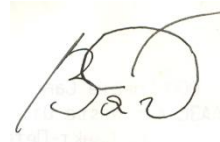


МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧЕРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ.
С.М.КИРОВА»

На правах рукописи



БАГИЗОВ МАРСЕЛЬ РАВИЛЬЕВИЧ

**РАЗРАБОТКА ИНТЕРАКТИВНОГО КАРТОГРАФИЧЕСКОГО
СЕРВИСА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЛЕСОТАКСАЦИОННЫХ
ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАСАЖДЕНИЙ ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКИМ
МЕТОДОМ**

Специальность 25.00.35

«Геоинформатика»

Диссертация на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор географических наук, профессор,
Алексеев Александр Сергеевич

Санкт-Петербург – 2016

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1 Комплексный анализ разработок картографических сервисов и механизмов их функционирования.....	12
1.1 История развития интернет картографических сервисов.	14
1.2 Анализ структуры веб-картографических сервисов.	23
1.2.2 Функциональные особенности геоинформационных программ и веб-гис серверов.	29
1.3 Обоснование к созданию интерактивного сервиса для решения лесохозяйственных задач.	33
1.4 Выводы по главе 1.....	35
ГЛАВА 2 Разработка информационной системы и структуры интерактивного картографического сервиса.....	36
2.1 Требования к проектируемой информационной системе.	38
2.2 Концепция системы сервиса.	40
2.3 Функциональное проектирование сервиса.	43
2.3.1 Модель взаимодействия пользователя с системой.....	45
2.3.2 Функционирование режимов сервиса.....	47
2.3.3 Спецификации функционирования личного кабинета в интерактивном картографическом сервисе.....	50
2.4 Программно-техническое проектирование сервиса.	50
2.4.1 Спецификации платформы ЭВМ для разработки сервиса.	51
2.4.2 Среда разработки и языки программирования сервиса.	51
2.4.3 Разработка интерфейса сервиса.....	55
2.4.4 Описание процессов разработки и просмотра карт в сервисе.	57
2.4.4.1 API интерфейс в картографическом сервисе.	58
2.4.5 Сравнение принципов работы использования сервиса с многооконным режимом работы браузеров.....	60
2.4.6 Производительность картографического сервиса в среде Windows.....	63
2.5 Интеграция прикладных модулей в картографический сервис.	66
2.5.1 Механизм отображения плагинов в картографическом сервисе.	67
2.6 Использование сервиса для визуальной оценки лесных земель.	69

2.7 Выводы по главе 2.....	71
ГЛАВА 3 Разработка методики определения базовых таксационных показателей насаждений в интерактивном картографическом сервисе.	72
3.1 Концепция процессов определения таксационных показателей программно-техническим подходом.....	75
3.2 Определение качественных дистанционных материалов открытых картографических сервисов для анализа и процедуры распознавания.....	78
3.3 Процесс обработки материалов с применением программных инструментов.....	81
3.3.1 Программная обработка изображений для расчёта количества деревьев.....	82
3.3.2 Формирование матрицы эталонных образцов символов.....	87
3.3.3 Выполнение процедуры распознавания.....	93
3.4 Интеграция механизма распознавания деревьев в интерактивный картографический сервис.....	95
3.4.1 Интерфейс процедуры распознавания в системе сервиса.....	96
3.5 Выводы по главе 3.....	100
ГЛАВА 4 Экспериментальная проверка интерактивного картографического сервиса и обсуждение результатов.....	101
4.1 Администрирование интерактивного картографического сервиса.....	104
4.2 Тестирование сервиса и проверка механизмов работы.....	108
4.2.1 Функциональное тестирование сервиса.....	109
4.2.2 Автоматическое тестирование сервиса.....	112
4.2.3 Аппаратное тестирование сервиса.....	119
4.3 Надежность сервиса.....	122
4.4 Практические рекомендации по развитию и использованию сервиса.....	124
4.5 Выводы по главе 4.....	126
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	127
СПИСОК ИСТОЧНИКОВ И ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ..	129
ПРИЛОЖЕНИЯ	144

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. С развитием информационных технологий и непрерывного процесса информатизации лесного хозяйства развиваются дистанционные методы изучения лесной растительности на основе спутниковых материалов, появляется новое научное направление определения таксационных показателей методом автоматизированного дешифрирования материалов на базе компьютерной обработки растровых изображений. На сегодняшний день отмечено увеличение разнородной картографической информации в интернете, одним из инструментов визуализации дистанционных материалов в сети выступают специальные интернет картографические сервисы. С увеличением открытых картографических материалов возможным становится использовать данные открытых картографических сервисов с целью изучения лесов и использования картографического метода исследования географически определенных совокупностей данных – характеристик лесного фонда. Процесс информатизации лесного хозяйства включает в себя целый комплекс мер по внедрению в лесную отрасль специализированного программного обеспечения, основной целью которого является повышение эффективности планирования и ведения устойчивого управления лесами. Разработка новых автоматизированных информационных систем в сопровождении картографических материалов является необходимым условием планомерного развития лесной отрасли в концепции общего процесса информатизации лесного хозяйства. Доступным становится аппаратное обеспечение, которое используется при проведении инвентаризации лесов и исследования земель лесного фонда.

В связи с этим **актуальной** научной задачей становится разработка технологии специального программного обеспечения для целей лесного хозяйства, использующего в своей структуре данные открытых картографических материалов в сети интернет, позволяющие проводить

анализ лесных земель. Важнейшей составляющей научной задачей является разработать не только систему визуализации лесных карт на основе многоисточникового подхода объединения картографической информации, но и разработать специальный механизм, позволяющий определять некоторые таксационные показатели методом автоматического дешифрирования на основе компьютерной обработки спутниковых снимков, данный подход становится возможным благодаря увеличению производительности и доступности программно-аппаратных средств.

Степень разработанности темы исследования. Последние разработки и существенный вклад в области геоинформационных технологий для целей лесного хозяйства отмечаются в трудах Российских и зарубежных учёных. В развитии компьютерных методов картографирования Берлянт А.М., Бескид П.П., Тикунов В.С. . В области разработок геоинформационных систем и информационных технологий для лесного направления выделяются труды д.с.-х.н. Черных В.Л., к.т.н. Мановича, В.Н. Подольской А.С. Особый вклад в создании специального картографического программного обеспечения для лесного комплекса с целью определения таксационных показателей внёс к.с.-х.н. Лопатин Е.В. . Создание методики определения растительного покрова на базе спутниковых изображений особую научную значимость представляют труды Губаева А.В., в области применения геоинформационных систем для лесного хозяйства труды к.б.н. Попова С.Ю., в области разработок специализированного картографического программного обеспечения для лесного хозяйства страны выделяются научные публикации к.г.н. Малышевой Н.В.

Цель работы. Целью данной диссертационной работы является разработка методики применения специального разработанного программного комплекса в лесной отрасли для объединения и сбора информации о лесном фонде на основании данных открытых картографических, дистанционных материалов размещённых в сети

интернет и определения лесотаксационных показателей насаждений программно-техническим методом.

Основная идея работы состоит в том, что разработанный интерактивный картографический сервис, технологические решения и методика определения лесотаксационных показателей, реализованные для специалистов лесного хозяйства, способны обеспечить систему принятия решений и позволят проводить анализ земель лесного фонда дистанционным способом.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

- Разработать информационную систему интерактивного картографического сервиса, механизмы функционирования сервиса на программном уровне, интерфейс картографического сервиса;
- Разработать методику визуализации разнородных интернет картографических материалов средствами интерактивного картографического сервиса с целью анализа земель лесного фонда РФ;
- Разработать методику определения лесотаксационных показателей насаждений программно-техническим методом;
- Протестировать разработанный сервис средствами функционального и аппаратного тестирования.

Научная новизна:

1. В процессе исследования была разработана новая методика компарирования данных открытых интернет картографических материалов позволяющая проводить анализ земель лесного фонда дистанционным способом;
2. Разработан уникальный программный комплекс интерактивный картографический сервис для практического применения в лесной отрасли с целью использования, анализа, исследования и мониторинга

земель лесного фонда на основе данных открытых картографических материалов в сети интернет;

3. Разработаны структурные технологические решения, составлены блок-схемы процессов, алгоритмов и решений реализации функционирования интерактивного картографического сервиса;
4. Разработана новая методика и алгоритм компьютерной обработки растровых изображений для определения числа деревьев программным способом позволяющая автоматизировать процедуру дешифрирования лесотаксационных показателей насаждений.

Практическая значимость работы: Работа проводилась в рамках соглашения о предоставлении субсидии № 14.586.21.0020 от 11.11.2015 Министерством образования и науки Российской Федерации (проект RFMEFI58615X0020), по теме: "Разработка мало затратной высокоточной технологии планирования ведения лесного хозяйства основанной на облачной обработке мульти-угловой гиперспектральной съемки с беспилотных летательных аппаратов и долгосрочном прогнозировании лесного сектора". Разработанный интерактивный картографический сервис может применяться специалистами лесного хозяйства в целях сравнения открытых дистанционных материалов, для исследования земель лесного фонда с целью устойчивого управления лесами. Концепция системы сервиса предполагает использование специалистами лесного хозяйства интерактивного картографического сервиса, решенные практические задачи в сервисе по визуализации в сопровождении спутниковых изображений лесных участков, расположенных в открытом доступе в сети интернет и особо охраняемых природных территорий в распределённом окне данных могут послужить для многоисточникового подхода сбора информации о лесах.

Положения, выносимые на защиту:

1. Технология разработки интерактивного картографического сервиса;

2. Методика визуализации карт разнородных картографических материалов в составе системы сервиса для анализа земель лесного фонда;
3. Методика определения лесотаксационных показателей насаждений программно-техническим методом;
4. Результаты функционального и аппаратного тестирования разработанного.

Степень достоверности полученных результатов. Достоверность изложенных в работе результатов обеспечивается функциональным применением интерактивного картографического сервиса, подтверждена экспериментальным тестированием алгоритмов и механизмов программы, результатами аппаратного тестирования разработанного сервиса на базе лаборатории геоинформационных систем и технологий, кафедры лесной таксации лесоустройства и геоинформационных систем, СПбГЛТУ. Разработанный программный продукт «Интерактивный картографический сервис GISFOREST» прошёл освидетельствование в федеральном органе исполнительной власти по интеллектуальной собственности с присвоением регистрационного номера для программ ЭВМ № 2015616354 от 08 июня 2015 г.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности. Тематика диссертации соответствует следующим областям исследования 3 - «Геоинформационные системы (ГИС) разного назначения, типа (справочные, аналитические, экспертные и др.), пространственного охвата и тематического содержания»; 21 – «Взаимодействие геоинформатики, картографии и аэрокосмического зондирования».

Апробация работы.

1. Свидетельство о государственной регистрации РФ программы для ЭВМ № 2015616354 от 08.06.2015 «Интерактивный картографический сервис GISFOREST».
2. Субсидия № 14.586.21.0020 от 11.11.2015 Министерства образования и науки Российской Федерации (проект RFMEFI58615X0020), по теме: "Разработка мало затратной высокоточной технологии планирования ведения лесного хозяйства основанной на облачной обработке мульти-угловой гиперспектральной съемки с беспилотных летательных аппаратов и долгосрочном прогнозировании лесного сектора".
3. Международная научно-практическая конференция молодых учёных «КРОНА-2014», Санкт-Петербургского Научно-Исследовательского Института Лесного хозяйства 21 марта 2014 года, доклад «Разработка интерактивного картографического сервиса».
4. Международная научно-практическая конференции молодых ученых «Исследование лесных экосистем», Лесохозяйственного факультета, Санкт-Петербургского лесотехнического университета 9-11 ноября 2015года, доклад «Разработка интерактивного картографического сервиса для изучения земель лесного фонда»
5. V Международная научно-практическая конференция «Инновации и технологии в лесном хозяйстве», 31 мая – 2 июня 2016 г. в ФБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт лесного хозяйства», тезис к докладу «Интерактивный картографический сервис GISFOREST»
6. Научно-техническая конференция Санкт-Петербургского лесотехнического университета по итогам научно-исследовательских работ 2014 года, с 26 января – 2 февраля 2015

года, секция лесной таксации лесоустройства и геоинформационных систем, доклад «Разработка интерактивного картографического сервиса для изучения и моделирования ландшафтно-экологической структуры лесов».

7. Научно-техническая конференция Санкт-Петербургского лесотехнического университета по итогам научно-исследовательских работ 2015 года с 25 января – 1 февраля 2016 года, секция лесной таксации лесоустройства и геоинформационных систем, доклад «Разработка интерактивного картографического сервиса: техническая структура и система сервиса».

Публикации. Основные результаты по теме диссертации изложены в 8 научных работах, 2 из которых опубликованы в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России и в 1 свидетельстве о государственной регистрации для программ ЭВМ.

Личный вклад автора. Диссертация является продолжением дипломного проекта автора «Разработка модели интерактивного картографического сервиса», автором сформулирована постановка задачи исследования, реализация концепции системы картографического сервиса, программно-техническое решение сервиса и его применение для лесной отрасли, методика автоматизированного определения таксационных показателей. По теме диссертации защищено 4 выпускных квалификационных работы и 1 дипломный проект.

Благодарности. Приношу глубокую благодарность научному руководителю д.г.н. профессору, заведующему кафедрой лесной таксации, лесоустройства и геоинформационных систем, Алексееву А.С. за всестороннюю поддержку, консультирование и ценные советы при написании диссертации и создания благоприятной атмосферы работы. Отдельную благодарность выражаю Сиразетдиновой Г.Р. инженеру, магистранту кафедры информатики и прикладной математики СПбНИУ

ИТМО, за консультирование по проектированию программного кода и всесторонние дискуссии по теме исследований. Отдельную благодарность автор выражает Вагизовой Р.Р. за всестороннюю поддержку. Автор выражает благодарность: сотрудникам кафедры лесной таксации лесоустройства и геоинформационных систем к.с.-х.н, доц. Черниковскому Д.М, асп. Михайловой А.А, заведующему лабораторией Чернову И.М, к.с.-х.н, доц. Лебедеву П.А., к.с.-х.н, доц. Ветрову, д.с.-х.н. проф. Любимову А.В., к.с.-х.н, доц. Вавилову д.с.-х.н. проф. Кирееву Д.М. к.б.н. доц. Сергеевой В.Л. за ценные советы, благоприятную атмосферу и поддержку при написании диссертации.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения, списка источников и использованной литературы включающих 120 наименований, приложений. Общий объем работы - 143 страницы машинописного текста, 56 рисунков, из которых 13 блок-схем, 5 примеров реализованного программного кода, 4 таблицы и 2 приложения.

ГЛАВА 1 Комплексный анализ разработок картографических сервисов и механизмов их функционирования.

Дистанционные методы изучения лесной растительности являются техническим способом познания элементов географического ландшафта, которые сочетают в себе комбинированные методы, подходы и достижения в области компьютерных технологий, картографии, геоинформатики и аэрокосмических исследованиях Земли. В настоящее время российскими и зарубежными учёными разрабатываются различные способы и методы оценки количественных и качественных характеристик лесного фонда.

На сегодняшний день учёные отмечают, что основным условием эффективного управления лесами является «наличие достоверной и всесторонней информации о состоянии лесного фонда в статике и динамики. В связи с этим необходимо планомерное внедрение достижений науки и техники, широкого использования геоинформационных систем и технологий, методов моделирования и оптимизации лесопользования, разработок информационных систем разного уровня для обеспечения интенсивного, комплексного использования лесных ресурсов при сохранении экологического и генетического потенциала лесов России.» (Кузнецов В.И. и др.) [40] Отечественными учёными разрабатываются специальные методы и подходы к изучению лесной растительности и мониторинга лесных экосистем на базе информационных технологий, математического моделирования, программирования и геоинформатики, так в трудах [6,7,13,25,33,41,43,49,71] предлагаются способы оценок для рационального использования лесного фонда на базе дистанционных материалов зондирования Земли, однако в перечисленных трудах не отмечается значимость для лесного хозяйства такого высокоинформативного источника, как общедоступные интернет-картографические сервисы.

В условиях информатизации лесного хозяйства в Российской Федерации и внедрения технологических элементов в лесную отрасль, для оперативного решения поставленных задач управления лесами и лесопользованием требуется разработка инновационного продукта, с помощью которого можно эффективно планировать ведение всего лесного хозяйства на региональном и субрегиональном уровне. Наиболее важным компонентом для качественного и эффективного планирования, изучения лесного сектора является визуальный мониторинг лесов на основе дистанционных данных.

Для изучения территорий лесного фонда широкое применение получил геопространственный подход, который включает в себя технологии картирования и анализа данных методом получения информации со спутниковых изображений. Последующая обработка спутниковых изображений приводит к тому, что частичная или полная съемка территории Земли переходит в использование различных компаний, занимающихся дистанционным мониторингом. Часть из компаний размещает изображения на общедоступных картографических сервисах, предоставляющих доступ к спутниковым снимкам высокого разрешения и наборам данных Global Land Survey (GLS). [17]

Исходя из наличия большого количества разнообразных картографических сервисов и программ, на передовой план научных технологических решений выходит создание программного продукта, предоставляющего методы и способы сравнения различных спутниковых изображений, размещенных на интернет-картографических сервисах и виртуальных глобусов в единой информационной системе.

Для того чтобы разработать оптимальный программный картографический сервис для целей лесного хозяйства с учётом спецификаций данной отрасли, требуется проанализировать существующие технологии в области разработок картографических сервисов общего

назначения и специализированных программных продуктов. Необходимо комплексно изучить аспекты и механизмы функционирования картографических и геоинформационных программ, использующихся в современной лесной отрасли.

1.1 История развития интернет картографических сервисов.

Благодаря развитию информационных систем, всё большее значение в лесной отрасли приобретают дистанционные методы получения информации о состоянии лесного фонда. Картографические интернет сервисы являются результатом интеллектуальной деятельности большого числа специалистов в области картографии, программировании, проектировании информационных систем, геоматики и поставщиков данных дистанционной съемки Земной поверхности. История картографических сервисов неразрывно связана с развитием программно-аппаратных средств и коммерческого программного обеспечения, применимых для решения целого ряда задач в разных отраслях науки. Существенное влияние на развитие картографических сервисов повлияло развитие интернет технологий, в более широком смысле наиболее перспективными и многофункциональными сервисами на рынке электронных технологий становились общедоступные картографические сервисы, непосредственно использующие в своей работе сетевые технологии, такие сервисы получили обобщенное название интернет картографические сервисы, в англоязычной терминологии широко употребляется термин «Web mapping service».

Первая корпорация, выпустившая программное обеспечение в направлении сетевой картографии, стала компания Xerox, в 1993 году запустившая веб-картографический сервис Xerox PARC Map Viewer совместно с исследовательским центром Пало-Альто, штат Калифорния. При работе сервиса впервые была задействована технология отправки запроса на

сервер и получения изображения в формате GIF «Graphics Interchange Format». Вторым существенным рывком в сфере веб-картографии стало появление с 1996 года интерактивных картографических веб-систем. Интерактивность картографических сервисов подразумевает способ взаимодействия с конечным пользователем через пользовательский интерфейс и связь графических элементов на карте с базой данных, в результате чего на карте отображаются объекты с атрибутивной информацией. На рынок информационных технологий с 1996 года по 1999 год вышли интерактивные картографические сервисы Mapquest, UMN MapServer, Geomedia WebMap 1.0, Terraserver USA. Впервые в 1996 году в картографическом сервисе Geomedia WebMap 1.0 была использована векторная графика при помощи компонента ActiveCGM (Computer Graphic Metafiles). [20,31]

Среди перечня программ занявших рынок информационных технологий особое положение и поддержку в развитии получил веб-картографический сервис UMN MapServer, разработанный Университетом Миннесоты. Национальное космическое агентство США (NASA) профинансировало проект MapServer в 1994 году с целью поддержки веб-доставки данных для лесного хозяйства. Позднее в 1997 году проект вырос из необходимости предоставления данных дистанционного зондирования по сети только для специалистов лесного хозяйства в широкоспектральный картографический сервис MapServer 1.0. В отличие от других картографических программ в 1999 году данный сервис стал первым проектом с открытым исходным кодом.

Параллельно в это время в 1997 году развивался другой картографический проект, инициатором которого стала Национальная Геологическая Служба США (USGS). Год спустя USGS запустила первый национальный он-лайн атлас Соединенных Штатов Америки, в настоящее время, данный сервис известен как TerraServer USA. Существенное влияние

на разработку данного сервиса и поддержку оказали компании Microsoft и Hewlett Packard (HP). Отличительной особенностью такого совместного проекта стало использование технологии протокола WMS “Web Map Service”, который был разработан международной некоммерческой организацией Open GIS Consortium, регламентирующей стандарты для всей веб-картографии.

Активная фаза в развитии веб-картографии наступила в 1999-2000 годах, на рынок индустрии информационных технологий вышли программные продукты от компании ESRI и NASA. С этого времени начинается эпоха распределённых картографических платформ. Так компания ESRI выпускает несколько видов программ для различных целей, которые включают в себя сервисы ESRI ArcIMS, ESRI Geography Network. Глобальные задачи ставит перед собой проект ESRI Geography Network (ESRI география сети), основной задачей которого является обмен и использование цифровой географической информации в интернете, в качестве дополнительных параметров предусматривается создание на веб-сервисе простых персональных карт.

В начале 2000 годов примечательным событием для веб-картографии становится разработка одного из первых полностью трёхмерного интерактивного он-лайн виртуального глобуса. Национальное космическое агентство США (NASA) разрабатывает открытый виртуальный глобус, при написании программного кода был задействован объектно-ориентированный язык программирования Java. Разработанному виртуальному глобусу было дано наименование Nasa World Wind, работающий и по настоящее время, сервис стал популярен во многих странах, для его использования требуется установка исполняемых файлов на компьютер пользователя. Сервис Nasa World Wind обладает огромной коллекцией спутниковых снимков с высоким разрешением хранящихся на сервере Nasa. Благодаря открытому исходному коду, программный продукт можно модифицировать и расширять. Сервис

при работе использует спецификацию открытой графической библиотеки (OpenGL – Open Graphics Library), которая содержит более 300 функций для отображения сложных трёхмерных сцен.[116]

Развитие проектов с открытым исходным кодом, где каждый зарегистрированный пользователь может улучшать или вносить изменения в интерфейс программы или карту, предопределило создание в 2004 году некоммерческого веб-картографического проекта Open Street Maps подробной, свободной и бесплатной географической карты мира, основатель проекта - Стивен Кост, инженер из Великобритании.

Наиболее значимой датой в области веб-картографии стал 2005 год. Компания Google создаёт сразу два веб-картографических сервиса, но принципиально отличающихся друг от друга. Выход в свет картографического сервиса Google.Earth и Nasa World Wind знаменует собой начало развития новой категории в области веб-картографии - он-лайн картографических виртуальных глобусов. [26] Программа Google.Earth обладает интуитивным интерфейсом, большим набором различных функций и совмещает в себе различные базы не только спутниковых изображений, но и привязку фотографий местности которую указывает сам пользователь. Программа представляет собой виртуальный глобус – модель всего Земного шара, дистрибутив программы необходимо устанавливать на компьютер пользователя, все спутниковые изображения загружаются через глобальную сеть. Впоследствии развития Google.Earth появляется возможность просмотра спутниковых изображений, используя временную динамику загрузки снимков, что даёт возможность анализа территорий за выбранный определённый период. Второй проект Google.Maps является картографическим сервисом, работающим через браузер пользователя, основное предназначение которого является поиск и просмотр заданных географических объектов. Параллельно, в это же время вышел первый релиз картографического веб-сервиса от компании Microsoft под наименованием

Virtual Earth, в последствии который был интегрирован в портал Live Search Maps, ныне известный как Bing.Maps.

В последующие годы было запущено несколько веб-картографических проектов, которые успешно позиционировали себя на рынке информационных услуг. Так в 2006 году Российскими инженерами был запущен проект Wikimapia – открытый картографический интернет-сервис. Особенность сервиса - возможность просмотра спутниковых изображений разных производителей, сервис объединяет в себе просмотр спутниковых изображений разных компаний (Google, Яндекс, OSM). Благодаря принципу открытого редактирования, в сервисе Wikimapia, где зарегистрированные пользователи сами добавляют и редактируют информацию, в частности (контуры дорог, границы территориальных объектов), на картографический сервис добавлено более 25 миллионов географических объектов на 2015 год. В 2007 году начал работать картографический сервис Yahoo.Maps проработавший до июня 2015 года. Среди российских веб-картографических сервисов наиболее функциональными, обладающими наибольшим количеством пользователей в спросах информационных услуг выделяют следующие: Kosmosnimki.ru, Яндекс.Карты, Е-Атлас.

Сервис Яндекс.Карты обладает большим набором спутниковых изображений высокого разрешения, поставщиками данных выступает компания NavteQ, сервис взаимосвязан с поисковой системой, основное предназначение сервиса - это поиск необходимой информации на карте, использование для прокладки маршрутов и навигации, он был запущен в 2004 году. Сервисы Е-Атлас и Kosmosnimki.ru пользуются меньшим спросом в предоставлении информационно-картографических услуг в сравнении с картографическим сервисом компании Яндекс. Развитие веб-картографических сервисов представлено в таблице №1, где отображены в хронологическом порядке наиболее значимые технологии, повлиявшие на

дальнейшее развитие веб-сервисов и всей веб-картографии, год начала ввода в эксплуатацию картографического сервиса, и главный разработчик сервиса.

Таблица 1 — Развитие веб-картографических сервисов

Наименование сервиса	Год запуска	Ключевая технология	Разработчик
Xerox PARC Map Viewer	1993	технология отправки запроса на сервер и получения изображения в формате GIF	Корпорация Xerox
Geomedia WebMap 1.0	1996	векторная графика при помощи компонента ActiveCGM	Фирма Intergraph
TerraServer USA	1997	использование технологии протокола WMS “Web Map Service”	Геологическая Служба США (USGS), Hewlett Packard, Microsoft
UMN MapServer	1999	применение открытого исходного кода в разработке приложения	Университет Миннесоты, Национальное Космическое агентство США (NASA).

Продолжение таблицы - 1

ESRI ArcIMS, ESRI Geography Network	2000	разработка распределенных картографических сервисов по целевому назначению	Компания ESRI
Nasa World Wind	2003	технология разработки виртуального глобуса.	Национальное аэрокосмическое агентство США(NASA).
Яндекс.Карты	2004	интеграция информационно- справочной платформы с картой	Компания Yandex.
Google.Earth, Google.Maps	2005	глобальный картографический сервер. Использование технологии AJAX.	Корпорация Google.
Wikimapia	2006	открытый интерфейс API, для редактирования труднодоступных территорий, в 2009 году.	Александр Корякин, Евгений Савельев.

В последующие годы с развитием сетевых технологий, доступности коммуникаций сети интернет и увеличением производительности аппаратно-программных средств было разработано несколько веб-картографических сервисов, (Ovi Maps, Карты@Mail.Ru) по своему назначению сервисы предназначались для поиска интересующей информации, определению координат, прокладывания маршрутов. Количество открытых картографических сервисов с 2005 года начало увеличиваться, вследствие этого в глобальной сети появляется разнородность картографических материалов, которая зависит от количества располагаемых изображений на сервере. Каждый из веб-картографических сервисов обладает периодом обновления спутниковых изображений, что предусматривает наполнение географической информации для анализа в динамике. Лес, как элемент географического ландшафта, является объектом исследований, который можно изучать с помощью спутниковых изображений и материалов дистанционной съёмки Земли. Благодаря большому количеству разнородных картографических материалов, которыми обладают современные веб-картографические сервисы их можно применять в качестве инструмента для исследования земель лесного фонда.

Применять веб-картографические сервисы для целей лесного хозяйства возможно:

- 1) в качестве вспомогательного инструмента получения информации о лесах;
- 2) использования данных дистанционных материалов размещённых в открытом доступе для количественной и качественной оценки древостоев;
- 3) определения границ лесничеств, лесопарков;
- 4) расчета площади различных видов рубок; (Рис.1)
- 5) для определения объемов запаса леса на гектар;
- 6) для мониторинга и выявления пожароопасных территорий;

7) в целях изучения труднодоступных лесных земель;

В результате анализа литературных источников [22,28,46,52,64,77,79] прослеживается интенсивная связь и сочетание геоинформатики, методов пространственного анализа на основе данных дистанционного зондирования земли и внедрения информационных технологий в лесную отрасль. Поэтому необходимо дальнейшее развитие технологий и разработок специализированных программ, призванных усовершенствовать лесное хозяйство в стране.

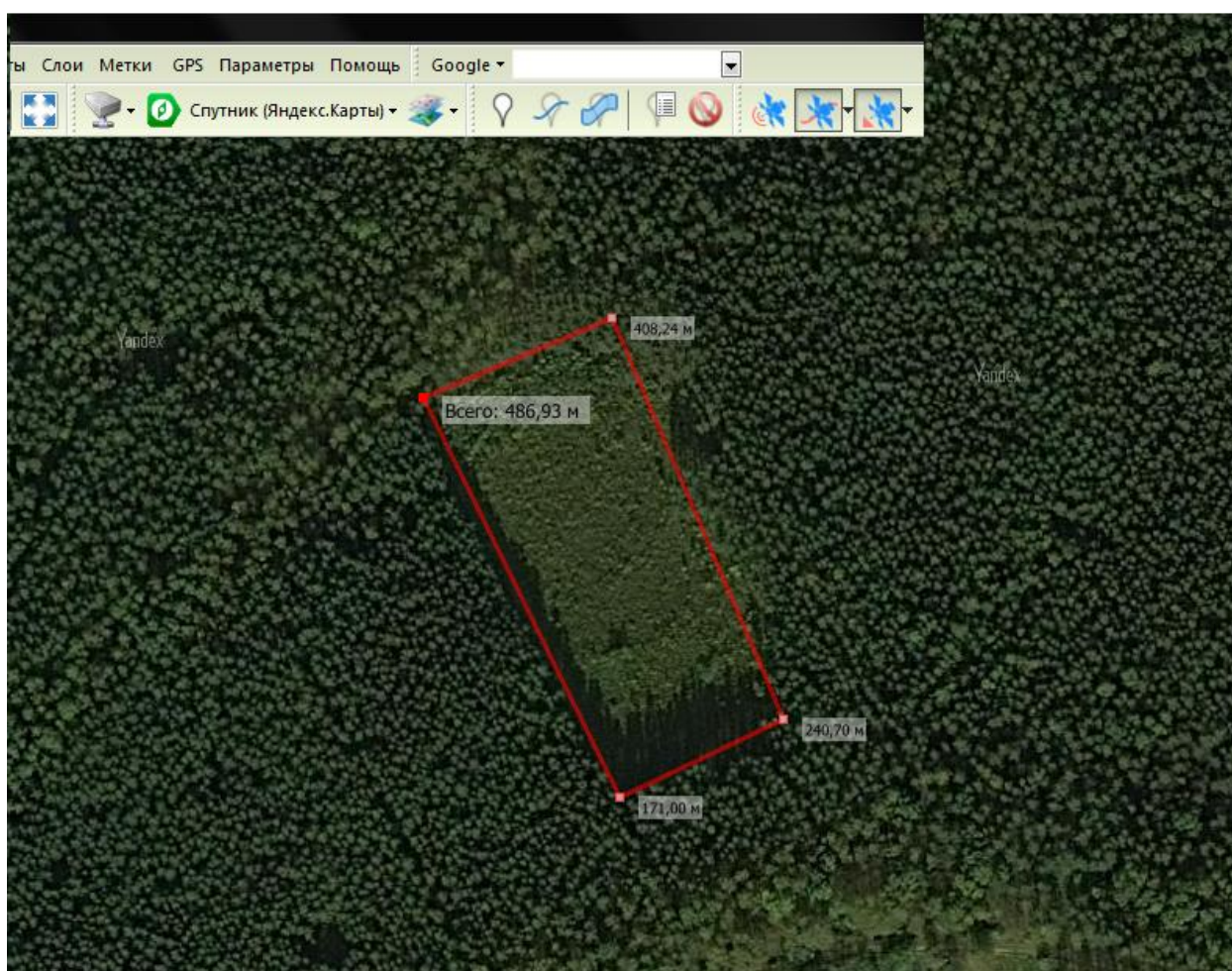


Рисунок 1. Расчёт площади обезлесенных территорий с помощью сервиса SAS.Planet на основе снимков сервиса Яндекс.Карты.

История картографических интернет сервисов насчитывает небольшой период продолжительностью в 20 лет. За данный период с 1993 года были разработаны независимо друг от друга более 20 глобальных интернет

картографических сервисов, при разработке которых использовались технологии программирования, картографирования, сетевые технологии, данные дистанционного зондирования Земли. Работающие на сегодняшний день интернет картографические сервисы активно используются в таких областях как образование, наука, природоохранные ведомства, прикладные исследования, информационные услуги.

1.2 Анализ структуры веб-картографических сервисов.

Все существующие интернет картографические сервисы относятся к разделу веб-картографии. Веб-картография – область компьютерных технологий, обеспечивающая доставку персональных данных конечному пользователю, то есть веб-доступ к электронной карте, а также предоставление инструментальных средств, для решения более сложных прикладных задач в интерактивном режиме.[15]

Классификация картографических геоинформационных программ использующих технологии веб-картографии:

1. Картографические интернет сервисы.
2. Виртуальные глобусы.
3. Геоинформационные программы.
4. Веб-Гис серверы и геопорталы.

Картографические интернет сервисы являются программными средствами, основанными на геоинформационных технологиях. Специалисты в области геоинформационных систем определяют геоинформационные технологии как совокупность программно-технологических средств получения новых видов информации об окружающем мире. «Геоинформационные технологии предназначены для повышения эффективности процессов управления, хранения и представления информации, обработки и поддержки принятия решений». (Кащенко и др.) [30]

Современные картографические веб-сервисы классифицируются по функциональным возможностям, технологическим особенностям и интерактивному взаимодействию с конечным пользователем. Представленные в сети сервисы по способу визуализации данных делятся на виртуальные глобусы и картографические сервисы. По технологическим особенностям на кэшируемые и динамические. Существует также ряд специализированных программных продуктов, которые используют технологии веб-картографии, но отличаются тем, что требуют установки на компьютер пользователя исполняемых файлов, имеют лицензию на использование и являются коммерческими продуктами с закрытым исходным кодом. В эту категорию попадают такие программы как ArcGIS, Map info, QGIS, gvSIG. Использование перечисленных программных продуктов осуществляется для подготовки и редактирования картографических материалов и спутниковых изображений перед опубликованием их в сети интернет. Существует ещё одна большая категория программных продуктов, сочетающая в себе web-технологии и геоинформационные технологии, это картографические Веб-Гис серверы: MapServer, GeoServer, OpenLayers, они являются инструментами для быстрой публикации географических данных в сети.

Технологической особенностью категории Веб-серверов, является возможность создания интерфейса нужной сложности, в зависимости от предметной области, наличие возможности интеграции сервиса с базой данных, поддерживающей классы пространственных данных (PostgreSQL, SQL Server, MySQL, ArcSDE). «Главное отличие подобных систем от Google Maps - полный контроль над программным обеспечением и самими данными, однако за это приходится расплачиваться большей сложностью установки и настройки, часто требующей хотя бы начального знания языков программирования (JavaScript, PHP) и основ администрирования». (Дубинин М.Ю. 2008г.)[26]

Для реализации схемотехнического уровня в диссертационной работе использована специальная программа представления и визуализации объектов, элементов и категорий Visual Understanding Environment (Среда Визуального Осмысления). Каждый объект представлен в виде блоков, где составные элементы упорядочены и имеют общую систему категорий цвета, с целью практичности восприятия общей концепции системы.

