

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Институт космических и информационных технологий
Кафедра систем искусственного интеллекта

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой СИИ

____ Г. М. Цибульский

« ____ » _____ 2019 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Программный комплекс импорта космоснимков многоцелевой системы ДЗЗ

ИКИТ СФУ

09.04.02 Информационные системы и технологии

09.04.02.05 Информационные системы дистанционного зондирования Земли

Научный руководитель _____ канд. техн. наук Р. В. Брежнев
подпись, дата

Выпускник _____ А. О. Касиков
подпись, дата

Рецензент _____ канд. биол. наук Е. В. Федотова
подпись, дата

Красноярск 2019

Продолжение титульного листа магистерской диссертации по теме
«Программный комплекс импорта космоснимков многоцелевой системы ДЗЗ
ИКИТ СФУ».

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Институт космических и информационных технологий
Кафедра систем искусственного интеллекта

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой СИИ

_____ Г. М. Цибульский

« ____ » _____ 2019 г.

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме магистерской диссертации

Студенту Касикову Александру Олеговичу.

Группа: КИ17-02-5М. Направление: 09.04.02 Информационные системы и технологии.

Тема магистерской диссертации «Программный комплекс импорта космоснимков многоцелевой системы ДЗЗ ИКИТ СФУ».

Утверждена приказом по университету № _____ от _____.

Руководитель магистерской диссертации Р. В. Брежнев, кандидат технических наук, доцент кафедры систем искусственного интеллекта ИКИТ СФУ.

Исходные данные для магистерской диссертации: методические указания научного руководителя, статьи, книги, научные журналы, монографии по теме исследования.

Перечень разделов ВКР: введение, геоинформационные системы в различных отраслях, исследование и построения решения, разработка и тестирование, ЗАКЛЮЧЕНИЕ, СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ СОКРАЩЕНИЙ, СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ, ПРИЛОЖЕНИЯ.

Перечень графического материала: плакаты презентации, выполненная в Microsoft Office PowerPoint 2013.

Руководитель ВКР _____ Р. В. Брежнев

Задание принял к исполнению _____ А. О. Касиков

«__» _____ 2019 г.

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Институт космических и информационных технологий
Кафедра систем искусственного интеллекта

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой СИИ

_____ Г. М. Цибульский

« ____ » _____ 2019 г.

**ГРАФИК
НАПИСАНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ
ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ
в форме магистерской диссертации**

Студент: Касиков Александр Олегович.

Группа: КИ17-02-5М. Направление: 09.04.02 Информационные системы и технологии.

Тема магистерской диссертации: программный комплекс импорта космоснимков многоцелевой системы ДЗЗ ИКИТ СФУ.

График выполнения выпускной квалификационной работы (ВКР) приведён в таблице 1.

Таблица 1 – График выполнения этапов ВКР

Наименование / содержание этапа	Срок выполнения	Примечания
Анализ предметной области, подбор литературы	До 14 февраля 2018	Выполнено
Составление плана работы над ВКР	До 14 марта 2018	Выполнено
Разработка и предоставление на проверку первой главы	До 30 мая 2018	Выполнено
Разработка и предоставление на проверку второй главы	До 30 сентября 2018	Выполнено
Разработка и предоставление на проверку третьей главы	До 29 декабря 2018	Выполнено
Доработка ВКР в соответствии с полученными замечаниями	До 15 апреля 2019	Выполнено
Разработка тезисов доклада и подготовка презентации для защиты	До 1 июня 2019	Выполнено
Согласование с руководителем тезисов доклада и презентации	До 15 июня 2019	Выполнено
Прохождение нормоконтроля	До 19 июня 2019	Выполнено
Ознакомление с отзывом и рецензией	До 1 июля 2019	Выполнено
Завершение ВКР к защите с учётом отзыва и рецензии	До 8 июля 2019	

Реферат

Выпускная квалификационная работа по теме «Программный комплекс импорта космоснимков многоцелевой системы ДЗЗ ИКИТ СФУ» содержит 77 страниц текстового документа, 37 иллюстраций, 1 таблицу, 53 использованных источника.

Проблема — своевременное получение актуальных данных ДЗЗ.

Объект исследования — программный комплекс импорта космоснимков многоцелевой системы ДЗЗ ИКИТ СФУ.

Предмет исследования — процессы работы с данными ДЗЗ:

- поиск;
- загрузка;
- публикация;
- использование опубликованных данных.

ДААННЫЕ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ, ВЕБ-ТЕХНОЛОГИИ, ПОИСК ДАННЫХ, ЗАГРУЗКА ДАННЫХ, ИМПОРТ ДАННЫХ, КОНЕЧНЫЙ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬ, ОТКРЫТЫЕ ИСТОЧНИКИ ИНФОРМАЦИИ, ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ, СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО, ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ.

Актуальность работы в рамках развития многоцелевой системы является своевременное получение актуальных данных ДЗЗ. В рамках работы будет проведено исследование программного комплекса с целью оптимизации процессов работы с данными ДЗЗ.

Исходя из цели были поставлены следующие задачи:

- анализ источников данных ДЗЗ;
- исследование процессов работы с данными ДЗЗ;
- анализ проблемы получения актуальных данных ДЗЗ;
- разработка модуля автоматической публикации данных ДЗЗ;
- разработка веб-интерфейса для работы с опубликованными данными ДЗЗ.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
Глава 1 Геоинформационные системы в различных отраслях	6
1.1 ГИС в сельском хозяйстве	6
1.2 ДЗЗ в различных областях	8
1.2.1 ДЗЗ и сельское хозяйство	8
1.2.2 ДЗЗ и чрезвычайные ситуации	12
1.2.3 ДЗЗ и водные ресурсы	13
1.3 Актуальные данные в ГИС	15
1.4 Область исследования и предварительная обработка данных	23
1.5 Источник данных ДЗЗ	26
1.5.1 Открытые данные ДЗЗ в мире	27
1.5.2 Открытые данные ДЗЗ в России	29
1.6 Вывод по первой главе	31
Глава 2 Исследование и построения решения	33
2.1 Общий состав исследуемой системы	33
2.2 Источники данных ДЗЗ	35
2.2.1 База данных системы The Global Land Cover Facility	35
2.2.2 База данных системы United States Geological Survey	38
2.2.3 База данных системы Космоснимки	41
2.2.4 Анализ функциональных возможностей систем	42
2.3 Загрузка данных ДЗЗ	44
2.4 Автоматизация процесса публикации	46
2.5 Подсистема MapSurfer	49
2.6 Геосервер	50
2.7 Диаграммы вариантов использования	52
2.8 Место модуля в системе	58
2.9 REST API GeoServer	58
2.10 Вывод по второй главе	59

Глава 3 Разработка и тестирование	60
3.1 Процесс автоматической публикации	60
3.2 Работа с опубликованными данными	64
3.3 Вывод по третьей главе	67
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	68
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ.....	70
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	72

ВВЕДЕНИЕ

Одной из важнейших проблем в геоинформационных системах (ГИС) является получение и обработка картографических данных, поскольку в нынешней ситуации существует огромное количество информации, которую необходимо использовать. Данные должны быть получены максимально быстро и содержать актуальную информацию о географических объектах.

Во многих сферах растет разнообразие и объем используемых картографических данных. Традиционные способы получения и обработки данных быстро устаревают и требуют другие подходы, которые обеспечивают намного высокие темпы разработки.

Сотрудниками института космических и информационных технологий (ИКИТ) Сибирского федерального университета (СФУ) был создан программный комплекс импорта космоснимков многоцелевой системы для помощи принятия решений. Система ориентирована на конечного пользователя (КП).

Особенно остро востребованы актуальные данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и различные результаты их обработки для решения тематических задач, к примеру, в сельскохозяйственной деятельности:

- прогнозирование урожайности
- оценка изменения состояния растительного покрова
- оценка плодородия или деградации почв.

Достигнуть решения подобных задач возможно благодаря получению оперативной и объективной информации, которая позволит улучшить оценку состояния земель сельскохозяйственного назначения.

Актуальность работы в рамках развития многоцелевой системы является своевременное получение актуальных данных ДЗЗ. В рамках работы будет проведено исследование программного комплекса с **целью** оптимизации процессов работы с данными ДЗЗ.

Исходя из цели были поставлены следующие задачи:

- анализ источников данных ДЗЗ;
- исследование процессов работы с данными ДЗЗ;
- анализ проблемы получения актуальных данных ДЗЗ;
- разработка модуля автоматической публикации данных ДЗЗ;
- разработка веб-интерфейса для работы с опубликованными данными ДЗЗ.

Проблема. Своевременное получение актуальных данных ДЗЗ.

Объект исследования. Программный комплекс импорта космоснимков многоцелевой системы ДЗЗ ИКИТ СФУ.

Предмет исследования. Процессы работы с данными ДЗЗ:

- поиск;
- загрузка;
- публикация;
- использование опубликованных данных.

Глава 1 Геоинформационные системы в различных отраслях

1.1 ГИС в сельском хозяйстве

Во времена, когда ГИС только начали использовать в агропромышленном комплексе, осуществился положительный эффект на развитие сельскохозяйственной деятельности. Это было обусловлено улучшением качества и эффективного использования земель сельскохозяйственного назначения (ЗСХН) для выведения сельскохозяйственных культур [1].

ГИС позволило эффективнее управлять сельскохозяйственными угодьями по следующим направлениям:

- информационная поддержка управляющего персонала;
- планирование последующих действий;
- контролирование состояние посевов полей;
- прогнозирование урожайности и потенциальных потерь.

В странах Европы использование ГИС-приложений в сельском хозяйстве является обыденной ситуацией для системы управления хозяйством. Первые системы, схожие с современными, начали появляться в Англии, США, Канаде и Швеции [2]. Но, в условиях нашей страны, картографические материалы, которые используют производители в сельскохозяйственном секторе, зачастую не пригодны для работы, так как отсутствуют информация о характере землепользования. Еще одним отягчающим фактором является то, что многие работники не имеют достаточный уровень знаний для полноценной работы в ГИС-приложениях.

В 2003 году главный вычислительный центр (ГВЦ) Министерства сельского хозяйства России начал проводить первые мероприятия, целью которых явилось внедрение ГИС. На данном этапе одна из главных целей было создание нормативной базы для получения полноценных

картографических материалов, данных дистанционного зондирования, а также создания механизма приема данных дистанционного зондирования [3].

В том же году Минсельхоз подготовил первые информационные ресурсы, полученные при помощи геоинформационных систем:

- векторные цифровые модели местности в формате ArcGIS [4];
- тематические картографические данные (которые включают в себя описание почв, ландшафта, протекающих на определенных территориях процессов и прочее);
- архивы, содержащие данные со спутников по сельскохозяйственным областям субъектов РФ;
- данные, которые содержат информацию о ветеринарном и санитарном состоянии регионов Российской Федерации.

Отдельно стоит рассмотреть функциональную структуру геосервиса космического мониторинга. Данная геоинформационная система имеет ряд особенностей, которые позволяют следить за сельскохозяйственными угодьями при помощи снимков из космоса. Снимки дают возможность измерять состояние земель и накапливать эти данные для дальнейшего составления прогнозов и планов обработки

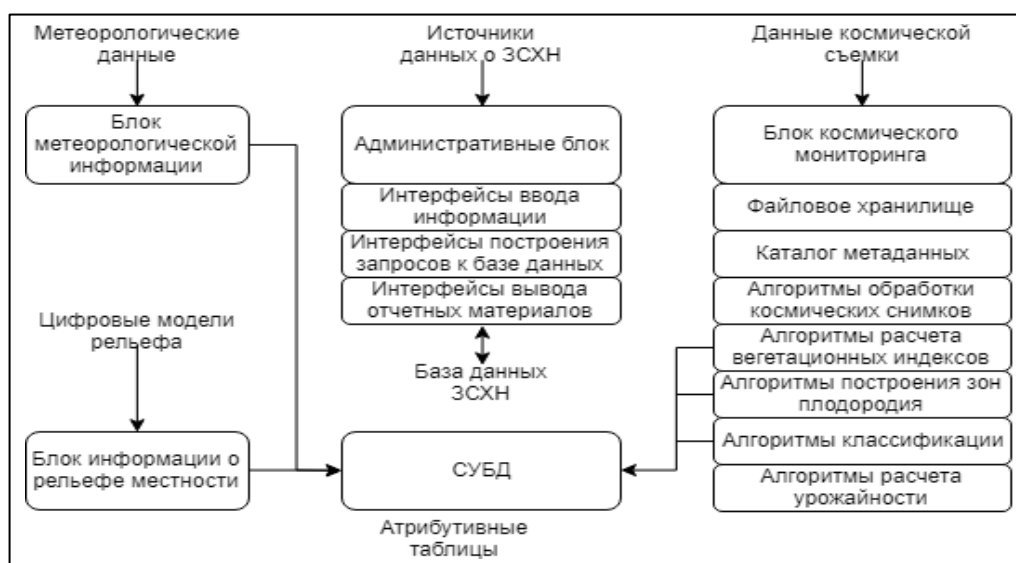


Рисунок 1.1 — Функциональная структура геосервиса космического мониторинга сельскохозяйственных земель

Съемки, производимый при этом, можно разделить на две группы:

- получаемые снимки отражают пространственное разрешение более 5 метров на пиксель для дешифрования границ полей;
- снимки с высокой периодичностью с диапазоном пространственного разрешения от 10 до 30 м и 250 м [5] для возможности последующего дешифрования состояния ландшафта и почвы.

Космическая съемка дает возможность сделать большое количество снимков, что полезно для тщательного изучения определенного аспекта сельскохозяйственных угодий.

На современном этапе развития сложно представить себе обработку сельскохозяйственных земель без применения ГИС, что связано с ростом технического прогресса во всех областях знаний. Однако Россия пока что только на одном из начальных этапов внедрения ГИС-технологий в сельское хозяйство и во многом носит фрагментарный характер [6]. Однако если сравнивать уровень ГИС-технологий в 2019 году и в 2003, когда их только начали внедрять, разница будет ощутимая.

1.2 ДЗЗ в различных областях

1.2.1 ДЗЗ и сельское хозяйство

Для работников в сфере сельского хозяйства постоянная проблема заключается в повышении урожайности и снижении затрат при минимизации загрязнения окружающей среды. Для достижения этой цели многие руководители фермерских хозяйств ищут новые технологии, которые помогут им решить, когда и где орошать, удобрять, выращивать семена и использовать гербициды. Используя данные, собранные спутниками в сочетании с окружающей средой ГИС, такие важные сельскохозяйственные факторы, как здоровье растений, растительный покров и влажность почвы, можно отслеживать из космоса и получать более широкую картину поверхности земли, которую можно комбинировать с другими технологиями,

такими как аппараты с дистанционным управлением и т. д, чтобы помочь снизить затраты и повысить урожайность.

Долгосрочное архивирование изображений Landsat [7], данных Copernicus, а также из местных вспомогательных данных (например, цифровая модель рельефа, метеорологических измерений с наземных метеостанций, измерений плодородия почвы и т. д.) и наборов производственных данных, собранных на поле фермерами и присутствующими агрономами — это новая возможность для предпринимателей и заинтересованных сторон в сельском хозяйстве. Используя соответствующие методы объединения данных и машинного обучения, эти наборы данных могут давать прогнозы с более высокой точностью, пространственным и временным разрешением. Например, используя различные типы визуальных представлений данных оператор фермы может определить проблемы, влияющие на урожай, и применить соответствующие меры в пострадавших районах.

В частности, мониторинг урожайности сельскохозяйственных культур основывается главным образом на показателях растительности, таких как нормализованный дифференциальный индекс растительности (NDVI) [8], расширенный индекс растительности (AVI), нормализованный разностный индекс воды (NDWI), для мониторинга фенологии сельскохозяйственных культур. Изучая и анализируя многовременные значения индексов NDVI, можно отслеживать рост растительности, состояние плодов / семян и зрелость каждой культуры.

В соответствии с приведенной диаграммой на рисунке 1.2 был проведен многовременный анализ NDVI с использованием продуктов Landsat 8 с платформы Spaceseye [9], чтобы идентифицировать различные виды сельскохозяйственных культур и изучить их фенологические особенности в связи с их ростом в регионе Иллинойс, США. Стоит отметить, что соевые бобы в летний период находятся на самом высоком росте, в то время как луговые угодья находятся на самом низком росте.

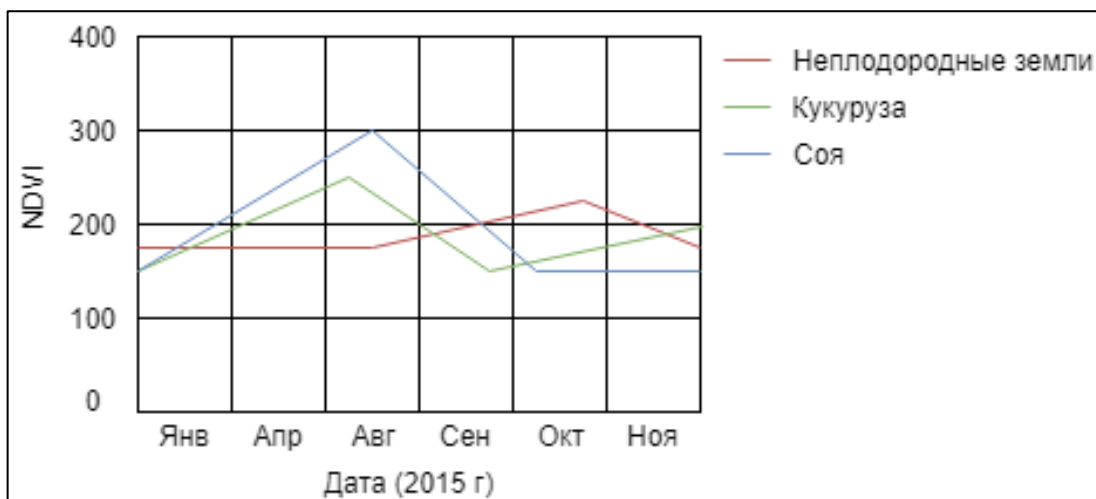


Рисунок 1.2 — Индекс NDVI

Другой пример использования, демонстрирующий использование данных Sentinel и индексов NDVI для мониторинга ежегодных изменений сельскохозяйственного производства и развития растительности и здоровья, иллюстрируется на рисунке 1.3. В частности, зоны зеленого цвета имеют наиболее устойчивый и объем растительности, в то время как желтые и красные зоны представляют меньшую растительность. Эта информация может использоваться для принятия управленческих решений об эффективном применении удобрений.

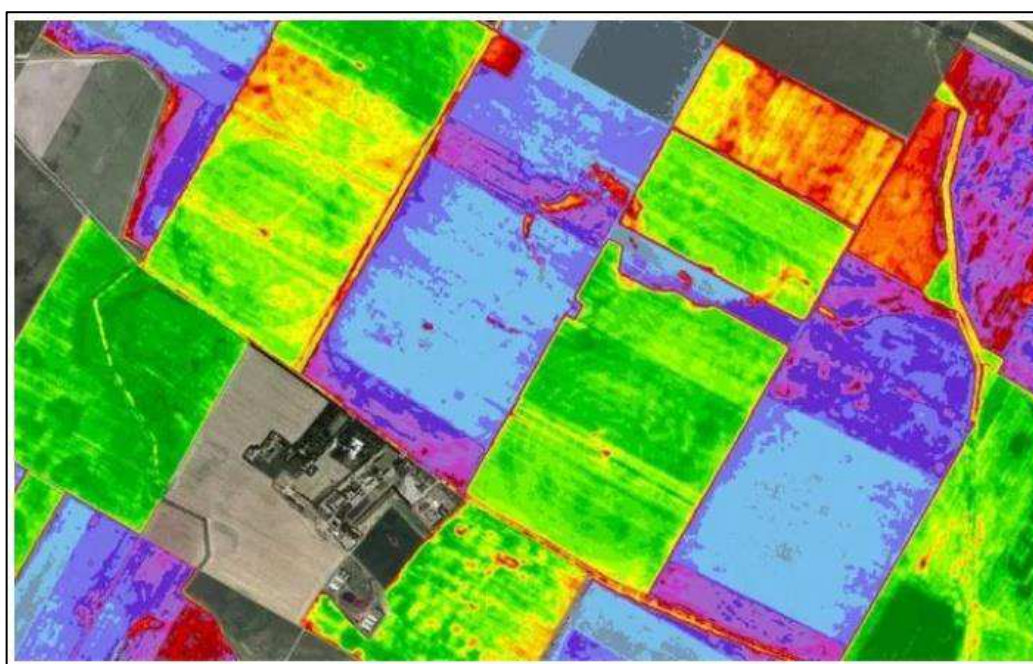


Рисунок 1.3 — Индекс NDVI для мониторинга ежегодных изменений сельскохозяйственного производства

Наконец, спутники высокочастотной визуализации Planet [10] обеспечивают постоянный поток текущей информации, что делает возможным многовременное получение индексов растительности для того, чтобы рассчитать относительное содержание хлорофилла и соотнести его с энергией растительности и продуктивностью. Показатель растительности, показанный на изображении 1.4, отражает относительное содержание хлорофилла, которое коррелирует с энергией растительности и продуктивностью. Красные тона представляют низкое относительное содержание хлорофилла, в то время как зеленые показывают высокое относительное содержание хлорофилла [11].

