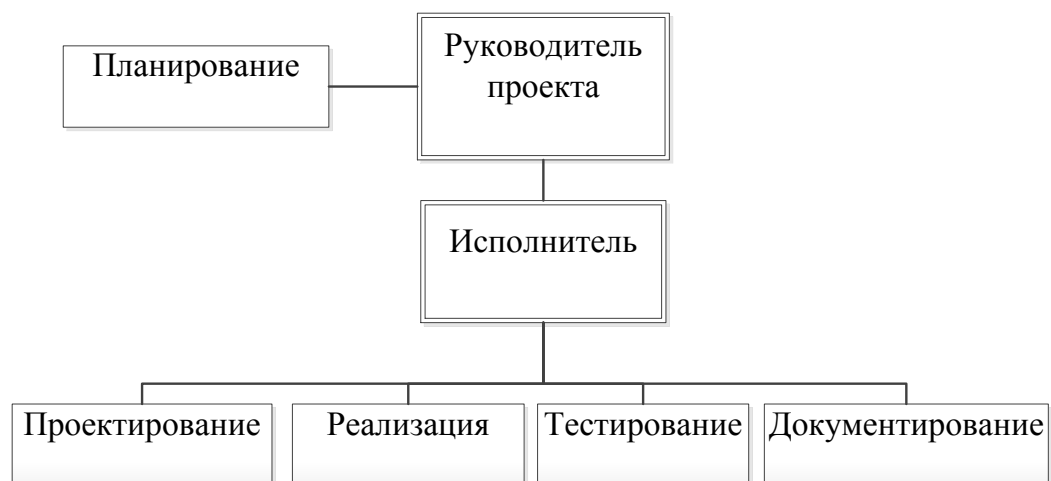


Рисунок 18 – Структура проекта

5.3.6. Матрица ответственности

Для распределения ответственности между участниками проекта сформирована матрица ответственности, представленная в таблице 22. Степень участия характеризуется следующим образом: ответственный (О), исполнитель (И), согласующее лицо (С).

Таблица 22 – Матрица ответственности

Этапы проекта	Руководитель проекта	Инженер	Инженер учебного отдела ИК по работе с магистрантами
Постановка целей и задач, получение исходных данных	О, И		С
Подбор и изучение материалов по тематике	О	И	
Разработка календарного плана	О, И		С
Обсуждение литературы	О, И	И	
Разработка алгоритма для метода GLCM	О, И	И	
Разработка алгоритма для метода главных компонент	О, И	И	
Реализация метода GLCM	О	И	
Реализация метода главных компонент	О	И	

Продолжение таблицы 22

Реализация классификатора облачности по спутниковому изображению	О, И	И	
Тестирование ПП	О	И	
Оформление расчетно-пояснительной записки		О, И	
Оформление графического материала		О, И	С

5.3.7. План управления коммуникациями проекта

План управления коммуникациями для проекта представлен в таблице 23. В нем указаны требования к коммуникациям со стороны участников проекта.

Таблица 23 – Пример плана управления коммуникациями

№ п/п	Какая информация передается	Кто передает информацию	Кому передается информация	Когда передает информацию
1	Информация о текущем состоянии проекта	Исполнитель проекта	Руководителю проекта	Еженедельно (понедельник)
2	Информация о статусе проекта	Исполнитель проекта	Инженеру учебного отдела ИК по работе с магистрантами	Не позже дня, указанного в учебном плане
3	О выполнении этапа проекта	Исполнитель проекта	Руководителю проекта	Не позже дня контрольного события по календарному графику

5.4. Реестр рисков проекта

При выполнении проекта всегда существует некоторая неопределенность и, как следствие, риски. Проектный риск – это предполагаемое ухудшение итоговых показателей эффективности проекта. Причиной появления таких рисков является неопределенность, которая

присутствует в каждом проекте. Иногда участники проекта могут определить, оценить и спланировать некоторые риски. Такой вид рисков называют «известные». Риски "неизвестные" - те, которые нельзя предугадать. Хотя они являются специфическими рисками, менеджеры проекта могут их спрогнозировать исходя из прошлого опыта.

Возможные риски проекта представлены в Приложении А.

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

5.4.1. Оценка абсолютной эффективности исследования

Основой проектного подхода к инвестиционной деятельности предприятия является принцип денежных потоков (cash flow). В этом подходе необходимо учитывать фактор времени и риска, так как он рассчитывает долгосрочный прогноз.

В приложении Д представлен план денежных потоков. Выручка считается с тем учетом, что лицензия на один программный продукт стоит 60 тысяч рублей.

Для оценки эффективности проекта был проведен расчет следующих показателей:

- Чистый доход (ЧД), который отражает накопленный эффект, рассчитанный за определенный период, в котором суммируются результаты каждого шага периода. ЧД проекта равен 1101,02 тысяч рублей.
- Чистый дисконтированный доход (ЧДД) - накопленный дисконтированный эффект за расчетный период. ЧДД данного проекта = 693,52 тысяч рублей. Следовательно, проект является эффективным.
- Внутренней нормы доходности (ВНД) – норма рентабельности инвестиционного проекта. ВНД проекта = 56%. Так как $ВНД > E$, проект можно считать эффективным.

- Потребностью в дополнительном финансировании (ПФ) называют максимальное значение абсолютной величины отрицательного накопленного сальдо от инвестиционной и производственной деятельности. Потребность в финансировании рассматриваемого проекта равна 386,88 тысяч рублей.