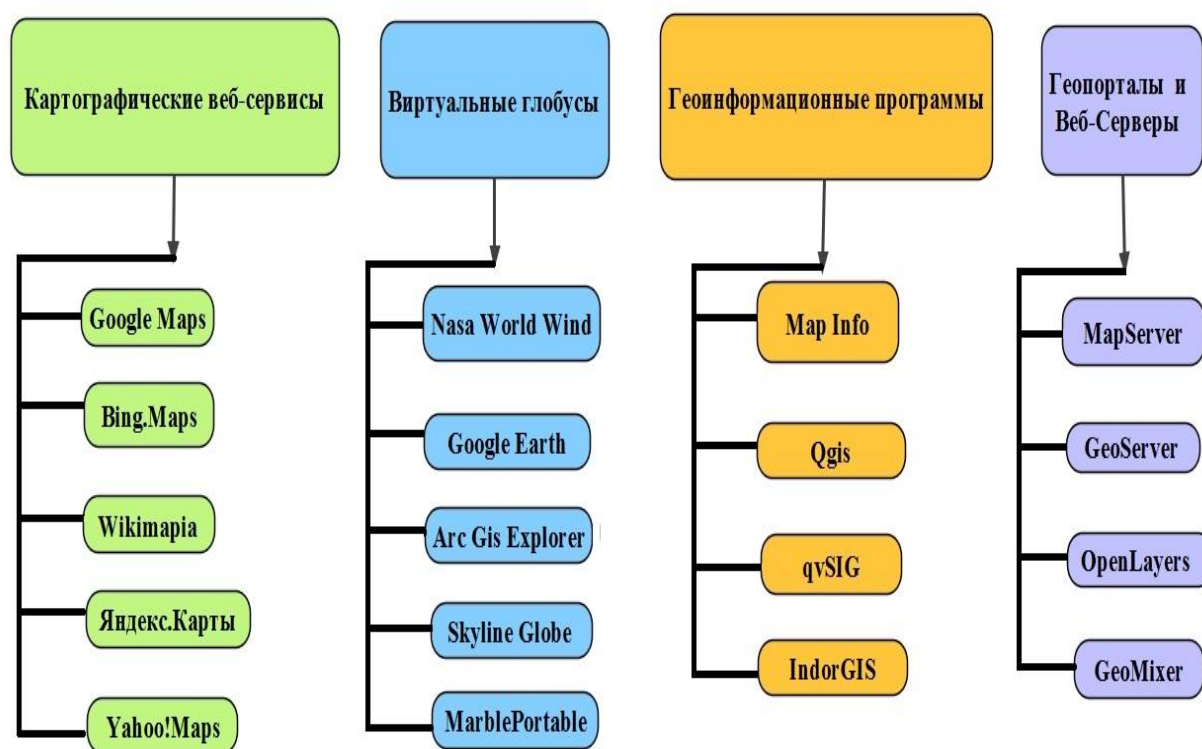


Рисунок 2. Классификация web-картографических сервисов и программ.

Принцип работы картографических веб-сервисов основан на использовании браузера, через который отображается географическая информация. При таком способе взаимодействия существует ряд технологических особенностей, которые влияют на отображение геопространственной информации, в частности скорость отображения детализированных снимков спутниковой съёмки зависит от скорости загрузки изображения расположенных на сервере хранения данных, поэтому пользователь должен обладать высокоскоростным доступом в интернет и хорошей пропускной способностью канала связи. В связи с прямой

зависимостью отображения данных от типа и скорости подключения к сети интернет в режиме он-лайн, производители виртуальных глобусов и ряда других веб-гис программ внедрили возможность кэширования данных, в результате чего загрузка данных требуется только для получения новых данных, прежде загруженные изображения хранятся в кэше программы. Данной особенностью обладает виртуальный глобус Google Earth и программа SAS.Planet.

1.2.1 Функциональные особенности виртуальных глобусов.

Вторым сегментом в области веб-картографии по количеству пользователей выступают виртуальные глобусы – специальные программы, которые устанавливаются на компьютер пользователя, являются полезным прикладным инструментом для отображения пространственной информации. (Рис.3) В виртуальных глобусах известных производителей (Google, Nasa, Marble) присутствует визуализация и отображение трёхмерных моделей наполненных атрибутивной информацией. Несмотря на то, что в сети достаточное количество веб-картографических сервисов со спутниковыми изображениями, существуют территории, которые в силу ряда определённых обстоятельств не отображаются с высокой степенью детализации, также территории могут быть перекрыты атмосферными явлениями в момент съёмки, что затрудняет анализирование местности по различным критериям и параметрам. Разнородность картографических материалов, которыми обладают виртуальные глобусы, могут дополнять недостающую информацию веб-картографических сервисов. При таком способе взаимодействия пользователю необходимо обладать одновременно несколькими программными продуктами для сравнения территорий. В результате анализа существующих веб-сервисов и виртуальных глобусов

выявлено отсутствие на сегодняшний день специального инструмента для сравнения в режиме он-лайн картографических материалов открытых картографических веб-систем.

Согласно научной работе [12] не существует общепринятых стандартов к работе с данными на виртуальном глобусе. «Конфигурировать глобус можно либо в коде на C++, либо с помощью специального файла в формате XML. В нем указываются пути к слоям изображений, карт высот, пути к файлам с векторными данными. Можно задавать стили в формате CSS для векторных данных в зависимости от их атрибутов. Также можно использовать JavaScript для этих целей». (Бобков А.Е.) [12]



Рисунок 3. Интерфейс и визуализация программы Nasa World Wind 1.4

Для целей лесного хозяйства применение такого инструмента, как виртуальный глобус, может стать дополнительным инструментом визуализации лесных тематических данных и более интерактивным способом взаимодействия для отображения необходимой географической информации в отличие от использования обычных двухмерных карт. Для этого необходимо наполнять пространственными и лесотаксационными данными персональный виртуальный глобус. Реализация данного способа возможна

благодаря открытой архитектуре программного компонента Java World Wind SDK, входящим в состав продукта Nasa World Wind, использование данного компонента предполагает разработку собственных приложений для визуализации и размещения информации на глобусе. Использование программного компонента Java для отображения данных предусматривает только определённую настройку интерфейса и расположения данных, исходя из этого, при написании дополнительных компонентов необходимо учитывать информационную концепцию и структуру программного кода всего виртуального глобуса Nasa World Wind. Поэтому для такой отрасли как лесное хозяйство, основным элементом которого является изучение и воспроизведение лесов, с учетом занимаемой площади леса в России, порядка 45% от общей площади страны, необходима разработка такого программного продукта который должен сочетать в себе принципы визуализации географической и пространственной информации, средствами картографических интернет сервисов и виртуальных глобусов, для целей лесного хозяйства.

Отображение тематической информации на виртуальном глобусе является дополнительным инструментом для изучения и принятия решений на основе полученных пространственных данных. Успешное применение виртуальных глобусов нашло себя в такой отрасли как гидрометеорология. (Рис.4)

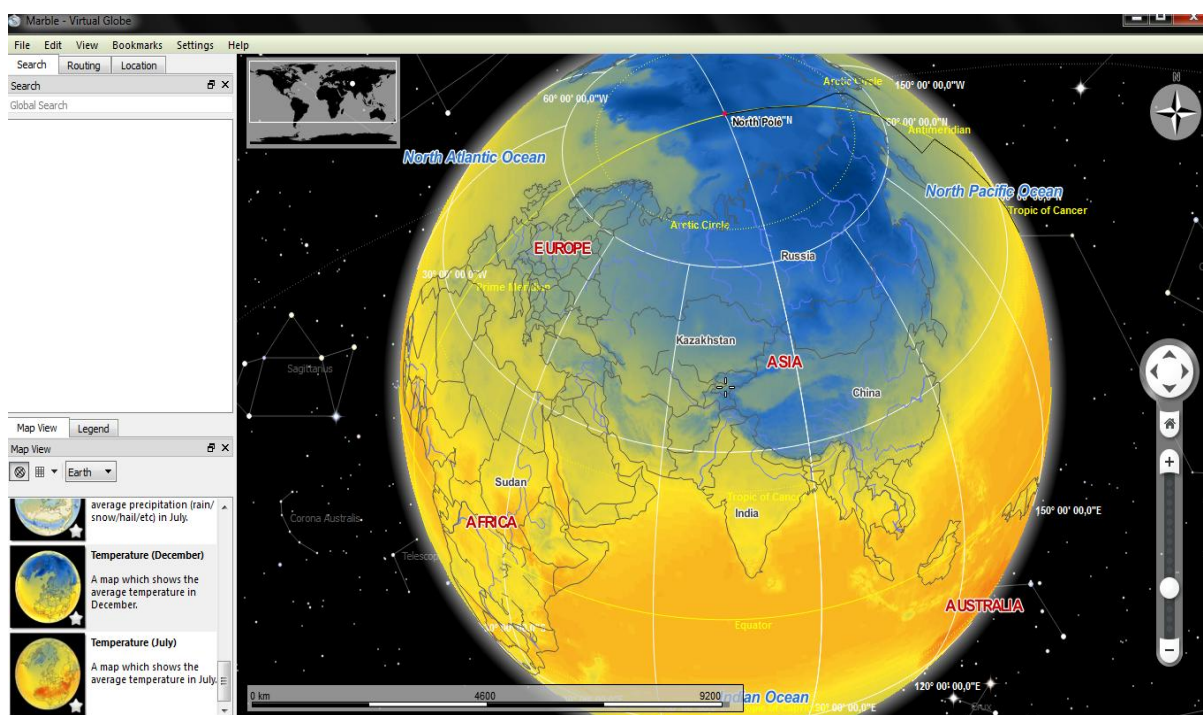


Рисунок 4. Отображение распределения температур в виртуальном глобусе Marble.

1.2.2 Функциональные особенности геоинформационных программ и веб-гис серверов.

Геоинформационные программы использующие технологии web-картографии являются инструментами для обработки спутниковых изображений, создания лесных тематических карт, отчётов, ежедневной работы с оперативными данными и базами данных. В работе [11] автор отмечает, что «в настоящее время в лесном хозяйстве и лесной промышленности используется целое множество программного обеспечения от разных производителей: MapInfo, TopoL, ГеоГраф/GeoDraw, ЛабМастер, WinGIS/WinMap, ArcInfo, ArcView, MapEDIT, Easy Trace, ForsGIS, AviaFireProc, ERDAS, ГИС «Лесные пожары», ГИС «Лесные ресурсы». Внедрение ГИС-технологий в лесное хозяйство означает передачу лесхозам картографических баз данных повыделеного уровня, при этом у лесхоза появляется возможность самостоятельного получения и печати рабочих

вариантов лесных карт на интересующий их объект.»[11]

Особенностью использования геоинформационных программ является поддержка распространенных форматов данных, реляционных и пространственных, форматов графических данных. При обработке файлов изображений можно использовать спутниковые снимки, аэрофотоснимки, сканированные карты и гибридные карты web-картографических сервисов.

Структура географических информационных программ представляет собой пользовательское приложение, разработанное на информационно-логических и объектно-ориентированных языках программирования, в отличие от web-картографических сервисов они обладают инструментами детальной обработки изображений и способностью извлекать и связывать данные с системами управления базами данных (СУБД). (Рис.5.)



Рисунок 5. Структура геоинформационных программ.

Географические данные содержат четыре интегрированных компонента:

- местоположение
- свойства и характеристики
- пространственные отношения

- время

Геоинформационные программы обладают инструментами обработки географических данных, которыми не обладают веб-картографические сервисы. Поэтому использование пользовательских геоинформационных систем, таких как Qgis и MapInfo является необходимым действием для обработки и использования полученных данных с веб-картографических сервисов. Разделение на системы обработки геопространственной информации и разнородных картографических материалов в сети, предопределило создание интерактивных web-геоинформационных серверов или веб-гис серверов.

ГИС-сервером называется комплекс программного обеспечения, предназначенного для публикации геопространственных данных в локальных или глобальных сетях.[26] ГИС-серверы - это сложные информационные системы, они являются средой отображения геопространственных данных. В отличие от веб-картографических сервисов, в которых отсутствуют механизмы обработки спутниковых изображений, ГИС-серверы предоставляют способы для обработки, анализа и персонализации геопространственных данных. Обладают специальным интерфейсом, основанным на технологии интерфейса прикладного программирования, известного как API - (application programming interface). Одной из существенных спецификаций, которыми обладают ГИС-серверы, это использование системных и аппаратных ресурсов, расположенных не на компьютере пользователя, а на сервере производителя, данная технология упрощает взаимодействие и расширяет возможности тех категорий пользователей ГИС-серверов, у которых отсутствует достаточная производительность аппаратных средств компьютера для обработки больших объёмов геопространственной информации. Взаимодействие основано на клиент-серверных технологиях, пользователь, используя клиентское приложение, посылает запрос на ГИС-сервер, в результате обработки запроса

ГИС-сервер отвечает пользователю, при этом возвращая уже обработанные данные обратно пользователю.

Алгоритм работы с веб-гис сервером выглядит следующим образом:

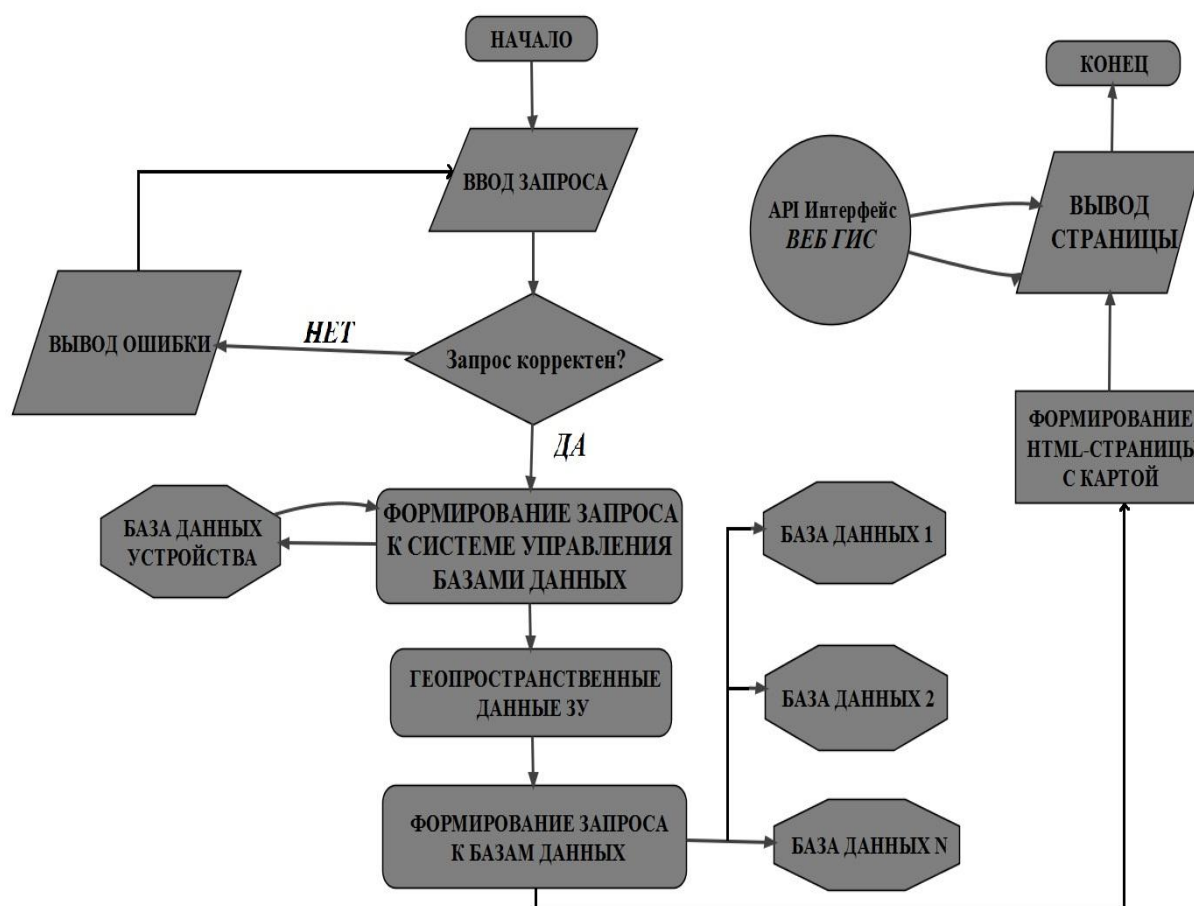


Рисунок 6. Схема работы веб-гис сервера при вводе запроса.

Рациональное использование, воспроизводство, охрана и защита, повышение продуктивности лесов – это сложная, и требующая срочного решения, задача. В работе [4] отмечается возможность использования регулярной биоидикационной сети в качестве инструмента мониторинга лесных экосистем, разработка специальных картографических программ содержащих данные открытых интернет картографических материалов, может дополнить способы мониторинга лесных экосистем. «Планы и решения по сбережению и рациональному использованию лесных ресурсов и их эксплуатации нередко противоречивы и принимаются в обстановке столкновения интересов и с высокой степенью неопределенности.

Географические информационные системы дают возможность людям, занимающимся лесным хозяйством, интегрировать и использовать имеющиеся источники картографической и табличной информации для повышения качества принимаемых решений.»(Пахучий В.В.)[61]

1.3 Обоснование к созданию интерактивного сервиса для решения лесохозяйственных задач.

В соответствии с Концепцией информатизации лесного хозяйства России основная роль по внедрению новых информационных технологий отводится государственным лесохозяйственным предприятиям и органам управления лесным хозяйством в субъектах Российской Федерации за счет финансирования из федерального бюджета.[80] Использование целого комплекса уникальных программ, приложений для целей лесного хозяйства создает ряд определённых проблем перед лесохозяйственными предприятиями и лесопользователями. С увеличением специализированных геоинформационных систем возрастает количество форматов данных, которые используются только среди конкретного предприятия. Данные материалов лесохозяйства морально устаревают. Отсутствует единый программный комплекс для целей лесного хозяйства, обладающим не только технологиями веб-картографических сервисов, но и инструментами для количественной оценки лесов, организации и ведения лесного хозяйства, прогноза и контроля использования лесных ресурсов.

Разработка программно-технических средств, для целей лесного хозяйства является одним из направлений информатизации лесного хозяйства. «На сегодняшний день в лесном хозяйстве России до настоящего времени не принят к производству современный стандартный единый программный продукт – различные лесохозяйственные предприятия и институты разработали и используют целый спектр программных продуктов». (Черных В.Л.) [80] Разработка интерактивного

картографического сервиса для изучения и прогнозирования динамики лесных экосистем является задачей, при решении которой, будут разработаны новые структурные принципы, подходы и механизмы взаимодействия пользователей в информационной системе. Создание такого программного комплекса будет включать в себя ряд технологических особенностей, которыми не обладают на сегодняшний день известные программные продукты, используемые в лесном хозяйстве. Разработка интерактивного картографического сервиса включает в себя написание процедур и программных методов определения количества деревьев на занимаемой единице площади, на основе данных дистанционного мониторинга Земли расположенных в сети. Основная цель состоит в том, чтобы разработать понятное, доступное и удобное для использования программное приложение, использующее данные открытых картографических материалов в сети интернет для целей лесного хозяйства. Сервис должен обладать возможностью отображения не только картографических и спутниковых данных на двумерной карте, но и технологией визуализации данных виртуального трёхмерного глобуса. Под интерактивностью сервиса подразумевается система взаимодействия с конечным пользователем и разработкой продуманного интерфейса, не требующего надстройки определенных компонентов. В ходе разработки интерактивного картографического сервиса будут реализованы следующие задачи:

- 1) модель информационной системы сервиса;
- 2) алгоритмы авторизации и идентификации участников взаимодействия сервиса;
- 3) спецификации, принципы работы и структурные схемы сервиса;
- 4) интерфейс, основанный на модульной системе взаимодействия пользователей;
- 5) реализация функции отображения виртуального глобуса в сервисе;

- 6) методы, подходы, модели и алгоритмы для проведения многоуровневой интеллектуальной обработки лесотаксационных данных;
- 7) механизм расчёта количества деревьев на выделенной территории;
- 8) сохранение результатов работы с данными и тематических карт;
- 9) специализированное разделенное окно для просмотра разнородных картографических материалов;
- 10) система администрирования и надежность сервиса.

1.4 Выводы по главе 1.

В главе приведен комплексный анализ современных интернет картографических сервисов, механизмов функционирования виртуальных глобусов, структурной организацией геоинформационных программ и веб-гис серверов. Проведен исторический очерк развития сетевой веб-картографии, указаны ключевые технологии и аспекты, повлиявшие на развитие веб-картографии. Дана классификация программных продуктов использующих технологии веб-картографии. На основании комплексного анализа сделаны следующие выводы:

- 1) Обосновано применение веб-картографических сервисов, использования виртуальных глобусов для решения задач лесной отрасли.
- 2) Отмечено отсутствие единого программного комплекса для решения многоуровневых задач лесного направления.
- 3) Сформировано обоснование к созданию интерактивного картографического сервиса для целей лесного хозяйства.
- 4) Указаны компоненты, которым будет обладать разработанный программный продукт.

ГЛАВА 2 Разработка информационной системы и структуры интерактивного картографического сервиса.

По данным государственного лесного реестра общая площадь земель РФ, занятая лесами, составляет 1183,4 миллиона гектар, в том числе площадь земель лесного фонда 1146,1 миллиона гектар, земли лесов особо охраняемых территорий и объектов — 26,4 миллиона гектар, земли лесов населенных пунктов — 1,4 миллиона гектар и лесов иных категорий — 9,5 миллиона гектар. Все лесные участки в составе земель лесного фонда находятся в федеральной собственности.[27] Для контроля состояния лесов и мониторинга столь обширной площади занятой лесом, разработка специального картографического сервиса, включающего в себя данные на основе спутниковых изображений, картографических материалов и механизмов определения количественного и качественного учета оценки лесных насаждений, для целей лесного хозяйства страны, является важной и многозначащей задачей.

Современные научные исследования, посвящённые разработкам использования геоинформационных систем и технологий, для целей отображения разнородных географических данных отражены в работах [1,14,52,83,87,88,102,104,112]. В научной статье [47] указывается что, «специалисты, занимающиеся управлением лесным хозяйством страны, заинтересованы в визуализации и пространственном представлении информации государственного лесного реестра – характеристик земель лесного фонда, особенностей использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов в простой, понятной и легко воспринимаемой форме. Согласно квалификационным требованиям, они должны владеть ситуацией, оперативно получать и готовить сведения о лесных ресурсах страны, решать информационно-справочные задачи».[47]

Учитывая потребность в создании программных продуктов для специалистов лесного хозяйства с целью повышения эффективности планирования и устойчивого управления лесами, разработка интерактивного картографического сервиса для лесной отрасли является актуальной научной и инженерно-технологической задачей, сочетающей в себе целый ряд научных направлений, самыми значимыми для проектирования такого продукта являются: лесная таксация, информационные системы, геоинформатика, картография, веб-технологии, программирование. Сочетание ряда некоторых вышеуказанных направлений отмечается в трудах д.г.н. проф. Берлянта А.М. [10]. Ряд научных работ, посвящённых тематике применения ГИС в отрасли лесного хозяйства [34,53,67,78,85,89], указывают на тенденцию к развитию методов дистанционного способа оценок состояния лесного фонда. В тоже время научные работы зарубежных учёных [82,98,99,103,106,115] ориентируются на разработку технических методов картографического метода исследования, в том числе и на разработку программ и веб-приложений для отраслей. В отрасли лесного хозяйства, предлагаемые способы оценок первоначально имеют практическое значение для национальной инвентаризации леса и прогнозирования динамики роста экосистемы лесов, что отмечается в работах [100,109].

Таким образом, первоочередной задачей в разработке интерактивного картографического сервиса является проектирование информационной системы сервиса. Согласно современной методологии, процесс создания ИС представляет собой процесс построения и последовательного преобразования ряда согласованных моделей на всех этапах жизненного цикла (ЖЦ) ИС. На каждом этапе ЖЦ создаются специфичные для него модели - организации, требований к ИС, проекта ИС, требований к приложениям и т.д. Модели формируются рабочими группами команды проекта, сохраняются и накапливаются в репозитории проекта.[66]

2.1 Требования к проектируемой информационной системе.

Интерактивный картографический сервис является информационной системой. Согласно ГОСТ РВ 51987 определяет информационную систему как «автоматизированную систему, результатом функционирования которой является представление выходной информации для последующего использования». [24] Результатом функционирования картографического сервиса является отображение карт и отображение пространственных данных. Для отображения данных сервис должен обладать механизмом взаимодействия с пользователями через графический интерфейс, поэтому изначальная задача - разработка интерфейса интерактивного картографического сервиса с учётом спецификаций отрасли лесного направления. Картографический сервис, являясь информационной системой, должен обладать соответствующими техническими требованиями в соответствии с направлением лесной отрасли, такими как:

- быстроедействие — скоростью распознавания географических данных;
- надежная защита от несанкционированного доступа к данным;
- регистрация действий пользователей сервиса;
- удобный пользовательский интерфейс;
- возможность развития системы сервиса;
- интеграция с модулями, используемыми в системе передачи данных;
- визуализация лесных тематических данных;

Специальные требования, реализация которых обеспечит эффективность мониторинга и планирования лесного хозяйства:

- готовая система запросов для получения информации о выбранном участке местности;
- механизм расчёта количественной оценки лесных ресурсов;
- распределённое окно просмотра карт;

- возможность сравнения спутниковых снимков разных компаний, предоставляющих данные в открытом доступе, в одном окне браузера;
- возможность обмена проектами и информацией внутри интерактивного картографического сервиса между её пользователями.

Интерактивность в сервисе достигается способом взаимодействия конечного пользователя с элементами проектируемой системы. При этом важно учитывать специфику направленности сервиса, и конкретно кем он будет использоваться. От данных показателей зависит скорость принятия решения специалистами лесного хозяйства. Существенным показателем для лесного направления при полевых исследованиях является оперативность доступа к географической информации на местности. Оперативность доступа зависит от показателя скорости загрузки (V_i) спутникового изображения исследуемой местности, он состоит из следующих измеряемых величин:

$$V_i = V_a + V_b + V_c + V_d ,$$

где V_a – скорость загрузки интернета (учитывая технологию и способ передачи данных),

V_b – скорость работы сервера принимаемых данных (пакетов данных),

V_c – скорость работы скомпилированного программного кода сервиса,

V_d – скорость работы полевого устройства пользователя (планшет, нетбук).

Следовательно, интерактивность сервиса можно определить как,

$$V_r = \frac{P_k}{n * K_x} ,$$

где V_r – интерактивность сервиса, P_k – сложность интерфейса сервиса,

n – число обращений к сервису (входов в систему сервиса),

K_x – опыт использования таксатором подобных веб-сервисов.

2.2 Концепция системы сервиса.

Структура системы интерактивного картографического сервиса заключается в общей концепции всех функциональных возможностей, процессов, механизмов работы и алгоритмов в составе проекта. Согласно схемотехническому уровню проектирования компонентов сервиса (Рис.7), выделяется четыре связанных модуля, содержащих основные элементы системы. Концептуальная структура сервиса позволяет понять основные составляющие элементы системы, без технологических особенностей.

1. Просмотр карт – функциональный модуль в составе интерактивного картографического сервиса, базовый элемент содержащий источники геоданных, открытые интернет картографические данные.
2. Сравнение карт – функциональный модуль и режим работы в составе сервиса, позволяет пользователю просматривать разнородные картографические материалы посредством распределённого окна карт, ввода координат и интерфейса.
3. Анализ данных – функциональный модуль и процедура обработки растровых изображений в составе сервиса, в своей структуре содержит алгоритм распознавания, связан с режимом сравнения карт.
4. Система реализации – включает в себя инструменты работоспособности системы, состоит из программных объектов и физического сервера расположения данных, связана с элементом администрирования сервиса как составной части системы.

Интерактивный картографический сервис является программным комплексом, сочетающим в себе объединённые картографические интернет ресурсы для просмотра и визуального представления лесных данных. Специализацией сервиса является анализ лесных территорий.[16]



Рисунок 7. Концептуальная структура интерактивного картографического сервиса.

В основе взаимодействия пользователя и системы лежит интуитивно понятная модульная система взаимодействия. В реализации программно-технических задач картографического сервиса будут предложены новые принципы запросов и специализированные функции, для методов сравнения и анализа определённых лесных участков, данный подход позволит специалистам лесного хозяйства, существенно минимизировать время для анализа определённой местности на основе дистанционных материалов.

Интерактивный картографический сервис создается для целей лесного хозяйства страны. Использование сервиса подразумевает повышение оперативности доступа к географическим картам, находящимся в открытом доступе в сети интернет и спутниковым изображениям открытых картографических web-сервисов, предоставляющих данные на основе бесплатной и условно-бесплатной лицензии. Вторая задача использования разработанного сервиса это анализ необходимой территории в целях визуального изучения и мониторинга лесов, оценки качества и количества лесных земель. Применение сервиса повысит скорость доступа к информации о состоянии лесничеств и визуального определения их границ. Для решения поставленных задач необходимо пройти этапы реализации системы включающие в себя:

- 1) функциональное проектирование сервиса;
- 2) программно-техническое проектирование;
- 3) описание процессов взаимодействия в системе;
- 4) экспериментальную проверку и тестирование сервиса;
- 5) подготовку материалов и методических рекомендаций по адаптации сервиса для внедрения в лесохозяйственную отрасль.

Основными компонентами интерактивного картографического сервиса являются спутниковые и справочные материалы открытых web-

картографических сервисов, виртуальные глобусы, предоставляющие интеграцию в сервис своего приложения (плагина), изображения и карты, расположенные в сети интернет, и персональные карты, расположенные на компьютере пользователя. В состав сервиса включен специальный режим просмотра и сравнения спутниковых изображений нескольких компаний в одном окне браузера с разделённым интерфейсом и поиск территории по координатам. (Рис.16) В основе проектирования и построения интерактивного картографического сервиса лежит принцип декомпозиции.

Декомпозиция приводит к выделению составных частей объекта (блоков), иерархических уровней, аспектов. Это позволяет сложную задачу проектирования свести к решению более простых задач с учетом взаимодействия между ними. Каждая задача решается на основе локальной оптимизации, но декомпозиция критериев при этом осуществляется таким образом, чтобы локальные цели были подчинены конечной цели проектирования. [70]

Для визуализации всех компонентов системы и взаимосвязей между её составляющими составлена концептуальная структурно-логическая схема интерактивного картографического сервиса.

2.3 Функциональное проектирование сервиса.

При функциональном проектировании осуществляется синтез структуры, и определяются основные параметры объекта и его составных частей (элементов), оцениваются показатели эффективности и качества процессов функционирования. Результат проектирования — принципиальные, функциональные, кинематические, алгоритмические схемы и сопровождающие их документы. [70]

Интерактивный картографический сервис — программа, написанная на машинном коде с использованием нескольких объектно-ориентированных и прототипно-ориентированных языков программирования, по классификации

видов программ относится к web-приложению, работающих через браузер пользователя.

Веб-приложения – это вспомогательные программные средства, которые предназначены для автоматизированного выполнения каких-либо действий на Веб-серверах, например, для удаленного управления компьютером. Главное преимущество Веб-приложений заключается в том, что функции, выполняемые в веб-оболочке браузера, не зависят от операционной системы клиента.[73] Веб-приложение работает по технологии клиент-сервер, где браузер является клиентом, сервером является веб-сервер, который принимает http запросы. Исходя из этого, разрабатываемый картографический сервис является web-приложением. Целевое назначение пользователей картографического сервиса это специалисты лесного хозяйства и обычные пользователи, которым требуется провести визуальный анализ лесных участков. Разработка всех компонентов системы должна учитывать особенность спецификации направленности программы для целей лесного хозяйства и конечных пользователей данного сервиса.



Рисунок 8. Алгоритм запуска интерактивного картографического сервиса.

До этапа взаимодействия пользователя с сервисом, необходимо пройти стандартный порядок действий связанный с запуском веб-приложений в сети интернет, используя специальную программу – браузер (Рис.8)

2.3.1 Модель взаимодействия пользователя с системой.

Специалистам лесного хозяйства требуется оперативный доступ к картографической информации для анализа лесных земель. Исходя из этого, взаимодействие пользователя с системой должно происходить интуитивно понятно с целью ускорения процесса поиска и навигации необходимой для исследования территории. Сложность интерфейса, содержащего визуальные элементы, играет значимую роль в скорости принятия решения. Если взаимодействие с системой будет когнитивно сложно восприниматься, следовательно, будет увеличиваться время на обработку данных и работой с системой в целом. Процесс взаимодействия с сервисом начинается с момента запуска приложения, входом в его основные функции и использованием его режимов, упрощенно данное взаимодействие можно представить в виде формальной модели. (Рис.8.1) При этом интерактивность сервиса достигается за счёт разработанного интерфейса при помощи его модульной структуры представления данных.

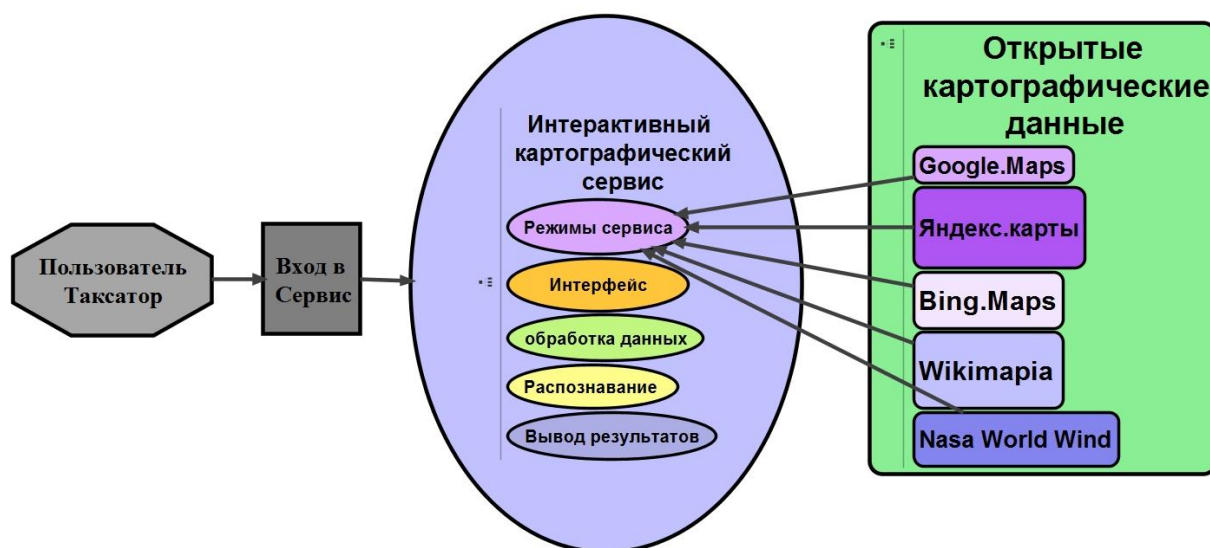


Рисунок 8.1 Модель взаимодействия пользователя с системой сервиса.

Для защиты персональных данных и картографических материалов, использующихся в системе Интерактивного картографического сервиса

пользователями, требуется интегрировать механизм авторизации для входа в сервис. После процедуры авторизации в сервисе пользователь может перейти к использованию функционала сервиса и просмотра карт.