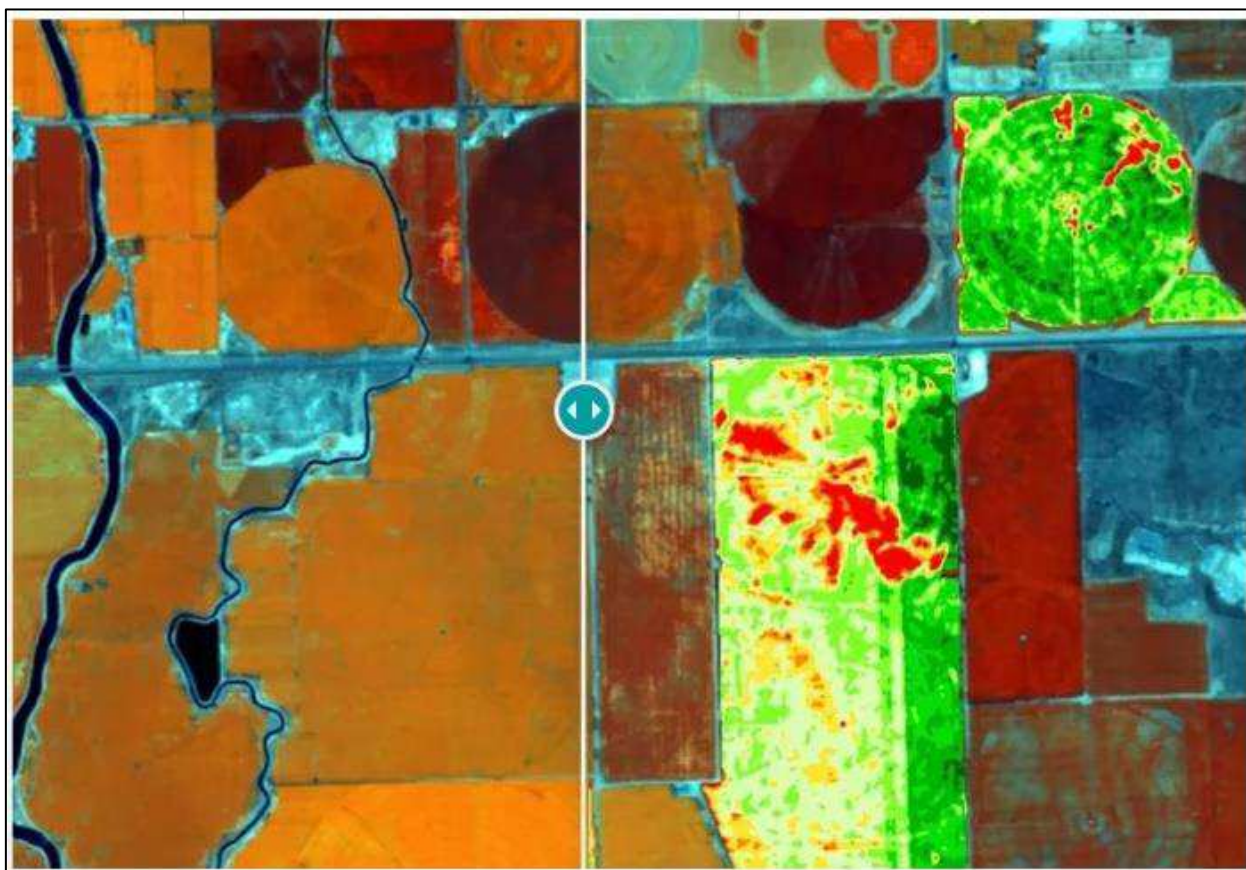


Рисунок 1.4 — Относительное содержание хлорофилла, коррелирующее с энергией растительности и продуктивностью

В заключение следует отметить, что огромный архив программы Landsat (датированный 1984 г.) [12] позволяет проводить тщательный анализ

временных рядов и изучать фенологию сельскохозяйственных культур, чтобы дифференцировать конкретные типы культур. Кроме того, последние бесплатные спутниковые данные со спутников Landsat 8 и Sentinel 2, а также со спутников с очень высоким разрешением (VHR) дают возможность в реальном времени оценивать состояние здоровья сельскохозяйственных культур, точно определять признаки стресса сельскохозяйственных культур, а также отслеживать рост растительности. определить фактические скорости испарения [13].

1.2.2 ДЗЗ и чрезвычайные ситуации

Используя ГИС-технологии и возможности пространственного анализа, можно создавать высокоточные интерактивные системы моделирования, которые способствуют более полному пониманию различных стихийных бедствий, их последствий и ущерба, который они могут нанести определенной области. ГИС-методы действуют как инструмент поддержки принятия решений, поскольку, в конечном счете, все бедствия носят пространственный характер. ГИС может помочь в эффективном планировании действий по реагированию на чрезвычайные ситуации. Геопространственная информация важна для эффективного и быстрого реагирования на чрезвычайные ситуации. Технология дистанционного зондирования стала повсеместной в миссиях по обеспечению готовности к бедствиям, реагированию и восстановлению [14].

Возможности, которые действительно могут быть полезны в чрезвычайных ситуациях:

- подготовка базовой карты разных тем с использованием спутниковых снимков;
- определение безопасных зон для реабилитации;
- идентификация больниц и медицинских учреждений для реабилитации;
- планирование эвакуации;
- определение подходящего места для строительства укрытий и домов;

- тематические карты, такие как генерация матрицы высот, карт местности, картографирование склонов и т. д., которые могут быть использованы для планирования стихийных бедствий;
- эффективное управление восстановлением и реконструкцией поврежденных участков.

Этапы действий при чрезвычайных ситуациях.

Предотвращение — ГИС используется для управления огромными уровнями данных, необходимых для оценки уязвимости и опасности района.

Готовность — это очень полезный инструмент для тщательного планирования маршрутов эвакуации и проектирования центров для экстренных операций в определенных частях города, где это необходимо и необходимо.

Облегчение — ГИС в сочетании с Global Positioning System (GPS) [15] может оказаться очень полезным в поисково-спасательных операциях. Это может помочь повысить эффективность в этом критическом окне, поскольку каждая минута настолько ценна, что может иметь значение в жизни и смерти.

Восстановление — ГИС может использоваться снова, чтобы помочь организовать информацию о повреждениях и создать ценную базу данных для будущего использования. Информация о переписи населения после бедствия и оценка площадок для реконструкции могут быть централизованными и эффективно управляемыми.

1.2.3 ДЗЗ и водные ресурсы

Дистанционное зондирование Земли может иметь решающее значение для понимания пространственно-временной динамики количества и качества воды, которая может быть использована для моделирования сценариев управления водными ресурсами при различных требованиях количества / качества воды и выработки эффективных политических рекомендаций соответственно [16]. Кроме того, ДЗЗ также может помочь на

различных этапах жизненного цикла проектов управления водными ресурсами.

Количество поверхностных вод. В контексте управления водными ресурсами одним из ключевых аргументов является отсутствие наземных данных, которые играют важную роль в оценке состояния водных ресурсов и принятии полезных мер для противодействия угрозе дефицита воды. В связи с этим ДЗЗ может предложить стандартизированные и долгосрочные наблюдения для решения таких проблем.

Возможность ДЗЗ для многовременных изображений и индексов, основанных на спутниковых изображениях (NDWI) [17], может эффективно идентифицировать, отображать и рассчитывать общую площадь поверхности водных объектов в разные сезоны (сухие, влажные), а благодаря интеграции спутниковых альтиметрических [18] измерений мы можем количественно определять и отслеживать изменения в запасах воды с течением времени (рисунок 1.5).



Рисунок 1.5 — Аральское море когда-то было четвертым по величине озером в мире, но, как видно на четырех спутниковых снимках, за последние сорок лет его размеры уменьшились

Количество грунтовых вод. Для планирования и управления нашим водным ресурсом необходимо знать, сколько имеется пресной воды. Миссия ДЗЗ позволила получить представление о том, сколько на текущий момент

подземных вод и сколько было добыто каждый день, что было практически невозможно определить количественно несколько лет назад.

Качество поверхностных вод. Что касается качества воды, существует несколько показателей, которые обычно используются для описания и оценки качества воды. Например, температура воды, наличие и содержание питательных веществ, общее содержание взвешенных веществ, мутность, и т. д. ДЗЗ может очень эффективно взаимодействовать почти со всеми видами упомянутых показателей [19]. Например, одним из самых популярных параметров качества воды, основанных на дистанционном зондировании, является хлорофилла, который может объяснить наличие и содержание питательных веществ в воде. Кроме того, концентрации общего взвешенного вещества, а также коэффициент затухания могут использоваться для измерения мутности воды, а цветное растворенное органическое вещество может играть косвенную роль для оценки присутствия гуминовых веществ в воде.

Возможности ДЗЗ потенциально могут оптимизировать наземные измерения, и в этом смысле ДЗЗ может сыграть решающую роль в управлении водными ресурсами, но есть несколько перемен, которые необходимо достичь, чтобы успешно интегрировать оператора с ДЗЗ. Проблема в том, что ДЗЗ не используются широко в управлении водными ресурсами, и одна из основных причин свободного доступа к данным ДЗЗ была недостаточно использована из-за нехватки кадров для обработки и доступа к данным ДЗЗ.

1.3 Актуальные данные в ГИС

Качество данных — это степень превосходства данных, которая удовлетворяет поставленной цели. Другими словами, полнота атрибутов для достижения некоторой задачи может быть названа качеством данных. Данные, созданные с использованием разных методов, могут иметь расхождения с точки зрения разрешения, ориентации и смещения. Качество

данных является основой любого внедрения и применения ГИС, так как надежные данные необходимы для того, чтобы пользователь мог получить актуальные результаты.

Качество пространственных данных можно разделить на полноту, точность, актуальность и согласованность данных [20].

Полнота данных — есть ли какие-либо пробелы в данных относительно того, что предполагалось собрать, и того, что было фактически собрано.

Точность данных — точность можно определить, как степень детализации, отображаемую в едином пространстве.

Актуальность данных — это несоответствием между фактическим значением атрибута и значением закодированного атрибута.

Согласованность данных — отсутствием конфликтов в конкретной базе данных.

Оценка качества данных. Качество данных оценивается разными пользователями по разным методикам.

Первый уровень оценки выполняется производителем информации. Этот уровень оценки основан на проверке качества данных на основе спецификаций, связанных с предметной областью.

Второй уровень оценки качества данных выполняется на стороне потребителя, где на основе обратной связи обрабатываются данные. Затем данные анализируются и / или исправляются на основе обработанной обратной связи [21].

Источники несоответствия пространственных данных.

Обмен информацией о данных. Обмен информацией о данных — это, в основном, информация о данных, предоставляемых клиентом организации. Степень информации, предоставляемой клиентом, определяет точность и полноту данных [22].

Тип и источник. Тип данных и источник должны быть оценены, чтобы получить соответствующие значения данных. Существует много форматов

пространственных данных, и у каждого из них есть свои полезные элементы, а также некоторые недостатки. Например, чтобы использовать данные системы автоматизированного проектирования (САПР) [23] на платформе ГИС, данные должны быть оценены, а проблемы должны быть устранены, в противном случае результирующие значения будут показывать высокую степень расхождений. Стандартные форматы данных довольно специфичны для техники хранения данных и функциональной совместимости. Например, топология не может быть создана на shape-файлах. Это можно создать только в другом формате геопространственного хранилища — базе геоданных. Таким образом, тип данных и источник должны быть идентифицированы и оценены, прежде чем приступить к какому-либо анализу.

Сбор данных. Есть много инструментов, которые включают ручные навыки для сбора данных с использованием различных программ [24], таких как ArcGIS. Эти программы позволяют пользователю собирать информацию из базы данных. Во время этого захвата данных пользователь может неправильно интерпретировать функции из базовых данных и захватывает объекты с ошибками. Например, пользователь неправильно интерпретирует два здания как одно здание и захватывает как один объект. Но в реальном мире это два различных объекта. Таким образом, правильная интерпретация признаков в базовых данных должна быть выполнена. Тем не менее, существует множество инструментов, которые позволяют пользователю находить и исправлять эти ошибки, но все же эти инструменты используются не часто из-за недостаточной осведомленности.

Картографические знаки. После захвата данных некоторым картографическим знакам, таким как символы, рисунок, цвета, ориентация и размер, назначаются элементы. Это необходимо для лучшего представления объектов. Эти знаки должны быть назначены в соответствии с областью функций. Как и в случае с лесным хозяйством, должны использоваться картографические знаки, относящиеся к лесному хозяйству. Знаки любой другой предметной области ухудшают вывод результатов.

Передача данных. При передаче данных из одного места в другое могут возникнуть некоторые расхождения. Например, данные, переданные из веб-источника на автономный компьютер, отключенный от сети. Иногда, чтобы сделать данные более точными, пользователь пытается применить другую продвинутую технику выпрямления, но в результате менее точные данные превращаются в сильно ухудшенные данные. «Нет плохих или хороших данных. Есть только данные, которые подходят для конкретной цели» [25]. Таким образом, данные должны оцениваться в соответствии с областью, для которой они должны использоваться.

Метаданные. Иногда метаданные не обновляются в соответствии с исходными функциями. Например, некоторые функции редактируются на некоторой программной платформе, но отредактированная информация не обновляется, например, имя редактора, причина редактирования и некоторая более важная информация [26]. Таким образом, метаданные должны быть обновлены с исходными данными.

Методы улучшения качества данных:

- выбор соответствующих данных из проверенного источника;
- как можно на более раннем этапе получения данных оценить их актуальность;
- тестирование качества данных на каждом этапе сбора данных;
- использование автоматизированных программных инструментов для проверки пространственных и непространственных данных;
- оценка режима использования данных и пользователя;
- определение элементов карты, таких как масштаб, визуализация и ориентация объектов.

Идеальных данных ГИС не существует [27]. Тем не менее, несовершенство данных и их влияние на ГИС-анализ не рассматривались до мельчайших подробностей до последних лет. В последнее десятилетие специалисты по ГИС начали признавать, что ошибки, неточности и неточности могут влиять на качество многих типов ГИС-проектов в том

смысле, что ошибки, которые не учитываются, могут превратить анализ в проекте ГИС в бесполезное упражнение. Понимание ошибок, присущих данным ГИС, имеет решающее значение для обеспечения того, чтобы любой пространственный анализ, выполняемый с использованием этих наборов данных, соответствовал минимальному порогу точности.

Преимущество ГИС заключается в ее способности использовать многие типы данных, относящихся к одной и той же географической области, для выполнения анализа, объединяя различные наборы данных в одной системе. Но когда новый набор данных поступает в ГИС, программное обеспечение импортирует не только данные, но и ошибку, содержащуюся в этих данных. Первое действие, которое позаботится о проблеме ошибки — это осознать ее и понять ограничения используемых данных.

Актуальность и точность. Чтобы по-настоящему понять важность актуальности и точности, необходимо сначала понять разницу между обоими терминами:

Актуальность может быть определена как степень или близость, с которой информация на карте соответствует значениям в реальном мире [28]. Поэтому, когда говорится об актуальности, имеется в виду качество данных и количество ошибок, содержащихся в определенном наборе данных. В данных ГИС актуальность может быть отнесена к географическому положению, но она может также относиться к атрибуту или концептуальной актуальности.

Точность означает, насколько точным является описание данных. Точные данные могут быть неточными, потому что они могут быть точно описаны, но неточно собраны [29]. (Возможно, геодезист сделал ошибку, или данные были ошибочно записаны в базу данных).

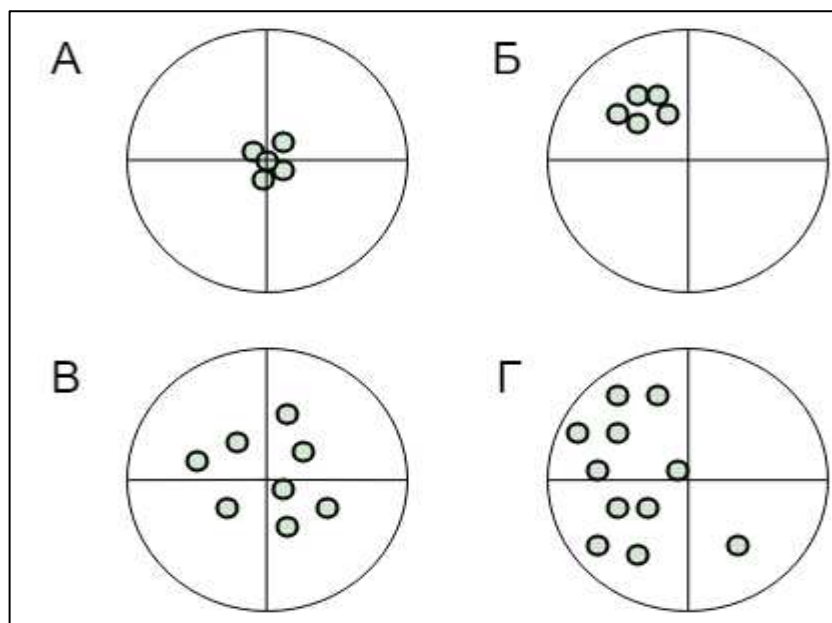


Рисунок 1.6 — Актуальность и точность

На рисунке 1.6 визуализируется понятие актуальности и точности. Перекрестие каждого изображения представляет истинное значение объекта, а точки представляют значения меры. Данные на изображении «А» являются актуальными и точными, данные изображения «Б» являются точными, но не актуальными, данные «В» являются актуальными, но неточным, «Г» не является ни актуальным и ни точным. Понимание как актуальности, так и точности важно для оценки удобства использования данных ГИС.

Когда данные являются неактуальными, но очень точным, могут быть приняты корректирующие меры для исправления данных, чтобы сделать их более актуальными.

Источники ошибок актуальности и точности.

Некоторые источники ошибок в данных ГИС очень очевидны, тогда как другие труднее заметить. Программное обеспечение ГИС может заставить пользователей думать, что их данные являются актуальными и точными, но, к сожалению, это может быть не так.

Масштаб, например, является неотъемлемой ошибкой в картографии; в зависимости от используемой шкалы возможно представить разные типы данных в разном количестве и с разным качеством. Картографы

всегда должны адаптировать масштабы работы к уровню детализации, необходимому в их проектах [30].

Возраст данных может быть еще одним очевидным источником ошибок. Когда источники данных слишком старые, некоторые или большая часть информационной базы могут измениться. Пользователи ГИС должны всегда помнить при использовании старых данных и нехватки атрибутов к этим данным, прежде чем использовать их для последующего анализа.

Существует несколько типов ошибок, возникающих при **форматировании** данных для обработки:

- изменения масштаба;
- изменение проекции;
- импорт / экспорт из растра в вектор.

Другие источники ошибок могут быть не столь очевидны, некоторые из них возникли в момент первоначальных измерений, даже с момента сбора данных, полученных пользователями.

Довольно часто возможно выявить **количественные и качественные ошибки**. Распространенная ошибка заключается в ошибках на картографических знаках [31]. Например, сельскохозяйственная земля может быть неправильно помечена как болото, и это может вызвать ошибку, которую пользователь карты может не заметить, потому что он может быть не знаком с рассматриваемой областью. Количественные ошибки могут также возникать при использовании прибора, который не был должным образом откалиброван, создавая последующие ошибки, которые трудно идентифицировать в полевых условиях, что приведет к потере точности и надежности всего проекта.

Также стоит обратить внимание на то, что было определено как **точность позиционирования**, которая зависит от типа данных. Картографы могут точно определять местоположение определенных объектов, таких как дороги, пограничные линии и т.д. Но другие данные с менее определенным положением в пространстве, такие как типы почв, могут

быть лишь приблизительным местоположением на основе оценки картографа. Другие особенности, такие как климат, например, не имеют определенных границ в природе и, следовательно, подлежат субъективной интерпретации.

Топологические ошибки часто возникают в процессе оцифровки. Ошибки оператора могут привести к многоугольным узлам и петлям, а также могут быть некоторые ошибки, связанные с поврежденными исходными картами (рисунок 1.7).



Рисунок 1.7 — Пример топологических ошибок

Ошибки могут быть преднамеренно внесены в данные ГИС. Преднамеренным введением ошибки является товарный знак, который иногда встречается в наборах данных коммерческих поставщиков

ГИС. Например, поставщик данных ГИС может вставить ложные улицы или поддельные названия улиц в набор данных.

Не стоит забывать, что неактуальность, неточность и возникающая ошибка могут усугубляться в проекте ГИС, когда нужно использовать **более одного источника данных**. В проектах такого типа одна ошибка приводит к другой, усугубляя ее влияние на анализ и влияя на весь проект. По этой причине становится ясно, что лучший способ избежать опасности распространения ошибок — это всегда готовить отчет о качестве данных для данных, создаваемых пользователями ГИС, даже если они не планируют делиться данными с другими. Использование метаданных (или данные о данных) — это один из первых инструментов, с которыми следует ознакомиться любому пользователю ГИС, чтобы узнать больше о данных, которые он использует, и избежать добавления дополнительной ошибки к данным, которые в любом случае никогда не будут идеальными. Любые хорошие метаданные должны всегда включать некоторую основную информацию, такую как возраст данных, происхождение, область, которую они охватывают, масштаб, система проецирования, точность, формат и т.д.

