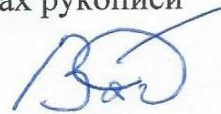


На правах рукописи



Вагизов Марсель Равильевич

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

25.00.35 – Геоинформатика

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Санкт-Петербург – 2016

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М.Кирова»

Научный руководитель: Алексеев Александр Сергеевич

доктор географических наук, профессор.

Официальные оппоненты:

Присяжнюк Сергей Прокофьевич доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой геоинформационных систем, «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики »

Гоголевский Анатолий Сергеевич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник 514 лаборатории Военного института (Научно-исследовательского), Федеральное государственное бюджетное военное образовательное учреждение высшего образования «Военно-космическая академия имени А.Ф.Можайского» Министерства обороны Российской Федерации.

Ведущая организация: ООО «Геонавигатор».

Защита состоится 20 декабря 2016 года на заседании диссертационного совета Д 212.197.03 на базе ФГБОУ ВО «Российский государственный гидрометеорологический университет» по адресу: 195196, Санкт-Петербург, пр. Металлистов, д. 3, ауд. 102 в 15 час. 30 мин.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Российский государственный гидрометеорологический университет» и на сайте совета <http://www.rshu.ru/university/dissertations/>

Автореферат разослан 20 октября 2016 г.

Учёный секретарь диссертационного совета,
доктор технических наук, профессор



Е.П.Истомин.

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 геоинформационного программного обеспечения для целей лесного хозяйства, использующего в своей структуре данные открытых картографических материалов в сети интернет, основной задачей которого является проведение анализа лесных земель. Важнейшей составляющей научной задачи является разработать не только систему визуализации лесных карт на основе многоисточникового подхода объединения картографической информации, но и разработать специальный программный механизм, позволяющий определять некоторые таксационные показатели насаждений 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.

Изучены и проанализированы методы, способы и подходы проектирования специальных геоинформационных программ и картографических web-сервисов.

Использование столь объёмных и информативных материалов в открытом доступе в сети интернет для целей лесного хозяйства является перспективным научным направлением по дистанционному сбору средств информации о лесах, но и необходимым способом в концепции экономической эффективности инвентаризации лесов при помощи дешифровочного метода исследования лесов.

Цель работы. Целью данной диссертационной работы является разработка методики применения специального разработанного геоинформационного 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 поддержку в системе

принятия решений и позволят проводить анализ земель лесного фонда дистанционным способом.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

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

Положения, выносимые на защиту:

1. Методика проектирования и 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 картографического сервиса.

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, повышающие оперативность доступа к разнородным картографическим материалам в глобальной сети.

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 дистанционных материалов, для исследования земель лесного фонда с целью устойчивого управления лесами. В результате выполнения диссертационной работы решены научная и инженерно-технологическая задача, применение которых позволит повысить эффективность использования и оперативность доступа к картографическим материалам размещенных в открытом доступе в глобальной сети интернет.

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 патенте 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, автором предложена новейшая методика автоматизированного определения таксационных показателей, написаны и подготовлены для публикации научные статьи по теме диссертации. По теме диссертации защищено 4 выпускных квалификационных работы и 1 дипломный проект на кафедре информационных систем и технологий СПбГЛТУ.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения, списка источников и использованной литературы включающих 120 наименований, из которых 40 зарубежные и приложений. Общий объём работы - 147 страниц машинописного текста, 57 рисунков, из которых 14 блок-схем, 7 примеров реализованного программного кода, 4 таблицы и 2 приложения.

Содержание работы

Во введении рассматривается актуальность темы диссертационной работы, сформулирована ее цель, задачи, изложены основные научные результаты, приведена апробация работы и дана краткая характеристика ее содержания.

В первой главе проведён комплексный анализ разработок существующих интернет картографических сервисов, виртуальных глобусов и геоинформационных программ, произведен исторический очерк развития, интернет картографических сервисов, дана классификация программ,

использующих в своей структуре веб-технологии. В результате анализа литературных источников по теме исследований 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. В связи с этим сформулировано обоснование для разработки интерактивного картографического сервиса для отрасли лесного хозяйства. Указаны необходимые особенности, которыми должен обладать разрабатываемый программный комплекс, учитывая спецификацию лесного направления.

Во второй главе «Разработка информационной системы и структуры интерактивного картографического сервиса» автором предложена концепция и структурно-логическая схема составляющих компонентов разрабатываемой системы. В пункте 2.1 определены требования к проектируемой геоинформационной системе (web-сервису).

В современной лесной отрасли существуют различные специализированные геоинформационные программы для анализа земель лесного фонда, однако на сегодняшний день отмечено отсутствие специализированного открытого web-картографического сервиса для специалистов лесной отрасли. В последние десятилетия произошло резкое сокращение объемов лесоустроительных работ, что привело к существенному снижению уровня информационного обеспечения управления лесами.