Процедура входа в сервис состоит в первоначальном запуске одного из предустановленных браузеров (Internet Explorer, Opera, Google Chrome) на персональном компьютере, вне зависимости от установленной операционной системы (Windows, Linux, SolarOS). Далее в адресной строке браузера указывается URL (Uniform Resource Locator) сервиса, в открытом окне необходимо пройти процедуру регистрации, затем авторизацию и аутентификацию. (Рис.9.) После выполнения действий, связанных с входом в интерактивный картографический сервис, пользователю предоставляется полный набор функций для работы с сервисом.

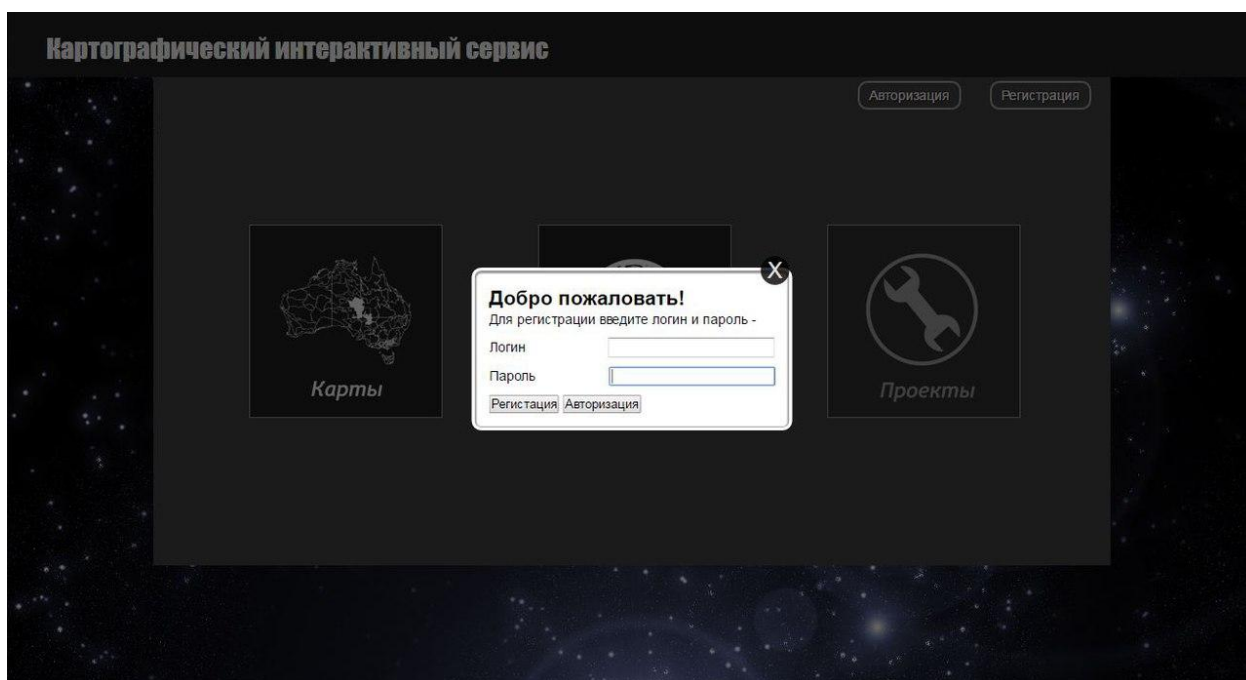


Рисунок 9. Процесс авторизации в сервисе.

Алгоритм действий, связанный с входом в сервис до этапа работы с ним, заключается в стандартном порядке действий, связанных с работой веб-приложений в сети интернет. Программное решение процедуры авторизации заключается в наполнении базы данных, в которой будут сохраняться данные

логинов и паролей пользователей. Процедура авторизации заключается во введении пользователем в специальную форму своих уникальных идентификационных данных логина и пароля. Далее эти данные проверяются на наличие в базе данных пользователей ресурса, и определяется, к какой категории относится данный Пользователь. В результате процедуры авторизации пользователь получает, либо не получает необходимый доступ к системе сервиса.

2.3.2 Функционирование режимов сервиса.

В основные функции сервиса включено два режима работы с сервисом. Режим просмотра карт заключается в отображение пользователю разнородных картографических материалов в одном окне браузера в виде трёх карт, преимущество такого подхода заключается в выборе картографических материалов из предоставляемых, пользователь сам выбирает анализируемую местность и ресурсы, откуда будут загружаться данные, поставщиками данных в сервисе будут выступать открытые материалы веб-картографических сервисов (Bing maps, Яндекс.Карты, Here Maps).

Для удобства просмотра территории в сервис включен механизм ввода координат и отображения одной территории в трёх окнах. (Рис.16) Режим просмотр карт включает в себя поиск необходимой территории, отображение и сравнение территорий, анализ территорий с использованием инструментов сервиса. Режим совместного просмотра – это способ сравнения данных виртуальных глобусов и данных web-картографических сервисов, используя распределённое окно просмотра карт. (Рис.19)

Картографическая визуализация данных, которая должна поддерживаться средствами Web-картографирования геопортала,

определяется выбором способа картографического изображения, функциями управления им, легендой, а также функциями манипулирования изображением и проектированием легенды. [38] Вследствие этого картографическая визуализация включена в состав режимов функционирования сервиса.

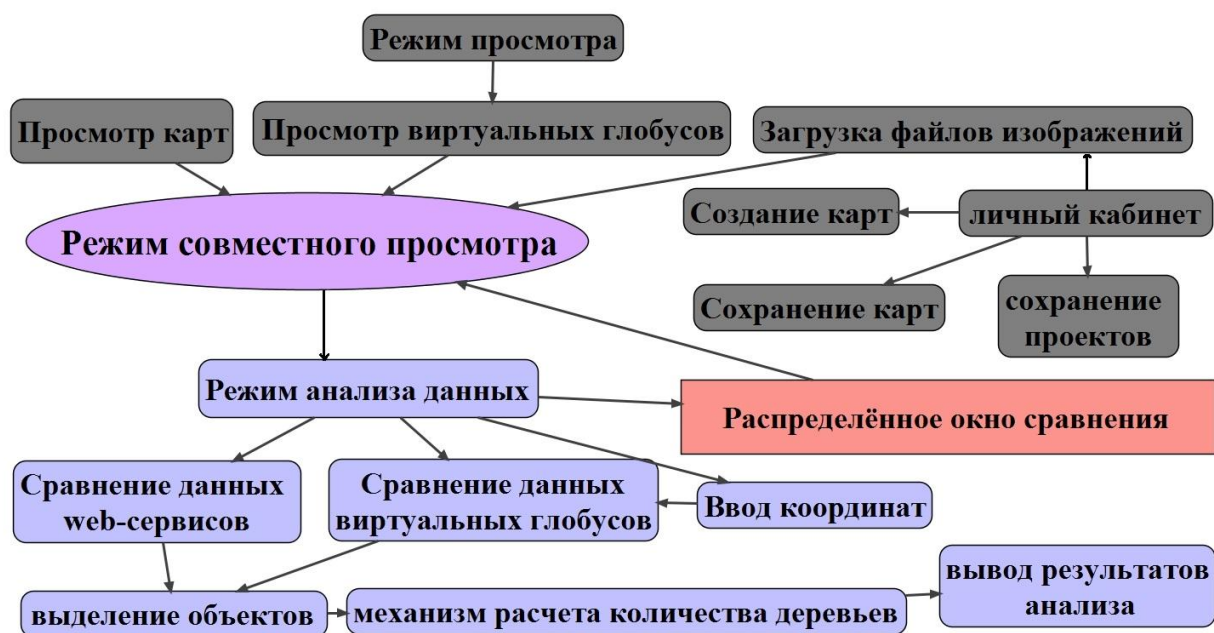


Рисунок 10. Функции интерактивного картографического сервиса.

Режим анализа данных. После выбора интересующей области в режиме просмотра пользователь переходит на следующий этап использования сервиса - режим анализа данных. В режиме анализа данных пользователю предоставляются следующие функции: выделение объектов посредством *api* интерфейса, механизм расчёта количества деревьев, просмотр лесничеств с визуализацией границ их административного деления. Модульная структура сервиса позволяет интегрировать в web-приложение дополнительные инструменты обработки данных за счет открытого исходного кода. Использование картографического сервиса в виде web-приложения, запущенного через браузер увеличивает количество запусков сервиса пользователями, за счёт кроссплатформенной структуры сервиса вне зависимости от операционных систем предустановленных на периферийных устройствах. Положительным фактором при данном способе взаимодействия

является независимость аппаратного обеспечения, с которого ведется подключение к сервису, главными техническими спецификациями, которыми должно обладать устройство - это иметь выход к подключению сети интернет с высокоскоростным доступом беспроводной и проводной технологии связи (Wi-Fi, 3G, LAN) при наличии предустановленного браузер (Mozilla, Chrome, Opera). Используя кроссплатформенную архитектуру в составе проектирования интерактивного картографического сервиса, возможно подключение к сервису с устройств на базе операционной системы Android. В качестве инструментов аппаратного подключения к интерактивному картографическому сервису могут подключаться следующие электронные вычислительные машины:

- персональный компьютер;
- ноутбук;
- нетбук;
- интернет-планшет;
- смартфон.



Рисунок 11. Устройства, используемые для подключения к интерактивному картографическому сервису.

2.3.3 Спецификации функционирования личного кабинета в интерактивном картографическом сервисе.

В состав функционирования сервиса входит персональный (личный) кабинет, информационное пространство пользователя, выделенное в виде веб-страницы в системе использования сервиса. Личный кабинет в составе сервиса предназначен для хранения цифровых географических карт пользователя и загрузки персональных файлов, изображений, графических и геопространственных форматов данных. Сохранение результатов работы сервиса происходит на сервере при данном способе организации работы независимо от количества ЭВМ пользователя, подключенных к интерактивному картографическому сервису внутри личного кабинета, все данные и текущие изменения будут сохранены и синхронизированы. Синхронизация данных происходит при выходе из системы сервиса. Личный кабинет необходим для его использования целевыми пользователями сервиса – специалистов лесного хозяйства, которые будут часто взаимодействовать с картографическим сервисом. Использование личного кабинета в качестве инструмента для доступа сохранённых проектов повышает оперативность доступа web-приложения.

2.4 Программно-техническое проектирование сервиса.

Базовое программно-техническое решение реализации проектируемого картографического сервиса и написания основных компонентов строится на основе модульного программирования. Модульное программирование — это такой способ программирования, при котором вся программа разбивается на группу компонентов, называемых модулями, причем каждый из них имеет свой контролируемый размер, четкое назначение и детально проработанный интерфейс с внешней средой.[65]

Для разработки программы на машинном коде требуются инструменты реализации, связанные с написанием программного кода, выбор прикладных

программных инструментов, механизмов интеграции дополнительных компонентов в систему сервиса, экспериментальную проверку и тестирование разработанного картографического сервиса. Алгоритм разработки программного комплекса включает в себя:

- выбор ЭВМ для написания кода и разработки компонентов сервиса;
- выбор среды разработки;
- выбор языков программирования;
- разработку интерфейса сервиса;
- разработку механизмов и процессов функционирования;
- интеграцию прикладных открытых модулей, плагинов в систему сервиса;
- ввод в эксплуатацию сервиса;

2.4.1 Спецификации платформы ЭВМ для разработки сервиса.

- Процессор Intel(R) Core(TM) i5-2450M CPU @ 2.50GHz, 2494 МГц
- Системная плата Packard Bell SJV50_HR
- Оперативная память DIMM1: 4 Гб DDR3-1333 DDR3 SDRAM (8-8-8-22 @ 609 МГц) (7-7-7-20 @ 533 МГц) (6-6-6-17 @ 457 МГц) (5-5-5-14 @ 380 МГц)
- Видеокарта 2 Гб NVIDIA GeForce GT 630M
- Жесткий диск HDD 750 ГБ - WDC WD7500BPVT-00HXXZ (698 Гб)
- Универсальный монитор PnP [NoDB]

2.4.2 Среда разработки и языки программирования сервиса.

Для разработки интерактивного картографического сервиса выбрана NetBeans IDE — свободная интегрированная среда разработки приложений

(IDE) на языках программирования Java, Python, PHP, JavaScript, C, C++. Последние версии NetBeans IDE поддерживают рефакторинг, профилирование, выделение синтаксических конструкций цветом, автодополнение набираемых конструкций на лету и множество предопределённых шаблонов кода. (Рис.12)

Основная задача выбора данной среды программирования обусловлена характеристиками и функциональными особенностями, которыми должен обладать интерактивный картографический сервис. Использование сервиса должно производиться не только с разных периферийных устройств, повышая таким способом количество пользователей сервиса, но при этом обладать передовым качеством в сфере информационных технологий и модульного программирования, такого как – платформонезависимость.

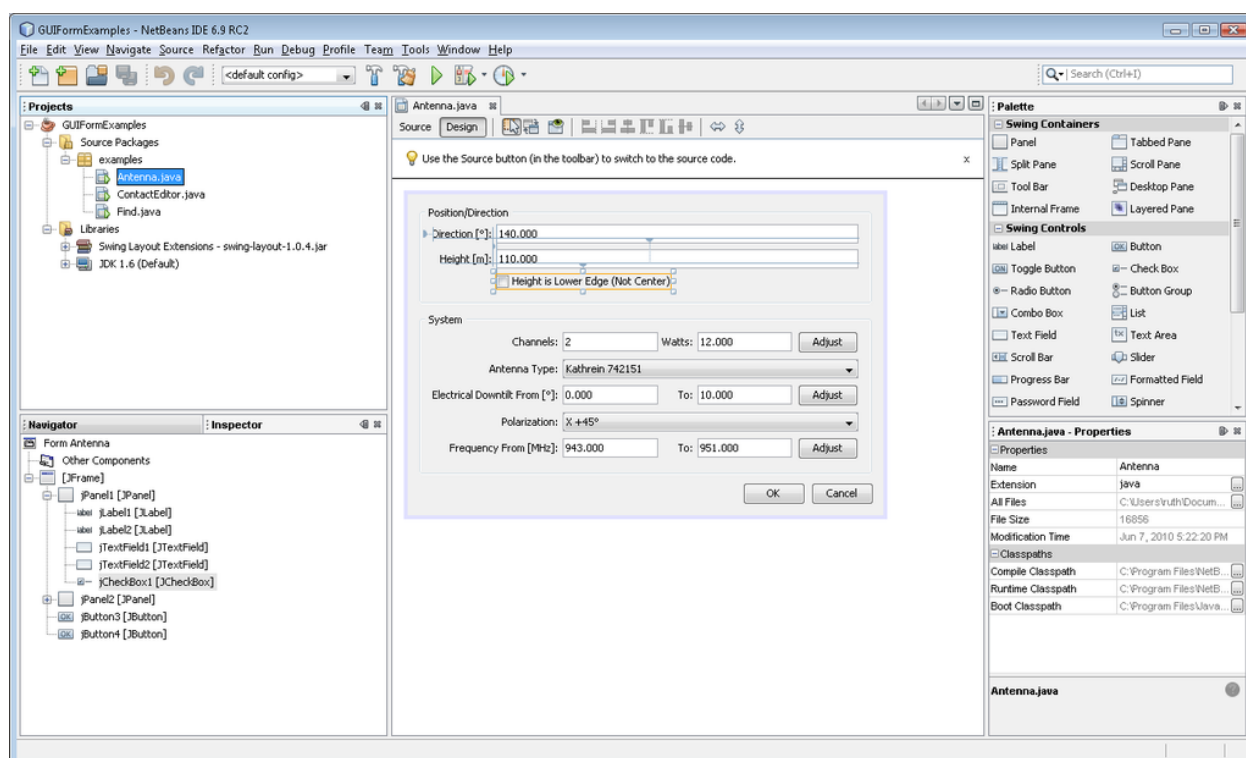


Рисунок 12. Среда разработки интерактивного картографического сервиса.

Основным языком программирования в среде разработки Net.Beans, на котором написаны процедуры или скрипты, это прототипно-

ориентированный язык JavaScript. Выбор именно этого языка программирования обосновано тем, что основные сценарии будут выполняться внутри браузера пользователя. JavaScript обычно используется как встраиваемый язык для программного доступа к объектам приложений. Наиболее широкое применение находит в браузерах, как язык сценариев для придания интерактивности веб-страницам. [21]

Вспомогательные языки программирования для описания процедур, стилей и элементов, разрабатываемых в интерактивном картографическом сервисе.

- 1) HTML – (от англ. *HyperText Markup Language* - язык гипертекстовой разметки), используется в качестве создания страниц, в которых заключены основные элементы сервиса.
- 2) CSS - (англ. *Cascading Style Sheets* — каскадные таблицы стилей) — формальный язык описания внешнего вида документа, написанного с использованием языка разметки.

Использование CSS в сервисе обусловлено заданием стилей, шрифтов, цвета и расположения отдельных блоков. В разрабатываемом сервисе две внешние таблицы стиля – `modal.css`, `layout.css`. Каждая является составляющей оформления интерфейса и внешнего вида программы. В `layout.css` заключены основные элементы, фон, блоки и прочее. `modal.css` – содержит оформления более мелких и прилежащих деталей – всплывающих окон, кнопок, меток, панелей ввода. [17]

CSS включен в сервис следующим образом:

- Отдельным файлом:

```
<link href="css/layout.css" rel="stylesheet" type="text/css" />
```

- Дополнительно, вторым способом, указывался стиль сразу к элементу, непосредственно в документе `jsp`:

```
<div class="vib" style="margin-left:200px;" >
```

3) JSP - JavaServer Pages технология Java платформы для предоставления динамического контента для веб-клиентов в кроссплатформенной и безопасной форме. В интерактивном картографическом сервисе все сценарии заключаются в JSP страницы, внешний вид которых определяют таблицы каскадных стилей CSS (Cascading Style Sheets). На основе данных элементов составляется один из файлов, при его исполнении пользователь получает страницу, содержащую карты и элементы управления.[17]

Программную и аппаратную конфигурацию инструментов разработки интерактивного картографического сервиса можно представить в виде упрощенной схемы. (Рис.13.)

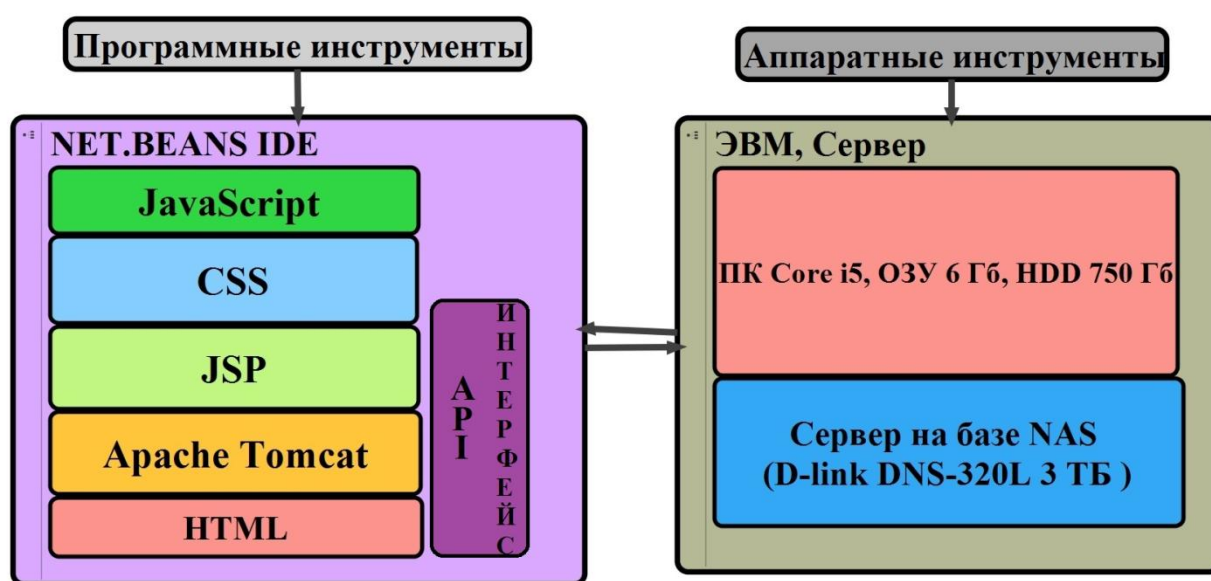


Рисунок 13. Инструменты разработки картографического сервиса.

4) Apache Tomcat - современный сервер приложений, обеспечивающий работу проектов на языке Java. Tomcat является отдельным веб-сервером, который обеспечивает работу, как динамической части сайта, так и статических файлов (изображения и т.д.). Apache Tomcat является платформой, на базе которой в интерактивном картографическом сервисе выполняются запросы по принципу клиент-сервер.

2.4.3 Разработка интерфейса сервиса.

Категории пользователей, для которых разрабатывается сервис это:

- 1) квалифицированные специалисты, занимающиеся лесным хозяйством;
- 2) обычные пользователи, нуждающиеся в оперативном доступе к географической информации о лесах.
- 3) пользователи прикладных направлений (специалисты геоинформационных систем, географии, дешифрирования)

Исходя из этого, основными критериями, которыми должен обладать интерфейс интерактивного картографического сервиса – это интуитивная понятность и доступность, легкость в использовании и модульная структура элементов взаимодействия, данная концепция минимизирует время доступа к располагаемым функциям в сервисе и упрощает работу. Основное место в разработке интерфейса интерактивного картографического сервиса занимает CSS. Интерфейс тела заключен в селектор `body` (`<body>..</body>`). Код описан во внешней таблице `layout.css` и выглядит следующим образом:

```

1  *{
2      margin:0;
3      padding:0;
4  }
5  body {
6      background: #aaa url(../images/bgg.jpg) no-repeat;
7      background-attachment:fixed;
8      background-color:#eee;
9      font:14px/1.3 Arial,sans-serif;
10 }
```

Рисунок 14. Пример кода оформления с селектором `body`.

Результат оформления формируется в виде страницы, где после процедуры авторизации пользователь переходит на страницу выбора

режимов сервиса, где в интерфейсе предоставляются основные функции.
(Рис.15)

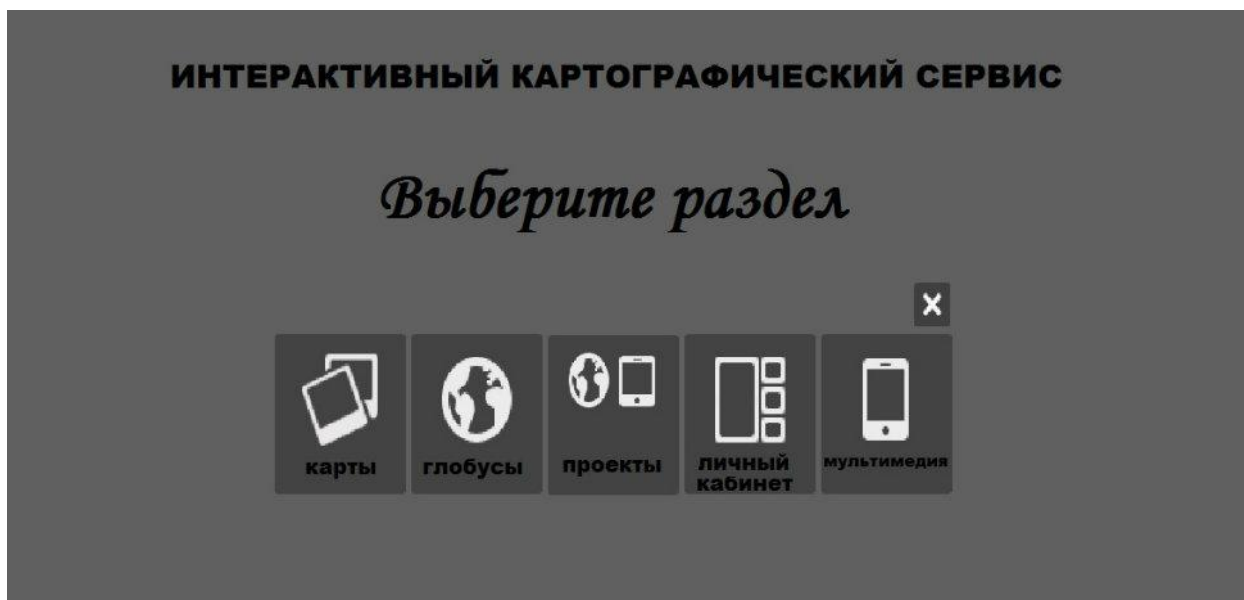


Рисунок 15. Вход в основные функции интерактивного картографического сервиса.

Следующий алгоритм действий, связанный с работой внутри сервиса, это использование режимов сервиса. Пользователь выбирает функцию просмотр карт, где предварительно необходимо выбрать данные, откуда будет загружаться географическая информация. Интерактивный картографический сервис использует материалы только открытых картографических Web-сервисов и виртуальных глобусов, находящихся в свободном доступе в сети интернет.

1) Данные открытых Web-картографических сервисов:

- Google.Maps;
- Яндекс.Карты;
- Wikimapia;
- Yahoo.Maps;
- Bing.Maps;

2) Данные открытых виртуальных глобусов:

- Google.Earth;
- Nasa World Wind;
- Marble Portable

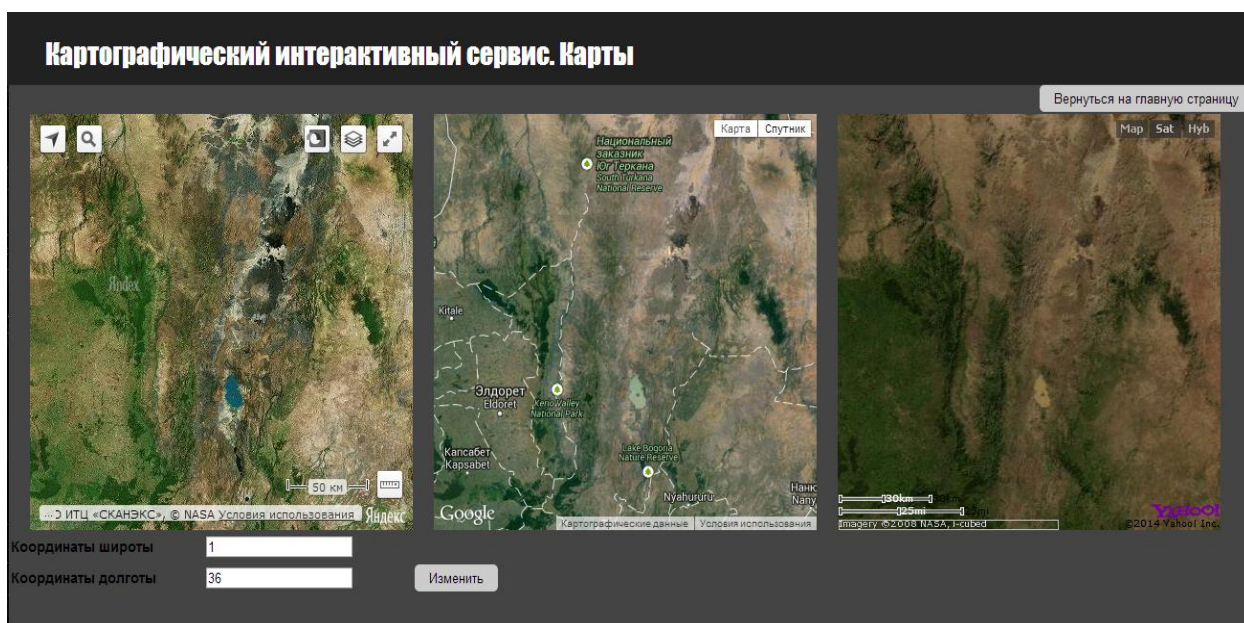


Рисунок 16. Визуализация интерфейса после выбора геоданных.

2.4.4 Описание процессов разработки и просмотра карт в сервисе.

Одной из главных функций интерактивного картографического сервиса является предоставление карт для анализа. Пользователю, желающему просмотреть карты на сервисе, необходимо нажать на главной странице index.jsp пункт «Карты». Далее откроется страница carty.jsp, на которой расположены выбранные карты – Google.Maps, Яндекс.Карты и Yahoo.Maps. Ниже на странице есть панели ввода для широты и долготы и кнопка для обновления карт. Каждая карта представляет собой квадрат в окне браузера 400x400 px и со смещением слева 200 px. Таким образом, получается симметричный вид каждого окна в браузере пользователя сервиса. (Рис. 17)

```

8      #map , #ymap, #mapgo
9      {
10         width: 400px;
11         height: 400px;
12         margin-left: 20px;
13     }

```

Рисунок 17. Оформление вида просматриваемых карт в сервисе.

Расположение трёх окон с картами в окне браузера выбрано не случайно, при большем количестве различных источников с данными, уменьшается размер окна карт в виду ограничения количества пикселей на дюйм самого окна браузера и монитора, при выборе двух окон с источниками, снижается эффективность анализа, так как снижается количество подключенных сервисов.[17]

Кодовые составляющие карт. У каждой карты есть специальный конструктор API, который используется в сервисе.

2.4.4.1 API интерфейс в картографическом сервисе.

API (*англ. application programming interface*) - интерфейс прикладного программирования, набор готовых классов, процедур, функций, структур и констант, предоставляемых приложением (библиотекой, сервисом) для использования во внешних программных продуктах. API представляет набор удобных функций, позволяющих получить доступ к какому-либо сервису и запросить у него данные.[69]

В интерактивном картографическом сервисе API используется для доступа к картографическим спутниковым материалам открытых картографических сервисов.

Сначала в скрипте указывается ресурс, где чаще всего содержатся методы загрузки основных элементов API . В сервисе 3 вида карт, поэтому атрибут «src» указывается для каждого веб-сервиса отдельно – Google Maps,

Yandex.Карты и Yahoo Maps. У двух последних доступ открыт. Для Google Maps необходимо получить ключ на сайте компании Google.

Описание метода визуализации карт в сервисе, реализовано средствами CSS (Cascading style sheets – каскадные таблицы стилей). CSS для карт задается с помощью id (идентификатора). Для каждой карты в скрипте прописывается функция инициализации в теле страницы – вызов функций. (Рис.18.)

```

84 <body onload="googin(x,y);yahin(x,y);yandin();">
85 <header>
86 <h2>Картографический интерактивный сервис. Карты </h2>
87 </header>
88 <div class="main" style="width: 1300px">
89 <table class="tab">
90 <tr>
91 <td><div id="map"></div> </td>
92 <td><div id="mapgo"></div></td>
93 <td><div id="ymap"> </div></td>
94 </tr>

```

Рисунок 18. Вызов функций и задания id карт в таблице.

Функции вызываются при загрузке страницы. Местоположение и вид определяются по id, которые указаны в табличном виде. Для каждой карты прописывается своя функция и свой id. Реализация данного подхода и механизма включает в себе следующие преимущества просмотра карт перед существующими web-картографическими сервисами:

- 1) Пользователь визуально сравнивает одну местность, используя сразу три разнородных картографических материала. (Рис.19.)
- 2) Отсутствует необходимость открытия в ручном режиме нескольких браузеров для сравнения. (Рис.20.)
- 3) Перемещение в трёх окнах происходит синхронно.
- 4) Возможность сравнения территории спутниковой съемки, с топографическими материалами используя API веб-картографических сервисов. (Рис.20)
- 5) Возможность интеграции дополнительных материалов на сервис.
- 6) Сокращение временных ресурсов на поиск и анализ местности.

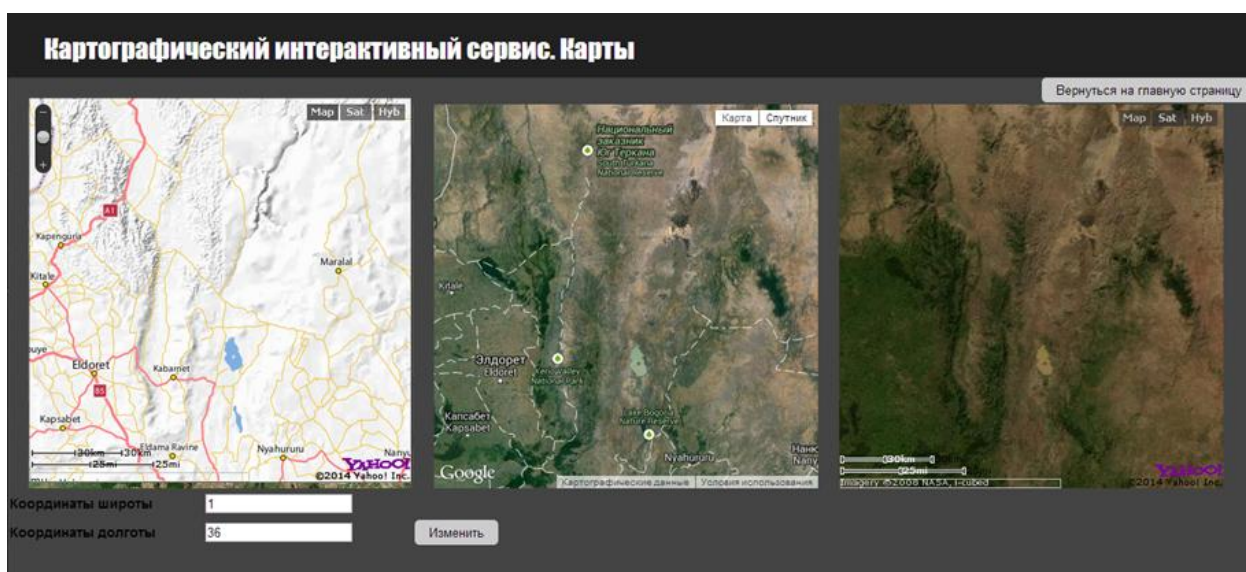


Рисунок 19. Спутниковые и ландшафтные карты в сервисе.

2.4.5 Сравнение принципов работы использования сервиса с многооконным режимом работы браузеров.

Специалистам лесного хозяйства требуется наглядная визуализация картографических материалов и сведений спутниковых изображений в режиме реального доступа через сеть интернет для исследования земель лесного фонда. Визуальный анализ территории на основе открытых данных в интерактивном картографическом сервисе должен обладать продуманным интерфейсом и механизмом навигации по карте. Общепринято для данных целей сравнения территории используется распространённый повседневный способ сравнения одной территории посредством использования нескольких браузеров. Такой подход заключается в просмотре разнородных картографических материалов в сети с использованием двух или трёх браузеров, но при таком способе просмотра дистанционных материалов возникает ряд существенных недостатков, решение которых лежит в интерактивном картографическом сервисе.

Для изображения преимущественных качеств и функций разрабатываемого сервиса в сравнении с многооконным режимом анализа территории посредством запуска нескольких браузеров можно составить алгоритм действий, связанный с навигацией и отображением единообразной местности. Для этого необходимо использовать несколько браузеров (Google, Mozilla, Opera) в многооконном режиме, проанализировав затем недостатки такого подхода в виде заключения и отображения результата. (Рис.17). Для сравнения в режиме реального времени используется ЭВМ, на базе которой составлялся исходный код сервиса, спецификации описаны в пункте 2.4.1. В качестве объекта исследования отображения одной территории выбран лесопарк «Сосновка» Выборгского района, г. Санкт-Петербург с географическими координатами 60° 1'31.67"С 30°21'11.42"В

Последовательность действий:

- 1) Запуск Браузера № 1;
- 2) Поиск веб-картографических материалов в сети интернет;
- 3) Регулировка масштаба карты;
- 4) Регулировка положения окна браузера и его расположения на экране монитора;
- 5) Запуск Браузера № 2;
- 6) Поиск отличающегося картографического материала в сети;
- 7) Доведение масштаба карты до синхронизации с Браузером №1;
- 8) Регулировка положения окна и его расположения с учётом занимаемой площади на экране Браузера №1;
- 9) Запуск Браузера № 3;
- 10) Процесс поиска картографических материалов отличных от открытых в Браузере № 1 и № 2;
- 11) Доведение масштаба карты до синхронизации с картами в Браузере №1 и №2;

12) Регулировка положения окна Браузера № 3 с учётом занимаемой площади Браузера № 1 и № 2.