1.4 Область исследования и предварительная обработка данных

В настоящее время все данные в ГИС условно делятся на два типа: растровые и векторные. Например, точки замера радиоактивности относятся к векторным объектам. Если их проинтерполировать [32] в рамках региона, то получится непрерывное распределение измеряемого параметра — растровый объект (далее — растр). При этом под растровыми данными зачастую понимают только изображения в привычном для человеческого глаза виде, так называемый RGB-композит.

Большинство космических аппаратов дистанционного зондирования Земли ведут многоканальную съемку. Например, спутник Landsat 7 (сенсор Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+)) [33] позволяет получать снимки с 7 каналами (от видимого спектра до инфракрасного). Данные датчиков

Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) [34] аппаратов Terra и Aqua содержат 36 каналов. Это примеры растров, в каждой ячейке (пикселе) которых содержатся по 7 или 36 значений соответственно.

В каждой ГИС для хранения данных обоих видов разработаны собственные форматы и хранилища (файлы, базы данных). Часть из них стала промышленным стандартом и служит для обмена (например, Environmental Systems Research Institute (ESRI) Shapefile и GeoTiff) [35]. Организация по стандартизации — консорциум открытых геопространственных технологий Open Geospatial Consortium (OGC) [36] — предлагает открытый формат Geography Markup Language (GML). Он позволяет описывать растровую и векторную информацию, служит для транспортных целей, передачи данных между программами и не предназначен для их хранения и обработки из-за избыточного объема и низкой скорости чтения и записи.

Для передачи информации в компьютерных сетях и Интернете применение файлов неэффективно. Использование «умных» сервисов позволяет загружать только требуемую часть информации, унифицировать форматы и абстрагироваться от формы хранения данных. Исторический пример такого сервиса — ArcIMS (компания ESRI) [37]. Отдельно стоит отметить сложность использования баз данных: несмотря на то, что они позволяют подключаться клиентам по сети и придерживаются стандартизированного языка structured query language (SQL), каждая база данных (БД) оперирует собственным диалектом SQL и предполагает отличающиеся от распространенных методы взаимодействия на программном уровне.

Стандартным форматом описания данных является GML [38]. Однако существуют также открытые спецификации сервисов доставки векторных данных (WFS) и растровых данных (WCS), а также вспомогательные сервисы обработки данных (WMS и WPS). Основным форматом во всех случаях выступает GML.

Сервис WFS скрывает истинные хранилища информации, и программа-клиент получает поток данных, не идентифицируя их источник: взяты ли они из БД или из файла. В спецификации WFS определено, что формат получаемых данных должен быть GML. Тем не менее формат строго не фиксирован, и сервер WFS может предоставлять дополнительные данные по своему усмотрению. Например, GeoJSON широко используется в веб-приложениях за счет компактности и легкости обработки в большинстве языков программирования.

Функции сервиса:

- обработка запросов от клиентов и передача данных;
- применение атрибутивных и пространственных фильтров;
- запись новых и измененных данных обратно в хранилище.

Поскольку сервер WFS берет на себя работу с файлами и базами данных, предоставляет единый язык описания фильтров, выполняет преобразование проекций и выходных форматов (GML, GeoJSON, Comma-Separated Values (CSV) и т.д.) [39], это позволяет существенно облегчить разработку программ-клиентов и сосредоточиться на взаимодействии с пользователем.

Сервис работает с данными типа растр. Реальные примеры — космоснимки, данные с многоканальных сенсоров ДЗЗ, цифровые модели рельефа (ЦМР).

При работе с растрами требуются следующие операции:

- доступ к отдельным каналам;
- выбор некоторой области растра;
- выбор по дате из серии снимков.

Все сервисы OWS (OGC Web Services) спроектированы по общему принципу, и WMS очень похож на WFS и WCS. Но если первые были предназначены для доступа к существующим данным, то в WMS происходит создание новых. На основе данных из WFS и WCS (на практике чаще используют прямой доступ к хранилищам) сервис WMS создает карты с

заданными стилями оформления. Наиболее распространенный пример работы WMS — создание топокарт из растровых (космоснимки, сканированные планшеты) и векторных данных (дороги, гидрография, населенные пункты).

Характеристики WMS:

- базовые понятия — «слой» и «стиль»;
- цель — получение карты, однако это не обязательно должен быть RGB-растр, широко используется форматы PDF, SVG, SWF;
- задача сервиса — получить от клиента указания и вернуть их графическое представление;
- главный элемент — механизм рендеринга.

Сервисы OWS являются интерфейсами между клиентами и хранилищами данных (WFS, WCS), создают среду взаимодействия клиентов с инструментами обработки (WMS, WPS), позволяют строить цепочки преобразования данных в результат. Например, при построении топографической карты выполняются следующие действия:

- WCS — прочитает из файла растр рельефа и отправит в WPS;
- WPS — построит изолинии и отправит на сервер WMS;
- WFS — извлечет из БД данные о гидрографии и отправит на сервер WMS;
- WMS — соберет все данные, на изолинии с нужной толщиной, бергштрихами и подписями высот наложит гидрографию и создаст карту в формате JPEG.

1.5 Источник данных ДЗЗ

Потребность в высококачественных данных дистанционного зондирования стремительно растет с ростом применения методов дистанционного зондирования и с большим количеством исследований, проводимых каждый день [40]. Каждый анализ дистанционного

зондирования проводится с использованием данных с указанным разрешением, местоположением, датчиком и так далее. Но чтобы работать с этими данными, их необходимо сначала получить.

United States Geological Survey (USGS) Earth Explorer [41] (рисунок 1.8) один из лучших порталов для получения данных дистанционного зондирования по ряду причин. В частности, широкий спектр спутниковых и аэрофотоснимков, широкий диапазон критериев поиска и последовательное расположение спутниковых снимков делают Earth Explorer профессионалом в плане загрузки изображений. USGS предоставляет полный доступ к продуктам и услугам National Aeronautics and Space Administration (NASA) для наземных данных, таким как гиперспектральные данные Hyperion, рассеянные радиолокационные данные и отражательная способность MODIS & Advanced very-high-resolution radiometer (AVHRR) [42].

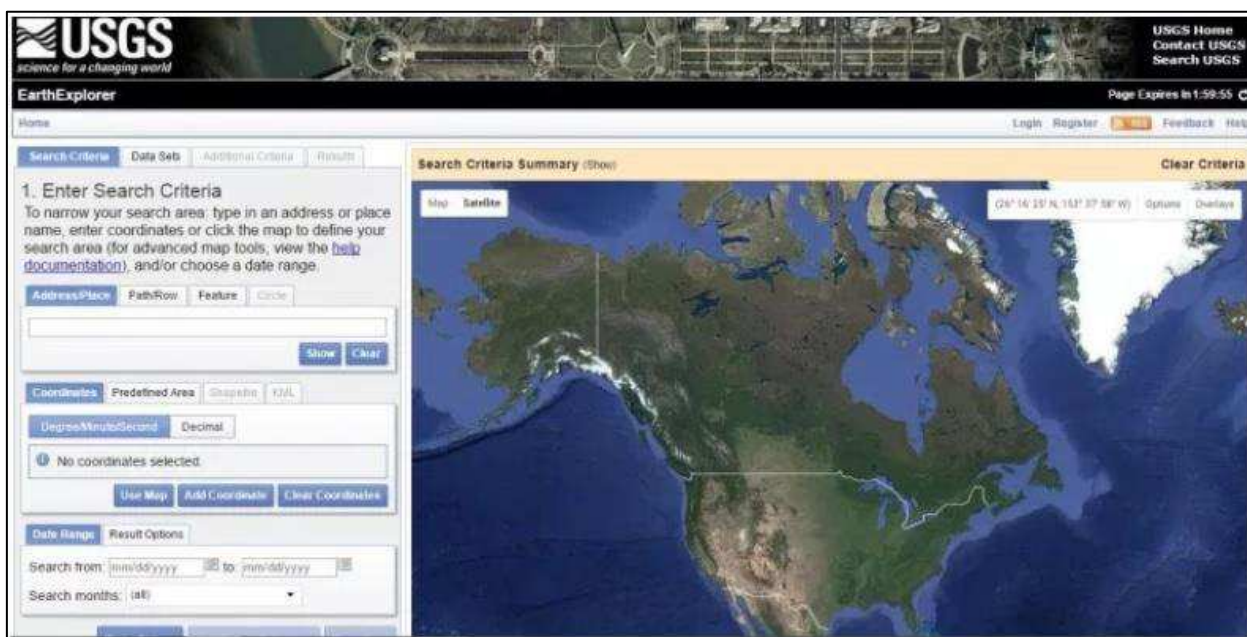


Рисунок 1.8 — Веб-интерфейс USGS Earth Explorer

1.5.1 Открытые данные ДЗЗ в мире

Открытые геоданные включают пространственную компоненту и имеют особый режим размещения, подразумевающий их широкую доступность. Раскрытие геоданных происходит уже давно, однако активное

развитие этот процесс получил в последние годы в связи с массовым доступом в Интернет, увеличением гражданской и предпринимательской активности, общим ростом технологической оснащенности.

Особенно часто такие материалы используются в дистанционном зондировании, где открываются огромные массивы информации. Данные о спутниковом позиционировании, съемка Земли, глобальные модели рельефа и другие базовые материалы, получаемые с помощью спутников, имеют огромное стимулирующее действие на рынок и развитие технологий и способствуют открытости информации в смежных областях.

Дистанционное зондирование является хорошим примером того, как увеличение количества открытой информации приводит к значительному росту отрасли в целом. Первым глобальным источником материалов ДЗЗ стала всемирная мозаика данных Landsat периода 1990-х гг. (GeoCover), созданная компанией Earthsat. Она была приобретена в рамках программы Scientific Data Purchase Министерства внутренних дел США и опубликована впоследствии в открытом доступе. Благодаря тому, что данные Landsat распространялись по принципу «cost recovery» [43], т.е. продавались только один раз и после этого поступали в общественное достояние, активно стала развиваться библиотека свободно распространяемых материалов Университета штата Мериленд, насчитывавшая несколько десятков тысяч сцен по всему миру.

В 1999 и 2002 годах были запущены спутники Terra и Aqua, на борту которых был спектрорадиометр MODIS, который предоставлял ежедневные снимки с разрешением 250-1000 м. Эти геоданные применялись во многих отраслях экономики. Проект изначально задумывался как открытый источник. Востребованность снимков Terra, Aqua / MODIS обусловлена открытым протоколом передачи информации со спутника, позволяющим принимать данные любому пользователю, имеющему соответствующее оборудование (работа в X-диапазоне).

В 2008 г. Национальное агентство по космонавтике и аэронавтике (NASA) и Геологическая служба США (USGS) разрешили предоставить мировую картотеку геоданных Landsat с 1972 г на безвозмездной основе.

В тот период многочисленные западные государства передвигались в сторону единой доступности к геоданным, в отличие от России. Аналогичная обстановка существовала и в Индии: страна имела снимки с хорошим разрешением, но приблизительно 90% никак не применялось.

1.5.2 Открытые данные ДЗЗ в России

В начале 2000-х стали возникать проекты, направленные на единый доступ к геоданным на основе материалов ДЗЗ. Таким образом, в 2006 г. был запущен проект OpenStreetMap (OSM), который осуществляет формирование глобальной карты, с возможностью вносить изменения любым пользователям.

На сегодняшний день в России кандидатурой большинству картографических использованных материалов считается проект OSM, которая становится популярнее не только в нашей стране, но и за рубежом.

Сотрудники проекта никак не считаются квалифицированными топографами. Они не владеют бюджетом и лицензией, необходимых для картографических работ [44], так как результат деятельности простых пользователей никак не способен расцениваться картой. Но эти данные зачастую ближе к действительности, нежели множественные карты коммерческих учреждений.

Характерные черты OSM состоят в том, что менять сведения способен любой человек и результаты деятельности открыты в первичном варианте. Также отсутствуют ограничения, и преобладает независимая лицензия. OpenStreetMap — это проект, который возможно безвозмездно использовать в каждом устройстве с выходом в Интернет.

К тому же, одной из основных особенностей данного проекта является наличие нескольких источников данных. Первым источником

высококачественных фотоснимков OSM получил в декабре 2006 г, который называется Yahoo! [45] Aerial Imagery. Yahoo! согласилась позволить OSM использовать свои аэрофотоснимки. Они позволяли рассмотреть все основные города мира с разрешением в несколько десятков сантиметров на точку. Благодаря наличию доступа к столь детальным снимкам, карты многих городов — Лондона, Багдада, Сиднея и других значительно расширились. Однако 13 сентября 2011 г. интерфейс загрузки этих снимков был закрыт, и OSM потерял один из лучших своих источников [46].

Однако огромное воздействие в спутниковую картографию для OSM проявила фирма Microsoft, предоставившая собственные копии Bing Maps в 2010 г. Впервые в Российской Федерации соучастникам проекты стали открыты подробные данные не только крупных городов, но и небольших населенных пунктов.

Открытые геоданные высокого качества повлияло не только на независимых индивидуальных пользователей, но на коммерческие организации. К примеру, инженерно-технологический центр «СКАНЭКС» на свою демонстрационную карту на сайте kosmosnimki.ru включает данные из OSM, где покрытие стало значительно лучше, в отличии от геоданных, полученных от коммерческих организаций.

В последнее время многочисленные компании начинают замечать способности проекта OSM и использовать их в своих работах, трудных для выполнения даже отдельными группами оплачиваемых сотрудников. Иногда это выражается в покупке организациями или частными лицами снимков небольших территорий с целью получения бесплатной карты, превосходящей коммерческие аналоги [47]. Использование материалов OSM в особенности нужны в чрезвычайных ситуациях.

К примеру, осенью 2010 г., когда по России прошла волна пожаров [48], инженерно-технологический центр (ИТЦ) «СКАНЭКС» открыл доступ к ежедневным снимкам со спутников SPOT-5 (рисунок 1.9), которые имели

разрешение 2.5 м. С помощью этих данных добровольцы могли трассировать, помимо обычных элементов, контуры гарей.

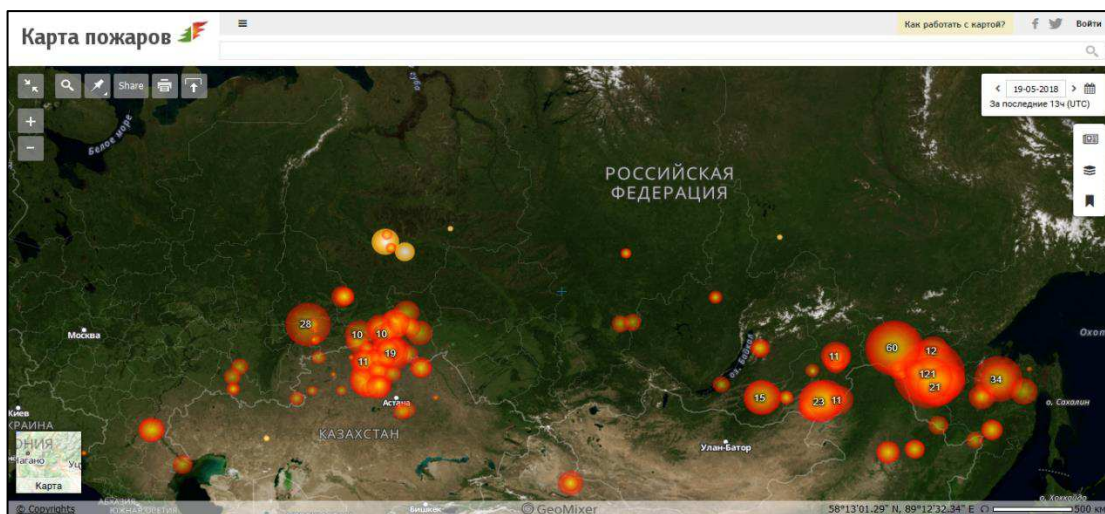


Рисунок 1.9 — Карта пожаров, предоставленные ИТЦ «СКАНЭКС»

Однако, стоит отметить, что открытые данные все-таки имеют недостаточную точность информации: большая часть информации привязывается согласно GPS-трекам, что говорит о некоторой погрешности в несколько метров. Некоторые материалы обрисовываются сравнительно невысокого разрешения. Есть мнение, что открытые исходные геоданные не могут соревноваться с геоданными от коммерческих организаций. С одной стороны, это мнение имеет право существовать: к сожалению, качество таких карт не идеально. Любители не смогут определить плотность древостоя или глубину озера. Но с другой стороны, для некоторых задач, открытых геоданных вполне достаточно. Разрешающая способность карт из открытых источников данных, конечно, непостоянна. Но она улучшается с каждой правкой очередного участника проекта.

1.6 Вывод по первой главе

Были рассмотрены применения ГИС с применением ДЗЗ в различных сферах, таких как:

- сельское хозяйство;

- чрезвычайные ситуации;
- водные ресурсы.

Стоит отметить, что в современном информационном обществе ГИС находят все большее применение, так как являются наиболее удобным инструментом для решения многих практических, научных и учебных задач, связанных с использованием географической информации.

Однако такую информацию необходимо получить. Это возможно осуществить с помощью открытых источников данных ДЗЗ, таких как USGS.

Глава 2 Исследование и построения решения

2.1 Общий состав исследуемой системы

На базе института космических и информационных технологий Сибирского Федерального университета разработан многоцелевой программный комплекс в рамках оказания информационной поддержки принятия решений конечных пользователей, то есть лиц, принимающих решения, к которым относятся неквалифицированные специалисты. Для программного комплекса востребованы актуальные данные дистанционного зондирования Земли и различные результаты их обработки для решения тематических задач. К примеру, в сельском хозяйстве, решаются задачи прогнозирования урожайности, оценка изменения состояния растительного покрова, оценка плодородия или деградации почв и т.д. Решение данных задач во многом достижимо за счет получения систематической объективной и оперативной информации, что в целом позволяет оценивать состояние ЗСХН.

Программный комплекс многоцелевой системы ИКИТ СФУ разбита на несколько подсистем.

Подсистема приема данных ДЗЗ. Выполняется прием информации, полученной от аппаратно-программного комплекса «Унискан-36». Информация передается с низкоорбитальных космических аппаратов ДЗЗ, оснащенные оптико-электронной и радиолокационной (всепогодной) аппаратурой.

С помощью программного приложения ScanReceiver, осуществляется управление данными станциями приема спутниковой информации производства.

Подсистема обработки данных ДЗЗ. Осуществляется первичная обработка данных ДЗЗ (их распаковка, географическая привязка и радиометрическая калибровка, а также формирование изображений в стандартных обменных форматах (Scannex SPOT Tools).

Вводится работа с различными данными со спутников ДЗЗ Terra, Aqua, SPOT 4, SPOT 5, FORMOSAT-2, IRS-R5, CARTOSAT-2, EROS A, EROS B, RADARSAT-1, RADARSAT-2 и ENVISAT-1, SENTINAL-2, LANDSAT-8.

Также выполняется автоматизированное копирование данных в локальной сети, синхронизированного с работой программного обеспечения ScanReciever (ScanCopier).

Подсистема хранения данных. Имеется хранилище объемом в 42 Тб, что позволяет хранить большое количество картографической информации. В качестве СУБД используется PostgreSQL.

Подсистема визуализации данных. Содержится GeoServer, который занимается обслуживанием карт и данных для их отображения. Также работает геопортал MapSurfer, в котором отображается вся картографическая информация.

Подсистема администрирования. Осуществляется работа с СУБД PostgreSQL. Доступ к данным ведется по Secure Shell (SSH) и Secure CoPy (SCP) протоколам. Ведется работа с картографической информацией средствами MapAdmin.

Подсистема интеграции с внешними сервисами. Выполняется функция расчета индекса вегетации из сервиса Vega-PRO для отображения динамики его изменения.

Описанные подсистемы изображены на рисунке 2.1.