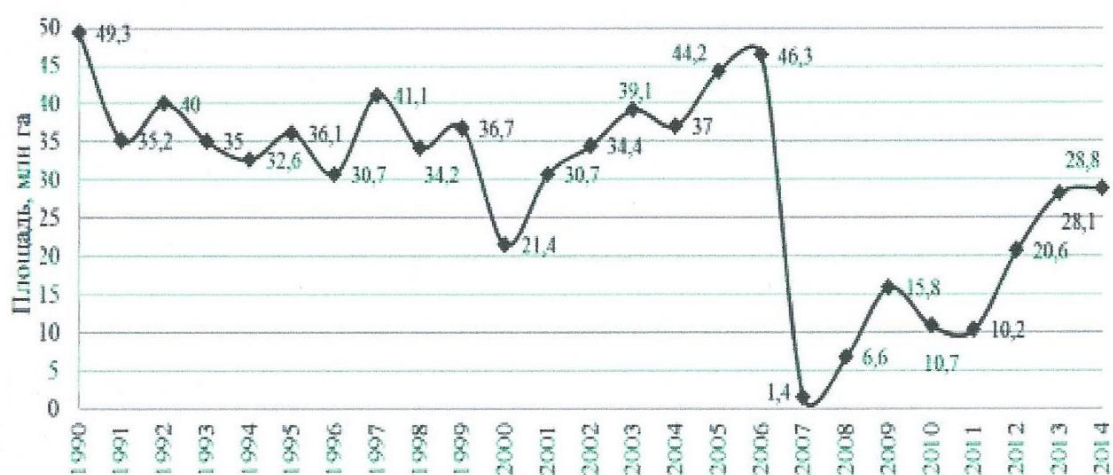


Рис 1. Площади лесоустроительных работ за период 1990-2014 гг., млн.га

На рис.1 видно резкое сокращение лесоустроительных работ, это является основанием для разработки инновационных геоинформационных программных продуктов способных обеспечить поддержку системы принятия решений специалистам лесного хозяйства, на базе открытых картографических материалов в сети интернет.

Развитие и увеличение разнородной картографической информации в открытом доступе при использовании картографических сервисов (Google.Earth, Bing.Maps, Nasa World Wind) позволяет использовать эти данные для анализа, мониторинга и исследования земель, покрытых лесом. 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. В пункте диссертации 2.2 определена концепция системы сервиса и её структурные составляющие, спроектирована концептуальная модель компонентов системы (рис.2).



Рисунок 2 –Модель компонентов интерактивного картографического сервиса.

Спроектированы функциональные модули в составе системы:

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.

В ходе исследования необходимо было поставить ряд технологических задач для реализации всей геоинформационной системы и ввода в эксплуатацию разрабатываемого программного комплекса:

- 1) функциональное проектирование сервиса;
- 2) программно-техническое проектирование;
- 3) описание процессов взаимодействия в системе;
- 4) экспериментальную проверку и тестирование сервиса;

В пункте 2.3 отражено функциональное проектирование сервиса, дано определение сервису и показан алгоритм запуска программы. 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. В основные функции сервиса (п.2.3.2) включено два режима работы с сервисом. Режим просмотра карт заключается в отображении 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).

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 определяемых 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.

Для более детального представления функциональных возможностей разрабатываемого сервиса, была составлена схема, показывающая функции интерактивного картографического сервиса (Рис.3).