Второй этап сравнения определить общее количество последовательности действий, используя интерактивный картографический сервис для отображения исследуемой территории:

- 1) Запуск Браузера;
- 2) Ввод URL Сервиса;
- 3) Авторизация;
- 4) Выбор предоставляемых картографических материалов;
- 5) Увеличение масштаба и положения до доведения необходимого.

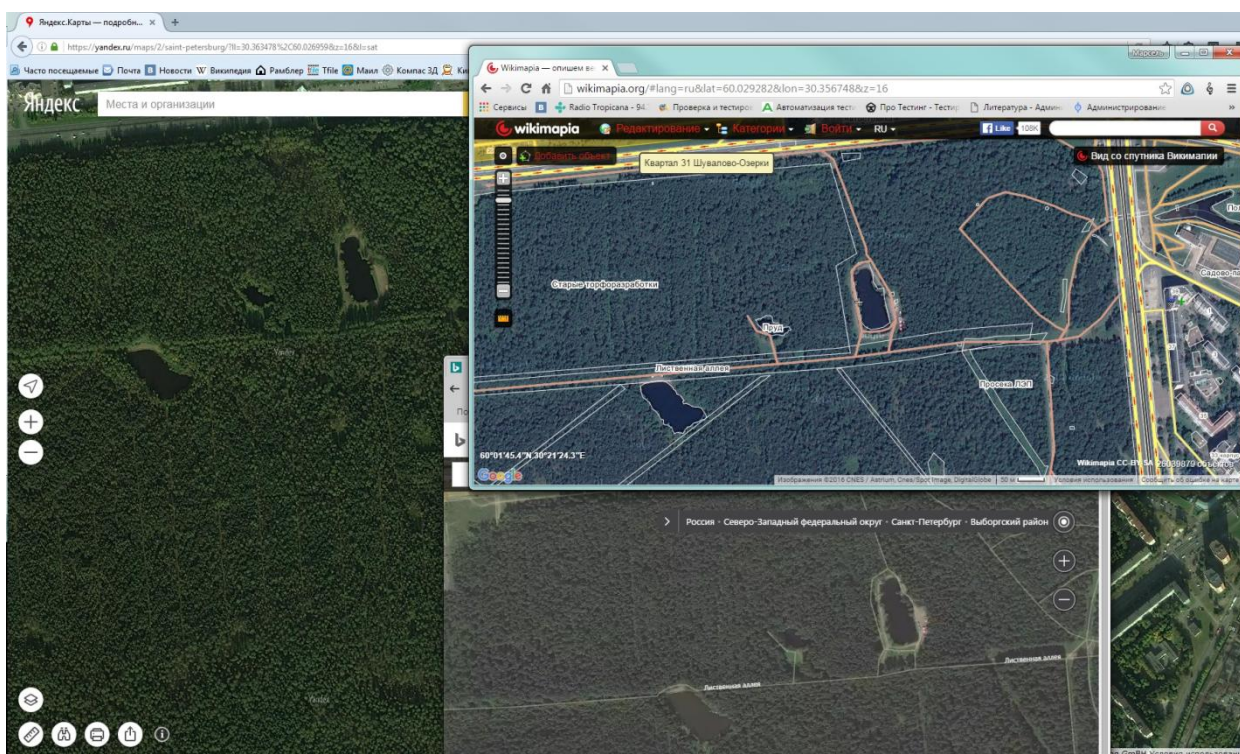


Рисунок 20. Сравнение лесопарка «Сосновка» на основе трёх разных спутниковых материалов используя многооконный режим разных браузеров.

Для визуального анализа исследуемой территории требуется постоянное переключение между браузерами, что усложняет работу по способу отображению спутниковой карты одновременно. Исходя из

вышеуказанных недостатков базовое решение отображения картографической и спутниковой информации в интерактивном картографическом сервисе устроено таким образом, что бы исследуемая территория отображалась единообразно и одновременно в трёх окнах для визуального сравнения и оперативности доступа к материалам.

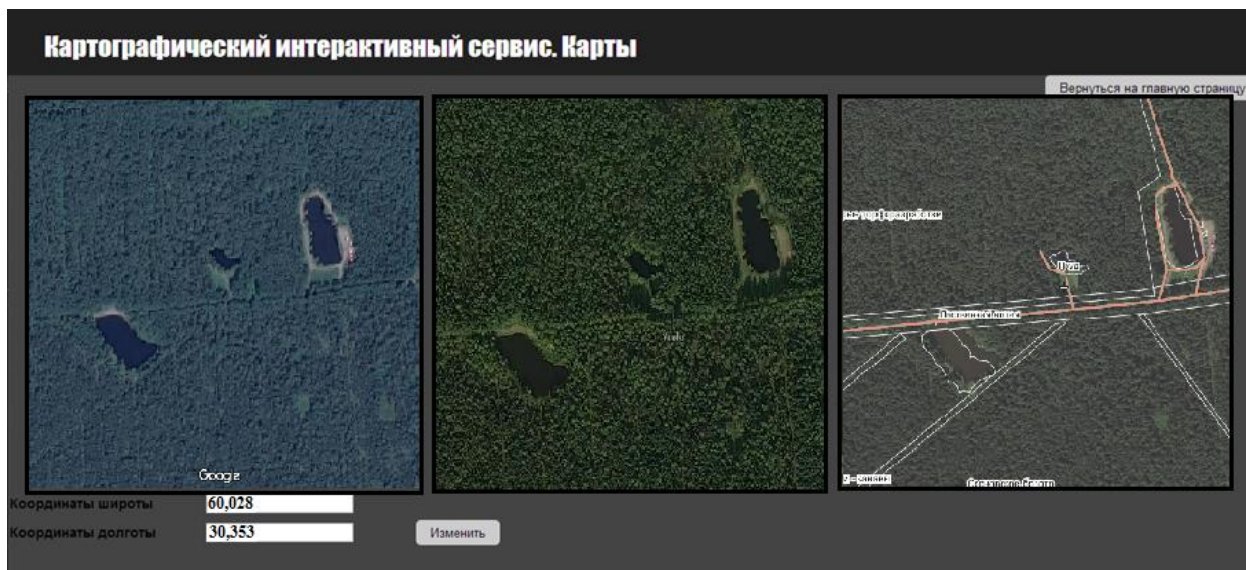


Рисунок 21. Сравнение лесопарка «Сосновка» в Интерактивном картографическом сервисе.

2.4.6 Производительность картографического сервиса в среде Windows.

Использование интерактивного картографического сервиса в самой распространённой пользовательской операционной системе характеризуется общей нагрузкой разработанной программы и потреблением системных ресурсов.

Для визуализации нагрузки приложения на центральный процессор используется диспетчер задач, операционной системы Windows, который показывает хронологию загрузки центрального процессора в реальном времени, при работе картографического сервиса. Операционная система Windows является наиболее распространённой пользовательской системой,

следовательно, необходимо учитывать взаимодействие сервиса с данной операционной системой. Просмотреть эффективность работы сервиса возможно при помощи простого алгоритма действий связанных с мониторингом в реальном времени нагрузки на систему и отображении результата в виде графика. Многооконный режим, используемый для аналогичных действий сравнения исследуемой местности, обладает рядом недостатков, влияющие не только на наиболее продолжительный процесс отображения заданной территории, но и на системные требования, ввиду запуска большого количества процессов, выполняемых при запуске не скольких браузеров. При использовании интерактивного картографического сервиса не требуется отладка масштаба каждой карты, достаточно найти необходимую территорию, синхронизация карт происходит в автоматическом режиме. Многооконный режим увеличивает нагрузку на системные требования компьютера (Рис.22.) Возрастает количество времени и действий с отладкой и расположением окон на экране монитора. При работе с картографическим сервисом, снижается нагрузка на центральный процессор в сравнении с аналогичными действиями в многооконном режиме использования браузеров, все действия выполняются в едином окне, происходит минимизация времени настройки исследуемой территории.

Метрика, отражает процент загрузки ядер процессора из заданного определенного интервала, потраченного на вычисления для процесса веб-приложения. Анализ истории потребления ресурсов процессора может объяснять влияние на общую производительность системы потоков обрабатываемых данных, конфигурации приложения и операционной системы, мультипоточности вычислений, и других факторов. [68] Исходя из этого оценка воздействия работы интерактивного картографического сервиса на степень загрузки оперативной памяти и процессора, является таким параметром, который требуется проанализировать. Время нагрузки 60 секунд, выполняемое действие - вход в режим сравнения картографических

данных. Результат - снижение нагрузки на процессор и обработки данных в диске, планомерное потребление ресурсов устройства, при использовании интерактивного картографического сервиса. (Рис.23)

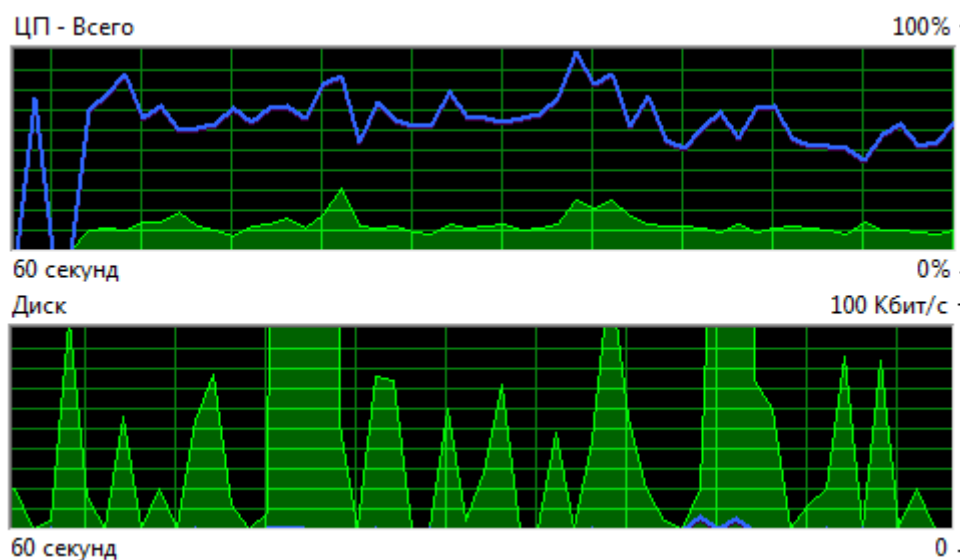


Рисунок 22. Хронология загрузки центрального процессора в режиме реального времени использования трёх браузеров в операционной системе.Windows 7.

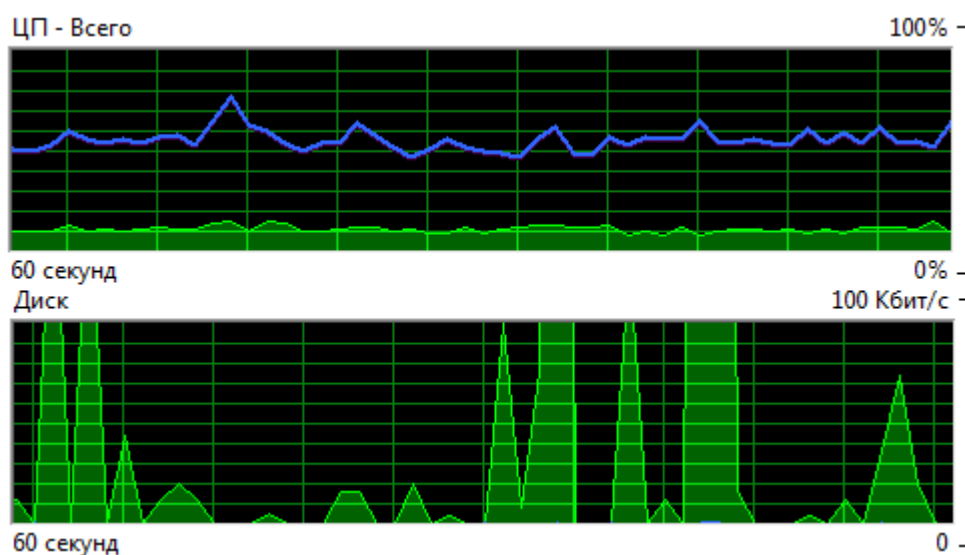


Рисунок 23. Хронология загрузки центрального процессора в режиме реального времени использования интерактивного картографического сервиса в операционной системе Windows 7.

2.5 Интеграция прикладных модулей в картографический сервис.

Система картографического сервиса предполагает расширение и интеграцию прикладных модулей, за счёт увеличения функционала программы сервиса, это могут быть как специально написанные модули для картографического сервиса, так и отдельные приложения интегрированные в сервис, для наполнения картографической базы данных системы сервиса.

Модули задачи могут писаться как на одном языке программирования, так и на разных языках, в этом случае говорят, что используется многоязыковая система программирования. Преимуществом модульного программирования является локализация места ошибки: обычно исправление ошибки внутри одного модуля не влечет за собой исправление других модулей.[8]

Распределённое окно карт – механизм и отдельный модуль, в составе интерактивного картографического сервиса, он позволяет выбрать дистанционные материалы зондирования Земли дополнительных источников, с целью увеличения информации об исследуемом участке. Дополнительными источниками геопространственной информации являются открытые виртуальные глобусы, но для использования данных виртуальных глобусов требуется специальный механизм подключения к самому виртуальному глобусу. Компании разработчики виртуальных глобусов предоставляют технологию отображения на веб-сайтах их контента для использования, иначе называемое – плагин. Плагин — независимый компилируемый программный компонент, динамически подключаемый модуль к основной программе, предназначен для расширения и использования её возможностей. Фактически это дополнение (приложение) для браузера, которое расширяет возможности браузера в рамках запрограммированного функционала.

2.5.1 Механизм отображения плагинов в картографическом сервисе.

Для повышения количества данных в сервисе и выбора картографических материалов, интерактивный картографический сервис в своей структуре может содержать дополнительные независимо подключаемые модули или плагины. В сервисе используются только открытые и свободно распространяемые источники интернет геоданных. Одним из примеров подключения плагина к системе сервиса можно продемонстрировать, используя ресурс, предоставляющий такие возможности в рамках бесплатной и условно-бесплатной лицензии.

Первоначально в скрипте указывается ресурс, который содержит метод `google.load`, для загрузки отдельных API Google карт. API Google Карт – это бесплатная служба, с помощью которой можно добавлять Google Карты на общедоступные веб-страницы и в приложения для мобильных устройств. Далее в скрипте указывается функция `google.load`, которая определяется параметрами - название модуля – `earth`, и работающей версией – 1.

Дополнительно необходимо присвоить карте `id`, контейнер для загрузки в сервис. Далее создаются функции инициализации глобуса. Для работы необходимы три алгоритма, выполняющие следующие действия:

- создавать новый экземпляр плагина - `init()`;
- инициализироваться после успешного создания экземпляра плагина - `initCB()`;
- инициализироваться, если экземпляр создать невозможно - `failure()`.

Экземпляр плагина загружается по функции `setOnLoadCallback()`, которая вызывает указанную функцию после загрузки страницы.

В результате интеграции в сервис плагина он содержит в себе трехмерную карту – виртуальный глобус с возможностью просмотра всего земного шара. (Рис.24)

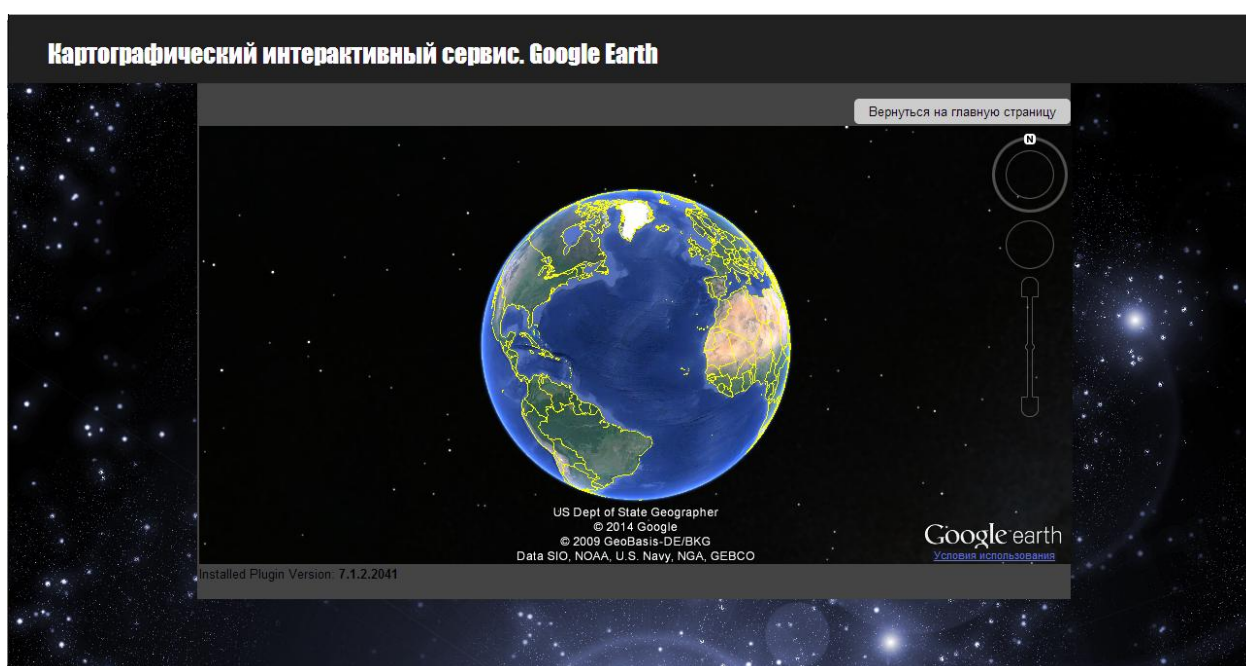


Рисунок 24. Плагин Google Earth в интерактивном картографическом сервисе.

Часть программного кода реализующий размещение виртуального глобуса в сервисе:

```
<body onload="init()" style="font-family: arial, sans-serif; font-size: 13px; border: 0;">
```

```
<header>
```

```
<h2>Картографический интерактивный сервис. Google Earth</h2>
```

```
</header>
```

```
<div class="main" style="width: 900px">
```

```
<table class="tab">
```

```
<tr>
```

Аналогичным образом на сервис могут интегрироваться плагины виртуальных глобусов других производителей (Nasa Worls Wind, Marble Portable). При этом отмечено, что скорость загрузки данных в плагине значительно выше, чем аналогичная загрузка данных в программу установленной на компьютер пользователя.

2.6 Использование сервиса для визуальной оценки лесных земель.

В настоящее время материалы о лесном фонде устарели на 20 лет. В Российской Федерации с 2008 года производилась государственная инвентаризация лесов, результаты которой к настоящему времени не были опубликованы. Для эффективного планирования и своевременного выявления, а также прогнозирования развития процессов, оказывающих негативное воздействие на леса, требуется актуальная информация о лесах. В условиях дефицита информации о состоянии лесного фонда, возможно использование дополнительных открытых источников для получения всесторонней информации о лесах.

Прикладные задачи, в использовании которых возможно задействовать интерактивный картографический сервис в концепции лесной отрасли:

- 1) Просмотр изменения естественных границ таксационного выдела за период времени;
- 2) Выявление изменений территории под воздействием антропогенных нагрузок;
- 3) Выявление изменения покрытых лесом земель под воздействием естественных факторов (ветровал, бурелом);
- 4) Выявление наиболее актуальной спутниковой съёмки лесных земель;
- 5) Выявление незаконных рубок на территории лесничеств; (Рис.25)
- 6) Расчёт площади рубок;
- 7) Фиксация на сервисе территорий подвергшихся лесным пожарам;
- 8) Определение административных границ лесничеств;

Для решения вышеуказанных задач, требуется расширить функциональную систему интерактивного картографического сервиса, интегрировать новые модули анализа и способ загрузки изображений из сети интернет, требуется разработка API интерфейса с целью визуализации

границ лесничеств, разработать специальный механизм распознавания таксационных показателей на основе открытых материалов из сети.



Рисунок 25. Мониторинг рубок на основе спутника Wordwiew-2.



Рисунок 26. Определение границ лесничеств, используя картографический сервис Wikimapia средствами технологии API.

2.7 Выводы по главе 2.

В данной главе описана концепция системы интерактивного картографического сервиса, разработаны структурно-логические связи между элементами информационной системы интерактивного картографического сервиса и сделаны следующие выводы:

- 1) Указаны требования к проектированию информационной системы сервиса.
- 2) Разработаны механизмы функционирования интерактивного картографического сервиса.
- 3) Разработан интерфейс сервиса, основанный на модульной системе взаимодействия.
- 4) Показаны способы реализации механизмов функционирования картографического сервиса.
- 5) Решена задача программно-технического проектирования сервиса.
- 6) Показаны средства и инструменты разработки сервиса.
- 7) Указаны источники геопространственной информации в интерактивном картографическом сервисе и механизмы доступа к ним.
- 8) Проведено сравнение использования многооконного режима просмотра карт в веб-браузере и сравнения режима просмотра карт при использовании картографического сервиса.
- 9) Реализован способ интеграции в сервис дополнительных источников (плагинов) для отображения картографической информации.
- 10) Произведена визуализация способов применения картографического сервиса в решениях лесохозяйственных задач.

ГЛАВА 3 Разработка методики определения базовых таксационных показателей насаждений в интерактивном картографическом сервисе.

Развитие информационных технологий предопределило внедрение элементов автоматизации в самые разные отрасли человеческой деятельности. Не исключением стала и лесная таксация, доказательством этому служат обширные исследования учёных на данную тематику [84,86,90,91,93,94,95,96,105,110,120]. Для определения таксационных показателей используя программно-технический подход, первоначально требуется определить, что входит в понятие таксационных показателей насаждений.

Таксационные показатели насаждений - система таксационных признаков насаждений, определяющих их количественную и качественную оценку, биологические и физические особенности их строения и производительность в определенных лесорастительных условиях в пределах занимаемой ими площади. Таксационные показатели являются базой для составления таксационного описания в процессе таксации лесного фонда.[35]

Одним из способов получения информации о лесах является дешифровочный способ. Дешифрирование – это процесс распознавания: объектов, их свойств, взаимосвязей по их изображениям на снимке. Это и метод изучения и исследования объектов, явлений и процессов на земной поверхности, который заключается в распознавании объектов по их признакам, определении характеристик, установлении взаимосвязей с другими объектами.[37] Использование современных технологий и многоисточниковый подход к сбору информации о состоянии лесов является необходимым процессом для внедрения информационных технологий в лесную отрасль. Многоисточниковая информация о лесах включает в себя весь спектр данных, которые можно получить полевыми и дистанционными способами. Методология сбора средств лесотаксационной информации

многоисточниковым подходом объединяет данные спутниковой съёмки, аэрофотосъёмки и данные собранные с помощью измерительных приборов полевыми измерениями. Данный подход используется в системе национальной инвентаризации лесов (НИЛ) в Финляндии.

Необходимо также учитывать общее увеличение производительности и доступности программно-аппаратных средств, использующихся во всех отраслях страны, учёные разрабатывают и совершенствуют технологии способов машинного распознавания объектов, в том числе и распознавания образов на изображениях. Увеличилось количество разнородной географической информации в сети, с появлением web-картографии доступными становятся высококачественные спутниковые снимки Земной поверхности. Разрабатываются специальные программы и инструменты обработки взаимодействия пользователей с геопространственной информацией. С появлением открытых картографических сервисов становится возможным разрабатывать методы их использования для определения количественного и качественного состава лесов. Данные открытых картографических сервисов являются полезным инструментом, пренебрегать которым в условиях дефицита достоверной информации о лесах в настоящее время нельзя. Большинство методик получения информации о лесах дистанционным способом является трудоёмким и дорогостоящим процессом.

В России ведущее место в картографировании страны, в том числе лесных массивов, заняла плановая аэрофотосъёмка. Планово-перспективная аэрофотосъёмка получила крайне ограниченное распространение, а перспективная аэрофотосъёмка применяется для научных целей и для получения фотографии — панорамы местности.[42,44,55,101,113] Исходя из этого, система интерактивного картографического сервиса должна обладать функцией загрузки аэрофотоснимков высокого пространственного разрешения, с целью сравнения изображений аэрофотосъёмки и спутниковой

съёмки. При этом следует учитывать, характерные для аэрофотосъёмки недостатки. Среди основных недостатков аэрофотосъёмки можно выделить:

- Большие затраты на проведение полётов в районах исследования;
- Зависимость от метеоусловий;
- Труднодоступность территорий;
- Ограниченность по времени в проведении съёмок;
- Установка дорогостоящих оптических приборов и их настройка;

Применение программно-аппаратных средств в сочетании автоматизации способов дешифрирования снимков высокого и низкого пространственного разрешения является дальнейшим логическим способом в развитии методов определения таксационных показателей, применение данного подхода является необходимым дополнением для сбора лесотаксационных данных, учитывая особенность столь большой покрытой лесом площади занимаемой в Российской Федерации. Данные открытых картографических сервисов на сегодняшний день недооценены, в большей степени считается, что качество спутниковых изображений, которыми располагают открытые картографические интернет сервисы, не соответствует специальным требованиям, отмечается плохое разрешение и скудность покрытия площади качественными снимками. Здесь необходимо учитывать ряд факторов, влияющих на размещение в сети интернет открытых спутниковых данных, которые ранее находились в строгой секретности. Качество материалов действительно имеет такую особенность, что не все территории имеют беспрецедентное высокое пространственное разрешение, но разнородность картографических материалов в сети легко устраняет эту проблему. Так в концепции интерактивного картографического сервиса используются материалы сразу нескольких компаний, предоставляющих бесплатный доступ к материалам дистанционного зондирования. [18]

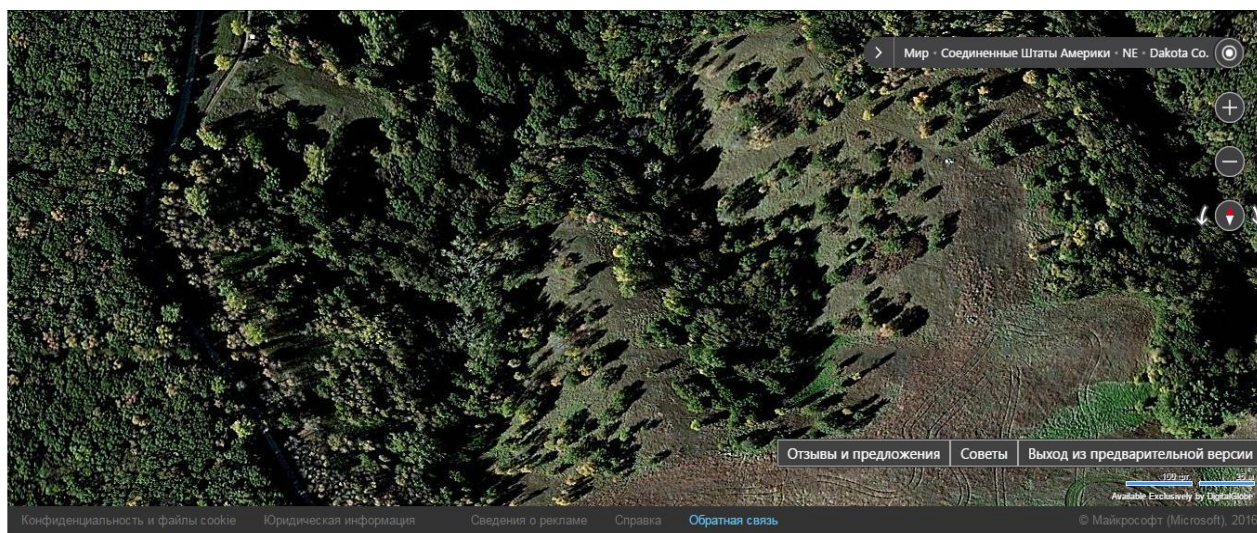


Рис.27. Данные картографического сервиса Bing.maps территория США.

На рисунке 27 изображена территория США, штат Дакота, размещенная информация находится на открытом картографическом сервисе Bing.Maps ранее известной как Microsoft Virtual Earth. На снимках подобного вида с применением программных средств можно определить следующие таксационные показатели:

- Породно-видовой состав
- Количество деревьев
- Запас
- Диаметр крон
- Густота насаждений

3.1 Концепция процессов определения таксационных показателей программно-техническим подходом.

В научных статьях и работах зарубежных учёных [81,111,114,117,118,119] отмечается возможность применения технологий лазерного сканирования и активного трёхмерного зондирования при дистанционных способах получения информации о лесе, данный подход используется в практике лесного хозяйства Финляндии. [97] После

получения высококачественных материалов требуется дальнейшая компьютерная обработка собранных данных, стоит отметить, что при большом объёме собранных данных ручная обработка является долгим и трудоёмким процессом, это приводит к тому, что обработка материалов проводится автоматически, с использованием технологий распознавания изображений. Исходя из этого, разрабатываются новые способы определения таксационных показателей методом автоматического дешифрирования на базе информационных технологий.

Автоматический анализ в системах дистанционного наблюдения широко применяется при анализе местности, в лесном хозяйстве, например, для автоматического подсчета площади вырубок, в сельском хозяйстве для наблюдения за созревaniem урожая, при разведке, в системах противопожарной безопасности.[9]

Первостепенной задачей автоматического определения таксационных показателей является определение наиболее важного параметра для лесной таксации.

Специалисты таксации отмечают что, для практики лесного хозяйства имеет значение первоначальная густота лесных насаждений и густота в периоды последующего их формирования и выращивания. «С густотой связаны формирование, структура, запас и возраст технической спелости насаждений. Поэтому важно определить «оптимальную» густоту насаждений, понимая ее как такую численность деревьев на единицу площади, при которой лесорастительные условия (климатические факторы и производительные силы почвы) используются данным насаждением полно. Показателем такой густоты является наибольший по массе и лучшего качества прирост насаждений в единицу времени.»[45]

Под густотой понимается число деревьев на 1 га. Число деревьев можно определить на основании дешифровочного способа по космическим

снимкам и автоматическим методом распознавания образов по заранее разработанному алгоритму - программным подходом.

Для выполнения процедуры расчёта количества деревьев на выбранной местности требуется специальный механизм растровой обработки изображений интегрированной в интерактивный картографический сервис. При этом необходимо учитывать, что сам процесс обработки изображения должен представлять собой набор заранее подготовленных процедур в сервисе. Функция автоматического дешифрирования местности должна быть реализована в виде конечного исполняемого запроса выводимого в окне интерфейса сервиса. Специалистам лесного хозяйства, использующим заготовленную базу запросов с расчётом количества деревьев на выбранной площади, при данном подходе, нет необходимости расходовать большое количество времени на ручное дешифрирование, используя при этом сложные геоинформационные программы и инструменты обработки изображений.

Для определения таксационных показателей с применением программных средств необходимо определить материалы дистанционного зондирования, на основании которых будет выполняться распознавание. После определения материалов, на основании которых будут выполняться алгоритмы распознавания, необходимо определить тип изображений. Различают растровые и векторные изображения. Растровые изображения состоят из пикселей в виде сетки. Пиксели - это элементы изображения; маленькие точки разных цветов, которые создают картинку, которую мы видим на экране.[62] Каждый пиксель имеет свои координаты и характеризуется яркостью, которая обозначается в условных единицах (обычно от 0 до 255 усл.ед.). Величина яркости связана со способностью земных объектов отражать солнечное излучение. От того, насколько существенно проявляются на снимках различия в яркости объектов, зависит результат дешифрирования.[36] Поскольку все данные, которыми

располагают открытые картографические сервисы, состоят из растровых изображений, весь процесс распознавания и разработки алгоритмов, по которым будет производиться процедура определения базовых таксационных показателей, будет связан непосредственно с обработкой только растровых изображений.

Качество изображений, которыми располагают данные открытых картографических сервисов, различаются в зависимости от следующих параметров:

- масштаб;
- пространственное разрешение;
- обзорность;
- спектральные характеристики;
- календарная дата съемки;
- детализация изображения;

Исходя из этого, необходимо комплексно проанализировать данные, которыми располагают картографические веб-сервисы, систематизировать их в соответствии с уровнем точности распознавания.

3.2 Определение качественных дистанционных материалов открытых картографических сервисов для анализа и процедуры распознавания.

Для определения наиболее качественных материалов необходимо определить параметры, по которым будет проводиться сравнение изображений, и данные каких картографических веб-сервисов будут использоваться. Лидерами по качеству картографических материалов и по количеству посещаемости в сети интернет можно выявить следующие компании: google.maps, bing.maps, openstreet maps, яндекс.карты, wikimapia,

here.maps.com. В качестве примера выбрано изображения сервиса Here.maps. (Рис.28)

Качество цифрового изображения зависит от условий освещения, а также от характеристик регистрирующей системы: соотношения сигнал/шум, статистических характеристик шума, градационных характеристик, интервалов дискретизации спектральных (цветовых) характеристик и т.д. Оценка качества изображения является достаточно сложной комплексной задачей.[51]



Рис.28. Площадь покрытая лесом, данные картографического сервиса Here.maps (до 2012 г. Nokia Maps)

Параметры для сравнения качества изображений с картографических сервисов:

- высота съемки;
- яркость;
- контрастность;
- преобладающий тон;

- резкость;
- пикселизация;
- масштаб;
- объем памяти экспортируемого изображения;

Таблица 2 — Данные исследуемых изображений

Снимок	Материалы ДЗЗ	Масштаб	Поставщики данных	Пространственное разрешение на м.	Дата съёмки
1	Bing.maps	1:50	Landsat, Аэрофото	(30-1) м, до 0,75 см	2016
2	Google.maps	1:50	Digital Globe	(30-1) м 0,5 м город	2014
3	Nasa World W.	1:100	Nasa	(30-1) м	2004
4	Wikimapia	от 20-50	Гибридные	(30-1) м	с 2007
5	Яндекс.Карты	1:50	Сканэкс	(15-5) м	2013
6	Here.maps.com	1:50	Navteq	(30-1) м	2012

После выбора материалов для последующей обработки, требуется определить таксационные показатели исследуемых участков, для этого необходим комплексный алгоритм обработки изображения, после применения алгоритма данную методику можно интегрировать в виде готовой системы набора запросов в интерактивный картографический сервис.

3.3 Процесс обработки материалов с применением программных инструментов.

Задача определения таксационных показателей сводится к тому, что первоначально необходимо получить данные из выбранных изображений открытых картографических сервисов для анализа, которые впоследствии можно обработать. Реализовать данную задачу можно применив инструменты обработки растровой графики. Изображение, которое получено со спутниковой съёмки несёт в себе цифровую информацию о местности, однако визуально посмотрев на площадь покрытую лесом (Рис.26) невозможно уловить мельчайшие детали данного изображения, следовательно, нельзя полноценно проанализировать выбранную местность только визуальным подходом, для этого потребуется применить специальные фильтры, которые могут дополнить данные идентифицируемой местности. Технология машинной обработки распознавания может выявить программным способом такие параметры, которые не в состоянии воспринять человеческий глаз. Важно так же учитывать, что программный подход может включать в себя написание алгоритмов целой командой специалистов программирования, что способствует совершенствованию методов распознавания и увеличивает точность определения таксационных показателей. При ручном дешифрировании анализируемой местности возникает определённая степень субъективизма дешифровщика, компьютерная обработка, напротив, следует четко заложенному алгоритму, а внесение изменений в алгоритм работы распознавания зависит от внесения изменений в исходный код процедуры обработки.