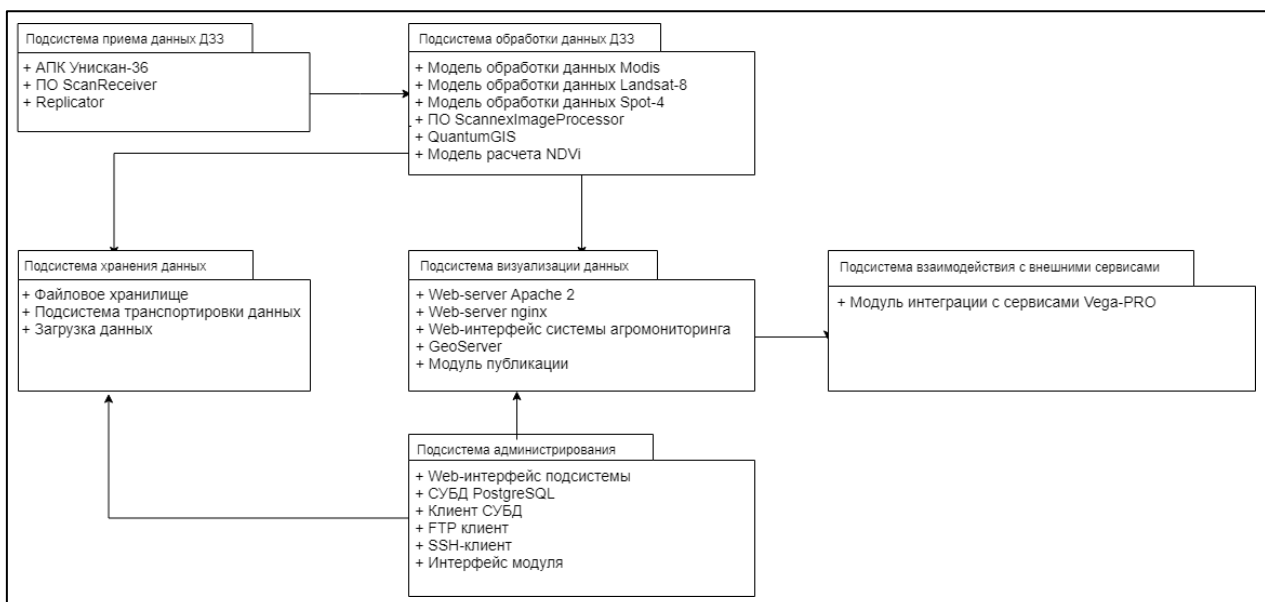


Рисунок 2.1 — Диаграмма пакетов исследуемой системы

2.2 Источники данных ДЗЗ

Обзор интерфейсов постановки задач геопоиска проводится в рамках программного комплекса импорта многоцелевой системы ИКИТ СФУ.

Интерфейс постановки задачи геопоиска должен быть ориентирован на конечного пользователя. Он не является специалистом в области получения и обработки данных ДЗЗ, не имеет навыков работы в среде систем ДЗЗ, геоинформационных систем и их аналогов в веб-среде. Следовательно, интерфейс постановки задачи геопоиска должен исключать специальные требования к квалификации КП.

2.2.1 База данных системы The Global Land Cover Facility

Global Land Cover Facility (GLCF) предоставляет данные о Земле, чтобы помочь каждому лучше понять глобальные экологические системы. В частности, GLCF [49] разрабатывает и распространяет спутниковые данные дистанционного зондирования, с помощью которых возможно исследовать земной покров от локального до глобального масштаба.

Данные, доступные на GLCF, бесплатны для всех через File Transfer Protocol (FTP). Онлайн-наборы данных могут быть доступны в электронном виде через интерфейс данных о Земле (Earth Science Data Interface — ESDI).

Большинство пользователей, обращающихся к наборам данных GLCF представляют следующие сообщества:

- наука — география, наука о Земле, экология, климатология, охрана природы, образование;
- экологическая политика — глобальное потепление, устойчивое развитие, управление рисками;
- управление ресурсами — оценка сельскохозяйственных культур, лесное хозяйство, управление охраняемыми территориями, инвентаризация лесов;
- управление стихийными бедствиями — мониторинг пожаров, наводнений и засух, смягчение последствий стихийных бедствий, продовольственная безопасность;
- информатика — интеллектуальный анализ данных, слияние данных, компьютерное зрение.

Исследования GLCF направлены на определение изменения земного покрова и земного покрова по всему миру. Земной покров — это различные растительные, геологические, гидрологические или антропогенные особенности на поверхности земли планеты. Эти характеристики, такие как леса, городская местность, пахотные земли и песчаные дюны, могут быть измерены и классифицированы с помощью спутниковых изображений. Изменение земного покрова можно оценить, сравнив одну область с двумя изображениями, снятыми в разные даты. Определение того, где, когда, сколько и почему происходят изменения в земном покрове, является важной научной задачей. Крайне важно, чтобы были доступны соответствующие инструменты для лучшего управления и адаптации к изменениям.

Далее будет рассмотрен процесс поиска актуальных снимков в базе данных представленной системы. Для наглядности была построена

функциональная модель процесса, представленная в виде SADT-диаграммы [50] на рисунке 2.2.

Декомпозиция процесса поиска актуального снимка в базе данных системы The Global Land Cover Facility представлена на рисунке 2.3.

Данный процесс был рассмотрен более подробно.

Сначала передаются параметры поиска, к этим параметрам относятся координаты двух угловых точек пространственного объекта, адрес и учетные данные удаленного FTP-сервера со спутниковыми данными, учетные данные для подключения к СУБД и директория для извлечения найденного изображения для последующей обработки.

Затем устанавливается соединение с СУБД и выполняется поиск по координатам самого актуального по дате проиндексированного изображения.



Рисунок 2.2 — Диаграмма процесса поиска актуального снимка в базе данных системы The Global Land Cover Facility

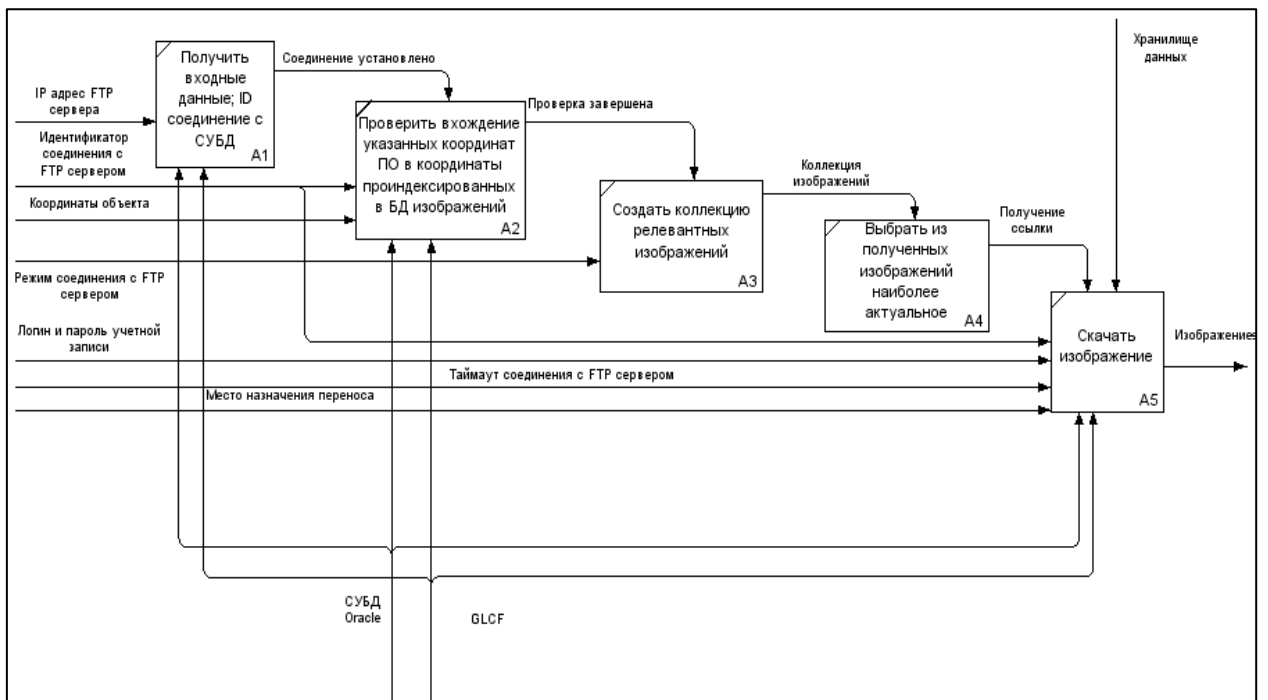


Рисунок 2.3 — Декомпозиция процесса поиска актуального снимка в базе данных системы The Global Land Cover Facility

Метод поиска изображения анализирует вхождение указанных координат пространственного объекта в координаты изображения, если условия вхождения удовлетворены, значит, изображение содержит указанный пространственный объект.

После того, как изображение найдено, устанавливается соединение с указанным FTP-сервером и осуществляется переход к найденному изображению по сохраненной ссылке на его местоположение в архиве системы The Global Land Cover Facility.

Далее происходит загрузка изображения в формате (*.tif) в специальную директорию для последующих действий с ним.

2.2.2 База данных системы United States Geological Survey

Геологическая служба США (USGS) является научным агентством правительства США. Ученые USGS изучают ландшафт Соединенных Штатов, их природные ресурсы и опасные природные явления. Организация имеет четыре основных научных дисциплины, касающихся биологии,

географии, геологии и гидрологии. USGS является исследовательской организацией, занимающейся установлением фактов и не несущей ответственности за регулирование.

USGS является одним из основных источников материалов ДЗЗ, в том числе и бесплатных. Доступ к нему возможен как для простого просмотра каталога, так и для непосредственного получения хранимых в нём материалов. Во втором случае потребуется регистрация на сайте архива.

USGS выпускает несколько национальных серий топографических карт, которые различаются по масштабу и протяженности, с некоторыми большими пробелами в охвате, в частности полное отсутствие топографических карт масштаба 1 : 50 000 или их эквивалентов. Самая крупная (как по масштабам, так и по количеству) и наиболее известная топографическая серия представляет собой четырехугольник с 7,5-минутной шкалой 1 : 24 000, неметрическая шкала, практически уникальная для Соединенных Штатов.

Каждая из этих карт охватывает область, ограниченную двумя линиями широты и двумя линиями долготы, разнесенными на 7,5 минуты. Около 57 000 отдельных карт этой серии охватывают 48 смежных штатов, Гавайи, территории США и районы Аляски вблизи Анкориджа, Фэрбенкса и залива Прудхо. Площадь, охватываемая каждой картой, изменяется в зависимости от широты ее представленного местоположения из-за сближения меридианов. В более низких широтах, около 30 ° северной широты, 7,5-минутный четырехугольник имеет площадь около 64 квадратных миль (166 км²). На 49 ° северной широты 49 квадратных миль (127 км²) содержатся в четырехугольнике такого размера. В качестве уникального неметрического масштаба карты масштаб 1: 24 000, естественно, требует отдельного и специализированного масштаба Ромера для построения позиций карты [51].

В последние годы бюджетные ограничения вынудили USGS полагаться на пожертвования времени гражданскими добровольцами в попытке обновить серию топографических карт продолжительностью 7,5 минут, и в

2000 году USGS прямо заявили, что программа должна быть свернута в пользу Национальная карта (не путать с Национальным атласом Соединенных Штатов, выпущенным министерством внутренних дел, одним из бюро которого является USGS).

Далее рассмотрено, как происходит поиск актуальных спутниковых изображений пользователем в системе USGS. Для наглядности также была построена функциональная модель процесса, представленная в виде SADT-диаграммы на рисунке 2.4.

Процесс поиска был разбит на функции, которые пользователь должен поэтапно выполнить, чтобы получить снимок. Декомпозиция процесса представлена на рисунке 2.5.

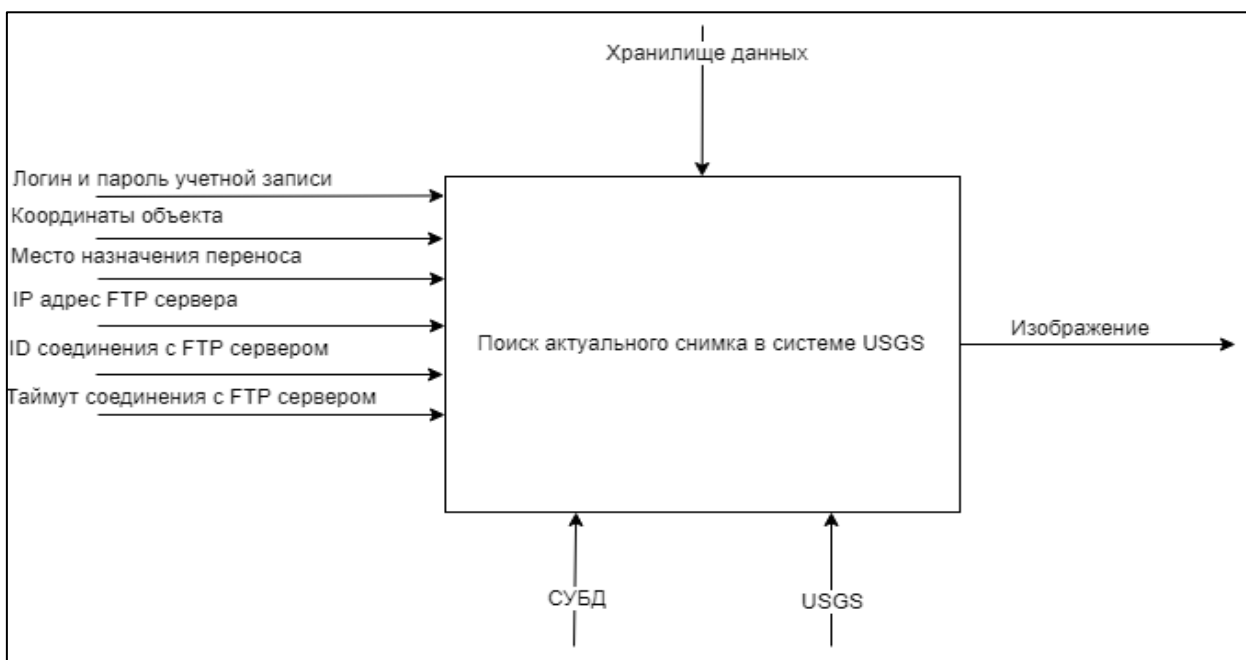


Рисунок 2.4 — Диаграмма процесса поиска актуального снимка в базе данных системы United States Geological Survey

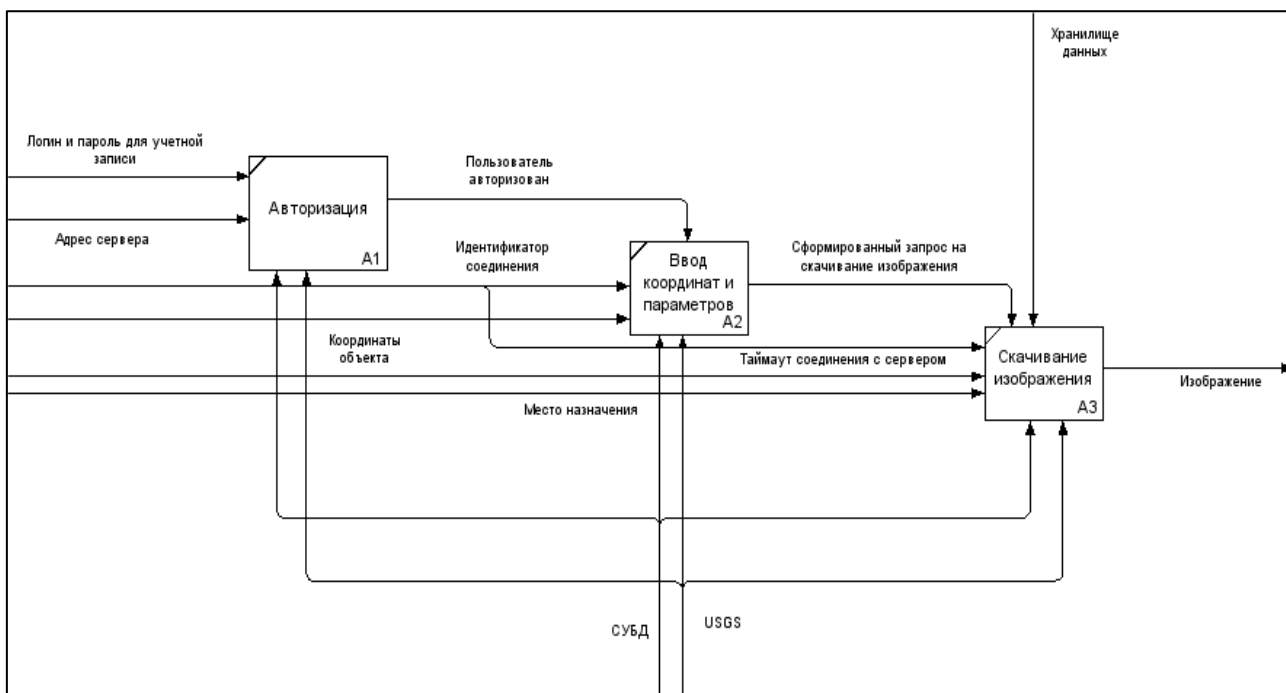


Рисунок 2.5 — Декомпозиция процесса поиска актуального снимка в базе данных системы United States Geological Survey

2.2.3 База данных системы Космоснимки

Система Космоснимки является проектом Инженерно-технологического центра «СканЭкс», основанная на использовании технологической платформы Веб-Гис Scanex Web GeoMixer.

GeoMixer — веб-геоинформационная платформа для широкого круга задач, которая позволяет работать с геоданными как через интернет, так и в локальной сети предприятия.

Целью данной системы является создание единой базы космоснимков для территории, покрывающей всю Россию и соседних территорий. Проект складывается из этапов создания отдельных мозаик спутниковых снимков по городам и областям РФ. Единая пространственная основа создается с целью использования в качестве базовой в геоинформационных и веб-картографических сервисах [52].

Технологическая разработка направлена в первую очередь на развитие средств доступа к пространственным данным и данным дистанционного зондирования в Интернет.

Технологические возможности системы:

а) основные сервисы проекта:

- 1) измерение площади и расстояния;
- 2) расстановка путевых точек по космоснимкам, а также возможность скачать файл точек;
- 3) загрузка и скачивание векторного трека и контура в распространенных Shape и Table форматах;
- 4) поиск по кадастру, адресу или координатам;

б) дополнительные сервисы проекта:

- 1) поиск снимков с космических аппаратов;
- 2) продажа космоснимков по запросу.

2.2.4 Анализ функциональных возможностей систем

Для решения поставленной задачи необходимо провести обзор систем и проанализировать их по определенным критериям:

- возможность поиска требуемых снимков ДЗЗ релевантных запросу КП;
- возможность загрузки растровых данных;
- виды данных ДЗЗ;
- периодичность обновления архива;
- условия распространения данных.

В процессе обзора источников данных ДЗЗ была построена таблица сравнительного анализа баз геоданных по выбранным критериям (таблица 1.1).

Таблица 1.1 – Сравнительный анализ баз геоданных.

Критерии сравнительного анализа	База геоданных		
	USGS	GLCF	Космоснимки
Возможность поиска требуемых снимков ДЗЗ релевантных запросу КП	Возможность поиска актуальных снимков является основной функцией данной системы	Возможность поиска снимков является основной функцией данной системы	Возможность поиска снимков является основной функцией данной системы
Возможность загрузки растровых данных	Возможность загрузки растровых данных является одной из основных функций данной системы	Возможность загрузки растровых данных является одной из основных функций данной системы	Возможность загрузки растровых данных является одной из основных функций данной системы
Периодичность обновления архива	Ежедневное обновление данных	Данные архива не обновляются	Ежедневное обновление данных
Условия распространения данных	Бесплатное, по запросу	Бесплатное, по запросу	Платное, на основе заявок
Виды данных ДЗЗ	Aerial Imagery AVHRR, Ceos Legacy, Commercial Satellites, Declassified Data, Digital Elevation, EO-1, Global Fiducials, HCMM, ISERV, Land Cover, Landsat, NASA LPDAAC Collections, Radar, Sentinel, Vegetation Monitoring	Только серия Landsat	WorldView-3, WorldView-2, GeoEye-1, Pléiades A-B, QuickBird, KOMPSAT-3A, KOMPSAT-3, IKONOS, KOMPSAT-2, SPOT 6-7, WorldView-1, EROS B EROS A

Исходя из полученных данных рассмотренных систем, можно сделать **ВЫВОД:**

- возможность поиска актуальных снимков является основной функцией всех систем;
- возможность загрузки растровых данных является одной из основных функций всех систем;
- базы геоданных USGS и Космоснимки имеют периодичность обновления архива — ежедневное, а GLCF — данные архива не обновляются с 2014 года.

- условия распространения данных у базы геоданных USGS и GLCF — бесплатное, а Космоснимки — платное, на основе заявки.

Подводя итог, можно отметить, что из рассмотренных систем дистанционного зондирования Земли выявлена всего одна система, соответствующая большинству требований — система United States Geological Survey. Она рассчитана на пользователей, с различными потребностями в космоснимках и позволяет работать с самым большим количеством доступных данных ДЗЗ, распространяемых на бесплатной основе. А также содержит снимки космической программы Sentinel.

2.3 Загрузка данных ДЗЗ

Процесс загрузки данных из хранилища сервиса USGS представлен в виде SADT-модели. Композиционная диаграмма представлена на рисунке 2.6.