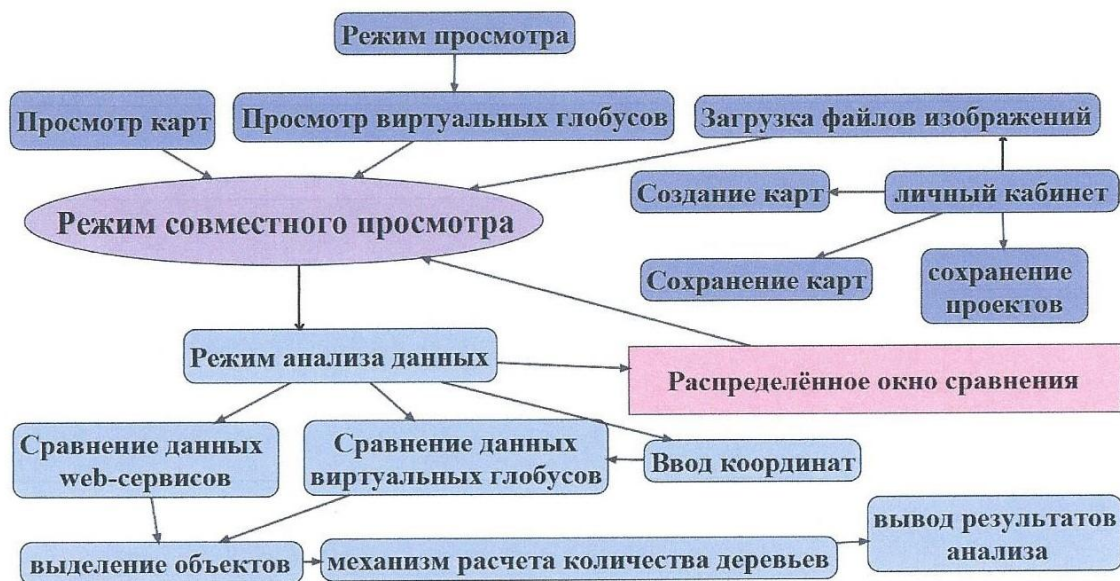


Рисунок 3. Функции интерактивного картографического сервиса.

Режим анализа данных – второй основной режим в составе сервиса. 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. 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 браузера (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.

Во второй главе, особое внимание уделяется программно-техническому проектированию сервиса (**п.2.4**), описаны спецификации платформы ЭВМ для проектирования и разработки сервиса. Указаны инструменты реализации сервиса, связанные с написанием программного кода, выбор прикладных программных инструментов, механизмов интеграции дополнительных компонентов в систему сервиса, необходимость экспериментальной проверки и тестирования 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;

Производительность сервиса выражается в использовании системой потребления ресурсов компьютера при работе интерактивного картографического сервиса. (Рис.5)

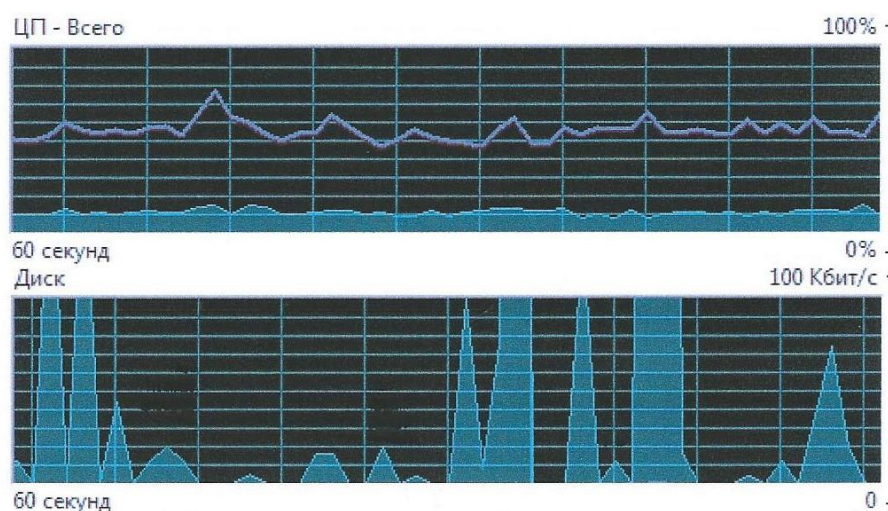


Рис.5 График потребления ресурсов ЭВМ в режиме работы интерактивного картографического сервиса.

Общая формула производительности сервиса при этом выражается как:

$$P = \frac{U_n}{T}$$

где P – производительность, U_n – количество операций, T – время на выполнение задачи.

Следовательно, производительность можно измерять в количестве выполняемых операций за секунду. Введя дополнительную переменную – тактовую частоту, можно рассчитывать производительность разработанного картографического сервиса.

$$P = \frac{U_n}{B_j} \times \frac{B_g}{T}$$

где B_j – тактовая частота процессора устройства. (За такт), B_g – количество тактов за единицу времени.

Для того, что бы снизить время на обработку данных требуется повысить производительность. При этом, формально мы имеем задачу оптимизации, критерием оптимизации является некоторая функция:

$$Y = \varphi(x_1, x_2, \dots, x_n) \rightarrow \min, \text{ где}$$

Y – время обработки информации $x_1, x_2, \dots, x_n$ параметры или влияющие факторы, которые могут влиять на производительность системы.

Основные инструменты разработки картографического сервиса это:

- 1) Среда разработки программ Net.Bean;
- 2) Языки программирования JavaScript, CSS, JSP, HTML;
- 3) Веб-сервер – Apache Tomcat;
- 4) API – интерфейс;
- 5) ЭВМ, Core i5, RAM 6 GB, HDD 750;
- 6) Сервер хранения данных D-link-320L 3 TB.

Техническое проектирование программного кода включало в себя написание процессов, процедур, исполняемых команд и скриптов. Для описания процедур, стилей и элементов, разрабатываемых в интерактивном картографическом сервисе использовались HTML, JSP и CSS. 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. 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;" >
```

В пункте 2.4.3 поэтапно описывается технология создания интерфейса программы, с учётом требований и спецификаций для лесного направления отрасли. Приводится пример реализованного программного кода (Рис.6) и его визуализация в итоговом варианте. (Рис.7)

```
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 6. Пример кода оформления с селектором body.