Для повышения точности распознавания после выбора исходных данных требуется фрагментировать изображение, на следующем этапе пикселизировать фрагмент изображения для сбора базовых показателей и классифицирования. Данная процедура необходима для создания базы

эталонов, на основании которых будет проводиться сравнение выбранной местности

Пиксель – это логический графический элемент, и, следовательно, он поддаётся анализу, обработке и изменению. Пикселизация – это метод цифровой обработки изображений и графики, суть которого в изменении пиксельной детализации изображения, а именно, - уменьшение размера его части (частей) или изображения в целом. [56]

3.3.1 Программная обработка изображений для расчёта количества деревьев.

Для применения специальных фильтров была использована программа с открытым исходным кодом Inkscape. Обработка материалов с открытых картографических сервисов необходима для повышения качества изображения и точности определения параметров (Рис.29), применив фильтр «Briliance» на изображение, в котором присутствуют деревья, визуально можно определить улучшение различимости породно-видового состава на исследуемом участке. Для определения числа деревьев на выделе требуется иная обработка изображения с применением разных фильтров, увеличивающих контуры крон каждого дерева.

В теории распознавания образов используется следующая модель формализации признаков:

Ω – множество объектов распознавания (пространство образов).

$\omega : \omega \in \Omega$ – объект распознавания (образ).

$g(\omega) : \Omega \rightarrow M, M = \{1, 2, \dots, m\}$ – индикаторная функция, разбивающая пространство образов на Ω на m непересекающихся классов $\Omega^1, \Omega^2, \dots, \Omega^m$.

X – пространство наблюдений, воспринимаемых наблюдателем (пространство признаков). $X(\omega) : \Omega \rightarrow X$ – функция, ставящая в

соответствие каждому объекту ω точку $x(\omega)$ в пространстве признаков. Вектор $x(\omega)$ – это образ объекта, воспринимаемый наблюдателем.

$\hat{g}(x): X \rightarrow M$ – решающее правило – оценка для $g(\omega)$ на основании $x(\omega)$, т.е. $\hat{g}(x) = \hat{g}(x(\omega))$. Задача распознавания заключается в построении такого правила $\hat{g}(x)$, чтобы распознавание проводилось при минимально допустимом числе ошибок. Качество решающего правила измеряют частотой появления правильных решений, его оценивают наделяя множество объектов Ω некоторой вероятностной мерой. Тогда задача распознавания записывается в виде $\min P\{\hat{g}(x(\omega)) \neq g(\omega)\}$.

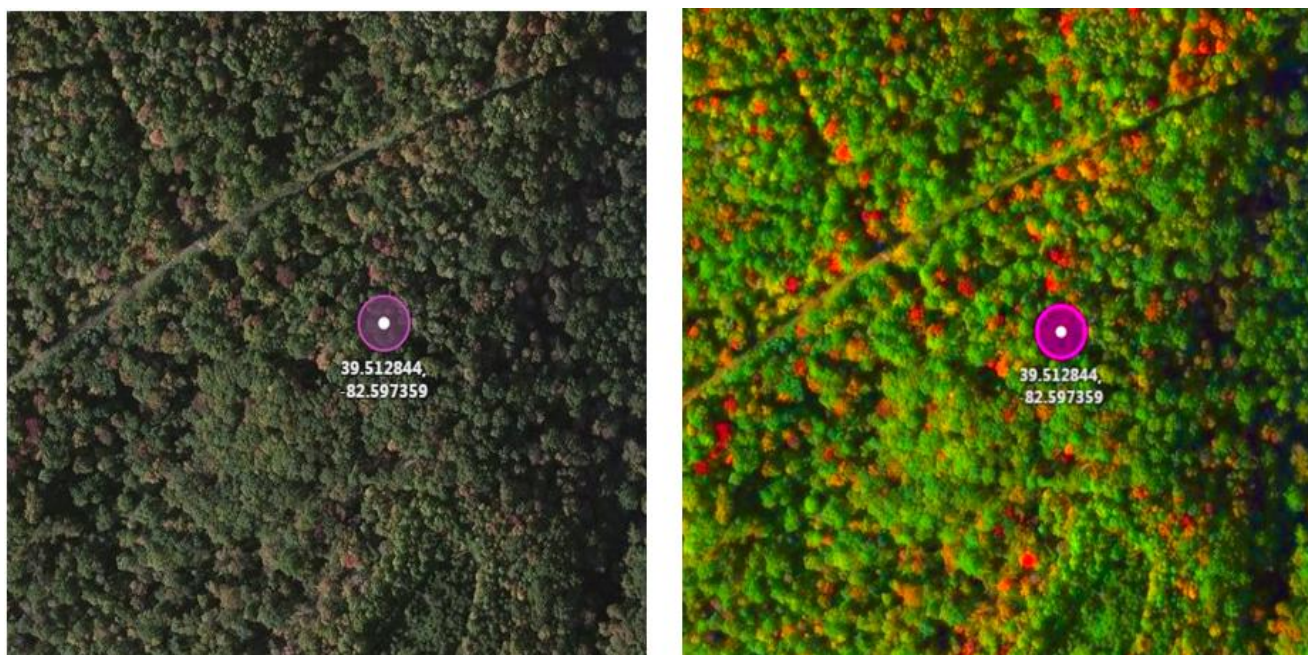


Рисунок 29. Применение фильтра для повышения спектральных характеристик лесного участка данные открытого картографического сервиса Bing.Maps.

Для того, чтобы механизм процесса распознавания был максимально прост в использовании, необходимо составить алгоритм работы процедур, в котором будет производиться поэтапная обработка изображений. После составления алгоритма работы данные функции можно интегрировать в интерактивный картографический сервис, для этого необходимо

использовать модульную структуру сервиса, JavaScript будет выступать основным средством, в котором будут описаны методы распознавания изображений. (Рис.30)

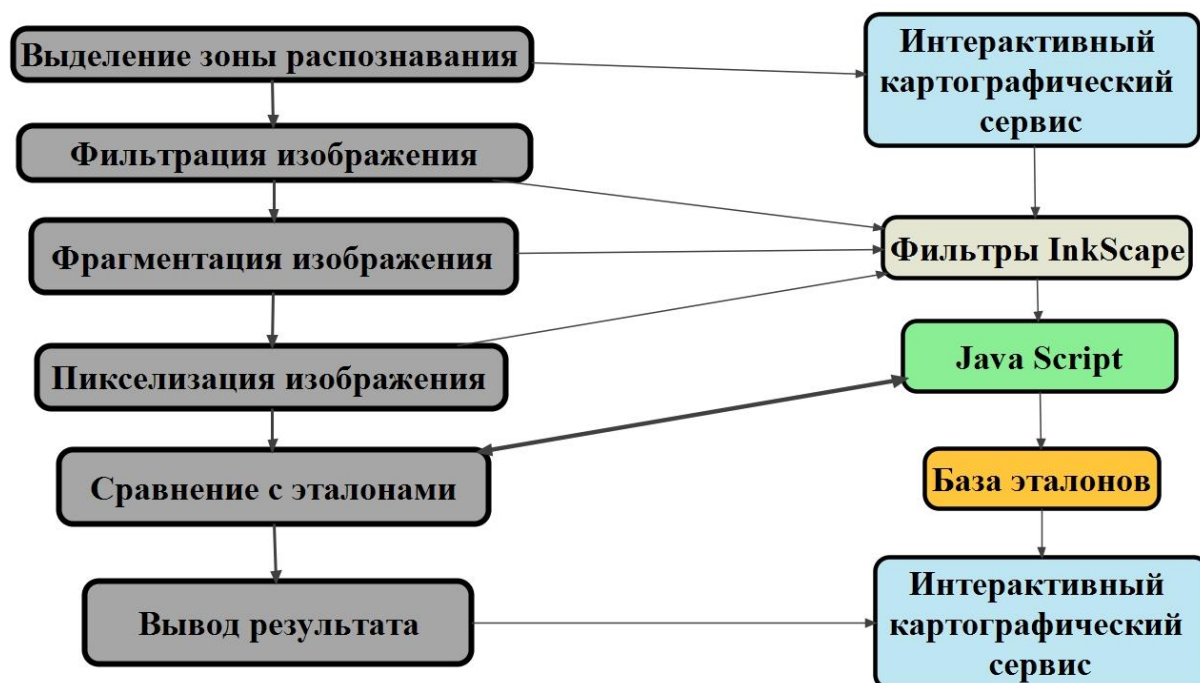


Рисунок 30. Процесс распознавания и используемые инструменты.

Для определения числа деревьев на изучаемом объекте необходимо использовать высококачественные дистанционные материалы съемки Земной поверхности. В процессе исследования будут задействованы два источника получения информации изучаемого объекта. В качестве примера сегментации изображения были выбраны данные картографического сервиса Bing.Maps.

Определение количества деревьев на 1 Га. Для определения количества деревьев методом логического вывода требуется задать условие эталонов. Механизм определения количества деревьев будет рассчитываться через алгоритм поточечного процентного сравнения с эталоном. Для получения инвариантности относительно размера и положения элемента, необходимо провести предварительную предобработку и задать критерии условия, после чего в процессе выполнения алгоритма будет происходить сравнение с

заготовленной базой эталонов изображений. Если совпадение больше 70% заданного условия, то образ считается распознанным и соотносится к классу «дерево», ему присваивается численный идентификатор, который заносится в базу данных. Расчет количества деревьев будет производиться на лесном участке в квадрате размером 100х100 метров. (Рис.31)

Используя распределённое окно просмотра карт, в интерактивном картографическом сервисе выбирается наиболее лучшее изображение по параметрам, приведённым в пункте 3.2., далее изображение сегментируется на части. Затем для повышения четкости контуров объекта на изображение накладывается фильтр для выделения контуров.

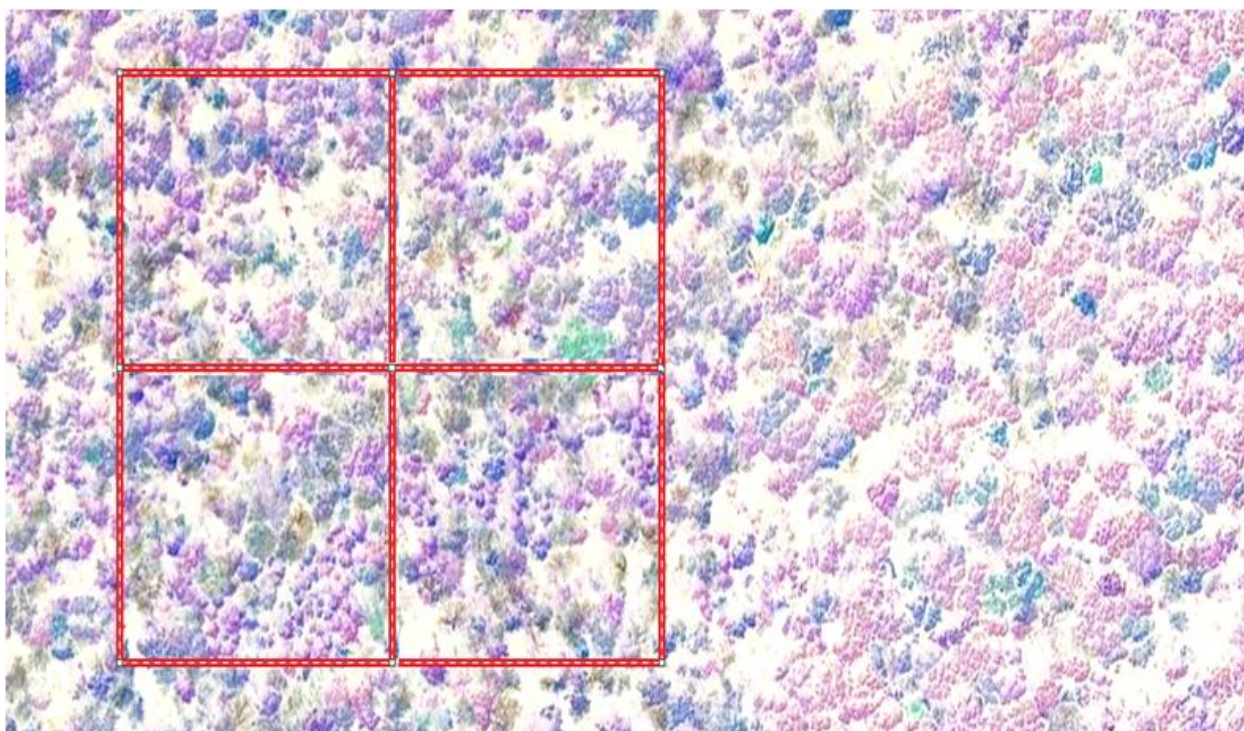


Рисунок 31. Выделение и сегментация изображения для определения числа деревьев.

Сегментацией изображения называется разбиение изображения на непохожие по некоторому признаку области. Сегментация играет важную роль в задачах обработки изображений и компьютерного зрения.[19] Важно принимать во внимание тот факт, что качественные изображения с высоким пространственным разрешением имеют большой размер памяти,

следовательно, в процессе обработки таких материалов будет увеличиваться время обработки, занимаемое на пиксельную обработку, сегментация изображения позволяет разделить большое изображение на группу изображений, при этом процесс распознавания будет занимать меньшее время.

3.3.2 Формирование матрицы эталонных образцов символов.

После процедуры сегментации изображения необходимо заготовить базу эталонных образцов, по которым будет производиться сравнение, для этого создаётся выборка эталонов размером 32х32 пикселей из исследуемого изображения. (Рис.32) Матрица состоит из 4 строк и 6 столбцов, в каждом из которых содержатся эталоны, на основании которых будет производиться компарирование.

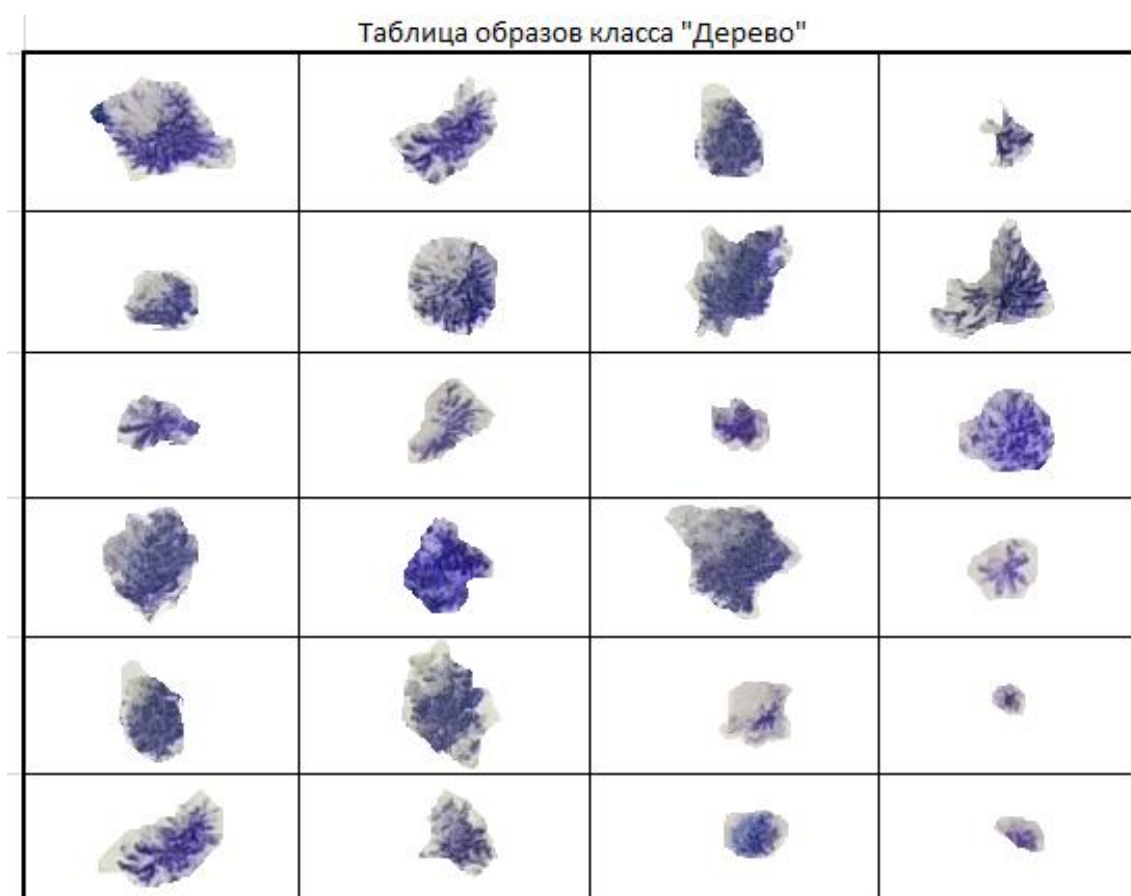


Рисунок 32. Матрица эталонных изображений.

Алгоритм сравнения реализован на языке программирования JavaScript, к которому подключена база MySQL, в которую будет сохраняться результат распознавания и выводиться в виде отчёта после обработки файла изображения. В принцип работы алгоритма необходимо установить значение условия, по которому элемент будет считаться распознанным. Наиболее оптимальным вариантом установления допустимого значения для

распознанного элемента будет процентное соотношение, его значение задается оператором и зависит от следующих параметров:

- Размер изображения;
- Размер матрицы эталонов сравнения;
- Детализация изображения;
- Пространственное разрешение;

Исходя из данных параметров, необходимо объективно задать пороговое значение, по которому элемент будет считаться распознанным, от этого зависит точность распознавания. В случае, когда распознавание производится по космическому снимку с низким пространственным разрешением, процент распознавания должен быть снижен. Для изображения высокого пространственного разрешения пороговое значение распознавания задается на уровне 70 %, учитывая спецификации файла изображения.

Распознавание происходит в два этапа: сначала вычисляется значение всех границ контуров элемента, затем сравнивается значение пикселей эталона с пикселями элемента распознавания. (Рис.33)



Рисунок 33. Значение пикселя и координат одного элемента в системе RGB.

После выполнения процедуры на языке JavaScript результат распознавания пользователю выводится в виде таблицы и отчёта процедуры.

Таблица 3 — Отчет распознанных элементов изображения

Эталон	Кол-во	Координаты	№ RGB точки фиксации	Идентификатор
Дерево 1	14	с ячейки A1	535472	28071
Дерево 2	12	с ячейки B1	393a6c	24107
Дерево 3	8	с ячейки C1	bbb3da	15758
Дерево 4	0	с ячейки D1	0	0
Дерево 5	6	с ячейки E1	b2acaf	11842
Дерево 6	11	с ячейки F1	b7b3c4	21880
Дерево 7	4	с ячейки G1	c9c1c3	7848
Дерево 8	1	с ячейки H1	302c57	1754
Дерево 9	5	с ячейки I1	86849c	9852
Дерево 10	2	с ячейки J1	dad6d0	3684
Дерево 11	7	с ячейки K1	bcb9ba	13736
Дерево 12	9	с ячейки L1	b2adb1	17896
Дерево 13	12	с ячейки A18	c9c6cd	23840
Дерево 14	8	с ячейки B18	4a4571	15851
Дерево 15	9	с ячейки C18	a190bb	17866
Дерево 16	10	с ячейки D18	a5a1b3	19902
Дерево 17	3	с ячейки E18	9a9bb9	5683
Дерево 18	6	с ячейки F18	47447b	11738
Дерево 19	4	с ячейки G18	ccc9bd	80609
Дерево 20	1	с ячейки H18	524a7f	1771
Дерево 21	2	с ячейки I18	8781a0	3774
Дерево 22	7	с ячейки J18	aba3bb	13836
Дерево 23	3	с ячейки K18	47457c	5722
Дерево 24	0	с ячейки L18	0	0
Нераспознанные	17	-	-	34255

В отчете содержатся сведения о количестве соотнесённых элементов к распознанным эталонам и не распознанные элементы. На самом файле изображения, который проходит процедуру распознавания, точками отмечаются элементы распознавания, которые автоматически привязываются к базе данных MySql.(Рис.34), при этом распознанному эталону присваивается численный идентификатор. Часть программного кода скрипта выглядит следующим образом:

```
public static void main(String[] args) throws IOException {
```

```

BufferedImage img = getBufferedImage("D:/taxation/test_Image_Spgltu.jpg");

System.out.println("Pixel 27,35 red = " + new Color(img.getRGB(13,
25)).getRed());

}

```

Данные координат - это значения пикселя в системе RGB, по которому происходит захват эталона и сравнение пикселей эталона изображения с пикселями распознаваемого элемента. Фактическое сравнение сводится к тому, что происходит анализ значений группы пикселей эталона с изображением.

Таблица 4 — Координаты захвата точек в системе RGB

Элемент 1	Элемент 2	Элемент 3	Элемент 4	Элемент 5	Элемент 6
x=139;y=369	x=288;y=73	x=362;y=192	-	x=248;y=148	x=285;y=85
x=288;y=73	x=275;y=83	x=364;y=166		x=272;y=170	x=255;y=120
x=235;y=162	x=272;y=119	x=359;y=130		x=317;y=169	x=267;y=149
x=238;y=177	x=215;y=170	x=358;y=92		x=352;y=151	x=310;y=148
x=368;y=57	x=249;y=153	x=364;y=51		x=348;y=121	x=324;y=108
x=340;y=44	x=220;y=45	x=318;y=60		x=333;y=88	x=286;y=101
x=357;y=204	x=220;y=79	x=262;y=70			x=269;y=124
x=376;y=197	x=216;y=157	x=251;y=108			x=293;y=145
x=253;y=74	x=221;y=187				x=310;y=126
x=297;y=49	x=250;y=193				x=290;y=127
x=365;y=193	x=287;y=193				x=217;y=41
x=288;y=192	x=322;y=195				
x=378;y=139					

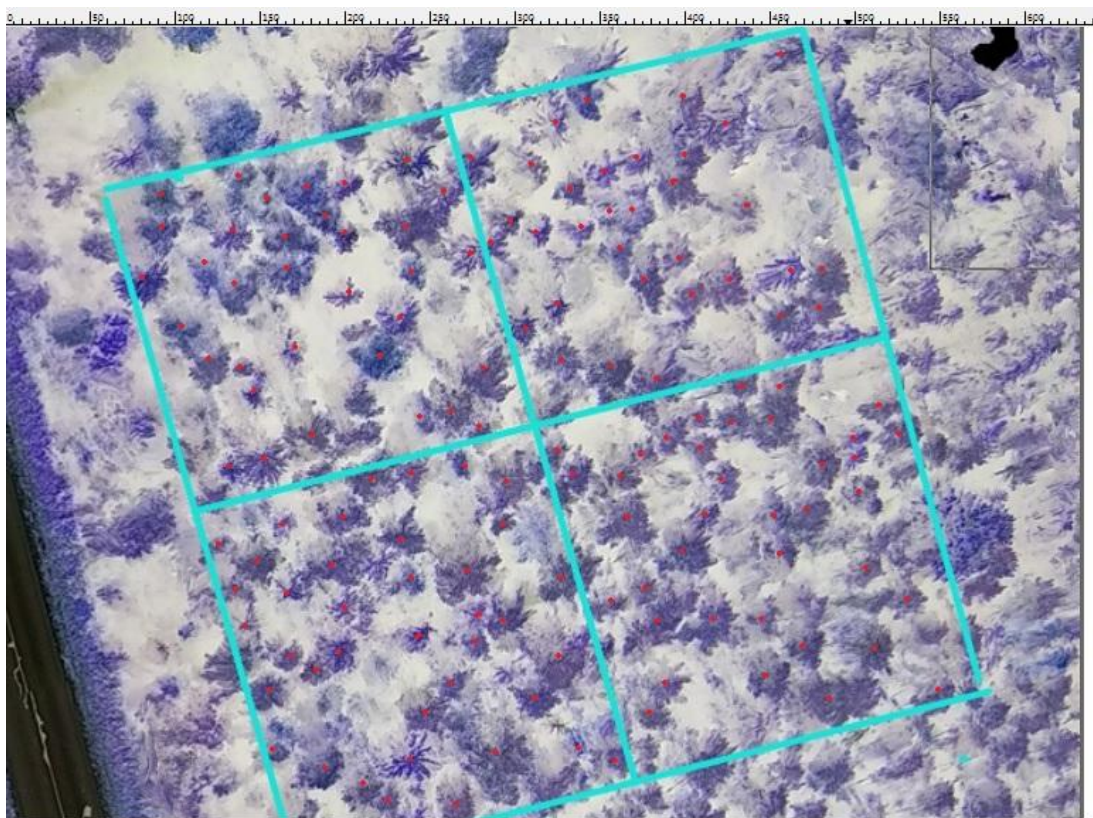


Рисунок 34. Отметки распознанных деревьев, снимок с беспилотного летательного аппарата CROPCAM.

Результат распознавания зависит от следующих факторов, которые влияют на эффективность метода:

- пространственное разрешение снимка;
- лесистость площади исследования;
- количество заготовленных эталонов в базе;
- количество пикселей на дюйм;
- результат предварительной обработки фильтром изображения.

Для повышения точности распознавания, возможно, использовать сегментацию изображения при использовании дополнительного фильтра и увеличении масштаба. При сегментации изображения уменьшается время обработки всего изображения, но повышается точность. Время выполнения самого алгоритма зависит от объема памяти распознаваемого изображения и

системных характеристик устройства, на котором производится данная процедура. Исходя из этого, необходимо учитывать дополнительную важную функцию данного метода, не только как отдельного алгоритма для обработки различных типов изображений для вычисления количества деревьев, но и интеграцию всего механизма распознавания таксационных показателей в интерактивный картографический сервис. Интеграция механизма в сервис обоснована следующим:

- 1) отсутствием у различных категорий пользователей больших объемов вычислительных мощностей;
- 2) возможностью проведения распознавания с разных типов устройств;
- 3) возможность проведения распознавания в полевых условиях;
- 4) использованием разнородных картографических материалов и выявления наиболее качественного снимка, по которому производится процедура распознавания.

3.3.3 Выполнение процедуры распознавания.

После выбора лесничества необходимо выбрать из предоставляемых карт конкретную карту для выполнения процесса распознавания, распределенное окно просмотра карт служит средством визуализации выбора процесса карты, пользователь выбирает наиболее подходящий снимок из представленных. На сегодняшний день отмечено, что лесное дешифрирование аэроснимков заключается в анализе фотографического изображения различных насаждений и других заснятых на аэроснимке объектов местности с целью отграничения и описания их характеристики для решения различных лесохозяйственных и лесоэксплуатационных задач. Исходя из этого, специалисту лесного хозяйства на первом этапе требуется визуально определить какой снимок необходимо выбрать в диалоговом окне картографического сервиса. (Рис.35)



Рисунок 35. Выбор картографических материалов для анализа в интерактивном картографическом сервисе.

После выбора снимка №3 картографического сервиса Яндекс.Карты пользователь нажимает кнопку «анализ», после чего происходит фиксация изображения и открывается диалоговое окно анализа и функционал режима

анализа лесных участков. Затем в данном режиме работы необходимо повысить спектральные характеристики изображения, методом применения к распознаваемому изображению специального фильтра. На данном этапе средствами API интерфейса в зафиксированном изображении пользователю необходимо задать масштаб и установить квадрат, в котором будет проводиться процедура распознавания. (Рис.36)

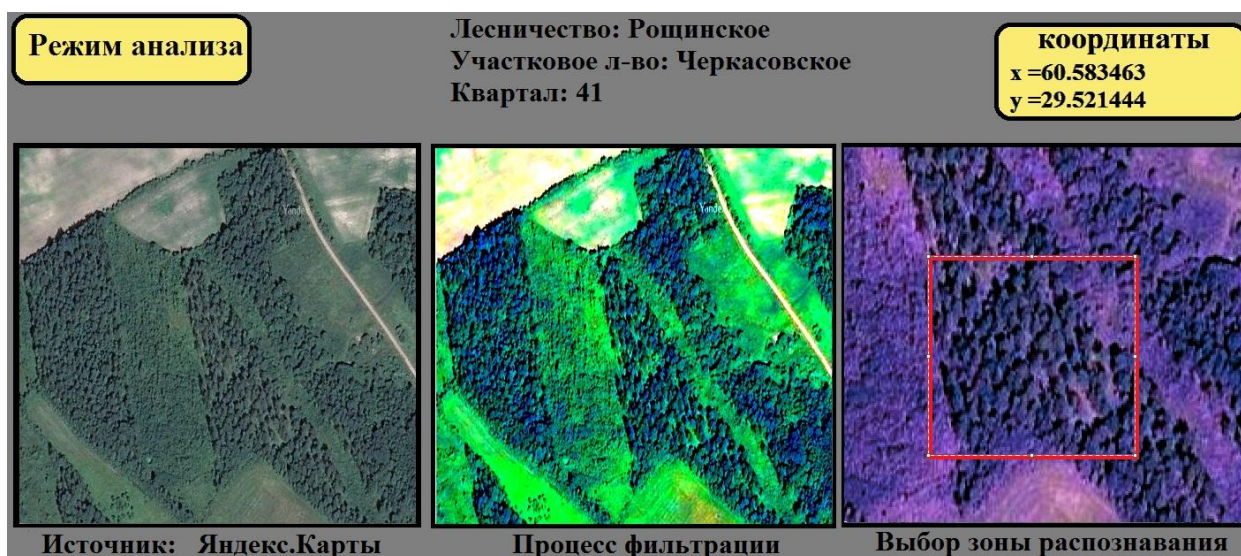


Рисунок 36. Визуализация процедуры фильтрации и выбора зоны распознавания в интерактивном картографическом сервисе.

Второй этап - это выбор эталонных значений, для повышения точности распознавания, пользователю необходимо заполнить минимум 16 значений эталонов. Действие по заполнению эталонов связано с пикселизацией и выбором порогового значения распознавания, которое задает исполнитель, и указывает при заполнении матрицы эталонов в зависимости от параметров самого изображения. После чего необходимо нажать функцию «заполнить матрицу эталонных значений», заключительным действием после сохранения матрицы эталонов на сервере интерактивного картографического сервиса будет нажатие кнопки «выполнить распознавание», в результате запускается внутренняя процедура используя прописанный скрипт в системе сервиса, скрытая от визуализации для пользователя. В результате обработки растрового изображения и наполнения отчёта данными пользователю

выводится результат распознавания. В виде отчёта и построенной таблицы, которую он может сохранить, как на сервере картографического сервиса, так и импортировать на свой компьютер или иное устройство, с которого велась процедура распознавания.

3.4 Интеграция механизма распознавания деревьев в интерактивный картографический сервис.

Концепция системы интерактивного картографического сервиса, приведенная в пункте 2.2, предполагает интеграцию и увеличение функциональности сервиса, благодаря модульной структуре информационной системы сервиса. Программы разбиваются на модули для того, чтобы: упростить их разработку и реализацию; облегчить чтение программы; упростить их настройку и модификацию; облегчить работу с данными, имеющими сложную структуру; избежать чрезмерной детализации алгоритмов; обеспечить более выгодное размещение программ в памяти ЭВМ.[74]

Механизм распознавания деревьев является процедурой написанной на прототипно-ориентированном языке программирования. Использование процедуры распознавания должно быть логически понятным действием для конечных пользователей картографического сервиса, алгоритм процедуры распознавания должен иметь интерактивную форму взаимодействия на уровне интерфейса, для оперативного решения задач специалистами лесного хозяйства расчёта и анализа исследуемой местности. В связи с этим на передовой план технологических решений выходит разработка специального, **режима** в системе сервиса, в функционал которого будет входить специально разработанный механизм расчета деревьев. Первостепенной задачей является разработка интерфейса алгоритма распознавания. Зачастую

различные программные реализации задач автоматизации и обработки информации не имеют унифицированных интерфейсов взаимодействия, что образует проблему их совместного использования для решения комплексных задач.[48] Исходя из этого, режим распознавания должен быть не только функционально логичным оперируемым действием, но и иметь диалоговое окно, в котором специалисты лесного хозяйства могут проводить обработку информации. Для интеграции механизма распознавания необходимо создать типовую схему составляющих компонентов и способа связности системы и механизма распознавания. (Рис.37)

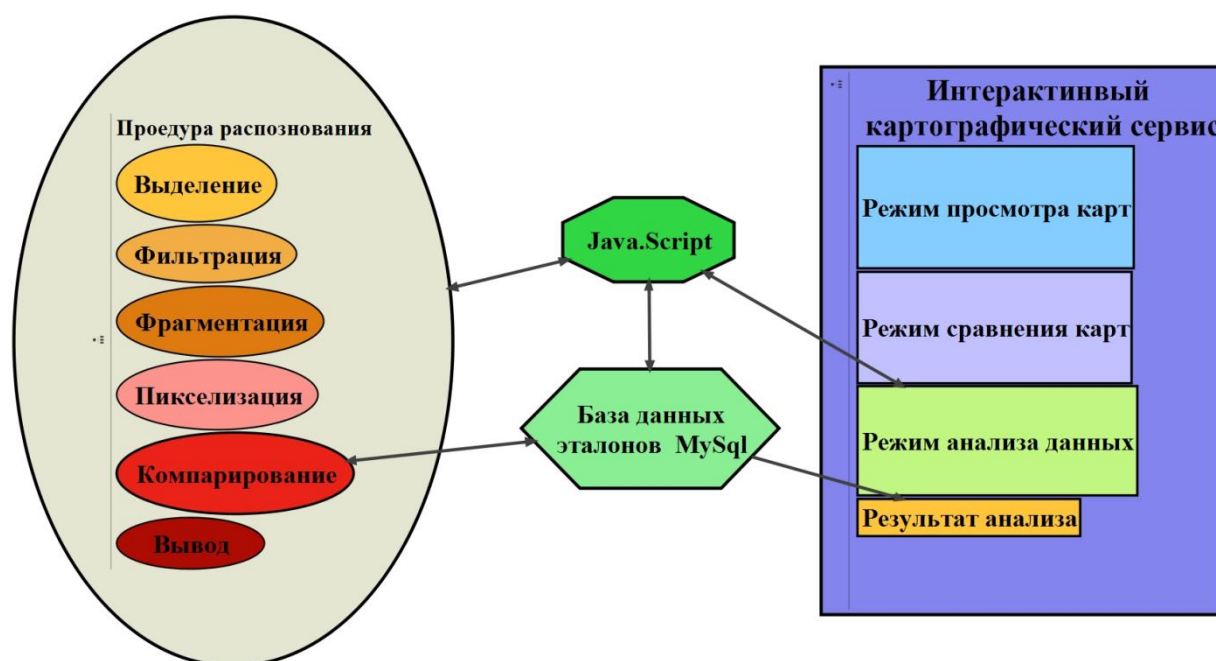


Рисунок 37. Схема способа подключения процедуры в интерактивный картографический сервис.

3.4.1 Интерфейс процедуры распознавания в системе сервиса.