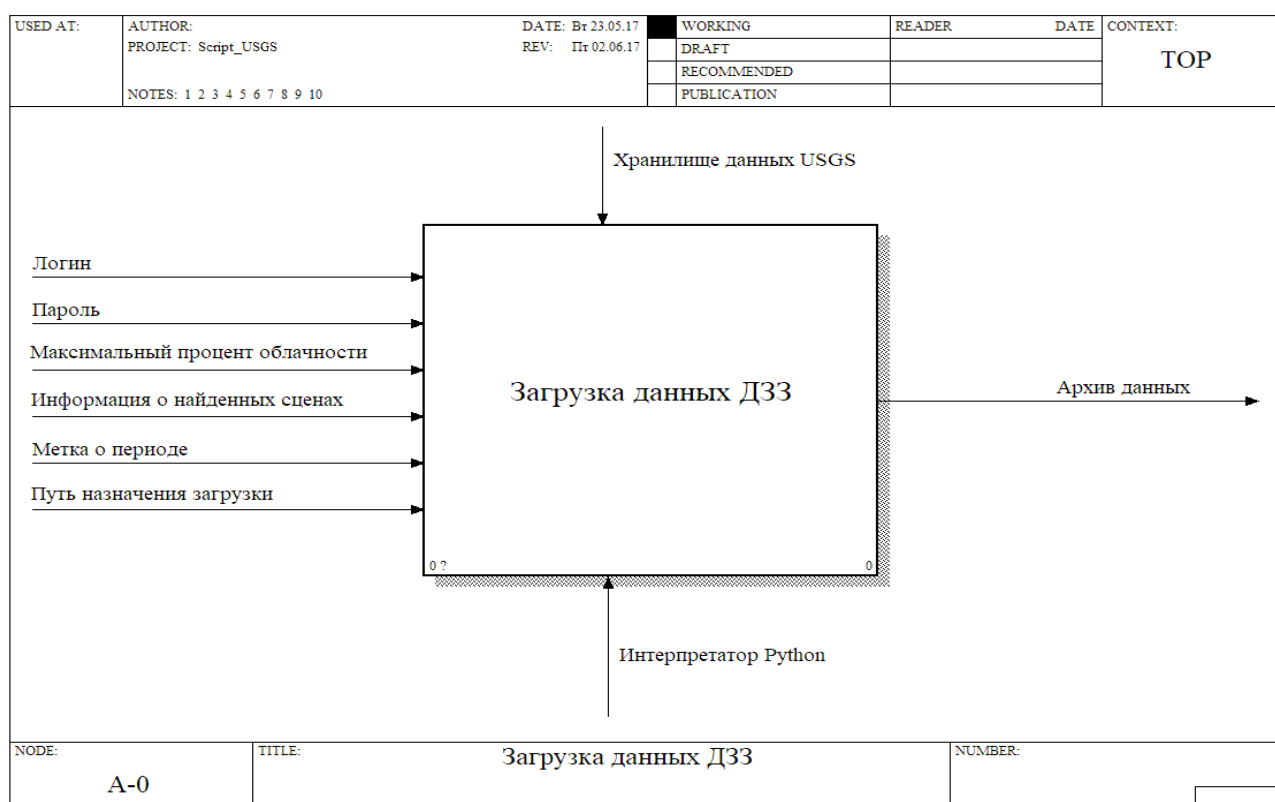


Рисунок 2.6 — Композиционная диаграмма А-0 «Загрузка данных ДЗЗ»

Декомпозиция процесса загрузки данных представлена на рисунке 2.7, которая включает набор функций:

- получение входных данных;
- получение метаданных;
- сортировка;
- авторизация на сервере;
- принятие решения какие сцены загружать;
- загрузка сцен.

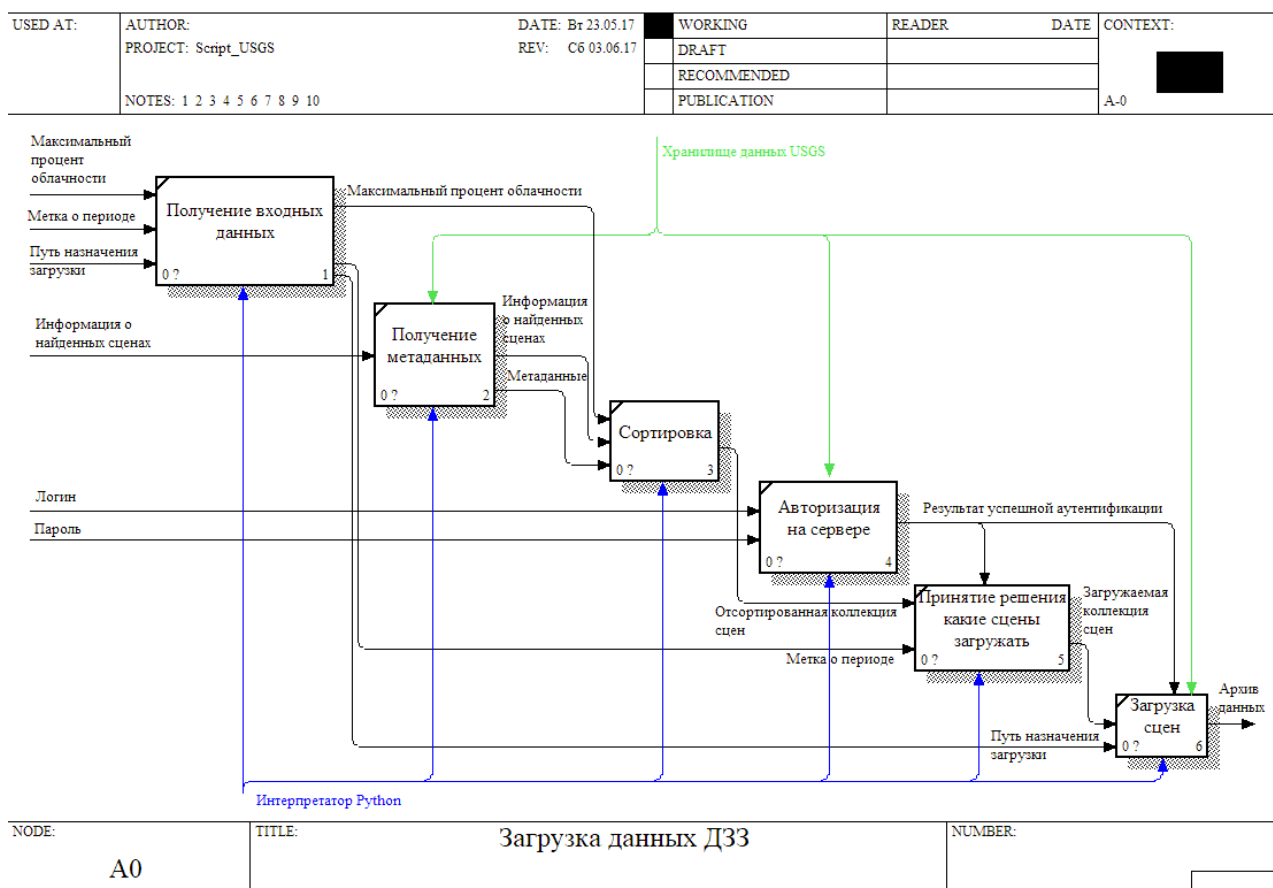


Рисунок 2.7 — Декомпозиционная диаграмма A0 «Загрузка данных Д33»

Запуск модуля должен происходить с указанием входных данных (параметров). Пример команды запуска модуля поиска и загрузки данных Д33: «python.exe Sentinel_USGS.py 2017-05-01 2017-05-14 56.53757643 93.31589303 56.48259405 93.05366391 5 99 new», где python.exe — интерпретатор, MSI_USGS.py — имя запускаемого модуля, 2017-05-01 и 2017-05-14 — диапазон дат начала и окончания поиска, 56.53757643

93.31589303 и 56.48259405 93.05366391 — долгота и широта правой верхней и левой нижней координаты, 5 — максимальное количество поиска сцен, 99 — значение максимальной облачности в процентах, «new» или «all» — метка о загрузке самой новой сцены или всех сцен найденных за указанный период.

2.4 Автоматизация процесса публикации

Самая объемная часть работы при разработке программно-технологической инфраструктуры импорта данных дистанционного зондирования Земли предстоит на этапе автоматизации процесса публикации картографической информации, которая осуществляется в двух подсистемах:

- подсистема визуализации (GeoServer);
- подсистема администрирования (ActiveMap).

Представление процесса публикации картографической информации осуществлен в виде SADT-модели. Это модель, дающая полное и адекватное описание системы, которая имеет конкретное назначение. Разработанный модуль имеет возможность выполнить их с минимальным участием оператора, путем выполнения некоторых функций.

Аспекты, позволяющие улучшить процесс, путем внедрения модуля:

- человеческий фактор (ошибочное указание параметров при публикации слоя);
- упразднение обязанностей конечного пользователя при процессе публикации.

В первую очередь, необходимо сохранить картографическую информацию в подсистему хранения (сервер), которую необходимо опубликовать. Затем ее необходимо опубликовать в подсистеме визуализации. На рисунках 2.8 и 2.9 представлена SADT-модель (AS-IS, как есть) подсистемы визуализации в среде GeoServer.

После того, как опубликована картографическая информация в среде GeoServer, она становится доступной в подсистеме администрирования. В этой подсистеме проводится публикация для отображения и настройки ее на

самой цифровой карте. На рисунках 2.10. и 2.11 представлена SADT-модель (AS-IS, как есть) подсистемы администрирования, на которых смоделирован процесс публикации картографической информации.

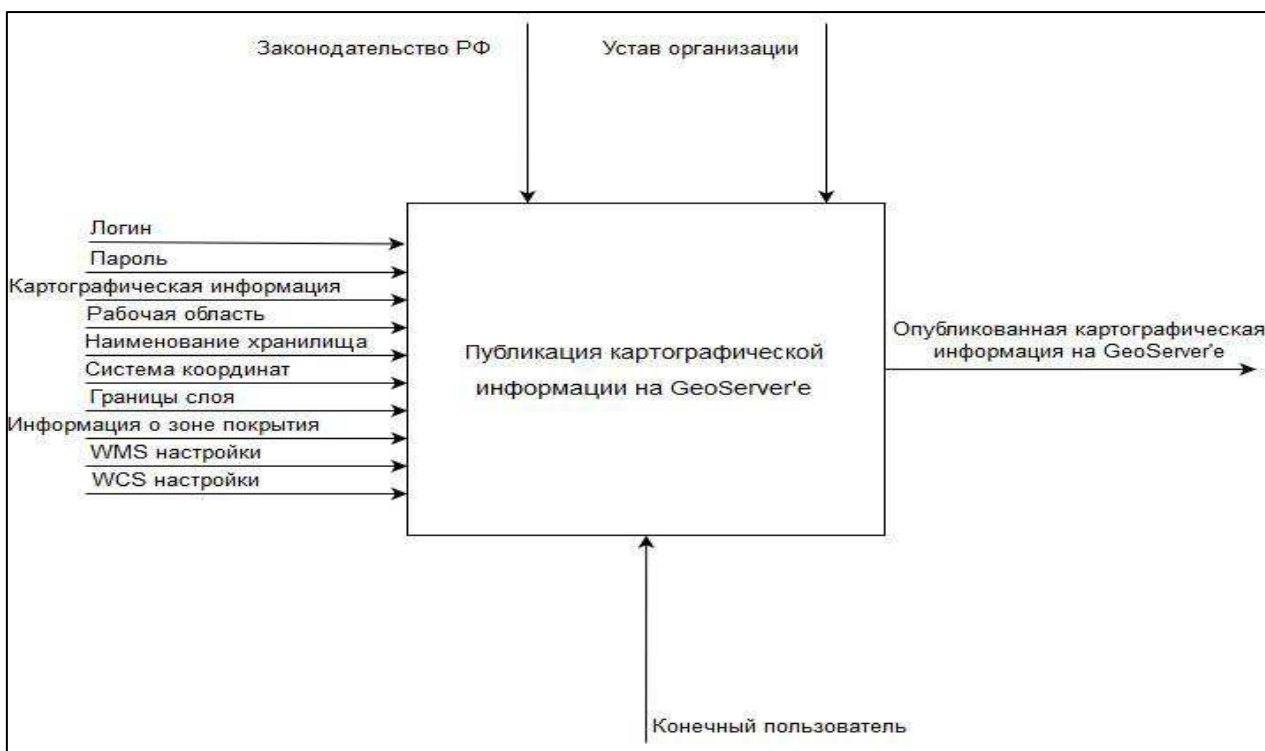


Рисунок 2.8 — Композиционная диаграмма «Публикация картографической информации на GeoServer'e»

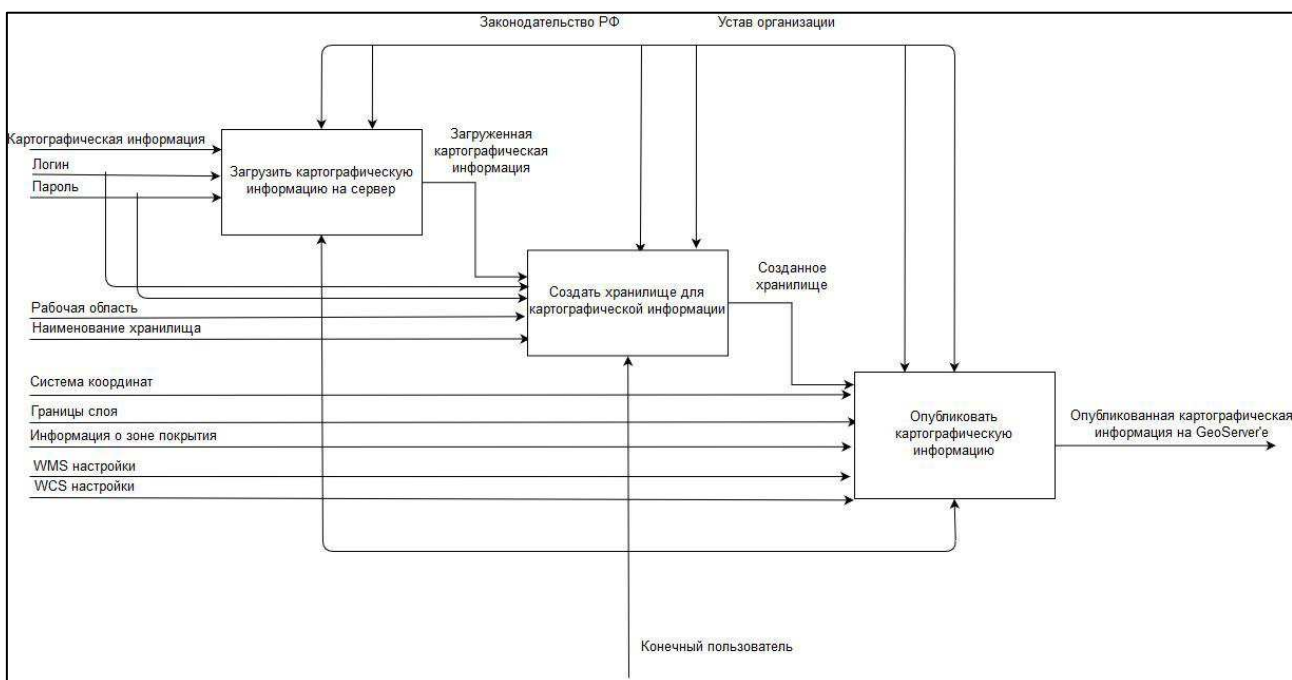


Рисунок 2.9 — Декомпозиционная диаграмма «Публикация картографической информации на GeoServer'e»

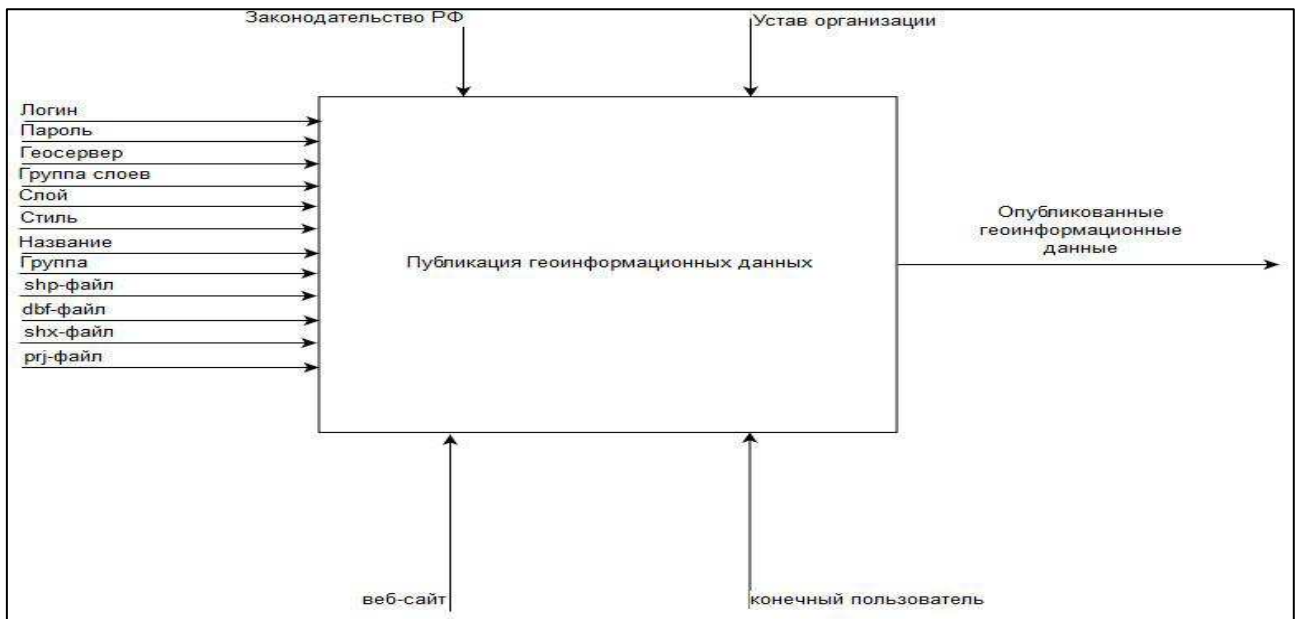


Рисунок 2.10 — Композиционная диаграмма «Публикация геоинформационных данных»

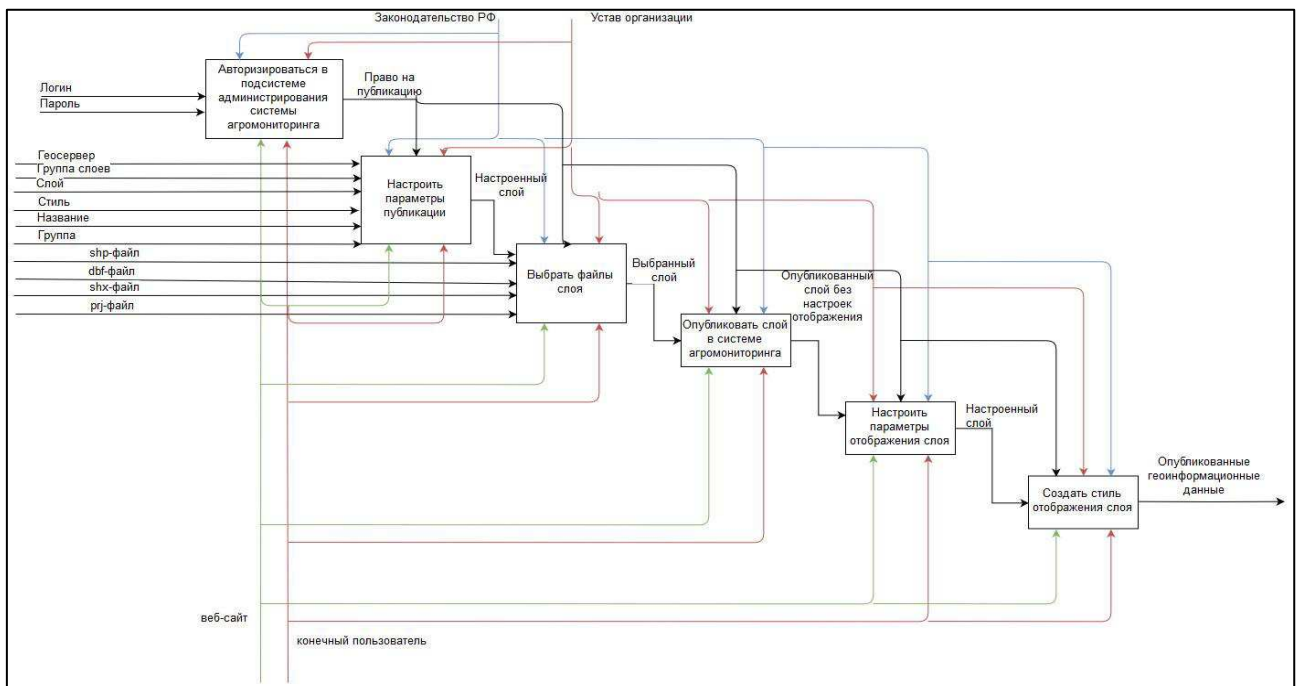


Рисунок 2.11 — Декомпозиционная диаграмма «Публикация геоинформационных данных»

Процесс публикации картографической информации является линейным, что дает возможность осуществить его в автоматическом режиме. На рисунке 2.12 изображена SADT-модель TO-BE (как будет) программно-

технологической инфраструктуры импорта данных дистанционного зондирования Земли.