- Продолжительность периода от момента начала разработки проекта до момента его окупаемости называется сроком окупаемости. Этот показатель в данном проекте, отсчитанный от начала нулевого периода, составляет 2,98 года, если же отсчитывать его от начала операционной деятельности, он окажется равным 1,98 года.

- Индекс доходности инвестиций (ИД) - отношение суммы чистого дохода и потребности в финансировании к потребности в финансировании рассматриваемого проекта. ИД проекта = 3,85.

- Дисконтированный индекс доходности (ИДД), который рассчитывается, как отношение суммы чистого дисконтированного дохода и потребности в финансировании к потребности в финансировании рассматриваемого проекта. ИДД проекта = 2,79.

- Уровень безубыточности (УБt) – отношение "безубыточного" объема производства в периоде t к проектному. Оценка уровня безубыточности для рассматриваемого проекта представлена в таблице 27.

5.4.2. Оценка сравнительной эффективности исследования

Для оценки сравнительной эффективности исследования необходим расчет интегрального показателя эффективности научного исследования.

При расчете интегрального финансового показателя разработки необходимо найти отношение стоимости i-го варианта исполнения к максимальной. Максимальную стоимость проекта имеет аналог 1.

По вышеприведенной формуле посчитан интегральный финансовый показатель для каждого варианта исполнения проекта: $I_{тп} = 0,75$; Аналог 1 = 1; Аналог 2 = 0,69.

При подсчете интегрального показателя ресурсоэффективности разработки были просуммированы произведения весовых коэффициентов на соответствующие баллы:

$$I_{\text{тп}} = 0,75 + 0,68 + 0,4 + 0,6 + 0,4 + 0,76 + 0,36 + 0,35 = 4,3$$

$$\text{Аналог 1} = 0,6 + 0,68 + 0,2 + 0,6 + 0,32 + 0,57 + 0,27 + 0,21 = 3,45$$

$$\text{Аналог 2} = 0,45 + 0,34 + 0,3 + 0,45 + 0,32 + 0,38 + 0,27 + 0,21 = 2,72$$

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности проведен в таблице Е.

Для расчета интегрального показателя эффективности разработки необходимо найти отношение интегрального показателя ресурсоэффективности к интегральному финансовому показателю. Результаты вычислений всех показателей отображены в таблице 24. Сравнительная эффективность разработки дает информацию о том, какой из вариантов решения задачи, поставленной в данной работе, наиболее подходит с позиции ресурсной и финансовой эффективности. Из результатов таблицы 24 можно сделать вывод, что выбранный вариант для разработки значительно эффективнее аналогов – об этом говорит каждый из показателей, отраженных в этой таблице.

Таблица 1. Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Разработка	Аналог 1	Аналог 2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,75	1	0,69
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,3	3,45	2,72
3	Интегральный показатель эффективности	5,73	3,45	3,94
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	(Аналог1)1,66 (Аналог2)1,45	(Разработка)0,6 (Аналог2)0,86	(Разработка)0,69 (Аналог1)1,14

Заключение

В работе представлены основные существующие подходы для решения задачи автоматической классификации облачности на основе спутниковых снимков. В результате анализа зарубежных и отечественных работ были выявлены существующие проблемы в данной области.

В диссертации рассмотрена задача автоматической классификации облачности с применением самоорганизующейся карты Кохонена на основе информации о текстуре, представленной с помощью матриц смежности яркости пикселей.

Для классификации облачности были использованы данные спектрорадиометра MODIS с пространственным разрешением 250 м, так как они позволяют выделить 14 типов однослойной облачности и облаков вертикального развития с уникальной текстурой изображения.

Текстура облачности описывается на основе статистических характеристик по методу GLCM. Этот подход позволяет учитывать пространственную зависимость элементов изображения путем определения двумерной смежности яркости пикселей.

Для классификации облачности применяется самоорганизующаяся карты Кохонена, так как она имеет ряд преимуществ по сравнению с другими типами сетей:

- обучение без учителя;
- способность извлекать ключевые характеристики;
- устойчивость к шуму;
- компактная структура;
- высокая скорость обучения и классификации.

Для работы сети сформированы наборы эталонных образцов для основных типов облачности. Образцы получены путем выделения фрагментов изображения со спутниковых снимков.

Спроектировано и реализовано программное обеспечение на языке C# для классификации облачности на основе выделенных главных компонент из матриц смежности с помощью самоорганизующейся карты Кохонена. Входное изображение обрабатывается методом скользящего окна. Каждому типу облачности назначен определенный цвет для отображения результатов классификации.

Оценка вероятности правильной классификации тестовой выборки для 14 типов облачности составляет 0,85. Разработанная программная система для классификации облачности по спутниковым данным может быть использована для решения задач, связанных с метеорологией и климатологией.

В будущем данное программное обеспечение может быть дополнено методом детектирования многослойной облачности и определения ее типового состава, а также спроектированы и реализованы алгоритмы для идентификации облачности на снимках, сделанных в ночное время спутниковой съемки.

Список публикаций

1. Н.И. Герасимова, А.Э. Верхотурова, С.В. Аксенов. Программное обеспечение поиска фрагмента сены в видеопотоке с помощью анализа распределения цветовых оттенков. // Молодежь и современные информационные технологии: Сборник трудов XII Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых 12–14 ноября 2014 г.

2. Н.И. Герасимова. Метод кластеризации многомерных данных на основе модифицированного алгоритма функционирования карт Кохонена. // Молодежь и современные информационные технологии: Сборник трудов XIII Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных 9–13 ноября 2015 г.

3. Н.И. Герасимова. Метод статистического подхода к описанию текстур для классификации облачности. // XIII Всероссийская научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Технологии Microsoft в теории и практике программирования».