В интерактивном картографическом сервисе функционирование базовых команд достигается средствами графического интерфейса пользователя (GUI). Надлежащее проектирование GUI-интерфейса требует объединения навыков художника графика, специалиста по анализу

требований, системного проектировщика, программиста, эксперта по технологии, специалиста в области социальной психологии, а также, возможно, некоторых других специалистов, в зависимости от характера системы.[29]

Этап отображения информации в сервисе начинается с диалогового окна, реализованного через каскадные таблицы стилей CSS. Для начала расчёта количества деревьев и выбора территорий, пользователь запускает сервис, где выбирает через графический интерфейс режим анализа лесных территорий. (Рис.38)

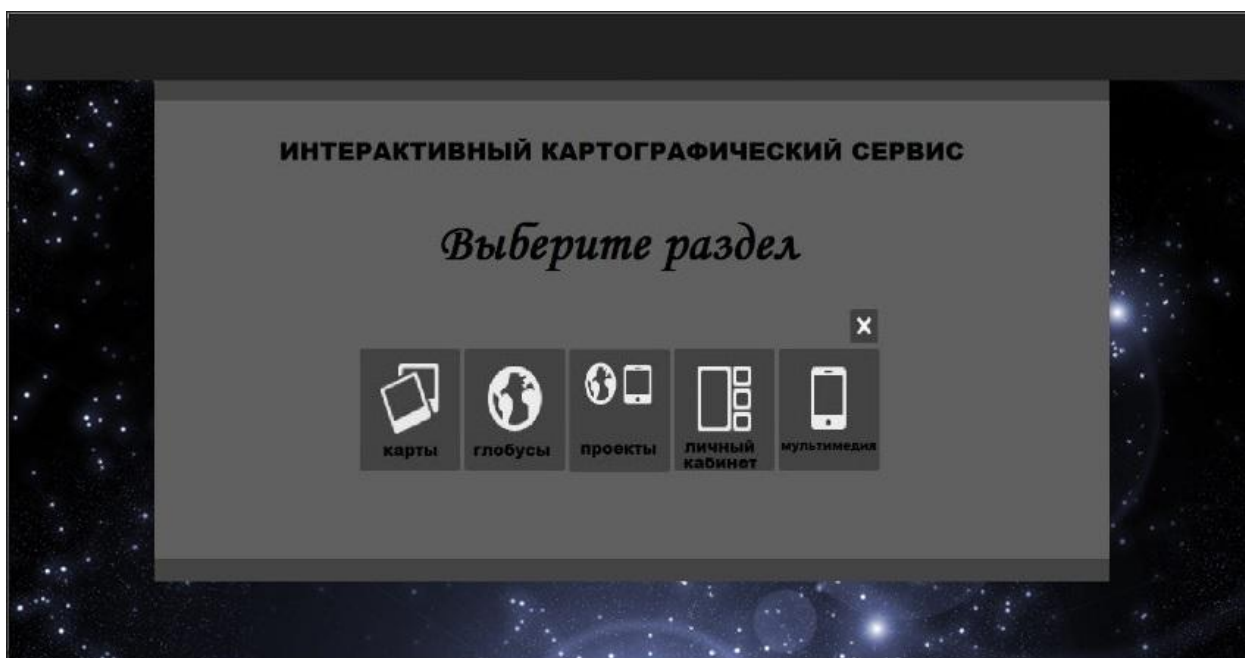


Рисунок 38. Взаимодействие пользователя через графический интерфейс.

После входа в режим анализа лесных территорий пользователю необходимо выбрать конкретную область для расчёта на ней деревьев по данным открытых картографических сервисов. Главной административно-территориальной единицей в области использования лесов является лесничество. Поэтому для навигации по карте пользователю необходим список лесничеств, входящих в область субъекта федерации с координатами центра объекта лесничества. Для этого необходимо получить данные границ лесничества, реализация данного процесса носит наполнение

информационной базы интерактивного картографического сервиса на основе открытых данных кадастровых и географических объектов. Визуализация способов отображения границ географических объектов средствами API интерфейса нашло успешное применение в он-лайн картографических сервисах. (Рис.39) Для наполнения баз данных картографического сервиса могут использоваться данные открытой кадастровой карты Росреестра и данные открытого картографического сервиса Wikimapia.

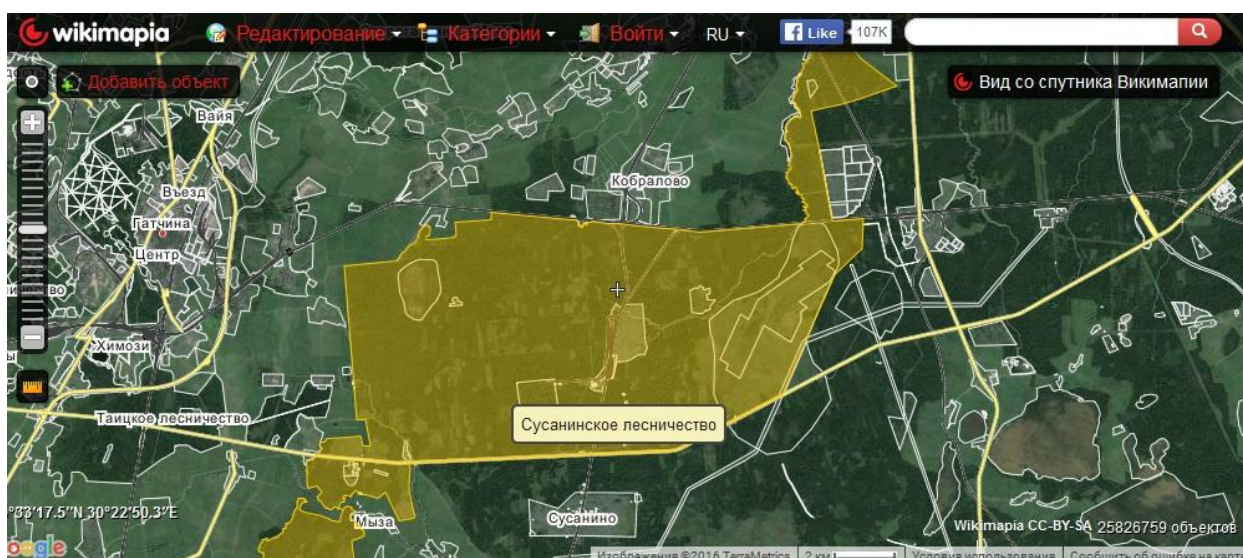


Рисунок 39. Отображение границ и всей площади Сусанинского лесничества Ленинградской области в картографическом сервисе Wikimapia.

Программная реализация данного этапа может быть смоделирована на примере перечня лесничеств Ленинградской области, при этом способ отображения самих лесничеств будет представлять собой **список**. При выборе конкретного лесничества создается переход на карту лесничества с его границами, справа открывается информационное табло с характеристиками данного лесничества. Механизм отображения списка, выполненный в среде разработке NetBeans.IDE, выглядит следующим образом:

```
</script>
```

```
<script type="text/javascript">
```

```

var syncList1 = new syncList;

syncList1.dataList = {

'len':{

'59.484739 33.865735':'Бокситогорское лесничество',
'59.442637 29.478663':'Волосовское лесничество',
'59.931851 32.367270':'Волховское лесничество',
'59.580959 30.137483':'Гатчинское лесничество',
'60.916149 34.131531':'Подпорожское лесничество',
'60.550977 30.223992':'Приозерское лесничество',
'60.257201 29.576797':'Рощинское лесничество',
'59.108735 28.095485':'Сланцевское лесничество',
'59.646002 33.515615':'Тихвинское лесничество',
}[17]

```

При данном способе указывается координатная привязка расположения центра лесничества, так же при необходимости в базу данных заносятся сведения координат административного здания, в котором расположено лесничество.

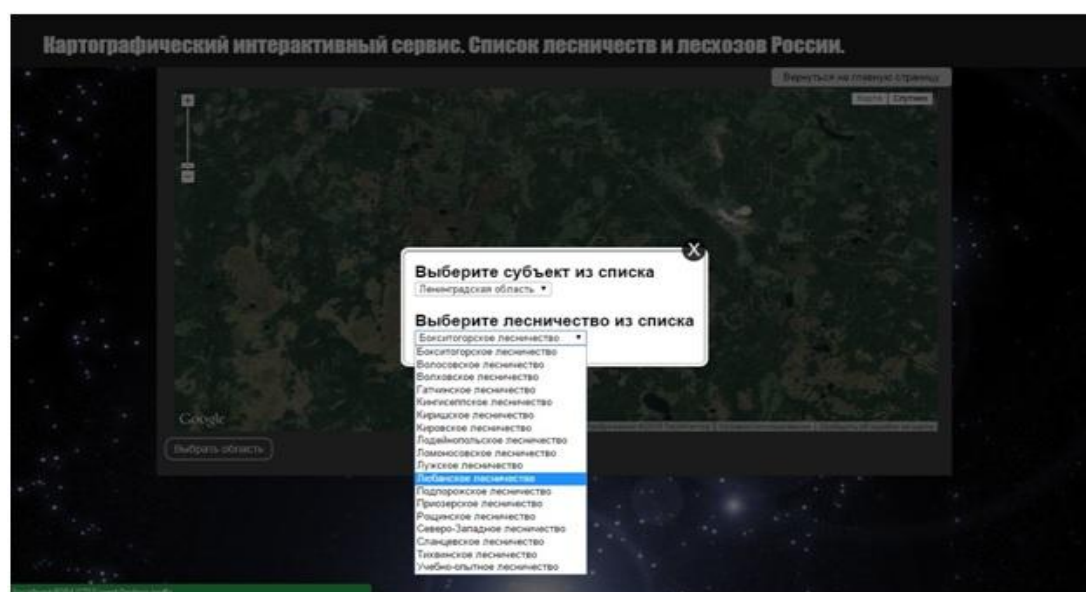


Рисунок 40. Список лесничеств в интерактивном картографическом сервисе.

3.5 Выводы по главе 3.

Развитие информационных систем предопределило использование вычислительных средств для автоматизации многих процессов в человеческой деятельности. Лесная таксация - это наука о закономерностях роста, строения и способов определения количественной и качественной оценки леса. Большую многомерность данных, которые можно получить полевым и дешифровочным способом о лесе возможно использовать для выявления этих процессов. Закономерности роста и строения выражаются в изменении математических величин, которые собирают с помощью измерительных приборов или оптическими средствами. В данной главе описана и практически реализована методика определения базовых таксационных показателей методом автоматического распознавания числа деревьев программно-техническим подходом и сделаны следующие выводы:

- 1) для определения густоты насаждений, возможно, применять разработанный метод через скрипт написанный на языке программирования;
- 2) разработана последовательная методика использования картографических материалов находящиеся в открытом доступе, для определения количества деревьев на выбранной территории;
- 3) возможно использование материалов он-лайн картографических сервисов в целях сбора лесотаксационных данных с последующей обработкой программными средствами;
- 4) обосновано создание общей открытой картографической базы данных лесничеств с визуализацией границ, для навигации специалистам лесного хозяйства, данный подход реализован в интерактивном картографическом сервисе;
- 5) реализована интеграция процедуры определения числа деревьев в интерактивный картографический сервис.

ГЛАВА 4 Экспериментальная проверка интерактивного картографического сервиса и обсуждение результатов.

Успешная реализация проекта по созданию интерактивного картографического сервиса для целей лесного хозяйства требует формирования эффективной системы проверки всех модулей и всего функционала сервиса, тестирование механизмов входящих в сервис, тестирование работоспособности сервиса, используя специальное аппаратное и программное обеспечение, а также разработку практических рекомендаций по применению, использованию и развитию сервиса.

Современное программное обеспечение является сложным многофункциональным объектом. Исходя из этого, экспериментальная проверка разработанного картографического сервиса должна содержать как общесистемные требования к тестированию подобного вида программных приложений, так и специальные требования, учитывая спецификацию данного направления разработки программы для целей лесной отрасли. Необходимо учитывать ряд факторов, которые влияют на безотлагательное функционирование системы. Поддержка комплексного функционала разработанного сервиса включает не только систематическое выполнение всех процедур в сервисе, но и поддержку аппаратной конфигурации системы, а также должно включать в себя защиту персональных данных пользователей, использующих геопространственные данные и графические изображения, загружаемые на сервер интерактивного картографического сервиса. Поэтому главными аспектами, которые должны учитываться для поддержки и сопровождения всего жизненного цикла информационной системы это – администрирование и надежность системы картографического сервиса.

Одним из способов определения эффективной работы программного комплекса картографического сервиса является тестирование разработанного web-приложения с помощью автоматических программ – тестировщиков.

Разработчики программного обеспечения определяют процесс автоматизации тестирования приложений – как процесс проверки программного обеспечения, который включает проведение таких основных функций и шагов теста, как запуск, инициализация, выполнение, анализ и выдача результата автоматически посредством специализированных инструментов. Автоматизированное тестирование – аналог ручного функционального тестирования, который выполняется программой-роботом, а не человеком.[59] Применить автоматизированное тестирование для установления наиболее уязвимых мест в работе системы и максимальной нагрузки на сервер приложения является дополнительным способом экспериментальной проверки технологических особенностей и механизмов интерактивного картографического сервиса.

Для определения работоспособности приложения в режиме использования большого количества пользователей, проводится имитация подключений к сервису сторонними программами и функциональное тестирование фактического использования заложенных процессов в разработанном картографическом сервисе.

Функциональное тестирование рассматривает заранее указанное поведение и основывается на анализе спецификаций функциональности компонента или системы в целом. Функциональные тесты основываются на функциях, выполняемых системой, и могут проводиться на всех уровнях тестирования (компонентном, интеграционном, системном, приемочном). Как правило, эти функции описываются в требованиях, функциональных спецификациях или в виде случаев использования системы (use cases).[57]

Проверка разработанного сервиса содержит в себе тестирование на подключение к сервису с различных периферийных устройств и проверку на кроссплатформенность сервиса. Необходимо комплексно протестировать работоспособность сервиса в следующих операционных системах: Windows

7/8/10, Linux, Ubuntu, SolarOS. Для написанных скриптов будет использоваться тест скрипт. Тест Скрипт (Test Script) - это набор инструкций, для автоматической проверки определенной части программного обеспечения.[58] Для того, чтобы процесс проверки и тестирования сервиса охватывал весь намечаемый спектр вышеизложенных действий, требуется составить план тестирования и технологическую схему всех процессов тестирования интерактивного картографического сервиса. (Рис.41)

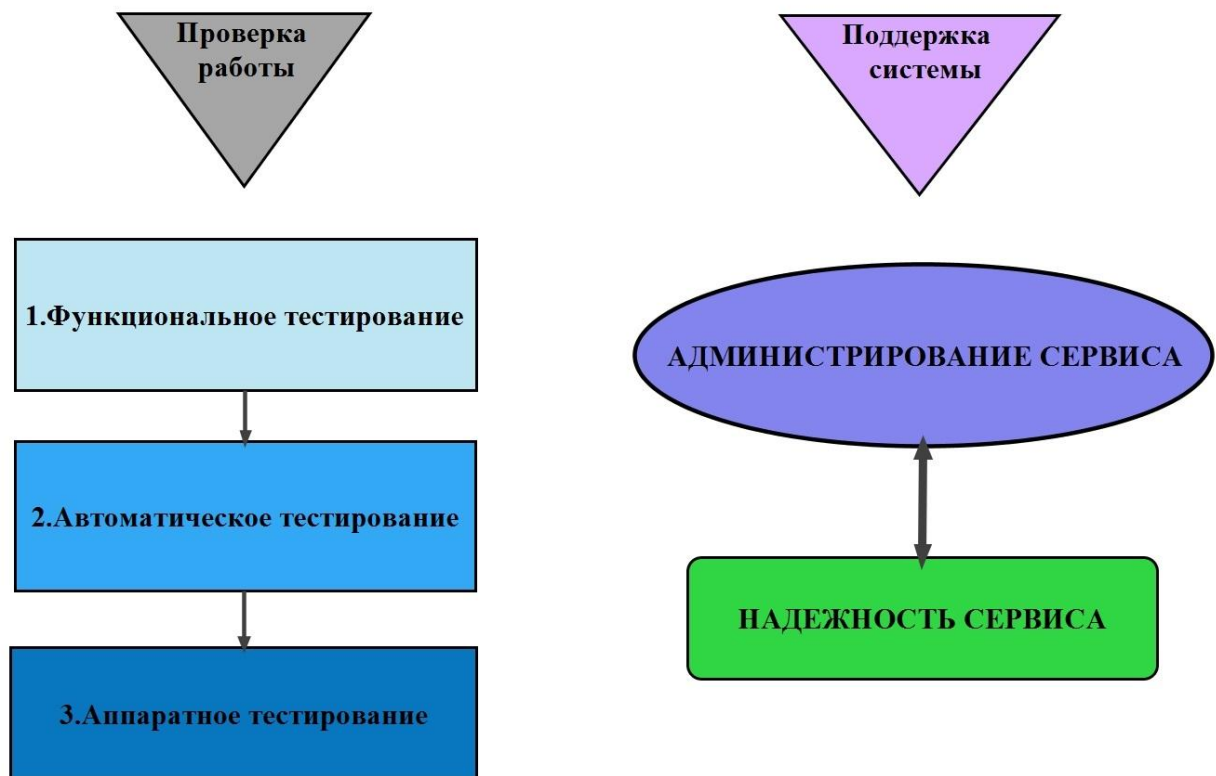


Рисунок 41. Компоненты проверки и поддержки сервиса.

Интерактивный картографический сервис – это программная система, следовательно, для обеспечения работоспособности требуется своевременное устранение неполадок в работе сервиса. До этапа тестирования система должна поддерживаться администратором конфигурации системы сервиса, исходя из этого, необходимо внедрить административные составляющие в виде процедур в состав системы сервиса. Данный подход позволит не только дополнить и расширить существующую структуру сервиса, но и выявить недостатки работы в функционале картографического сервиса при работе

специалистов лесного хозяйства, при этом администратор информационной системы сервиса выявит недостатки сервиса с целью их устранения.

4.1 Администрирование интерактивного картографического сервиса.

Администрирование информационными системами – сложный процесс, основной целью которого является приведение информационной системы в соответствие целям и задачам предприятия или организации. Для достижения этой основной цели системное управление должно быть построено таким образом, чтобы минимизировать необходимое время и ресурсы, направляемые на управление системой и, в то же время, максимизировать доступность, производительность и продуктивность системы.[2] В целях эффективного управления системой разработанного картографического сервиса следует ввести разделение на этапе входа в систему, это позволит разграничить функционал сервиса в зависимости от требований пользователя. Администратор системы сервиса при данном способе взаимодействия получает гибкую систему контроля, которая заключается в идентификации определённой проблемы и классификации в соответствии с уровнем подготовки пользователя. Для специалистов лесного хозяйства, использующих картографический сервис при возникновении проблем в части взаимодействия и не исполнения внутренних процедур сервиса, возможна отправка отчёта об ошибке администратору сервиса. Для категорий пользователей, использующих сервис в прикладных целях, будет доступна справочная информация, содержащая базовые решения для устранения проблем работы сервиса. Классификация пользователей сервиса в целях эффективного администрирования сервиса:

- специалист лесного хозяйства;
- прикладной пользователь области лесного направления;
- обычный пользователь.

Администрирование ИС заключается в предоставлении пользователям соответствующих прав использования возможностей работы с системой (базой, банком данных); обеспечении целостности данных, а также создании многопользовательских приложений.[50] При регистрации в системе сервиса, необходимо указать в качестве какой из категорий пользователей будет применять использование картографического сервиса. При этом, во внутренней базе данных сервиса создаётся учётная запись каждой из категорий пользователей, что позволит администратору системы сервиса взаимодействовать с пользователем при возникновении технических сложностей. Совокупность взаимодействий пользователей в интерактивном картографическом сервисе можно выразить на примере бизнес-процесса запроса и ответа пользователя к администратору. (Рис.42)

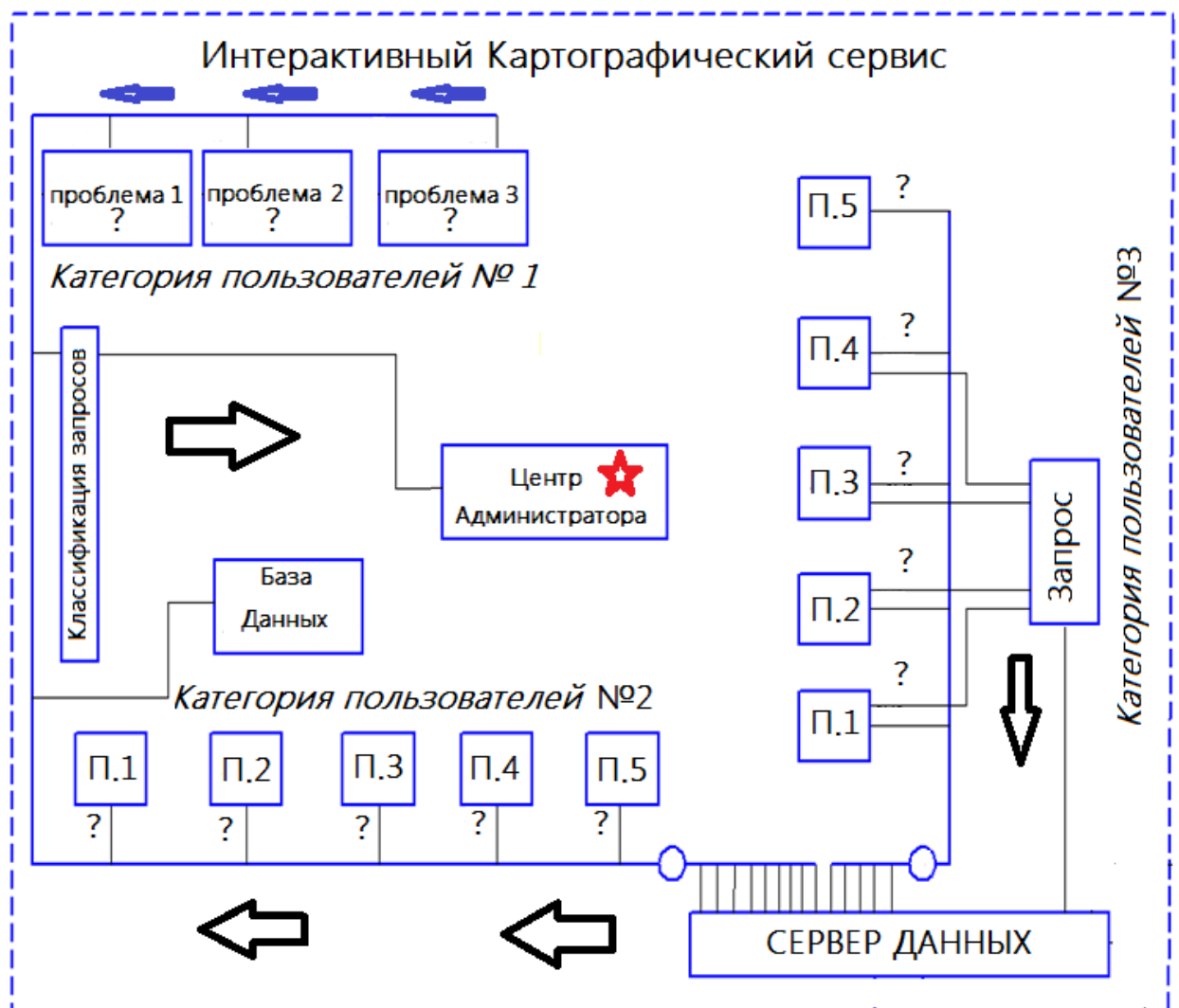


Рисунок 42. Схема процессов-запросов пользователей и направления к администратору

центру администратора; где П.* - порядковый номер возникающей проблемы определённой категории пользователя.

Вторая часть администрирования заключается в техническом обслуживании и управлении данными на сервере. Физическое расположение данных картографического сервиса находится на периферийных устройствах, в которые входят:

- Сервер
- База данных
- Резервное хранилище
- Коммутаторы
- ЭВМ администратора системы сервиса.

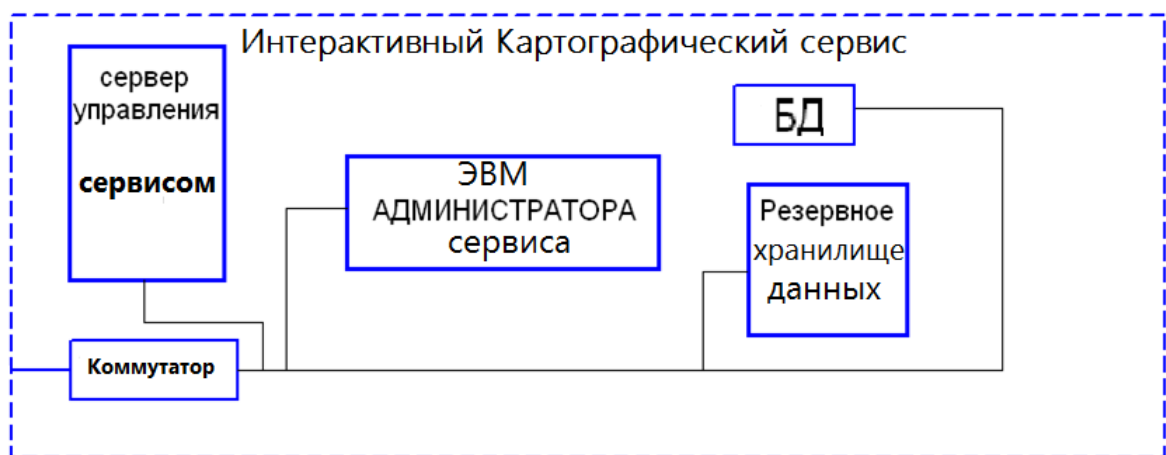


Рисунок 43. Компоненты технического обслуживания администратором физических элементов сервиса.

Администрирование устройств, благодаря которым сервис функционирует в непрерывном режиме работы, должно сопровождаться поддержкой и управлением администратора сервиса, (Рис.43) благодаря этому в сервисе гарантирована непрерывная работа и выполнение запросов и процедур расчёта количества деревьев заданной территории. Так же

необходимо указать основные требования, которые должен выполнять администратор сервиса.

В составе интерактивного картографического сервиса администратор системы обеспечивает:

- 1) подготовку и сохранение резервных данных, их периодическую проверку и уничтожение;
- 2) установку и конфигурирование необходимых обновлений;
- 3) установку и конфигурирование нового аппаратного и программного обеспечения;
- 4) создание и поддержание в актуальном состоянии пользовательских учетных записей.
- 5) устранение неполадок в системе;
- 6) планирование и проведение работ по расширению сетевой структуры картографического сервиса;
- 7) отладку механизмов количественной оценки деревьев;
- 8) загрузку картографических материалов для расширения лесных тематических данных сервиса.

Администрирование разработанного сервиса является важной составляющей для поддержки правильной работы сервиса. Должное обслуживание всех элементов сервиса повышает эффективность и надежность работы всего картографического сервиса.

После процесса разграничения пользователей на этапе входа в систему и управления аппаратными составляющими в сервисе при надлежащей конфигурации системы, возможно проведение тестирования сервиса в соответствии с планом тестирования для разработанного программного комплекса.

4.2 Тестирование сервиса и проверка механизмов работы.

Основным условием эффективной работы геоинформационных систем является выполнение заявленных функций реализуемых программой. До процесса выхода на электронный рынок любое программное обеспечение должно быть протестировано в соответствии с планом тестирования, для выявления наиболее уязвимых мест разработанной системы. Тестирование проводится с целью обнаружения ошибок как в работе с интерфейсом сервиса, так и внутренней процедурой запросов сервиса. Исходя из этого, необходимо комплексно протестировать разработанную технологию. Существуют разные способы тестирования программ. Для интерактивного картографического сервиса, использующего в своей работе картографические материалы, выложенные в сети интернет важно не только протестировать модули программного кода на связность, но и протестировать аппаратное обеспечение, с которого будет вестись подключение к удалённому серверу web-приложения. Данный подход обоснован направленностью сервиса в отрасль лесного хозяйства. При полевых исследованиях участков леса зачастую требуется проанализировать изменения участков леса за выбранный период времени, что возможно выполнить благодаря распределённому окну карт в составе сервиса. Так в процессе сбора лесотаксационной информации требуется сделать привязку координат с помощью GPS устройств или иного программно-аппаратного обеспечения, выполняющие аналогичную функцию. Одним из свойств сервиса является кроссплатформенность - это означает, что в независимости от типа устройств, с которых ведётся подсоединение к сервису при наличии доступа в Интернет и предустановленным браузером, возможно подключение и использование интерактивного картографического сервиса.

Для комплексного тестирования интерактивного картографического сервиса будут применяться следующие виды тестирования:

- 1) функциональное тестирование сервиса;
- 2) автоматическое тестирование сервиса;
- 3) ручное тестирование аппаратных средств подключаемых к сервису.

4.2.1 Функциональное тестирование сервиса.

Функциональное тестирование программного обеспечения является одним из ключевых видов тестирования, задача которого установить соответствие разработанного программного обеспечения (ПО) исходным функциональным требованиям заказчика. То есть проведение функционального тестирования позволяет проверить способность геоинформационной системы в определенных условиях решать задачи, нужные пользователям. [50] Постановка задач и требований функционального тестирования разработанного программного продукта:

- запуск сервиса;
- выполнение команд и функций, заложенных в сервисе;
- способность к взаимодействию;
- точность расчёта, механизма определения числа деревьев;
- отчет результатов тестирования;

Запуск сервиса в режиме тестирования. Платформа сервиса развёрнута на персональном компьютере, спецификации которого описаны в пункте 2.4.1. Для выполнения теста развёрнут сервер Apache. Имеется полный доступ к коду программы, следовательно, тестирование относится к виду тестирований по принципу «белого ящика». Имеется высокоскоростной доступ в интернет, характеризующие оптимальные условия для эффективной работы сервиса. Основные функции сервиса подлежат тестированию от визуализации процесса запуска функций (рис.44) до тестирования каждого действия в сервисе. Цель теста определить, какое количество времени потребовалось программе для отображения необходимой пользователю

информации, успешно выполняется каждое действие в сервисе и требуется ли отладка для конкретного действия, в случае если действие превышает допустимое установленное время. Результат тестирования представлен в виде таблицы №4.

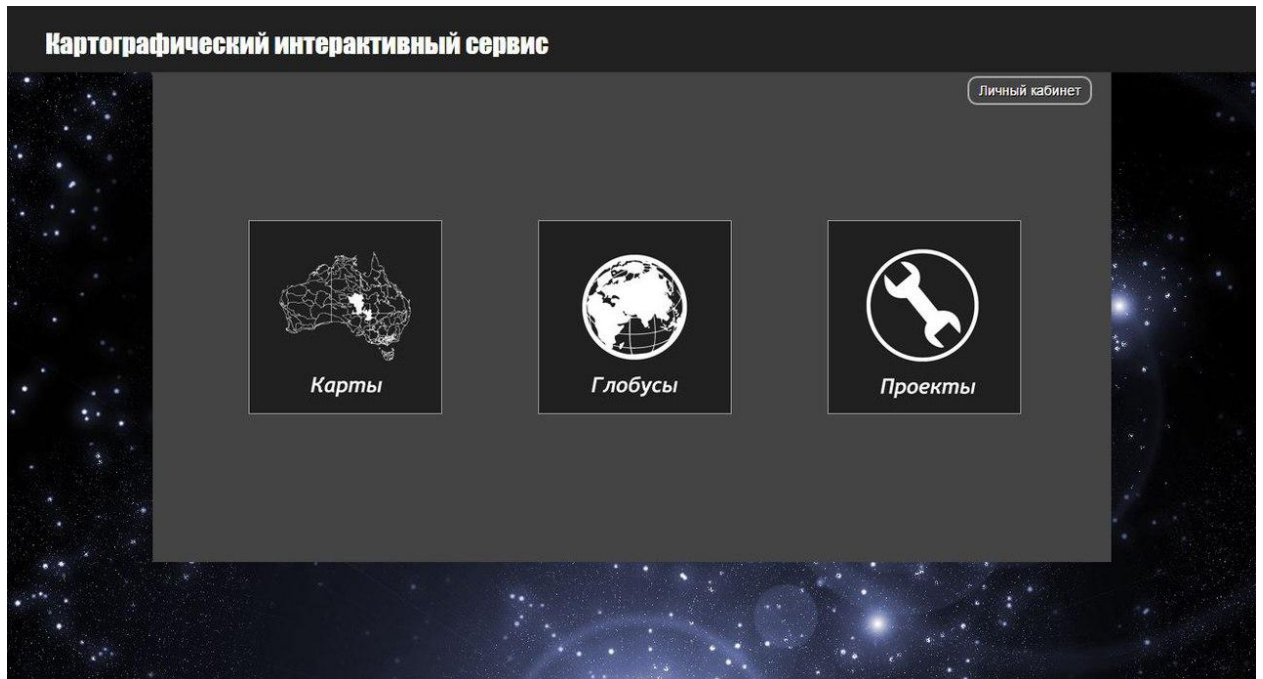


Рисунок 44. Запуск сервиса в окне браузера: основные режимы

Таблица 4 — Функциональное тестирование сервиса

Функция	Вид действий	Кол-во	Пройден	Не пройден	Отладка	Среднее время отклика
Действие 1	Запуск сервиса	10	+	-	-	5,5 секунд
Действие 2	Переход в режимы работы	10	+	-	-	3 секунды
Действие 3	Режим Карты	10	+	-	-	8 секунд

Продолжение таблицы - 4

Действие 4	Режим виртуальные глобусы	10	+	-	-	12 секунд
Действие 5	Анализ лесных территорий	10	+	-	-	5 секунд
Действие 6	Выбор карт для анализа	10	+	-	-	24 секунды
Действие 7	Ввод координат	10	+	-	-	10 секунд
Действие 8	Отображение по координатам	10	+	-	-	6 секунд
Действие 9	Выбор снимка квадрата расчёта	10	+	-	требуется	55 секунд
Действие 10	Фильтрация квадрата	10	+	-		44 секунды
Действие 11	Процедура распознавания	10	+	-	требуется	74 секунды
Действие 12	Вывод результатов в отчёт	10	+	-	-	12 секунд

В результате проведения функционального тестирования всех действий в сервисе, тест считается пройденным, все элемента кода исправны, функции

от процесса запуска до вывода отчёта действуют. Действие №9 и Действие №10 требует отладки, ввиду превышения лимита по времени на выполнение команды. Необходимо учитывать, что при нормальных условиях подключения картографического сервиса через проводной канал связи; работы с технологией связи Wi-Fi с частотой 2,4 или 5 GHz; мобильным доступом GPRS, 3G, H+, LTE; время на выполнение действий будет отличаться ввиду разной степени скорости загрузки данных на сервер.

4.2.2 Автоматическое тестирование сервиса.

Цель автоматического тестирования сервиса – проверка всех функциональных систем в структуре программного комплекса. Картографический сервис является веб-приложением, следовательно, процесс тестирования будет связан с проведением тестов основанных на тестировании веб-приложений.