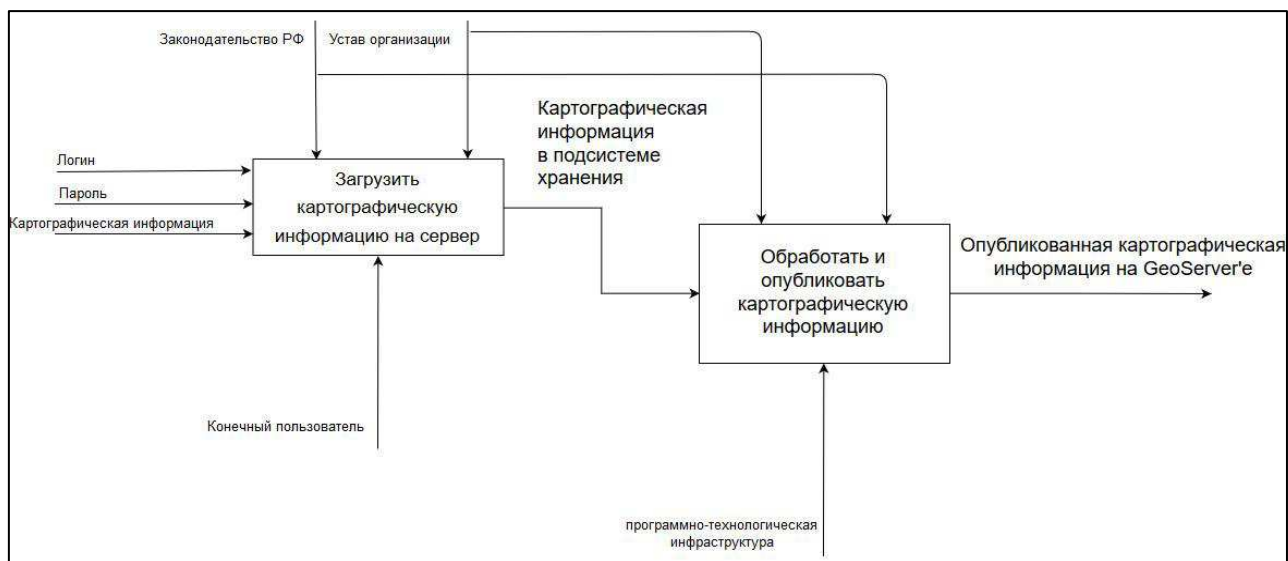


Рисунок 2.12 — SADT-модель (ТО-BE) программно-технологической инфраструктуры импорта данных дистанционного зондирования Земли

2.5 Подсистема MapSurfer

Подсистема MapSurfer представляет собой многофункциональный программный инструмент. Интерфейс подсистемы изображен на рисунке 2.13. Предназначен для визуализации пространственных данных, публикации и отображения геоинформационных ресурсов, разработки пользовательских порталных приложений на основе веб-технологий [52]. Использование данного инструмента обеспечивает эффективный анализ информации для принятия оперативных управленческих решений.

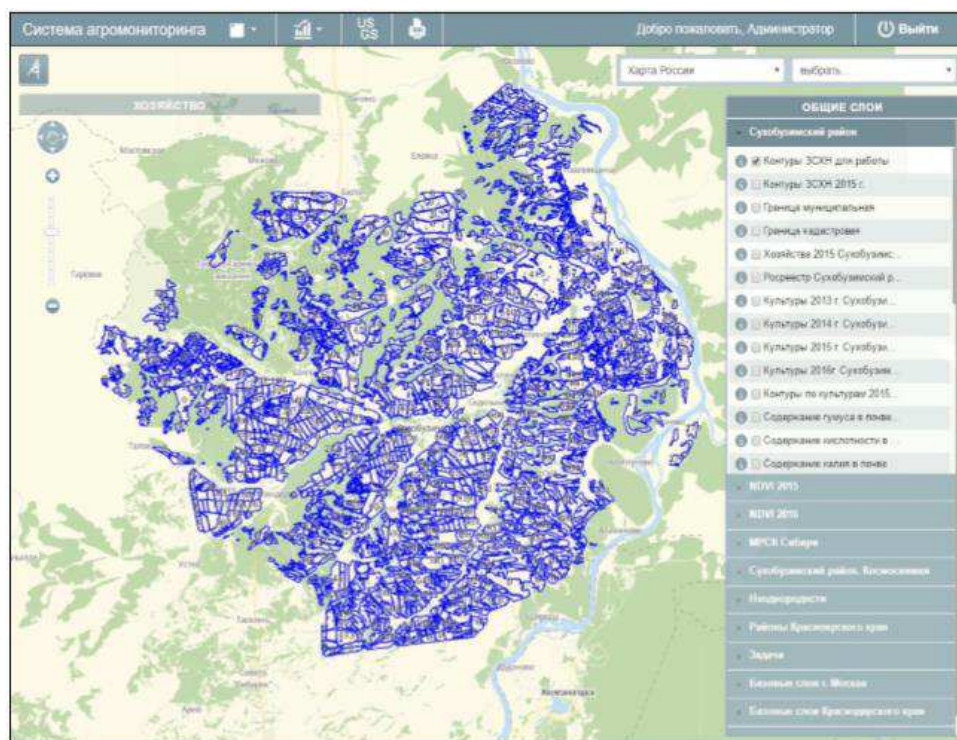


Рисунок 2.13 — Страница оператора подсистемы MapSufer

2.6 Геосервер

Подсистема MapAdmin использует Geoserver. Это программный сервер с открытым исходным кодом для обмена геопространственными данными.

Сервер основан на Java, который позволяет пользователям просматривать и редактировать геопространственные данные. Используя открытые стандарты, установленные OGC, GeoServer обеспечивает большую гибкость при создании карт и обмене данными [53].

GeoServer предоставляет данные в соответствии со стандартами WMS и WFS. Он также поддерживает сервис WFS-T для модификации актуальных данных, а также язык географической разметки (GML), язык разметки Keyhole (KML) и многие другие форматы. Данные организовываются в рабочие области и хранилища данных, при этом используется дисковая система хранения или PostGIS. С помощью встроенного Representational State Transfer Application Programming Interface (REST API) можно управлять

наборами данных в режиме реального времени. Это программное обеспечение также включает в себя готовый Web-интерфейс.

Реализуя стандарт Web Map Service, GeoServer может создавать карты в различных выходных форматах. OpenLayers, бесплатная картографическая библиотека, интегрирована в GeoServer, что делает создание карт быстрым и простым. GeoServer построен на Geotools, наборе инструментов Java GIS с открытым исходным кодом. Поскольку информация передается в виде изображений, данные защищены и находятся в полной безопасности. Единственный способ украсть данные — это выполнить их повторную векторизацию. Внешний вид каждого слоя карты может быть настроен при помощи дескрипторов стандарта Style Layer Descriptor (SLD), позволяющего раскрашивать и подписывать объекты карты. Комбинируя эти правила с фильтрами OGC, можно реализовать зависимость символики от масштаба, позволяющую отображать более подробную карту при увеличении масштаба пользователем.

GeoServer также соответствует стандарту Web Feature Service, который разрешает фактический обмен и редактирование данных, которые используются для создания карт. Другие могут включать ваши данные в свои веб-сайты и приложения, освобождая ваши данные и обеспечивая большую прозрачность. Клиент WFS может загружать векторные данные и использовать их для отображения, пространственного анализа и других операций. Также, если он авторизован, пользователь может изменить данные и отправить их обратно на сервер для обновления сохраненных данных с использованием протокола WFS-T. Данные могут передаваться с использованием GML (сжатого), а также других стандартных форматов данных, таких как shapefile и json.

Сервер является бесплатным программным обеспечением. Это значительно снижает финансовый барьер для входа по сравнению с традиционными продуктами ГИС. Кроме того, он не только доступен бесплатно, но и с открытым исходным кодом. Исправления ошибок и

улучшения функций программного обеспечения с открытым исходным кодом значительно ускорены по сравнению с традиционными программными решениями. Использование GeoServer в вашей организации также предотвращает блокировку программного обеспечения, сохраняя дорогостоящие контракты на техническую поддержку в будущем.

GeoServer может отображать данные в любых популярных картографических приложениях, таких как Google Maps, Google Earth, Yahoo Maps и Microsoft Virtual Earth. Кроме того, GeoServer может подключаться к традиционным архитектурам ГИС, таким как ESRI ArcGIS.

Публикация данных из различных источников:

Вектор:

- shape-файлы, внешний WFS
- postGIS, ArcSDE, DB2, Oracle Spatial, MySQL, SQL Server

Растр:

- GeoTiff, JPEG и PNG, форматы Geospatial Data Abstraction Library (GDAL), Image Mosaic, Oracle GeoRaster

2.7 Диаграммы вариантов использования

Обобщенная диаграмма вариантов использования, изображенная на рисунке 2.14, показывает основные функции, которые может выполнять администратор в подсистеме:

- управление правами пользователей;
- администрирование геопортала;
- загрузка доступных программных продуктов;
- создание, редактирование и публикация событий;
- публикация картографической информации.

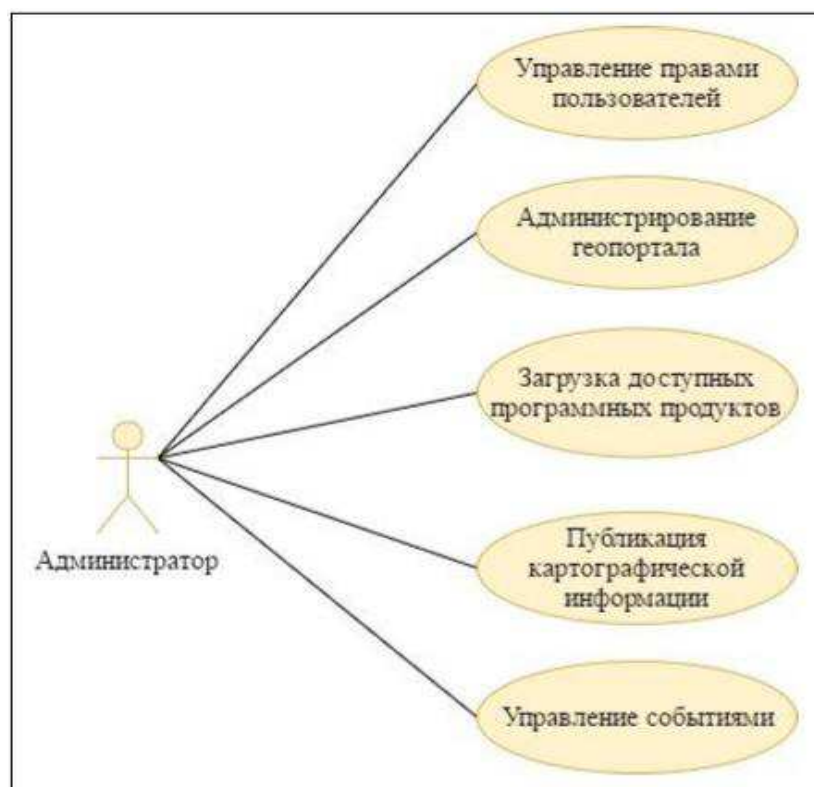


Рисунок 2.14 — Обобщенная диаграмма вариантов использования подсистемы MapAdmin

Администратору предоставляется возможность осуществить публикацию картографической информации несколькими способами:

- загрузка слоя из БД — перед публикацией картографической информации, которая после данного процесса отображается в геопортале MapSurfer, MapAdmin запрашивает список доступных слоев, хранящиеся в базе данных геосервера;
- загрузка из группы файлов — возможность публикации путем загрузки данных из файлов, хранящиеся на компьютере администратора. Данный вариант публикации осуществляет модуль публикации;
- загрузка из GeoTiff файла;
- создание нового слоя.

Данные способы публикации картографической информации в системе агромониторинга изображены на рисунке 2.15.

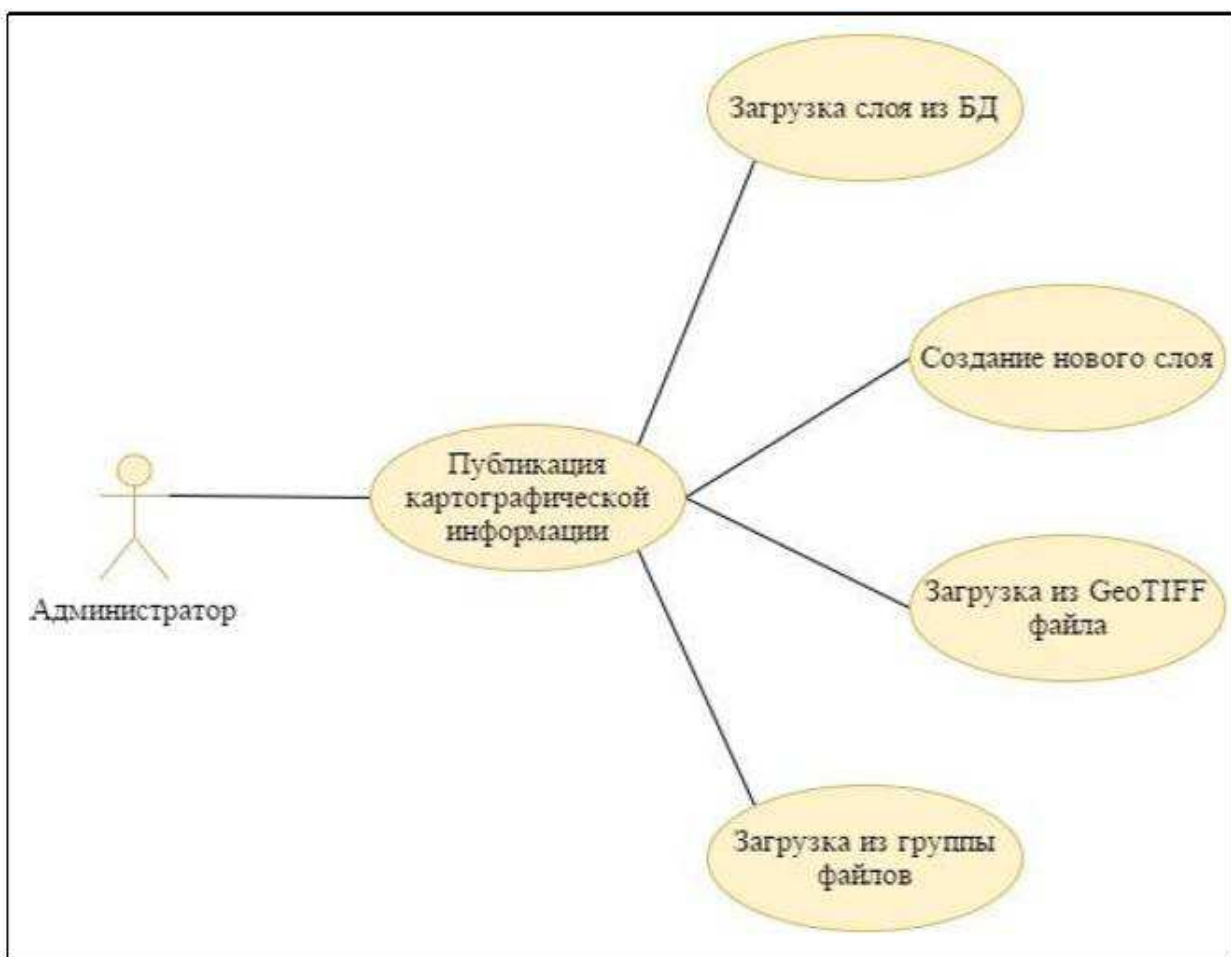


Рисунок 2.15 — Обобщенная диаграмма вариантов использования подсистемы MapAdmin

Опубликовать картографическую информацию можно разными способами, и каждый из них имеет некоторые особенности. Функция «Загрузка слоя из БД» изначально предполагает, что картографическая информация хранится в БД геосервера, но не отображается в подсистеме визуализации системы агромониторинга. «Загрузка из GeoTiff файла» предполагает публикацию только растрового формата картографической информации. Функция «Создание нового слоя» публикует картографическую информацию в системе агромониторинга, но не отображается в подсистеме визуализации, ввиду отсутствия ввода некоторых параметров, непредусмотренные в данной функции. Их приходится ввести после публикации. Диаграмма вариантов использования прецедента «Загрузка из

группы файлов» изображена на рисунке 2.16. В нее включаются следующие функции:

- выбор геосервера — необходимо выбрать наименование геосервера, на который будет загружен слой;
- выбор рабочего пространства — администратор имеет возможность выбрать то пространство, в которой собирается опубликовать слой;
- выбор хранилища данных;
- ввод английского названия слоя — наименование, которое будет присвоено слою в базе данных;
- ввод русского названия слоя — наименование, которое будет отображено в геопортале MapSurfer;
- выбор тип файлов со слоем — указать тип файла, из которого загружается слой;
- выбор проекции — выбрать проекцию из списка проекций указанного хранилища данных;
- определения стиля слоя — возможность выбора визуального отображения слоя в геопортале MapSurfer;
- ввод атрибутов слоя — каждый слой имеет индивидуальный набор атрибутов, которые необходимо ввести администратору;
- выбор группы — групповая принадлежность слоя;
- выбор типа слоя — растровый или векторный слой.

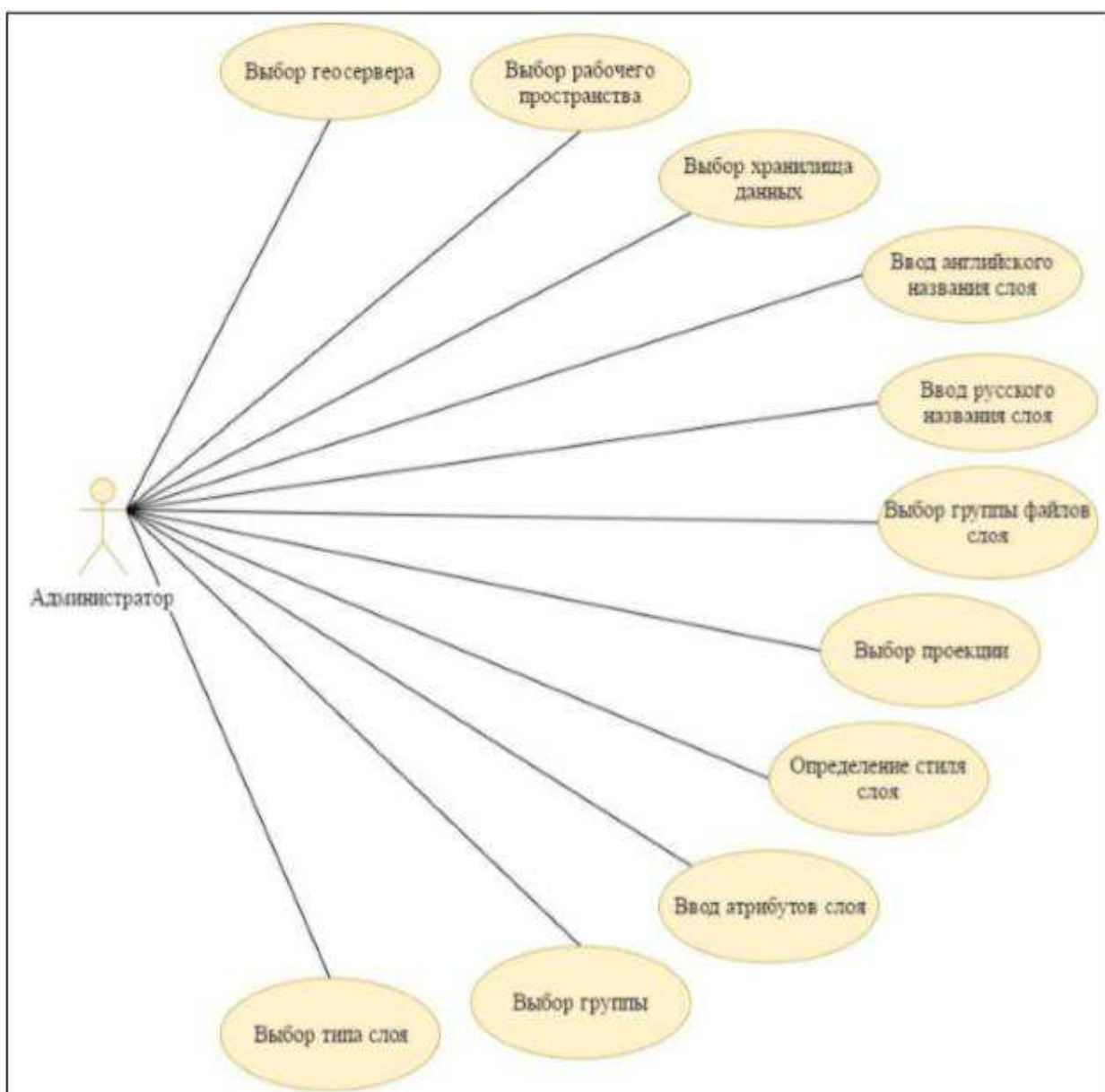


Рисунок 2.16 — Диаграмма вариантов использования функции «Загрузка из группы файлов»

На рисунке 2.17 изображена диаграмма вариантов использования функции «Выбор группы файлов слоя». Администратору необходимо указать тип файла, из которого загружается слой:

- shapfile форматов .shp, .dbf, .prj, .shx;
- tab форматов .tab, .map, .dat, .id;
- mif/mid форматов .mif, .mid.

А также, администратору следует указать расположение файла

выбранного типа, который храниться на компьютере. Разрабатываемый модуль осуществляет публикацию файлов формата shapеfile. Диаграмма вариантов использования функции загрузки shapеfile формата изображена на рисунке 2.18.

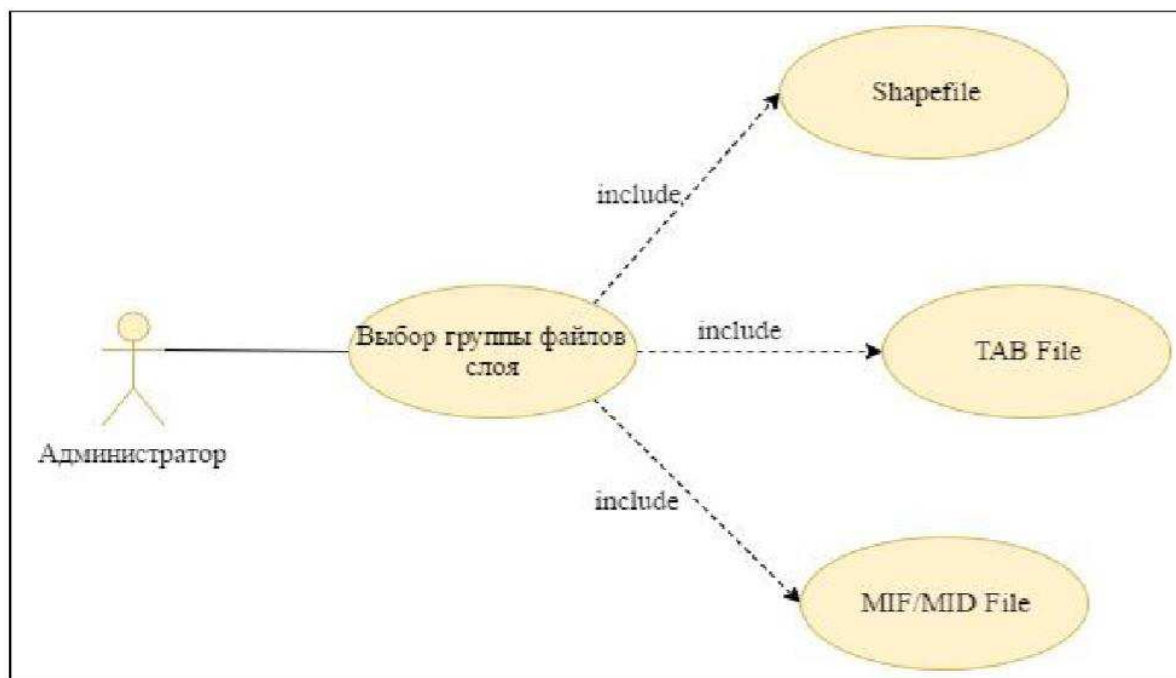


Рисунок 2.17 — Диаграмма вариантов использования функции «Выбор группы файлов слоя»

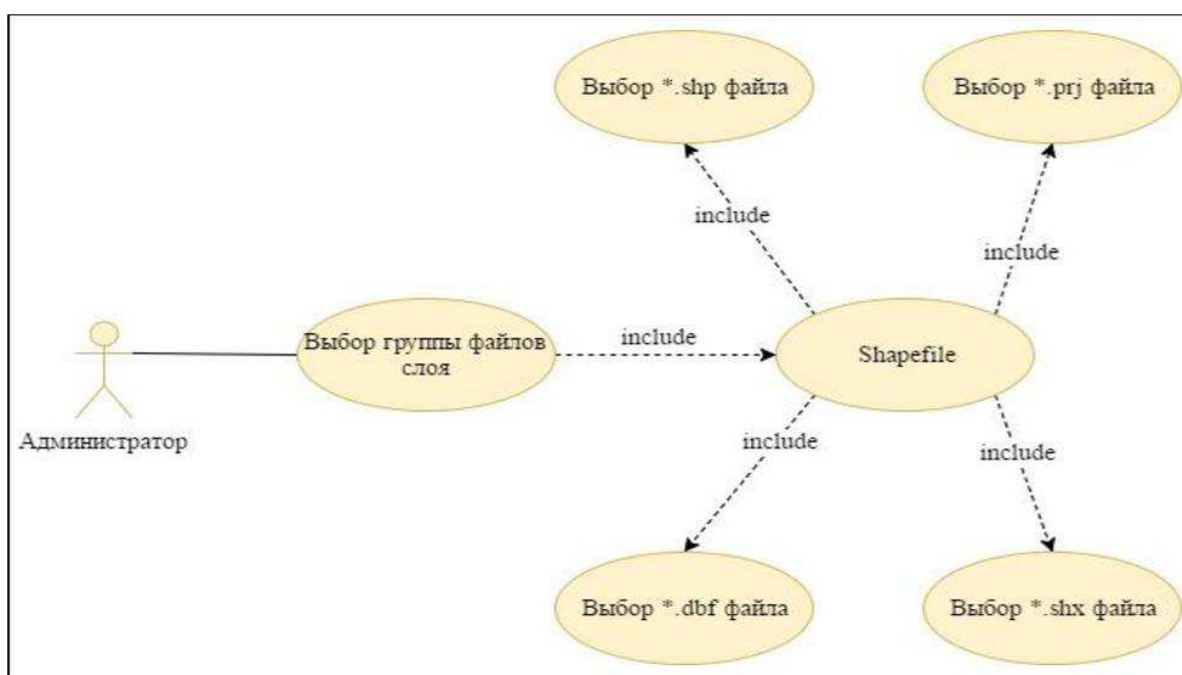


Рисунок 2.18 — Диаграмма вариантов использования функции загрузки shapеfile формата

2.8 Место модуля в системе

Основное место модуль занимает в подсистеме визуализации данных, где осуществляется основные ее функции процесса публикации. Модуль сохраняет опубликованные слои в подсистеме хранения данных. Интерфейс модуля осуществляет работу в подсистеме администрирования. Место модуля публикации картографической информации в системе агромониторинга изображено на рисунке 2.19.

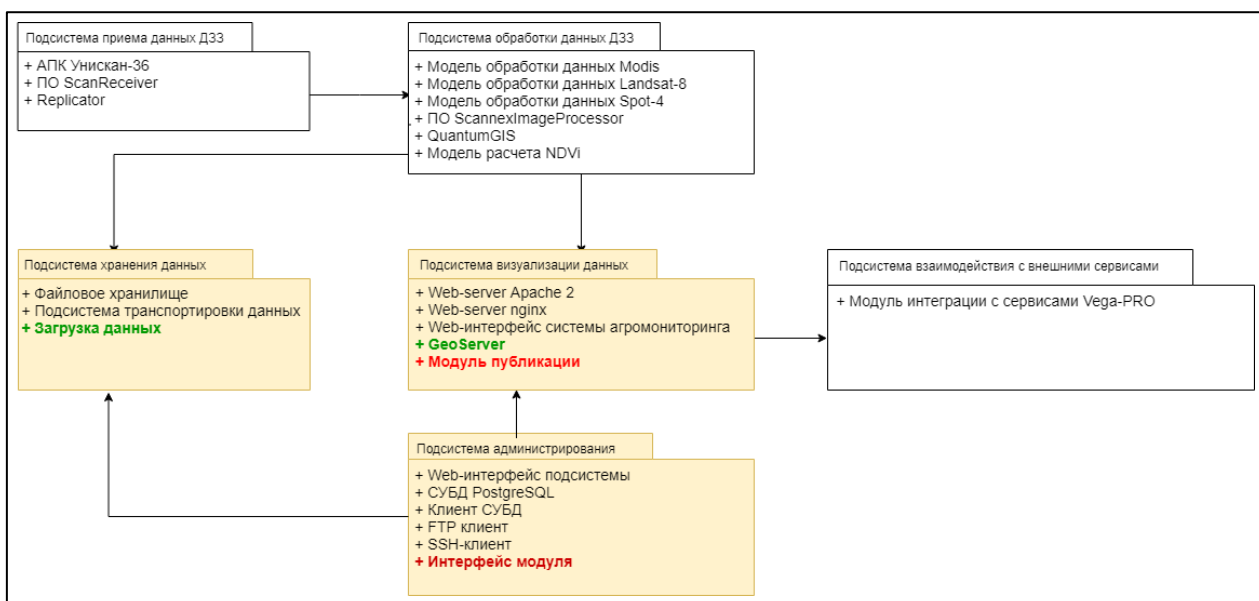


Рисунок 2.19 — Место модуля в системе

2.9 REST API GeoServer

GeoServer предоставляет интерфейс RESTful, через который клиенты могут получать информацию об экземпляре и вносить изменения в конфигурацию. Используя простые HTTP / HTTPS-вызовы интерфейса REST, клиенты могут настраивать GeoServer без использования интерфейса веб-администрирования.

REST является аббревиатурой от «REpresentational State Transfer». REST принимает фиксированный набор операций с именованными ресурсами, где представление каждого ресурса одинаково для извлечения и

установки информации. Другими словами, имеется возможность извлекать (читать) данные в формате XML, а также отправлять данные обратно на сервер в аналогичном формате XML для установки (записи) изменений в системе.

Операции над ресурсами реализованы со стандартными примитивами HTTP: GET для чтения; и PUT, POST и DELETE для записи изменений. Каждый ресурс представлен в виде Uniform Resource Locator (URL), например [http:// GEOSERVER_HOME/rest/workspace/topp](http://GEOSERVER_HOME/rest/workspace/topp).

2.10 Вывод по второй главе

В результате структурного анализа системы, были выявлены основные функциональные требования:

- отбор коллекции картографической информации из открытого источника данных ДЗЗ USGS;
- загрузка картографической информации на сервер системы программного комплекса ИКИТ СФУ;
- публикация данных ДЗЗ является линейным процессом, который следует оптимизировать с помощью автоматизации.

Глава 3 Разработка и тестирование

3.1 Процесс автоматической публикации

Для публикации будут использоваться данные, которые уже находятся на сервере.

Данный процесс реализован с помощью REST API посредством упрощающего работу интерфейсного PHP-класса.

В качестве примера выбран снимок спутника Landsat-8 в формате GeoTiff (2017-08-07_LC08_B432_NC.tif), изображенный на рисунке 3.1.

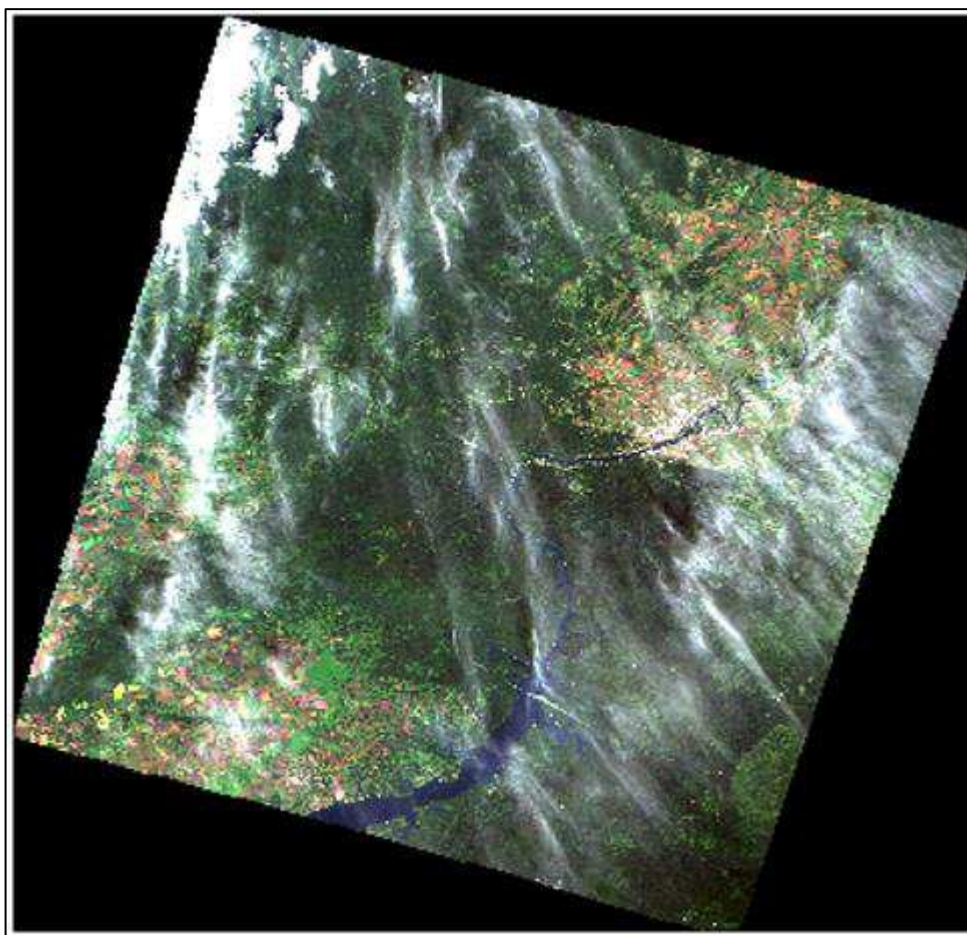


Рисунок 3.1 — Снимок спутника Landsat-8

GeoServer организует данные (*слои*) в рабочие области и хранилища данных. Слой — это индивидуальный набор данных, например, дороги или

озера. Рабочая область обеспечивает логическое группирование данных для конкретного проекта или географического региона. Рабочая область может содержать одно или несколько *хранилищ данных*, определяющих физическое местоположение данных (например, каталог или файл на диске или таблица базы данных PostGIS).

Для начала необходимо создать хранилище для нового слоя (рисунок 3.2):

```
public function createGeoTiffCoverageStore($workspaceName, $coveragestoreName, $location,
    $description = "")
{
    $data = array(
        "coverageStore" => array(
            "type" => "GeoTIFF",
            "description" => htmlentities($description, ENT_COMPAT),
            "enabled" => true,
            "name" => htmlentities($coveragestoreName, ENT_COMPAT),
            "url" => 'file:' . htmlentities($location, ENT_COMPAT),
            "workspace" => array(
                "name" => htmlentities($workspaceName, ENT_COMPAT)
            )
        )
    );

    $data_json = json_encode($data);

    return $this->runApi('workspaces/' . urlencode($workspaceName) . '/coveragestores?configure=all',
        'POST', $data_json, $contentType = "application/json");
}
```

Рисунок 3.2 — Метод создания хранилища

Стоит отметить, что при создании хранилища данных PostGIS база данных уже должна существовать.

Затем нужно создать слой для новых данных (рисунок 3.3):

```

public function publishStore($workspaceName, $coveragename)
{
    $data = '<coverage>
        <name>' . htmlentities($coveragename) . '</name>
        <title>' . htmlentities($coveragename) . '</title>
        <nativeCRS>' . htmlentities('
            GEOGCS["WGS 84",
            DATUM["World Geodetic System 1984",
            SPHEROID["WGS 84", 6378137.0, 298.257223563,
            AUTHORITY["EPSG","7030"]],
            AUTHORITY["EPSG","6326"]],
            PRIMEM["Greenwich", 0.0, AUTHORITY["EPSG","8901"]],
            UNIT["degree", 0.017453292519943295],
            AXIS["Geodetic longitude", EAST],
            AXIS["Geodetic latitude", NORTH],
            AUTHORITY["EPSG","32646"]
        ') . '
        </nativeCRS>
        <supportedFormats>
            <string>GEOTIFF</string>
            <string>PNG</string>
            <string>JPEG</string>
            <string>TIFF</string>
        </supportedFormats>
        <requestSRS>
            <string>EPSG:32646</string>
        </requestSRS>
        <responseSRS>
            <string>EPSG:32646</string>
        </responseSRS>
        <srs>EPSG:32646</srs>
    </coverage>';

    return $this->runApi('workspaces/' . urlencode($workspaceName) . '/coveragename/' .
    $coveragename . '/coverages.xml', 'POST', $data, $contentType = "application/xml");
}

```

Рисунок 3.3 — Метод создания нового слоя в хранилище

Система использует проекцию EPSG : 32646 — универсальная поперечная Меркатора (WGS 84), 46-я зона северного полушария.

После того, как создано хранилище и предоставлен слой для него, необходимо в система MapSurfer указать, в какой группе и под каким названием отобразить новые данные (рисунок 3.4).

```

public function publishLayers($postData) {
    $ch_style = curl_init();
    $options_style = array(
        CURLOPT_URL => $this->server_url . '/layers/layer',
        CURLOPT_HEADER => false,
        CURLOPT_POST => 1,
        CURLOPT_COOKIEFILE => dirname(__FILE__).'/cookie.txt',
        CURLOPT_POSTFIELDS => $postData,
        CURLOPT_RETURNTRANSFER => true
    );
    curl_setopt_array($ch_style, $options_style);
    $res = curl_exec($ch_style);
    curl_close($ch_style);

    return json_decode($res);
}

```

Рисунок 3.4 — Метод публикации слоя

В результате новая картографическая информация будет отображена в системе (рисунок 3.5).

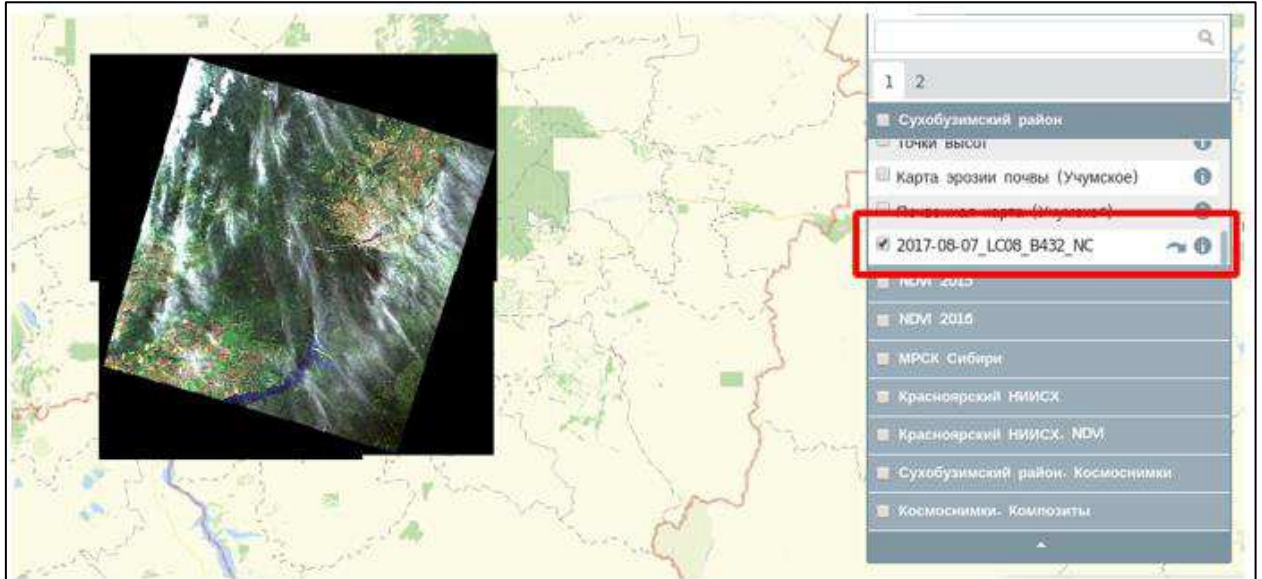


Рисунок 3.5 — Результат публикации

3.2 Работа с опубликованными данными

В системе MapSurfer веб-интерфейс позволяет с легкостью использовать картографическую информацию. С ее помощью поиск необходимых данных заметно упрощается.

Одним из основных инструментов поиска является фильтр, в который входят следующие параметры (рисунок 3.6):

- период — временной интервал полученных данных. Имеется возможность указать «от» и «до» определенной даты, когда был сделан снимок;
- спутник — выбор спутника, которым был сделан снимок. На данный момент выбор предоставляется между Landsat-8, Sentinel-2 и SPOT-4. Также возможно выбрать все доступные спутники в одной итерации поиска;
- разрешение — количественный показатель, характеризующий изобразительное качество снимков, их детальность. Возможно указать определенное значение, либо больше или меньше;
- облачность — процент облачности снимков. Функциональные возможности параметра, такие же, как и при установке параметра «разрешение»;
- границы выделенной области — функция, которая позволяет выбрать определенные границы для поиска снимков.

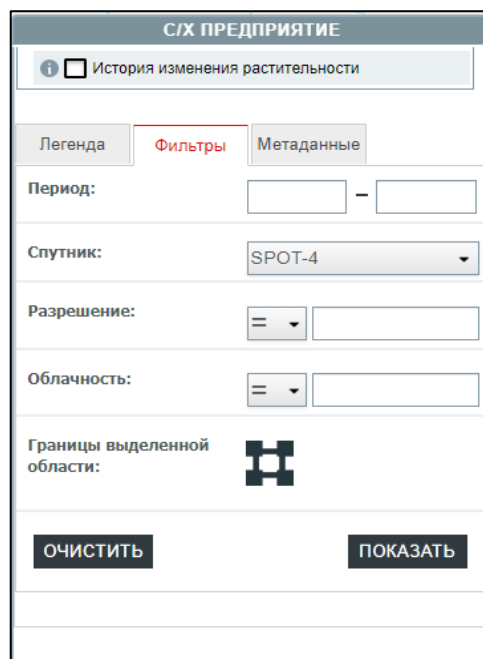


Рисунок 3.6 — Веб-интерфейс разработанного инструмента фильтрации данных ДЗЗ

На рисунке 3.7 изображен результат поиска снимков спутника SPOT-4.