Автоматизированное тестирование – это процесс верификации программного обеспечения, при котором основные функции и шаги теста, такие как запуск, инициализация, выполнение, анализ и выдача результата, выполняются автоматически при помощи инструментов для автоматизированного тестирования. [54]

Тестирование веб-приложений – сложный комплексный процесс, состоящий из множества взаимозависимых элементов и требующий профессионального подхода.[60] Основной задачей автоматического тестирования разработанного картографического сервиса заключается в проверке пользовательского интерфейса и кроссбраузерное тестирование – подразумевают анализ взаимодействия приложения с пользователем и проверку его работы в разных браузерах. Основные задачи автоматического тестирования интерактивного картографического сервиса:

1. Анализ удобства пользования
2. Связность элементов управления
3. Кроссбраузерное тестирование

Для автоматического тестирования используются специальные программы - тестировщики, в них заложены основные элементы которые тестируют программы, оценивают предельную нагрузку функций программы. Для тестирования интерактивного картографического сервиса будет использоваться специальное приложение Web Performance Tester – программа тестировщик веб-приложений. (Рис.45)

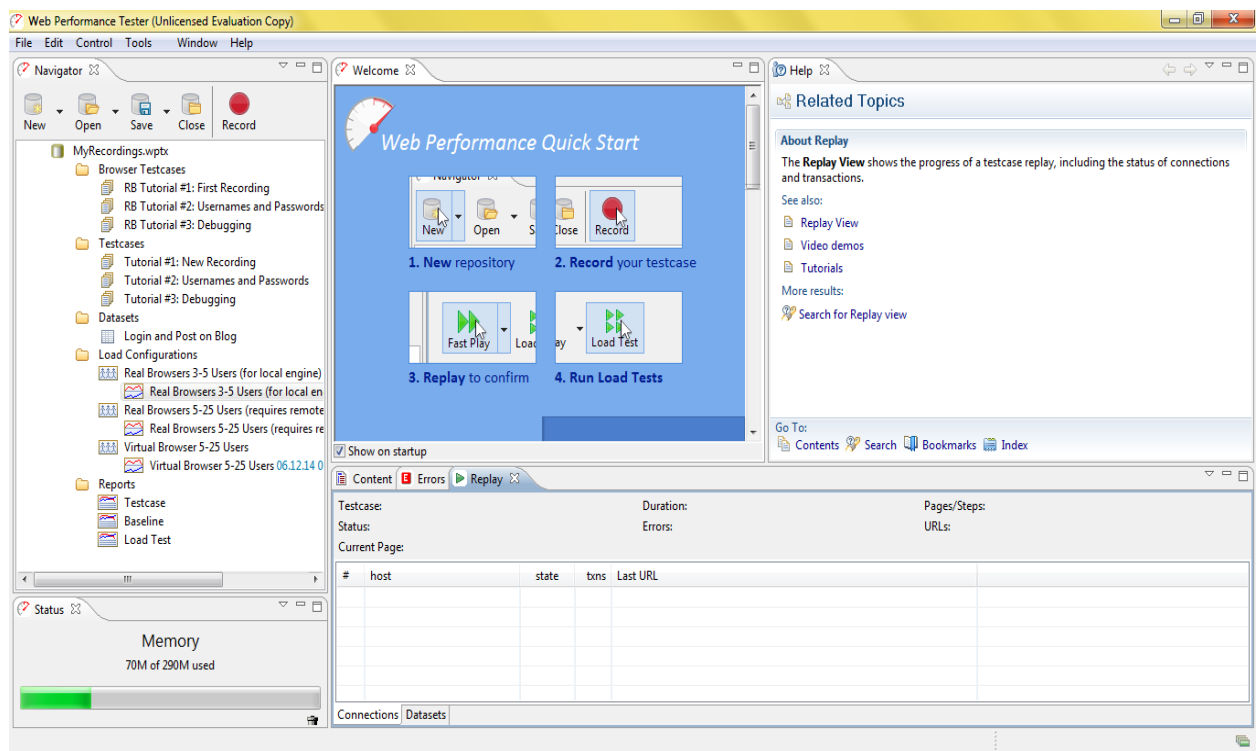
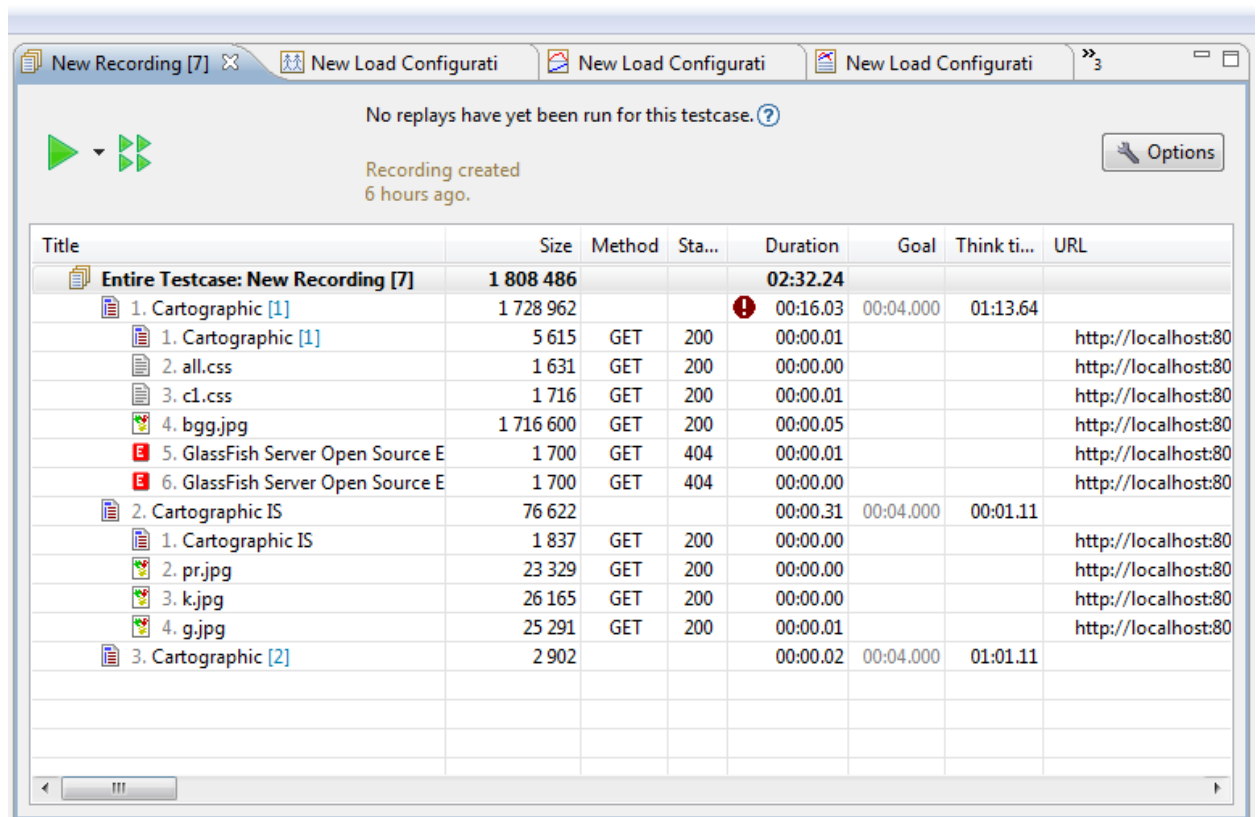


Рисунок 45. Автоматическое тестирование сервиса при помощи программы Web Performance Tester.

Программа тестировщик содержит в себе несколько наборов тестирования или тест-кейсов, для проведения тестирования развернут виртуальный сервер Glass Fish, на котором запущен картографический сервис. Приложение будет протестировано набором тестов – testcase № 1.

Тест-кейс - (англ. Test Case) - это артефакт, описывающий совокупность шагов, конкретных условий и параметров, необходимых для проверки реализации тестируемой функции или её части. [58]



The screenshot shows the 'New Recording [7]' window in Web Performance Tester. It displays a table with test results. The table has columns: Title, Size, Method, Sta..., Duration, Goal, Think ti..., and URL. The data is organized into a tree structure under 'Entire Testcase: New Recording [7]'. The first main entry is '1. Cartographic [1]' with a total size of 1 728 962 and a duration of 00:16.03. It includes sub-items like '1. Cartographic [1]', '2. all.css', '3. c1.css', '4. bgg.jpg', '5. GlassFish Server Open Source E', and '6. GlassFish Server Open Source E'. The second main entry is '2. Cartographic IS' with a total size of 76 622 and a duration of 00:00.31. It includes sub-items like '1. Cartographic IS', '2. pr.jpg', '3. k.jpg', and '4. g.jpg'. The third main entry is '3. Cartographic [2]' with a total size of 2 902 and a duration of 00:00.02. The table also shows a 'Goal' column with values like '00:04.000' and '01:13.64'. The 'Think ti...' column shows values like '01:13.64' and '00:01.11'. The 'URL' column shows 'http://localhost:80' for most items. The interface also includes a 'No replays have yet been run for this testcase.' message and an 'Options' button.

Title	Size	Method	Sta...	Duration	Goal	Think ti...	URL
Entire Testcase: New Recording [7]	1 808 486			02:32.24			
1. Cartographic [1]	1 728 962			00:16.03	00:04.000	01:13.64	
1. Cartographic [1]	5 615	GET	200	00:00.01			http://localhost:80
2. all.css	1 631	GET	200	00:00.00			http://localhost:80
3. c1.css	1 716	GET	200	00:00.01			http://localhost:80
4. bgg.jpg	1 716 600	GET	200	00:00.05			http://localhost:80
5. GlassFish Server Open Source E	1 700	GET	404	00:00.01			http://localhost:80
6. GlassFish Server Open Source E	1 700	GET	404	00:00.00			http://localhost:80
2. Cartographic IS	76 622			00:00.31	00:04.000	00:01.11	
1. Cartographic IS	1 837	GET	200	00:00.00			http://localhost:80
2. pr.jpg	23 329	GET	200	00:00.00			http://localhost:80
3. k.jpg	26 165	GET	200	00:00.00			http://localhost:80
4. g.jpg	25 291	GET	200	00:00.01			http://localhost:80
3. Cartographic [2]	2 902			00:00.02	00:04.000	01:01.11	

Рисунок 46. Этап тестирования в программе Web Performance Tester.

Первый этап тестирования - запуск интерактивного картографического сервиса в режиме просмотра внутренней структуры элементов взаимодействия (Рис.46), в сводных характеристиках указываются параметры тестирования, размер загружаемых данных, время, потраченное на переход основных функций, адрес загрузки данных. После проведения теста результат выводится в виде отчета, состоящего из графиков и наборов таблиц, (Рис.47) в которых указывается наличие ошибок и процентное соотношение ошибок. В процессе выполнения тестирования будет проводиться имитация подключений к сервису пользователей. (Рис.48) На втором этапе тестирования выявляются основные ошибки при работе

механизмов функционирования сервиса, которые могут быть отражены в отчёте в случае их обнаружения.

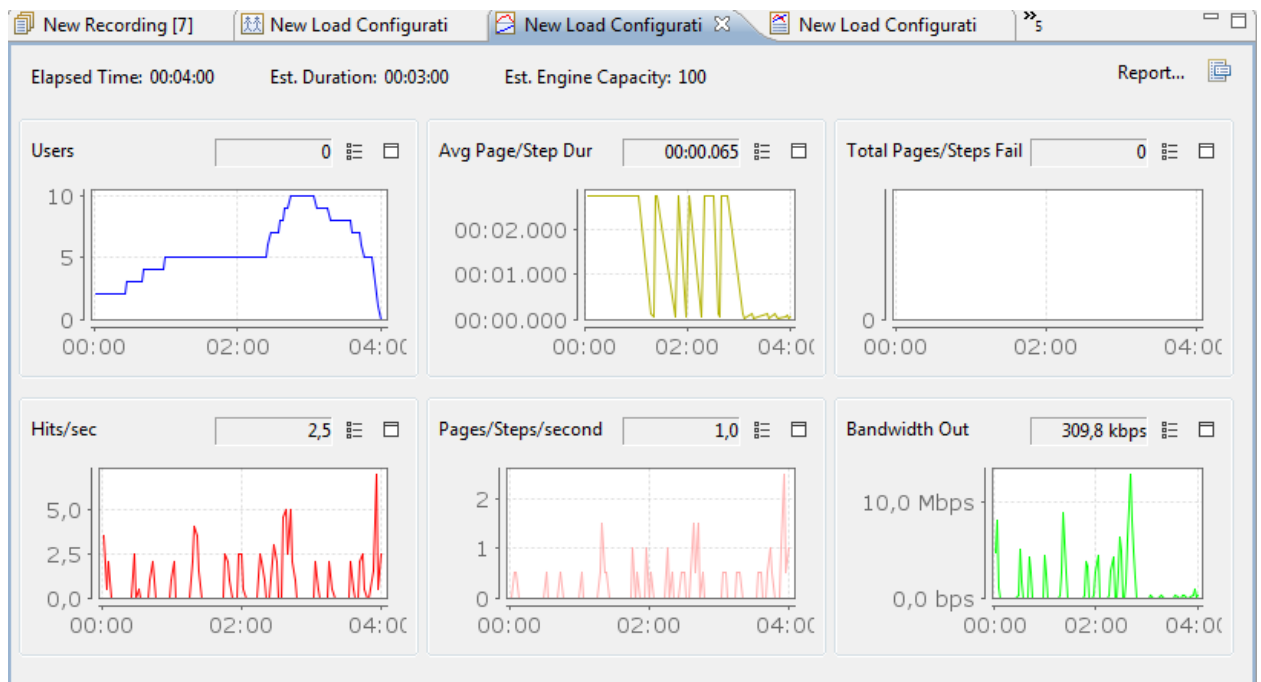


Рисунок 47. Графики тест-кейса № 1 картографического сервиса

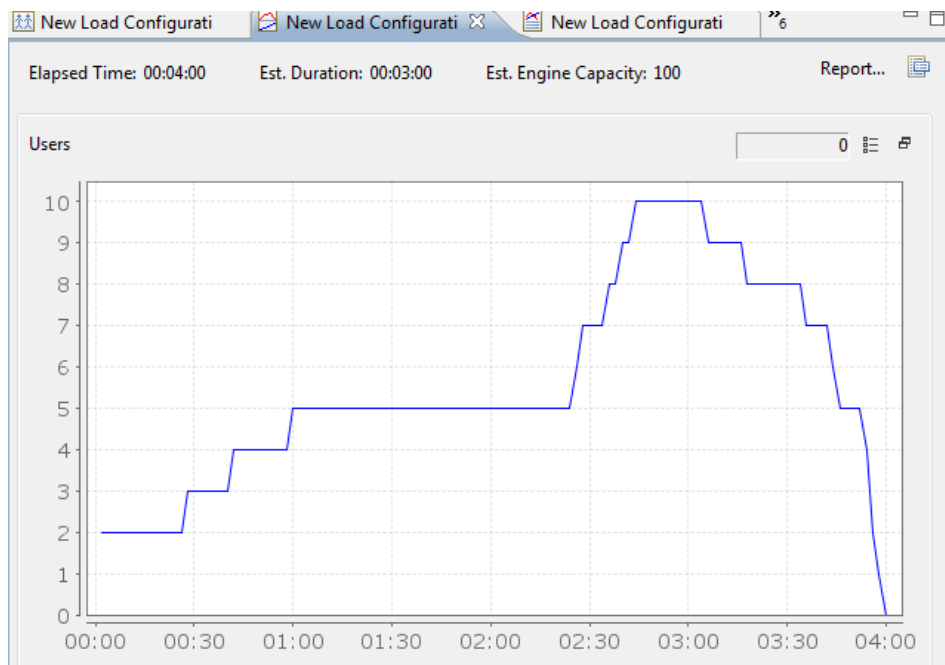


Рисунок 48. Имитационное подключение пользователей к картографическому сервису.

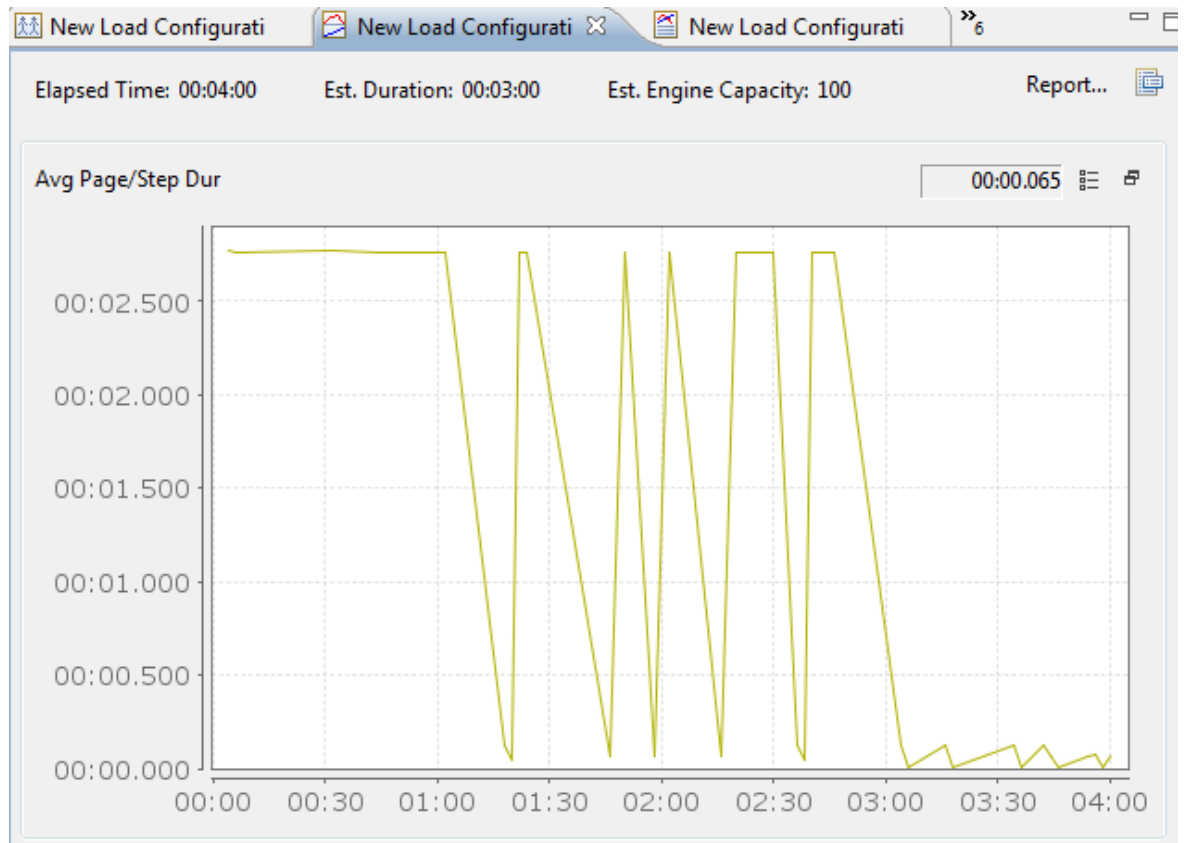


Рисунок 49. Тестирование по переходам элементов в сервисе.

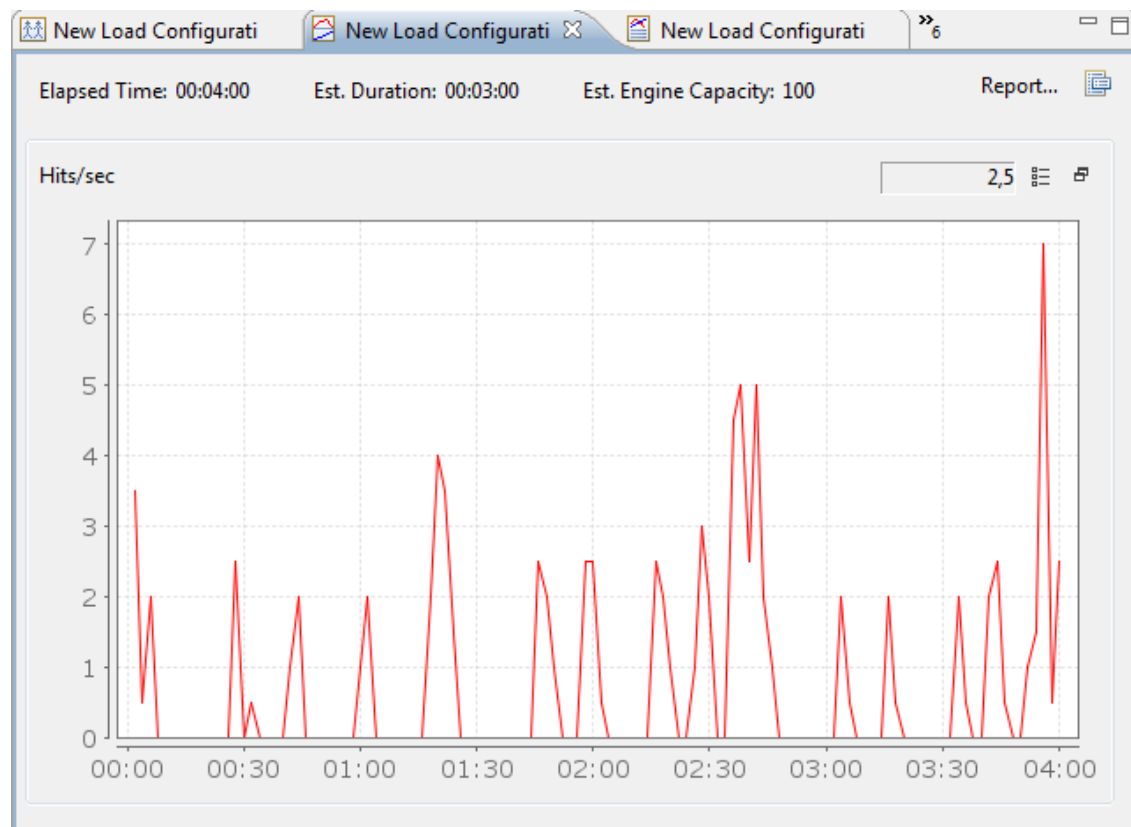


Рисунок 50. Время отклика каждого действия за время тестирования.

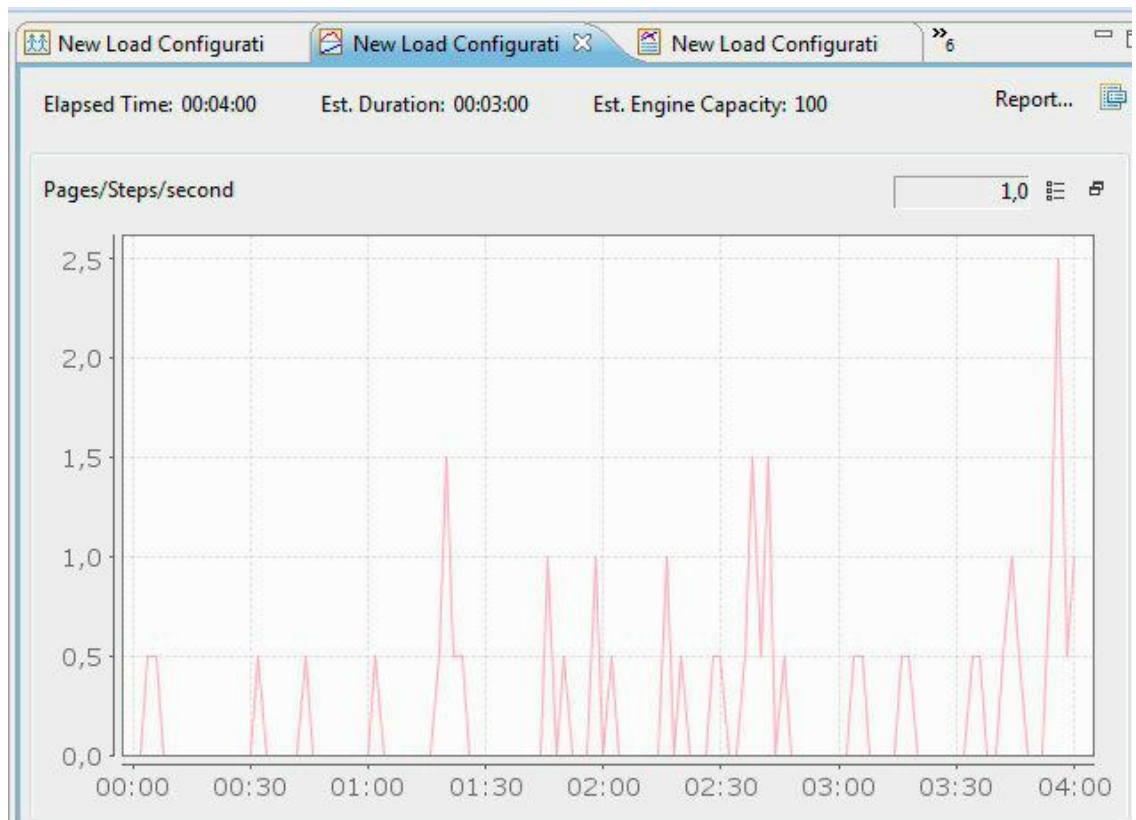


Рисунок 51. Время отклика каждой веб-страницы сервиса за период теста

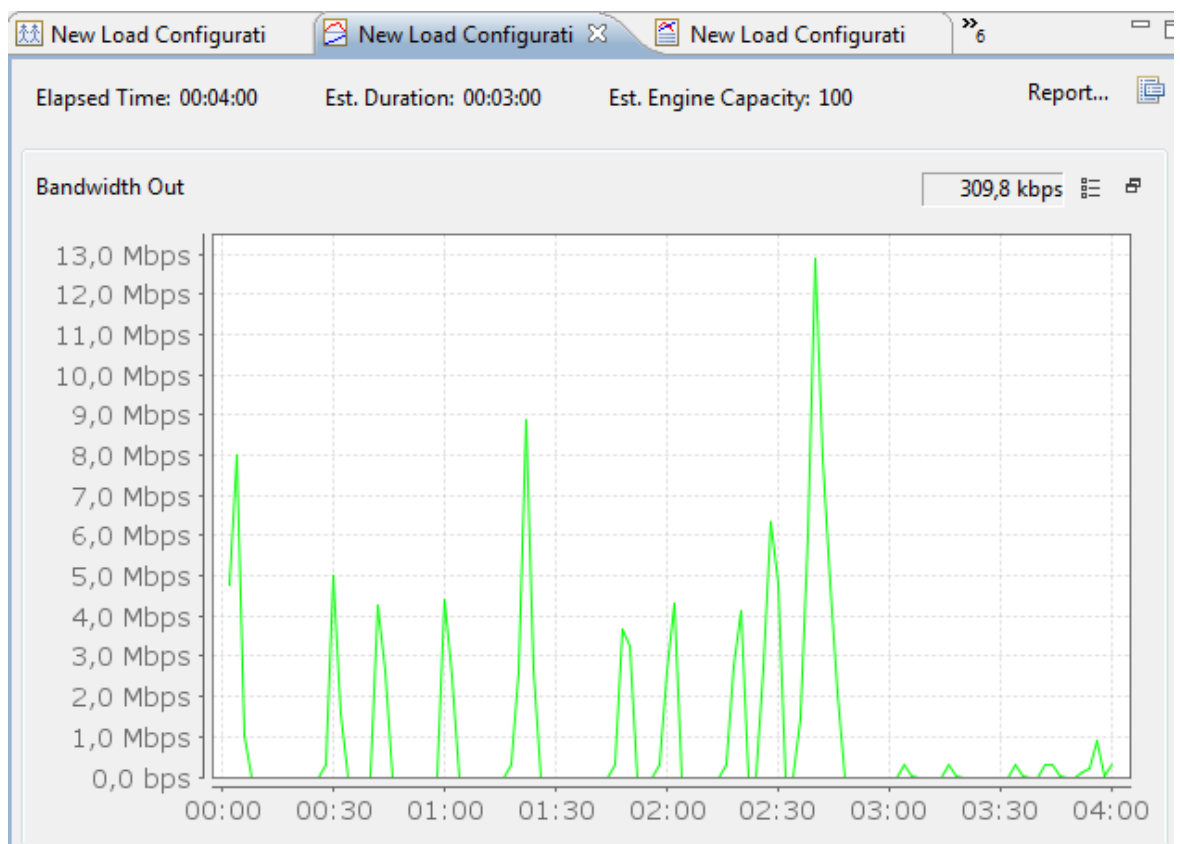


Рисунок 52. Количество мегабайт данных прошедших за сессию тестирования картографического сервиса.



Рисунок 53. Использование аппаратных ресурсов за период проведения теста, % использования памяти процессора и памяти диска.

В результате проведенного автоматического тестирования интерактивного картографического сервиса сделаны следующие выводы:

- Картографический сервис полностью работоспособен;
- Механизмы сервиса функционируют исправно;
- Программный код скомпилирован безошибочно;
- Аппаратные ресурсы расходуются планомерно;
- Время откликов программы не превышает нормы;
- Ошибок в течение проведения теста не выявлено;
- Сервис можно тестировать с помощью аппаратных средств.

Time	Completio...	Total Co...	Successes	Failures	Failure Rate	Avg Speed	Avg Size
00:00:10	2	2	2	0	0,00%	5,0 Mbps	1,6 MB
00:00:20	0	2	0	0			
00:00:30	0	2	0	0			
00:00:40	1	3	1	0	0,00%	5,0 Mbps	1,6 MB
00:00:50	1	4	1	0	0,00%	5,0 Mbps	1,6 MB
00:01:00	0	4	0	0			
00:01:10	1	5	1	0	0,00%	5,0 Mbps	1,6 MB
00:01:20	0	5	0	0			
00:01:30	2	7	2	0	0,00%	5,0 Mbps	1,6 MB
00:01:40	0	7	0	0			
00:01:50	1	8	1	0	0,00%	5,0 Mbps	1,6 MB
00:02:00	0	8	0	0			
00:02:10	1	9	1	0	0,00%	5,0 Mbps	1,6 MB
00:02:20	1	10	1	0	0,00%	5,0 Mbps	1,6 MB
00:02:30	2	12	2	0	0,00%	5,0 Mbps	1,6 MB
00:02:40	1	13	1	0	0,00%	5,0 Mbps	1,6 MB
00:02:50	4	17	4	0	0,00%	5,0 Mbps	1,6 MB
00:03:00	0	17	0	0			

Рисунок 54. Таблица отчёта тестирования.

На (Рис.54) приведены итоговые показатели проведенного тестирования, в первой графе указано время проведения теста, в пятой графе количество зафиксированных ошибок, в последней размер загружаемых данных. Результат тестирования показал отсутствие критических ошибок за период проведения теста.

4.2.3 Аппаратное тестирование сервиса.

Цель данного вида тестирования заключается в проверке работоспособности сервиса на разных периферийных устройствах, при различных способах подключения, в лабораторных условиях на базе лаборатории данных дистанционного зондирования Земли и геоинформационных систем, кафедры лесной таксации лесоустройства и

геоинформационных систем, Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета. В диссертационной работе в пункте 2.4 указано использование сервиса при помощи нескольких типов компьютерных устройств, содержащие технологию средства связи выхода в сеть интернет. Программное обеспечение тестируется с позиции его конечного пользователя и конфигурации его рабочей станции. На данном этапе будут протестированы следующие характеристики:

- способы подключения к сервису;
- возможность использования сервиса в полевых условиях;
- возможность использования сервиса с мобильных устройств.

Цель тестирования - развертывание картографического сервиса в условиях локальной группы персональных компьютеров. Задачи тестирования - проверка работоспособности, времени установки, выполнения базовых команд. Для тестирования сервиса в стандартных условиях при помощи стационарного компьютера использовалась современная оборудованная доступом в интернет лаборатория геоинформационных технологий, СПбГЛТУ. Тип подключения – проводной кабель, имеется высокоскоростной доступ в интернет, системные требования минимальные, 10 ЭВМ (монитор, 2048мб ОЗУ, 256 Гб ПЗУ, LAN). На базе 10 персональных компьютеров произведён запуск Интерактивного Картографического Сервиса. Время для развёртывания всех компонентов не превышает предельно допустимых значений для подобного вида программ, представляет собой стандартный процесс по установке в локальную директорию жесткого диска программы. После выполнения процесса установки осуществлён запуск и вход в режим окно карт.

В результате тестирования, с каждого персонального рабочего ПК удалось осуществить инициализацию, запуск и вход в основной режим

интерактивного картографического сервиса. Фотофиксация пройденного аппаратного тестирования (Рис.55).



Рисунок 55. Тестирование сервиса на базе лаборатории геоинформационных систем СПбГЛТУ

Использование картографического сервиса в полевых условиях на переносных мобильных устройствах обусловлено назначением программы – сравнение, анализ лесных участков на основе открытых картографических материалов. Комплексный анализ аппаратного тестирования заключается в проведении теста помимо стационарных рабочих станций, в тестировании функциональных возможностей программы с мобильных устройств. Цель теста - проверка работоспособности приложения с интернет-планшета в режиме работы с технологией доступа связи Wi-Fi. (Рис.56) Тестирование сервиса при способе подключения к сети интернет через 3G имеет принципиальную значимость, непосредственная загрузка данных через

мобильную связь делает возможным использование сервиса в полевых условиях, в лесу, где имеется приём сигнала сотовой связи. Одним из недостатков при таком способе подключения более медленная загрузка данных в связи с более сложной транспортировкой пакетов данных через радиосигналы сотовых станций.

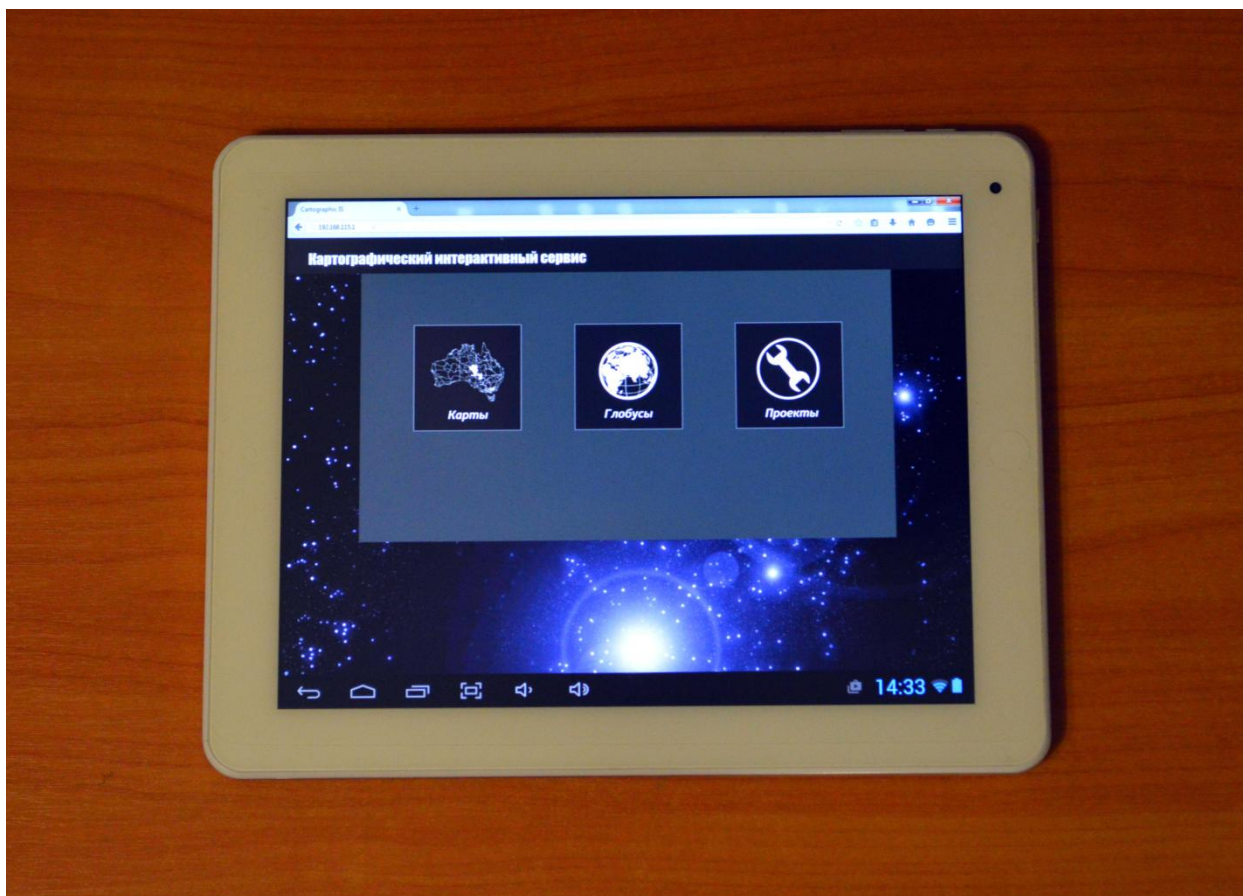


Рисунок 56. Запуск сервиса с интернет-планшета, способ подключения Wi-Fi (операционная система Android).