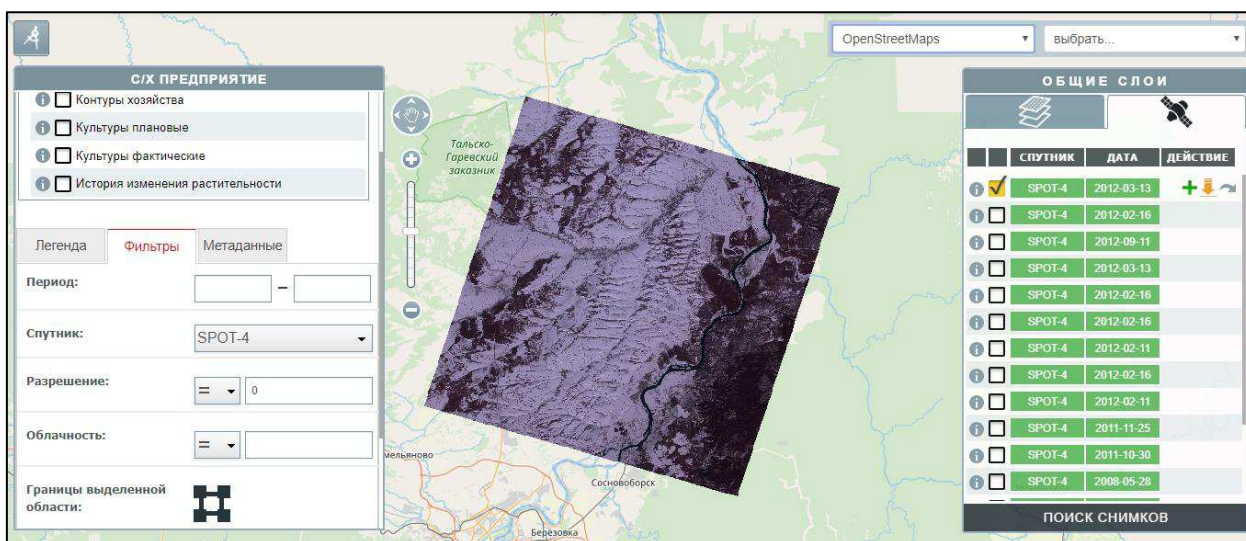


Рисунок 3.7 — Результат поиска снимков спутника SPOT-4

Веб-интерфейс позволяет получить метаданные каждого снимка. Имеется возможность их представить в двух вариантах: полная и неполная версии.

Неполная версия отображена на рисунке 3.8.

С/Х ПРЕДПРИЯТИЕ	
Легенда	Фильтры Метаданные
Идентификатор:	1488
Спутник:	Sentinel-2
Дата получения:	2019-03-08
Пространственное разрешение, м/пиксель:	10
Облачность, %:	30.3723
Расположение:	/SATELLITE_DATA/SENTINEL-2A/L1C_T47UMA_A010455_20190308T043059.zip
Координаты сцены:	POLYGON((97.434801639 54.0801113888,97.434801639 55.0389205416,99.1491099637 55.0389205416,99.1491099637 54.0801113888,97.434801639 54.0801113888))
ПОЛНЫЙ ТЕКСТ МЕТАФАЙЛА	

Рисунок 3.8 — Метаданные. Неполная версия

Однако, система позволяет получить полный файл метаданных (рисунок 3.9). В котором КП имеет возможность извлечь оттуда необходимую информацию.

```

Метаданные: L1C_T47UMA_A010455_20190308T043059.zip

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="no"?>
<n1:Level-1C_User_Product xmlns:n1="https://psd-14.sentinel2.eo.esa.int/PSD/User_Product_Level-1C.xsd" xmlns:rg/2001/XMLSchema-instance" xsi:schemaLocation="https://psd-14.sentinel2.eo.esa.int/PSD/User_Product_Level-1
  <n1:General_Info>
    <Product_Info>
      <PRODUCT_START_TIME>2019-03-08T04:26:59.024Z</PRODUCT_START_TIME>
      <PRODUCT_STOP_TIME>2019-03-08T04:26:59.024Z</PRODUCT_STOP_TIME>
      <PRODUCT_URI>S2B_MSIL1C_20190308T042659_N0207_R133_T47UMA_20190308T080608.SAFE</PRODUCT_URI>
      <PROCESSING_LEVEL>Level-1C</PROCESSING_LEVEL>
      <PRODUCT_TYPE>S2MSI1C</PRODUCT_TYPE>
      <PROCESSING_BASELINE>02.07</PROCESSING_BASELINE>
      <GENERATION_TIME>2019-03-08T08:06:08.000000Z</GENERATION_TIME>
      <PREVIEW_IMAGE_URL>Not applicable</PREVIEW_IMAGE_URL>
      <PREVIEW_GEO_INFO>Not applicable</PREVIEW_GEO_INFO>
      <Datatake datatakeIdentifier="G52B_20190308T042659_010455_N02.07">
    <SPACECRAFT_NAME>Sentinel-2B</SPACECRAFT_NAME>
  
```

Рисунок 3.9 — Файл, содержащий метаданные снимка

3.3 Вывод по третьей главе

В ходе анализа процессов работы с данными ДЗЗ было принято решение автоматизировать процесс публикации данных ДЗЗ в программный комплекс импорта многоцелевой системы ИКИТ СФУ. В результате создан и внедрен модуль автоматической публикации данных ДЗЗ с помощью языка программирования РНР.

И для того, чтобы работать с опубликованными данными был также разработан и внедрен веб-интерфейс, который ориентирован на КП.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Тема научно-исследовательской работы являлась «Программный комплекс импорта космоснимков многоцелевой системы ДЗЗ ИКИТ СФУ».

В ходе исследования были рассмотрены такие основные процессы работы с данными ДЗЗ как:

- поиск;
- загрузка;
- публикация;
- работа с опубликованными данными.

Сделан вывод, что процесс публикации необходимо оптимизировать для решения проблемы своевременного получения актуальных данных ДЗЗ.

Преимуществом данной оптимизации является с одной стороны возможность исключения оператора из процесса работы, что позволяет уменьшить риск ошибок из-за человеческих факторов и ускорить работы системы в целом. А с другой стороны ориентированность на конечного пользователя благодаря веб-интерфейсу для работы с опубликованными данными.

На определенных этапах исследования были решены следующие основные задачи:

1. В ходе теоретического исследования проведен анализ данной предметной области. Были рассмотрены применения ГИС с использованием ДЗЗ в различных сферах, таких как:

- сельское хозяйство;
- чрезвычайные ситуации;
- водные ресурсы.

Сделан вывод, что в современном информационном обществе ГИС находят все большее применение, так как являются наиболее удобным инструментом для решения многих практических, научных и учебных задач, связанных с использованием географической информации;

2. В ходе теоретического исследования был определен оптимальный источник данных ДЗЗ — USGS. Она рассчитана на пользователей, с различными потребностями в космоснимках. Позволяет работать с самым большим количеством доступных данных ДЗЗ, распространяемых на бесплатной основе. А также содержит снимки космической программы Sentinel.

3. Основной проблемой ГИС является отсутствие единого универсального метода для своевременного получения актуальных данных ДЗЗ. В связи с этим в ходе теоретического и практического исследования был сделан вывод, что необходимо оптимизировать процесс публикации данных ДЗЗ с помощью автоматизации и разработать веб-интерфейс для работы с этими данными.

4. Исходя из этого модуль автоматической публикации данных ДЗЗ был разработан и внедрен в программный комплекс импорта многоцелевой системы ИКИТ СФУ. И чтобы с этими данными было удобно работать был также разработан и внедрен веб-интерфейс, ориентированный на конечного пользователя.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

AVHRR	—	Advanced Very-High-Resolution Radiometer
AVI	—	Adjusted Vegetation Index
CSV	—	Comma-Separated Values
EO	—	Earth Observing
ESRI	—	Environmental Systems Research Institute
ETM	—	Enhanced Thematic Mapper
FTP	—	File Transfer Protocol
GDLA	—	Geospatial Data Abstraction Library
GIS	—	Geographic Information System
GLCF	—	Global Land Cover Facilit
ESDI	—	Earth Science Data Interface
EROS	—	Earth Remote Observation Satellite
GPS	—	Global Positioning System
HTTP	—	hypertext transfer protocol
HTTPS	—	hypertext transfer protocol security
JPEG	—	Joint Photographic Experts Group
KML	—	Keyhole Markup Language
API	—	Application Programming Interface
MODIS	—	Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer
NASA	—	National Aeronautics and Space Administration
NDVI	—	Normalized Difference Vegetation Index
NDWI	—	Normalized Difference Water Index
OGC	—	Open Geospatial Consortium
GML	—	Geography Markup Language
OSM	—	Open Street Map
OWS	—	Open Geospatial Consortium Web Services
PDF	—	Portable Document Format
PHP	—	Personal hypertext preprocessor

REST	—	Representational State Transfer
RGB	—	Red Green Blue
SADT	—	Structured Analysis and Design Technique
SCP	—	Secure CoPy
SLD	—	Style Layer Descriptor
SQL	—	Structured Query Language
SSH	—	Secure Shell
SWF	—	Small Web Format
UML	—	Unified Modeling Language
URL	—	Uniform Resource Locator
USGS	—	United States Geological Survey
VHR	—	Very High Resolution
WCS	—	Web Coverage Service
WFS	—	Web Feature Service
WGS	—	World Geodetic System
WMS	—	Web Map Service
WPS	—	Web Processing Service
XML	—	Extensible Markup Language
БД	—	База данных
ГВИЦ	—	главный вычислительный центр
ГИС	—	геоинформационная система
ДЗЗ	—	дистанционное зондирование Земли
ЗСХН	—	земли сельскохозяйственного назначения
ИТЦ	—	инженерно-технологический центр
КП	—	конечный пользователь
САПР	—	система автоматизированного проектирования
СУБД	—	система управления базой данных
ЦМР	—	цифровые модели рельефа

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Pinter, P.J., Jr.; Ritchie, J.C.; Hatfield, J.L.; Hart, G.F. The agricultural research service's remote sensing program: An example of interagency collaboration. *Photogramm. Eng. Remote Sensing* 2003, 69, 615–618
2. Herold, H. Geoinformation from the Past. *Computational Retrieval and Retrospective Monitoring of Historical Land Use* / H. Herold // *Geotechnologies and the Environment*. – 2018. – №1. – P.218.
3. Khorram, S. Remote Sensing. Provides information on how remote sensing relates to the natural resources inventory, management, and monitoring, as well as environmental concerns. / S. Khorram, F. Koch. // *Earth Sciences & Geography Geography. SpringerBriefs in Space Development*. – 2012. – №1. – P.134.
4. Официальный сайт ГИС-ассоциации России. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gisa.ru/>
5. Brezhnev Ruslan V. Information support technique for solving agricultural land monitoring tasks based on earth remote sensing data / Brezhnev Ruslan V., Maglinets Yuriy A. // *Журнал сибирского федерального университета. Серия: Техника и технологии*. — 2017. — №6. — С.819-827
6. Vajjhala SP. Integrating GIS and Participatory Mapping in Community. *ESRI International User Conference: San Diego – 2015*. – №5. – P.339.
7. Classification and Segmentation of Satellite Orthoimagery Using Convolutional Neural Networks / M. Långkvist, A. Kiselev, M. Alirezaie, A. Loutfi // *Remote Sens*. – 2016. – 8(4). – P. 329
8. Mwanundu S, Fara K. Good Practices in Participatory Mapping. *Uttar Pradesh: International Fund for Agricultural Development (IFAD) – 2009*. – №1. – P.519.

9. Ковин, Р.В. Геоинформационные системы: учебное пособие / Р.В. Ковин, Н.Г. Марков. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 175 с.
10. Lemmens, M. Geo-information. Technologies, Applications and the Environment / M. Lemmens // *Geotechnologies and the Environment*. – 2011. – №5. – P.350.
11. Kaminska IA, Oldak A, Turski WA. Geographical Information System (GIS) as a tool for monitoring and analysing pesticide pollution and its impact on public health. *AAEM*. – 2004. – №1. – P.119.
12. Kresse, W. *PFG – Journal of Photogrammetry, Remote Sensing and Geoinformation Science*. / W. Kresse // *Photogrammetrie, Fernerkundung, Geoinformation*. – 2017. – №2. – P.160.
13. Брежнев, Р.В. Программно-технологическая инфраструктура информационной поддержки решения задач территориального управления / Р.В. Брежнев, Ю.А. Маглинец, Е.А. Мальцев, С.Е. Перфильев, А.Ю. Сидоров, Г.М. Цибульский, А.С. Шокол // *Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Техника и технологии*. 2012. Т. 5. № 3. С. 340-352.
14. Гершензона, В.Е. Информационные технологии в управлении качеством среды обитания: учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений / В.Е Гершензон, Е.В. Смирнов, В.В. Элиас. – Москва: Издательский центр «Академия», 2003. – 288 с.
15. Dunn CE. Participatory GIS - a people's GIS? *Prog Hum Geogr*. – 2007. – №1. – P.536.
16. McLafferty SL. GIS and health care. *Annu Rev Public Health*. – 2003. – №2. – P.113.
17. Simarro PP, Cecchi G, Paone M, Franco JR, Diarra A, Ruiz JA, Fèvre EM, Courtin F, Mattioli RC, Jannin JG. The Atlas of human African trypanosomiasis: a contribution to global mapping of neglected tropical diseases. *Int J Health Geogr*. – 2010. – №3. – P.307.

18. Ricketts TC. Geographic information systems and public health. *Annu Rev Public Health.* – 2003. – №7. – P.212.
19. Wen TH, Lin NH, Lin CH, King CC, Su MD. Spatial mapping of temporal risk characteristics to improve environmental health risk identification: a case study of a dengue epidemic in Taiwan. *Sci Total Environ.* – 2006. – №14. – P.610.
20. Олифер, В. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы / В. Олифер, Н. Олифер - Санкт-Петербург: Питер, 2010. – 958 с.
21. Дьяконов, К.Н. Современные методы географических исследований: Кн. для учителя / К.Н. Дьяконов, Н.С. Касимов, В.С. Тикунов. – Москва: Просвещение, 1996. – 207 с.
22. Bauer, M. E. LACIE: An experiment in global crop forecasting. *Crops Soils Mag.* 1979, 31, 5–7
23. Коновалова М.В. Информационный поток в виртуальном медиапространстве / М.В. Коновалова // Знак: Проблемное поле медиаобразования. — 2013. — №1. — С.89-91.
24. Геоинформационный портал GeoPlace. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.geoplace.com/>
25. Кондратьева, О.В. Совершенствование информационного обеспечения АПК с применением интеллектуальных информационных систем / О.В. Кондратьева, Н.В. Березенко, О.В. Слинько // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве. — Минск, 2017. — С.274-278.
26. Knapp GR. Mining the heavens: The Sloan Digital Sky Survey. *Sky and Telescope.* – 2007. – №5. – P.364.
27. Нейфельд, О.П. Концептуальные ориентиры формирования системы агромониторинга / О.П. Нейфельд // Региональные проблемы устойчивого развития сельской местности. — Пенза: ПГАУ, 2015. — С.106-109.

28. MacEachren AM. How maps work. The Guilford Press; New York. – 2017. – №5. – P.13.
29. Krygier J, Wood D. Making maps. The Guilford Press; New York. – 2018. – №1. – P.47.
30. Claramunt, B. Managing Time in GIS: An Event Oriented Approach / B. Claramunt, M. Theriault // Recent Advances on Temporal Databases; J. Clifford and A. Atuzhilin eds. – Springer-Verlag, Zurich. – 1995. – P. 23–42.
31. Chambers R. Participatory mapping and geographic information systems: whose map? Who is empowered and who disempowered? Who gains and who loses? EJISDC. – 2006. – №1. – P.241.
32. Антонова, И.И. Об одном подходе к управлению потоками данных в сложных нестационарных телекоммуникационных системах / И.И. Антонова, А.А. Антонова, А.А. Гришин // Мир науки и инноваций. — 2015. — №2. — С.28-32.
33. Pickle LW, Feuer EJ, Edwards BK. US predicted cancer incidence. Complete maps by county and state from spatial projection models. National Cancer Institute. Bethesda – 2015. – №2. – P.143.
34. Shuanggen, J. GNSS Remote Sensing. Contains detailed theory and study cases to help the reader put the material into practice / J. Shuanggen, X. Estel. // Remote Sensing and Digital Image Processing. – 2014. – №19. – P.276.
35. ESRI (Environmental Systems Research Institute International) ESRI map book. Vol. 22. ESRI Press; Redlands – 2007. – №4. – P.135.
36. Ravi, P. Remote Sensing Geology / P. Ravi. // Earth Sciences & Geography Geography. SpringerBriefs in Space Development. – 1991. – №1. – P.356.
37. Sudhof L, Amoroso C, Barebwanuwe P, Munyaneza F, Karamaga A, Zambotti G, Drobac P, Hirschhorn LR. Local use of geographic information systems to improve data utilisation and health services: mapping caesarean section coverage in rural Rwanda. Tropical Med Int Health. – 2016. – №5. – P.669.

38. Tomasz, N. Satellite Technologies in Geoinformation Science. Brings together satellite and airborne technologies with geospatial processing methods / N. Tomasz // *Geotechnologies and the Environment*. – 2015. – №1. – P.310.
39. Franklin, S. GNSS Remote Sensing of Forest Environments. Concepts and Case Studies/ S. Franklin, W. Mich. // *Image Processing and Computer Vision*. – 2003. – №1. – P.519.
40. Савельев, А.С. Проектирование геоинформационных систем: учеб. пособие / А.С. Савельев, А.А. Гостева. – Красноярск: СФУ, 2010. – 176 с.
41. Maglinets, Yu. A. Multipurpose geoinformation management system of yenisei meridian territories / Maglinets Yu. A., Mal'tsev E.A., Tsybul'skii G.M. // *Pattern recognition and image analysis (advances in mathematical theory and applications)*. — 2012. — №2. — P.318.
42. World Health Organization, UNICEF . Progress on Drinking Water and Sanitation: 2016 Update. New York: WHO and UNICEF – 2016. – №5. – P.931.
43. Dongus S, Nyika D, Kannady K, Mtasiwa D, Mshinda H, Fillinger U, Drescher AW, Tanner M, Castro MC, Killeen GF. Participatory mapping of target areas to enable operational larval source management to suppress malaria vector mosquitoes in Dar es Salaam. *Tanzan Int J Health Geogr*. – 2007. – №2. – P.234.
44. Carver, S. J. Integrating multicriteria evaluation with geographical information systems / S. J. Carver // *International Journal of Geographical Information Systems*. –1991. – 5(3). – P. 321–339.
45. Luo W. Using a GIS-based floating catchment method to assess areas with shortage of physicians. *Health Place*. – 2004. – №44. – P.139.
46. Jenks GF. *International yearbook of cartography*. Vol. 7. Bertelsmann; Guntersloh, Germany: – 2012. – №2. – P.34.
47. Капралов, Е.Г. Геоинформатика: учеб. для студ. вузов / Е.Г. Капралов, А.В. Кошкарев, В.С. Тикунов и др. – Москва: Издательский центр «Академия», 2005. – 408 с.

48. Тарасик, В.П. Теоретические аспекты проблемы автоматизации автотранспортных средств / В. П. Тарасик, С. А. Рынкевич // Вестник МГТУ.
49. Chung K, Yang DH, Bell R. Health and GIS: toward spatial statistical analyses. J Med Syst. – 2004. – №2. – P.39.
50. Лобова, Г. SADT – технология деятельности / Г. Лобова – Саарбрюккен: LAP Lambert Academic Publishing, 2012. – 132 с
51. Коломейченко, А.С. Информационное обеспечение процессов управления в АПК / А.С. Коломейченко // Молодой ученый. — 2017. — №15-1. — С.10-12.
52. Тарасенко, А.И. Критерии оценки эффективности обеспечения информационной безопасности при управлении информационными потоками на основе динамических приоритетов / А.И. Тарасенко // Science time. — 2016. — №4. — С.816-825.
53. Коломейченко, А.С. Совершенствование инновационной системы управления АПК / А.С. Коломеченко, Ю.В. Ноздрин // Наука и мир. — 2015. — №8. — С.78-79.

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Институт космических и информационных технологий
Кафедра систем искусственного интеллекта

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой СИИ

_____ Г. М. Цибульский

«_____» _____ 2019 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Программный комплекс импорта космоснимков многоцелевой системы ДЗЗ
ИКИТ СФУ

09.04.02 Информационные системы и технологии

09.04.02.05 Информационные системы дистанционного зондирования Земли

Научный руководитель



подпись, дата

канд. техн. наук Р. В. Брежнев

Выпускник



подпись, дата

А. О. Касиков

Рецензент

подпись, дата

канд. биол. наук Е. В. Федотова

Красноярск 2019