4.3 Надежность сервиса.

Надежность программного обеспечения есть вероятность его работы без отказов в течение определенного периода времени, рассчитанная с учетом стоимости для пользователя каждого отказа. [75] Для обеспечения надежности программ предложено множество подходов, включая организационные методы, разработки, различные технологии и

технологические программные средства, что требует, привлечения значительных ресурсов. Однако отсутствие общепризнанных критериев надежности не позволяет ответить на вопрос, насколько надежнее становится программное обеспечение при соблюдении предлагаемых процедур и технологий и в какой степени оправданы затраты.[76]

Интерактивный картографический сервис является программой, следовательно, весь процесс эксплуатации программного обеспечения выражается во времени использования программы и её безотказной работы.

Исполняемый код, из которого состоит прототип интерактивного картографического сервиса, является объектом, который можно оценить с точки зрения надежности системы. Важно учитывать тот факт, что сервис является не аппаратной системой, а программной, поэтому надежность программы со временем не меняется, механизм и алгоритмы работы будут действовать и работать абсолютно одинаково в той последовательности, в которой заложены итерации кода. Ошибки в коде программы могут возникнуть на стадии проектирования и на стадии производства дополнений к основному коду программы, когда за счёт добавления расширения появляются новые модули к программе, и расширяется архитектура системы. Такие ошибки выявляются в стадии тестирования, как всего картографического сервиса, так и после внесения изменений или дополнений в часть кода программы.

С целью повышения надежности картографического сервиса необходимо проводить следующие действия:

- 1) Проводить функционально тестирование при внесении изменений.
- 2) После выхода обновлений в приложении создать форму бета-тестирования приложения пользователями.
- 3) Проводить профилактическую проверку серверного оборудования расположения баз данных.

При выполнении функционального тестирования оцениваются показатели до внесения изменений в основной код программы и после, на

основании итоговых данных выносится решение о степени влияния дополнения на приложение. Вторым важным этапом в повышении надежности сервиса считается оценка его с точки зрения конечного пользователя после добавления функционала, для этого используется бета-тестирование приложения, когда администратором сервиса открывается форма заполнения отчёта о взаимодействии модуля и его использование конечным пользователем. Цель сервиса - это использование понятного доступного пользовательского web-приложения для целей лесной отрасли (оценка, анализ лесных участков), поэтому интерактивная связь на уровне пользователь-администратор выявит недостатки системы с точки зрения пользователя, что в конечном результате скажется на композиции системы и, в первую очередь, на надежности картографического сервиса.

Третий важный аспект в направлении надежности сервиса - это сохранение результатов работы пользователей и восстановление системы. В архитектуре составных элементов сервиса имеется база данных, где сохраняются результаты работы с программой, исходя из этого, сервис должен обладать системой восстановления. Для этого в работе сервиса заложен принцип архивации данных на физическом сервере, где создаются контрольные точки восстановления.

4.4 Практические рекомендации по развитию и использованию сервиса.

Интерактивный картографический сервис – специальная программа, назначение которой сравнение и анализ участков лесных территорий. Развитие направления разработки специализированных картографических программ для лесной отрасли имеет большое значение в общей концепции информатизации лесного хозяйства. Программный продукт протестирован в соответствии с планом тестирования, результат тестирования положительный, программа применима к использованию в целях оценки лесных участков. Развитие функционала сервиса зависит от требований и целей для прикладных лесохозяйственных задач. Помимо расчёта количества

деревьев в сервисе автоматическими методами возможно введение дополнительного функционала сервиса и в других направлениях для лесной отрасли: визуализация очагов возгорания пожаров, фиксация данных очагов пожаров на карте, выявление незаконных рубок на основе данных открытых спутниковых снимков.

Для того, чтобы отдельная дополнительная функция была включена в общую систему сервиса требуется поэтапно проводить интеграцию дополнительного модуля в картографический сервис. Структура сервиса позволяет расширять сервис, тем самым будет увеличиваться функциональность программы. Для информатизации проекта, возможно спроектировать функцию наполнения общей лесной карты, где каждый квалифицированный специалист сможет принять участие в визуализации границ лесничеств средствами API интерфейса в составе интерактивного картографического сервиса.

Для использования сервиса в качестве инструмента расчёта количества деревьев на единице занимаемой площади необходимо предварительно визуально оценить дистанционные материалы и обработать. Требуется учитывать характеристики анализируемого изображения, необходимо принимать во внимание, что процесс распознавания в составе сервиса - это автоматический алгоритм, и результат его точности напрямую зависит от оператора, выполняющего предварительную предобработку и процедуру распознавания, неправильная последовательность действий или некорректное задание условий для базы эталонов может привести к снижению достоверности полученных результатов.

Для использования пользователями дополнительных функций в составе сервиса есть наличие справочного окна, где указаны основные инструкции по работе с сервисом.

4.5 Выводы по главе 4.

В данной главе описана экспериментальная проверка разработанного картографического сервиса, проведено комплексное тестирование сервиса, разработана система администрирования сервиса и её схемотехническое решение, указаны направления по увеличению показателя надежности сервиса и практических рекомендаций по развитию и использованию данного программного комплекса. Сделаны следующие выводы:

- 1)** Интерактивный картографический сервис исправен;
- 2)** Администрирование сервиса повышает его надёжность;
- 3)** Все процессы в составе сервиса функционируют исправно;
- 4)** Картографический сервис возможно запускать с мобильных устройств;
- 5)** Интерактивный картографический сервис может использоваться специалистами лесного хозяйства в качестве дополнительного инструмента для анализа лесных участков с использованием открытых картографических материалов сети интернет.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках данной диссертационной работы разработан специальный программный комплекс «Интерактивный картографический сервис GISFOREST», для целей лесной отрасли, который прошёл освидетельствование в федеральном органе интеллектуальной собственности с присвоением № 2015616354 от 8 июня 2015 г. Разработана новая методика визуализации картографических материалов средствами интерактивного картографического сервиса, реализована информационная система сервиса, разработана концепция системы сервиса и структурно-логические связи всех компонентов системы, создан интерфейс программы и специальный механизм просмотра карт, применение данного продукта в лесной отрасли, позволит проводить первичный анализ лесных территорий дистанционным способом.

Сервис протестирован в соответствии с разработанным планом тестирования для подобных видов программ в лабораторных и полевых испытаниях по результатам тестирования сделано заключение, данный картографический сервис может использоваться специалистами лесного хозяйства и обычными категориями пользователей, интересующимися состоянием лесов. Картографический сервис можно использовать в качестве программы для обучения, в целях исследования земель лесного фонда на основе материалов открытых картографических источников в сети интернет.

Предложена новая методика автоматизации процессов распознавания базовых таксационных показателей, и способ интеграции метода в картографический сервис. Разработан специальный алгоритм определения числа деревьев на основе системы обработки изображения и последующего пиксельного сопоставления с заготовленной базой эталонов.

В диссертационной работе отмечается возможность использования данных открытых картографических интернет сервисов для анализа и

исследования, покрытых лесом земель. На основании разработанной методики распознавания возможным становится количественная оценка лесов с целью инвентаризации и устойчивого управления лесами. Разработка инновационного программного продукта сочетающего в себе многоисточниковый подход для сбора лесотаксационной информации на основе открытых дистанционных материалов размещенных в сети интернет может повысить оперативность доступа и наполнения, данных государственного лесного реестра, разработка подобного вида программ для целей лесного хозяйства является необходимым условием для развития лесной отрасли в концепции информатизации лесного хозяйства. Визуализация материалов в сопровождении электронных карт и визуализация геоданных имеет большое значение для специалистов лесного хозяйства.

Разработка автоматизированных технических методов определения таксационных показателей, на основе спутниковых данных, в условиях экономических проблем в стране, является научным направлением развитие, которого способствует сокращению расходов при проведении полевых работ по инвентаризации леса, учитывая тот факт, что Российская Федерация является страной, по самому большому объёму площади занимаемой лесом в мире. В связи с этим требуется дальнейшее, изучение, совершенствование и поиск путей применения предлагаемой автором методики распознавания образов для определения лесотаксационных показателей.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ И ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамова Л. В. Разработка геопортала как сервиса публикации картографических данных /Л. В. Абрамова [и др.] // Международный студенческий научный вестник. – 2014. – № 4.; [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.eduherald.ru/ru/article/view?id=11930>
2. Алаева, С. С. Администрирование в информационных системах: учеб. пособие / С. С. Алаева, С. П. Бобков, С. В. Ситанов // Иван. гос. хим.-технол. ун-т. Иваново, 2010 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://dit.isuct.ru/ivt/sitanov/Literatura/AdminInfSystem/Pages/Glava1.htm>
3. Алексеев, А. С. Лесная авиация и аэрофотосъемка. Метод. указ. для студ.- дипломников / А. С. Алексеев, А. В. Любимов, С. В. Вавилов – СПб.: ЛТА ЛХФ. Л., 1990.
4. Алексеев, А. С. Мониторинг лесных экосистем (учебное пособие) / А. С. Алексеев - СПб.: ЛТА. 2003. 2-е изд. 116 стр.
5. Алексеев, А. С. Новый метод определения таксационных характеристик насаждений по снимкам сверх высокого разрешения с беспилотного летательного аппарата (БПЛА) / А. С. Алексеев, А. А. Никифоров, М. Р. Вагизов, А. А. Михайлова //Сборник «Известия лесотехнической академии». – СПб, 2016. – [в печати]
6. Алтынцев, М. А. Разработка методик автоматизированного дешифрирования многозональных космических снимков высокого разрешения для мониторинга природно-территориальных комплексов: дис. канд. техн. наук: 25.00.34 . – Новосибирск, 2011.
7. Барталёв, С. С. Разработка методики региональной экологической оценки состояния лесов по данным спутниковых наблюдений: автореф. дис. ... канд. техн. наук : 25.00.34. - М, 2006.

8. Баула, В. Г. Введение в архитектуру ЭВМ и системы программирования [Текст] - С. 74 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://goo.gl/50MtdP>
9. Безуглов, Д. А. Алгоритмические методы вейвлет-анализа изображений в условиях априорной неопределенности на случайном фоне / Д. А. Безуглов, А. П. Кузин, С. А. Швидченко // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6.; [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=16232>
10. Берлянт, А. М. Картография, навигация, информационные системы/ А. М. Берлянт // Земля из космоса: наиболее эффективные решения. - 2010. - Т. 6.
11. Блохин, Д. Ю. Гис-технологии в лесном хозяйстве и лесной промышленности [Текст]. // КрасГАУ, г. Красноярск, РФ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://science-bsea.bgita.ru/2006/les_2006/blochinn_gis.htm
12. Бобков А. Е. Интерактивная визуализация 3D-данных на виртуальном глобусе в стереоскопических системах. дис.... канд. тех. наук., А. Е. Бобков – Нижний Новгород, 2013. – 23 с.
13. Бочарова А. А. Применение дистанционных методов зондирования для рационального использования лесного фонда / А. А. Бочарова - Интерэкспо Гео-Сибирь – 2010. - Выпуск № 2, Т. 3 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-distantcionnyh-metodov-zondirovaniya-dlya-ratsionalnogo-ispolzovaniya-lesnogo-fonda>
14. Бугаевский, С. Ю. Разработка автоматизированной системы состояния и использования земель (на основе применения web-технологий) автореф. дис. ... канд. техн. наук: 25.00.35. –М, 2007.
15. Быков, А. В. Web-картографирование: учеб. пособие / А. В. Быков, С. В. Пьянков; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2015. – 110 с.

16. Вагизов, М. Р. Разработка интерактивного картографического сервиса для изучения земель лесного фонда. Исследование лесных экосистем: материалы междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых – СПб, 9 - 11 ноября 2015. -. -С. 51 - 54.
17. Вагизов, М. Р. Разработка интерактивного картографического сервиса: описание структуры и механизмов взаимодействия системы/ М. Р. Вагизов, Г. Р. Сиразетдинова // Международный научно-практический журнал «Лесная таксация и лесоустройство»./ Красноярск, 2015. -№1(52). -С. 56-61.
18. Вагизов, М. Р. Успехи современного естествознания /М. Р. Вагизов // Применение интерактивного картографического сервиса для определения числа деревьев программно-техническим методом. – 2016. № 3-С. 50-58.
19. Вежневек, А. Методы сегментации изображений: автоматическая сегментация. Компьютерная графика и мультимедиа./А. Вежневек, О. Баринаова, Выпуск № 4 (4) - 2006. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://cgm.computergraphics.ru/content/view/147>
20. Вишня, Г. Веб-Картография [Текст]. Компьютерное обозрение №42 (659) от 4 ноября [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://ko.com.ua/veb-kartografiya_39189
21. Все о JavaScript. [Текст] Язык JavaScript [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://prosto-odin.ru/%D0%B2%D1%81%D0%B5-%D0%BE-javascript/>
22. Геоинформационные системы : учеб.-метод. комплекс по дисциплине для студ. специальности 250201.65«Лесное хозяйство» всех форм обучения : самоств. учеб. электрон. изд. / Сыкт. лесн. ин-т ; сост.: Р. В. Михеев – Электрон. дан. – Сыктывкар: СЛИ, 2012. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://lib.sfi.komi.com>
23. Геоинформационные технологии в лесной отрасли. // МПР, Бюллетень "Использование и охрана природных ресурсов России", 2000, №

11-12, с. 137 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.lesis.ru/about/pub0102.htm>

24. ГОСТ РВ 51987-2002. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы типовые требования и показатели качества функционирования информационных систем. Общие положения // М.: Госстандарт России, 2001.

25. Губаев А. В. Оценка и мониторинг лесного покрова по спутниковым снимкам среднего и высокого пространственного разрешения (на примере среднего Поволжья) автореф. дис. канд. с.-х. наук: 06.03.02. – Йошкар-Ола, 2015.

26. Дубинин, М. Ю. "Веб-ГИС" – Компьютера./ М. Ю. Дубинин, А. М. Костикова – № 749, 2008 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://gis-lab.info/qa/webgis.html>

27. Издание Дарвинского государственного природного биосферного заповедника // День работника леса в России: [Текст]. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://xn--80aeesagfxyn.xn--p1ai/attachments/article/163/%>

28. Капралов, Е. Г. Геоинформатика. Учебник. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 432 с.

29. Капустина, С. В. Проектирование информационных систем [Текст] / С. В. Капустина, О. В. Кирякова// Курс лекций. – Красноярск, 2008.// [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://files.lib.sfu-kras.ru/ebibl/umkd/1881/u_lectures.pdf

30. Кащенко, Н. А. Геоинформационные системы [Текст]: учебн.пос.для вузов/Н .А. Кащенко, Е. В. Попов, А. В. Чечин; Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т – Н. Новгород: ННГАСУ, 2012. – 130 с.ISBN 978-5-87941-863-7

31. Кикин, П. М. Разработка методики создания тематических карт средствами веб технологий: дис.... канд. тех, наук. – Новосибирск, 2014. — С. 14-15.

32. Классификация картографических веб-сервисов OGC [Текст]. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://gis-lab.info/qa/ogc-intro.html>
33. Книжников, Ю. Ф. Аэрокосмические методы географических исследований: учебник для студентов высших учебных заведений / Ю. Ф. Книжников, В. И. Кравцова, О. В. Тутубалина. - М.: Издательский центр "Академия", 2004. - 336 с.
34. Кобзева, Е. А. «Технология 2000» [Текст].// Оценка возможности создания цифровых топографических карт и планов на основе космических снимков Pleiades - Екатеринбург [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.racurs.ru/?page=783>
35. Коломинова, М. В. Таксация насаждения. Часть 1 [Текст] : метод. указания к выполнению курсовой работы по дисциплине «Лесоводство и таксация леса» / М. В. Коломинова. – Ухта: УГТУ, 2013. – с - 11.
36. Компьютерная обработка снимков [Текст]. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.geogr.msu.ru/science/aero/center/atlas/26-29.htm>
37. Константиновская, Л. В. Дешифрирование материалов съемок [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.astronom2000.info/different/11-g/>
38. Кошкарев, А. В. Картографические Web-сервисы геопорталов: технологические решения и опыт реализации [Текст]. /А. В Кошкарев, В. С. Тикунов, С. А. Тимонин [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gisa.ru/56564.html>
39. Краткая история веб-картографии. Геопортал ИВМ СО РАН: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://gis.krasn.ru/blog/review/history>
40. Кузнецов, В.И. Математическое моделирование эволюции леса для целей управления лесным хозяйством [Текст]: / В. И. Кузнецов, Н. И. Козлов, П. М. Хомяков – М.: Ленанд, 2005. – 232 с.

41. Кулыгин, В. В. Геоинформационная система для оценки и моделирования экологического состояния природно-хозяйственного комплекса автореф. дис. канд. техн. наук: 25.00.35. – Ростов на Дону, 2012.
42. Лабутина, И. А. Дешифрирование аэрокосмических снимков, уч. пос. для вузов / И. А. Лабутина - М.: АСПЕКТ ПРЕСС, 2004. - 184 с.
43. Лежнин, С. А. Дистанционный метод оценки формирования молодняков на залежах Марийского лесного Заволжья (по спутниковым снимкам) автореф. дис. канд. с.-х. наук: 06.03.02. – Йошкар-Ола, 2013.
44. Лесное дешифрирование аэроснимков // Древесные породы и их лесоводственные свойства - Лесное хозяйство, виды деревьев [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.oneplat.ru/lesnoe-deshifrirovaniie-aerosnimkov>
45. Лесоводство. Насаждения и их различия по хозяйственным признакам [Текст]. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.spartakbank.ru/les/nasazhdenija_i_ih_razlichija_po_hozjajstvennym_priznakam.html
46. Любимов, А. В. Географические информационные системы в отраслях лесного комплекса, сельском хозяйстве и охране природы./ А. В. Любимов А.В., Ю. С. Колесников, С. В. Коптев С. В. Третьяков [и др.] - СПб., Н.Новгород, 2000. 117с.
47. *Малышева, Н. В.* Методика и практический опыт создания электронного атласа интерактивных карт информационно-справочного типа по данным государственного лесного реестра/ *Н. В. Малышева, Т. Н. А. Владимирова, Т. А. Золина, //Лесохозяйственная информация.* — 2012. — № 1. — С. 3 – 9.
48. Манвелидзе, А. Б., Ковшов Е. Е. Алгоритмическое обеспечение интеграции информационных систем / А. Б. Манвелидзе, Е. Е. Ковшов // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 6.; [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=11401> (дата обращения: 25.03.2016).

49. Манович, В. Н. Разработка геоинформационной системы для решения задач управления лесным хозяйством: автореф. дис. канд. техн. наук : 25.00.34. - М, 2006.
50. Материалы по информационным технологиям // Администрирование ИС., [Текст] [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://infdis.narod.ru/admv/admv-n1.htm>
51. Монич, Ю. И. Оценки качества для анализа цифровых изображений [Текст]. / Ю. И. Монич, В. В. Старовойтов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://uiip.basnet.by/structure/l_ori/starovoitov/Starovoitov_Publication_section/15_Starovoitov.pdf
52. Некрасов, В. В. Разработка технологии использования снимков высокого пространственного разрешения при построении цифровой модели рельефа по материалам космических съемок автореф. дис. канд. техн. наук: 25.00.34. - М, 2008.
53. Нгуен, К. Ч. Оценка состояния лесного фонда Ленинградской области и ГИС-прогноз его развития дис. канд. с.-х. наук: 06.03.02. – СПб, 2015.
54. Официальный сайт портала Группы ИТ-Стандарт [Текст]. Системы тестирования программного обеспечения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.itstandard.ru/test-systems>
55. Официальный сайт - Всё о лесном деле и деревообработке // Применение аэрофотосъемки. [Текст] Виды аэрофотосъемки и их особенности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://industrial-wood.ru/aerofotosemka/5978-vidy-aerofotosemki-i-ih-osobennosti.html>
56. Официальный сайт - Интернет школа // Разрешение изображений [Текст] [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://1artsite.com/glavnaya/index1023.html>
57. Официальный сайт - Про Тестинг: Тестирование Программного Обеспечения [Текст] Функциональное тестирование или Functional Testing

[Электронный ресурс]. – Режим доступа:
<http://www.protesting.ru/testing/types/functional.html>

58. Официальный сайт - Про Тестинг: Тестирование Программного Обеспечения // Тестовые артефакты [Текст]. Тестовый случай (Test Case) [Электронный ресурс]. – Режим доступа:
<http://www.protesting.ru/testing/testcase.html>

59. Официальный сайт - Тестирование ПО // Автоматизированное тестирование, автоматизация тестирования приложений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://aplana.ru/services/testing/avtomatizaciya-testirovaniya>

60. Официальный сайт - Тестирование ПО // Тестирование веб-приложений [Текст]. [Электронный ресурс]. – Режим доступа:
<http://aplana.ru/services/testing/avtomatizaciya-testirovaniya/testirovanie-veb-prilozhenij>

61. Пахучий, В. В. Ведение лесного хозяйства на базе ГИС : учебное пособие / В. В. Пахучий ; – С. 4. // Сыкт. лесн. ин-т. – Сыктывкар : СЛИ, 2013. – 56 с.-С.-4.

62. Перевод растрового изображения в векторное. Чем отличается векторное изображение от растрового? [Текст]. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ptdtrans.ru/articles/9-2010-06-08-19-37-43.html>

63. Понятие о свойствах надёжности [Текст] [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://villian2008.narod.ru/9.htm>

64. Попов, С. Ю. Геоинформационные системы и пространственный анализ данных в науках о лесе: уч.пос.- СПб.: Интермедия, 2013. – 400 с.

65. Программирование. Методология программирования [Текст] Модульное программирование. [Электронный ресурс]. – Режим доступа:
<http://izi.vlsu.ru/teach/books/905/theory.html>

66. Проектирование информационных систем: Основные понятия технологии проектирования информационных систем (ИС) [Текст] НОУ

ИНТУИТ [Электронный ресурс]. – Режим доступа:
<http://www.intuit.ru/studies/courses/2195/55/lecture/1618?page=3>

67. Симонов, Д. П. Дешифрирование природных территориальных комплексов по многозональным космическим снимкам высокого разрешения (на примере растительности): дис. канд. техн. наук: 25.00.34. – Новосибирск, 2015.

68. Скачков, Д. Е. Исследование и выбор метрик оценки производительности веб-приложений [Текст]. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://scienceproblems.ru/issledovanie-i-vybor-metrik.html>

69. Словарь бизнес-терминов. Интерфейс прикладного программирования [Текст]. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://dic.academic.ru/dic.nsf/business/17566>

70. Тарасик, В. П. Математическое моделирование технических систем. Учебник для вузов./В. П. Тарасик // Изд.: Мн.: Дизайн-ПРО, 2004. — 640 с. С. – 15-16

71. Терехов, А. Г. Автоматический алгоритм классификации снимков QUICKBIRD в задаче оценки полноты леса / А. Г. Терехов, Н. Г. Макаренко, И. Т. Пак - Институт информационных и вычислительных технологий МОН РК Компьютерная оптика Выпуск № 3 – 2014. - Т. 38

72. Тестирование IT-систем // Автоматизация тестирования программных систем [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habrahabr.ru/post/160257/>

73. Технические особенности и преимущества веб-приложения [Текст] официальный сайт компании Mikogo [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mikogo.ru/obzor/web-prilozhenija/>

74. Технологии программирования // Лекция 7. Основные принципы структурного подхода. Декомпозиция на модули как способ борьбы со сложностью. Модуль, его информационная закрытость и связность. С. 17 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.istu.edu/docs/education/normativ/2013/fgos_13/8.pdf

75. Технология программирования // Надежность программного обеспечения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.tehprog.ru/index.php_page=lecture13.html
76. Царев, Р. Ю. Анализ надежности и управление развитием кластерных структур автоматизированных систем управления [Текст]. / Р. Ю. Царев, К. А. Семенько, М. В. Тюпкин [Электронный ресурс]. – Режим доступа: conf.sfu-kras.ru/sites/mn2012/thesis/s012/s012-043.pdf
77. Чандра, А. М. Дистанционное зондирование и географические информационные системы/ А. М. Чандра, С. К. Гош - М: Техносфера, 2008. – 312 с.
78. Черниковский Д. М. Дистанционные методы и программно-аппаратное обеспечение в новой технологии таксации лесов дешифровочным способом «От съемки к проекту» ФГУП «Рослесинфорг», Россия. 2013. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.racurs.ru/?page=462>
79. Черных, В. Л. Геоинформационные системы в лесном хозяйстве [Текст] : учеб.пособие / В. Л. Черных. – Йошкар-Ола : МарГТУ, 2007. – 200 с.
80. Черных, В. Л. Информационные технологии в лесном хозяйстве: Учебное пособие/ В. Л. Черных, В. В. Сысуев Ч49 - Йошкар-Ола: МарГТУ, 2000. - 378 с. ISBN5-8158-0041-4
81. Chandra, A. M., Remote sensing and geographical information system / A. M. Chandra, S. K. Ghosh / Narosa Publishing House. 2006.
82. Chang, K. T. A comparison of techniques for calculating gradient and aspect from a gridded digital elevation model / K. T. Chang - International Journal of Geographical Information Science 3 (4): 323–334. [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.geog.ucsb.edu/~good/papers/261.pdf>
83. Comber, A. Using Control Data to Determine the Reliability of Volunteered Geographic Information about Land Cover".International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 23 / A. Comber, L. See, S. Fritz, M. Van der Velde - 2013. [Electronic resource]. – Access mode:<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0303243412002358>

84. Coulston, J. W. Approximating prediction uncertainty for random forest regression models. / J. W. Coulston, C. E. Blinn, V. A. Thomas / Photogrammetric Eng. & Remote Sensing. 82(3): 189–197. 2016. [Electronic resource] - Access mode: http://www.srs.fs.usda.gov/pubs/ja/2016/ja_2016_coulston_001.pdf
85. Fagan, M. Measurement and monitoring of the world's forests / M. Fagan, R. DeFries / A review and summary of remote sensing technical capability, 2009–2015.
86. Fernandez-Ordonez, Y Forest inventory using optical and radar remote / Y. Fernandez-Ordonez, J. Soria-Ruiz, B. Leblon [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.intechopen.com/books/advances-in-geoscience-and-remote-sensing/forest-inventory-using-optical-and-radar-remote-sensing>.
87. Forest Assessment // GIS for Forest Assessment [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.aeroterra.com/PDF/forestry.pdf>
88. Forestry GIS | Forestry Mapping Services at AABSyS [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.aabsys.com/industries/gis-for-natural-resource-management/forestry-gis.html>
89. GIS and Forestry//U.S. Forest Service and GIS Implementation [Electronic resource]. – Access mode: http://maps.unomaha.edu/Peterson/gis/Final_Projects/1997/KKane/Project.html
90. GIS Mapping and How it is Used in the Forestry Industry // Milliken Forestry Blog [Electronic resource]. – Access mode: <http://millikenforestry.com/Blog/tabid/73/ID/23/PageID/26/GIS-Mapping-and-How-it-is-Used-in-the-Forestry-Industry.aspx>
91. Gregory, G. Public Participation GIS: A new method for use in national forest planning brown / G. Gregory - Reed, Pat Forest Science, Volume 55, Number 2, 1 April 2009, pp. 166-182(17) [Electronic resource]. – Access mode: http://www.landscapemap2.org/PublicParticipationGIS_ForestScience.pdf

92. History of Information Technology in the BC Forest Service // January 2011 with minor revisions October 2011 [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.for.gov.bc.ca/hfd/library/bcfs100/FSITHist/FSITHist.pdf>

93. Joan, M. Integrating gis technology with forest management and habitat assessment efforts on our national forests / M. Joan, S. Nichols, H. Arif [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.ncrs.fs.fed.us/pubs/gtr/other/gtr-nc205/pdf/p02.pdf>

94. Kadioğulları A. İ. G. Çakır Determining the appropriate geographic distribution of sample points for forest inventory with high resolution 3D images and GIS, a case study of Yalnızçam and Camili forest planning units in Turkey / A. İ. G Çakır Kadioğulları, E. Z. Başkent / Proceedings International Workshop 3D Remote Sensing in Forestry

95. Ke, Y. Comparison of individual tree crown detection and delineation methods / Y. Ke, J. Lindi / Resources and forest engineering state university of New York College of Environmental Science and Forestry Syracuse, New York. [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.asprs.org/a/publications/proceedings/portland08/0038.pdf>

96. Koch, B. Holger 3D data for forest and environmental planning / B. Koch, U. Heyder, C. Straub / Weinacker University of Freiburg, Dept. Remote Sensing and Landscape Information Systems FeLis, Freiburg, Germany Workshop on 3D Remote Sensing in Forestry, 14th-15thFeb. 2006, Vienna – Session 1.

97. Korpela, I Single-tree forest inventory using lidar and aerial images for 3D treetop positioning, species recognition, height and crown width estimation Department of Forest Resource Management, /I. Korpela, [et al] - POB 27, 00014 University of Helsinki, Finland. [Electronic resource]. – Access mode: http://www.isprs.org/proceedings/XXXVI/3-W52/final_papers/Korpela_2007.pdf

98. Kraak, M. J. Settings and needs for web cartography / M. Kraak, A. Brown / Web Cartography, Francis and Taylor, New York, 2001. p. 3–4.

99. Lillesand, T. M. Remote Sensing and Image interpretation / T. M. Lillesand, R. W. Kiefer / VI edition of John Wiley & Sons, 2000. – 768 p.
100. Lopatin, E. Determination of forest growth trends in Komi Republic (Northwestern Russia) / E. Lopatin, T. Kolström, H. Spiecker / combination of tree-ring analysis and remote sensing data. *Boreal Environment Research* 11, 2006. p.p. 341–353.
101. Magnuson, M. Aerial photo-interpretation using Z/I DMC images for estimation of forest variables / M. Magnuson, J. E. S. Fransson, H. Olsson - *Scand J Forest Res* 22 (3), 2007. p.p. 254-266
102. McDonnell, R. A. *Principles of geographical information systems* / R. A. McDonnell, P. A. Burrough - Spatial information systems Oxford University press. 1998 352 p.
103. Muehlenhaus, I. Web Cartography. Map design for Interactive and Mobile devices / I. Muehlenhaus, CRC Press, Boca Raton 2014. 240 p.
104. Panwar, R. GIS And Remote Sensing Applications In Natural Resources Management / R. Panwar, A. Kumar / International journal of innovative research and advanced studies (IJIRAS) / R. Panwar, A. Kumar - Volume 2 Issue 4, April 2015 [Electronic resource]. – Access mode: Ruby Panwar, Amit Kumar http://www.ijiras.com/2015/Vol_2-Issue_4/paper_11.pdf
105. Pollock, R. J. The automatic recognition of individual trees in aerial images of forests based on a synthetic tree crown image model / R. J. Pollock - University of British Columbia: Vancouver, BC, Canada, 1996. [Electronic resource]. – Access mode: http://www.webpages.uidaho.edu/for570/Readings/Wang-2004_mar_351-357.pdf
106. Remote sensing pixels and bits // Earthobservatory of Nasa [Electronic resource]. – Access mode: http://earthobservatory.nasa.gov/Features/RemoteSensing/remote_06.php
107. Rencz, A. N. Manual of remote sensing, third edition / A. N. Rencz - Volume 3, John Wiley & Sons, 1999. – 728 p.

108. Riyad Ismail, Mark Norris-Rogers Geographic Information Systems and Remote Sensing Applications in Forest Management / Riyad Ismail, Mark Norris-Rogers, Mondli SA Fethi Ahmed, Onesimo Mutanga - [Electronic resource]. – Access mode: http://www.academia.edu/1470430/Geographic_Information_Systems_and_Remote_Sensing_Applications_in_Forest_Management
109. Ronald, E. Remote sensing support for national forest inventories / E. Ronald, McRoberts, O. Erkki [Electronic resource]. – Access mode: <http://naldc.nal.usda.gov/download/37561/PDF>
110. Saarela, S. Use of remotely sensed auxiliary data for improving sample-based forest inventories / S. Saarela - University of Helsinki, Department of Forest Sciences, 2015. [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.metla.fi/dissertationes/df201.pdf>
111. Schowengerdt, R. A. Remote sensing: models and methods for image processing (3rd ed.) / R. A. Schowengerdt - Academic Press, 2007. [Electronic resource]. – Access mode: https://books.google.ru/books?id=KQXNaDH0X-IC&pg=PA2&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
112. Spatial (GIS and Remote Sensing) Analyst Expert // [Electronic resource]. – Access mode: https://www.appone.com/maininfoeq.asp?Ad=315321&R_ID=1261528&Refer=http://www.indeed.com/jobs&B_ID=83
113. Spurr, S. H. Aerial photography / S. H. Spurr/ Use in forest inventories [Electronic resource]. – Access mode: [http://www.fao.org/docrep/x5345e/x5345e04.htm#use in forest inventories](http://www.fao.org/docrep/x5345e/x5345e04.htm#use%20in%20forest%20inventories)
114. Technology in the forest // Geographic Information Systems (GIS) [Electronic resource]. – Access mode: http://www.envirothon.org/pdf/CG/technology_in_the%20_forest.pdf
115. The Blue Marble Next Generation - A true color earth dataset including seasonal dynamics from modis - October 17, 2005. [Electronic resource]. – Access mode: <http://earthobservatory.nasa.gov/Features/BlueMarble/bmng.pdf>

116. The official website of Nasa World Wind // General Features [Electronic resource]. – Access mode: <http://goworldwind.org/features/>
117. Vastaranta, M. Forest mapping and monitoring using active 3D remote sensing. *Dissertationes Forestales* 144, 2012. 45p. [Electronic resource]. – Access mode: Available at <http://www.metla.fi/dissertationes/df144.htm>
118. White, J C The utility of image-based point clouds for forest inventory: A comparison with airborne laser scanning. / J. C. White, [et al.] - *Forests* 4 (3), 2013. p.p.518-536 [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.mdpi.com/1999-4907/4/3/518>
119. Wimmer, A. Forest inventory by means of satellite remote sensing and laser scanning / A. Wimmer, M. Schardt, M. Ziegler / [Electronic resource]. – Access mode: http://www.isprs.org/proceedings/XXXIII/congress/part7/1316_XXXIII-part7.pdf
120. Xianwen, Z. Build a new system of forest resources inventory by information technology / Z. Xianwen, [et al.] [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.fao.org/docrep/ARTICLE/WFC/XII/0916-B1.HTM>

ПРИЛОЖЕНИЯ

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2015616354

Интерактивный картографический сервис GISFOREST

Правообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова» (RU)*

Авторы: *Вагизов Марсель Равильевич (RU),
Сиразетдинова Гульнара Ринатовна (RU)*



Заявка № 2015612284

Дата поступления 24 марта 2015 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ 08 июня 2015 г.

Врио руководителя Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Л.Л. Кирий



СЕРТИФИКАТ

об участии в

Научно-практической конференции
для молодых учёных КРОНА – 2014

Вагизов Марсель Равильевич

выступил с докладом на тему:

Разработка интерактивного картографического сервиса

21 марта 2014 года в Санкт-Петербургском научно-исследовательском институте лесного хозяйства состоялась II Научно-практическая конференция для молодых ученых «КРОНА – 2014». Мероприятие приурочено к «Всероссийскому дню знаний о лесе» и провозглашенному Генеральной Ассамблеей ООН «Международному дню лесов».

Директор ФБУ «СПбНИИЛХ»



И. А. Васильев



21 МАРТА
МЕЖДУНАРОДНЫЙ
ДЕНЬ ЛЕСОВ