Рисунок 7. Вход в основные функции интерактивного картографического 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 (Рис.8), данная концепция минимизирует время доступа к располагаемым функциям в сервисе и упрощает работу с ним. Необходимо так же учитывать, что 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. Применение разработанного сервиса позволит сравнивать разнородную картографическую информацию о лесах в сети интернет и повысить оперативность доступа к разнородной картографической информации о лесах.

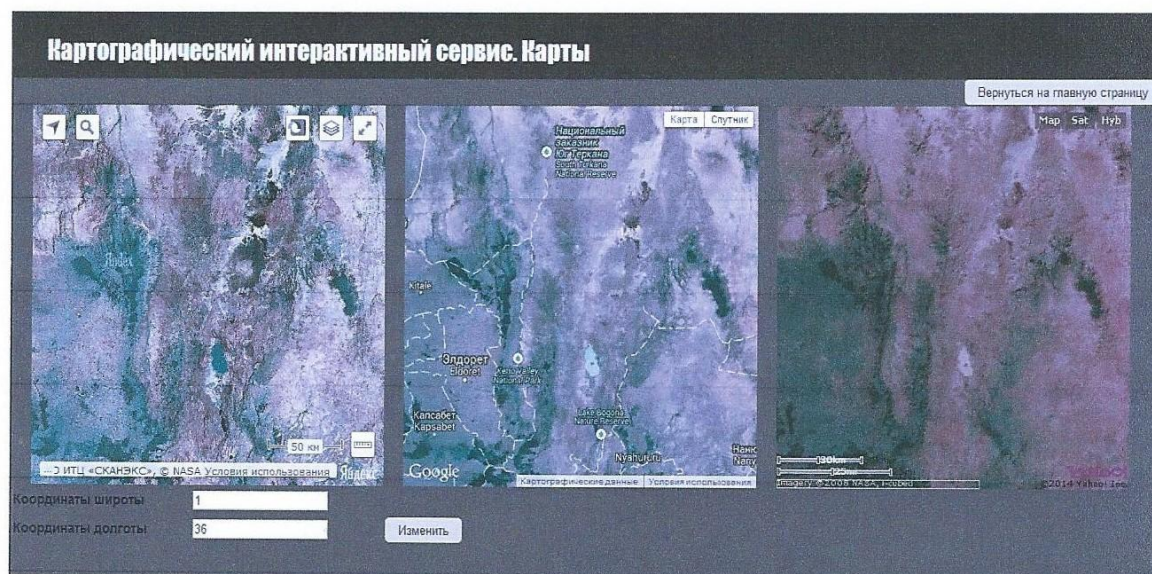


Рисунок 8. Визуализация интерфейса после выбора геоданных.

Описание метода визуализации карт в сервисе, реализовано средствами CSS. CSS для карт задается с помощью id (идентификатора). Для каждой карты в скрипте прописывается функция инициализации в теле страницы – вызов функций. (Рис.9.)

```

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 9. Вызов функций и задания id карт в таблице.

В пункте 2.5.1 описан механизм отображения прикладных модулей (плагинов) независимо подключаемых в систему сервиса благодаря архитектуре построения сервиса, основанной на принципах декомпозиции. Такой механизм необходим для повышения количества геоданных в сервисе и возможности 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.

Во второй главе описана методика разработки и технологические особенности разработки 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) Разработан алгоритм сравнения эффективности картографического сервиса перед использованием многооконного режима сравнения карт для анализа.
- 9) Реализован способ интеграции в сервис дополнительных источников (плагинов) для отображения картографической информации.
- 10) Произведена визуализация способов применения картографического сервиса в решениях лесохозяйственных задач.

В третьей главе «Разработка методики определения базовых таксационных показателей в интерактивном картографическом сервисе», предложена методика определения таксационных показателей на основе программно-технического подхода, использующих дистанционные материалы открытых картографических сервисов. 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]. 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 устраняет эту проблему. Так в концепции интерактивного картографического сервиса используются материалы сразу нескольких компаний, предоставляющих бесплатный доступ к материалам дистанционного зондирования.

В процессе исследования и на основе анализа литературных источников специалистами по лесной таксации отмечено, что для практики лесного хозяйства имеет значение первоначальная густота лесных насаждений и густота в периоды последующего их формирования и выращивания. 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 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 процедуры распознавания, необходимо определить качество изображения и календарную дату съёмки изображений для последующей обработки и фильтрации (Рис.10).

Таблица 1 — Данные исследуемых изображений

Снимок	Материалы ДЗЗ	Масштаб	Поставщики данных	Пространственное разрешение на м.	Дата съёмки
1	Bing.maps	1:50	Landsat, (Аэрофотосъёмка)	(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

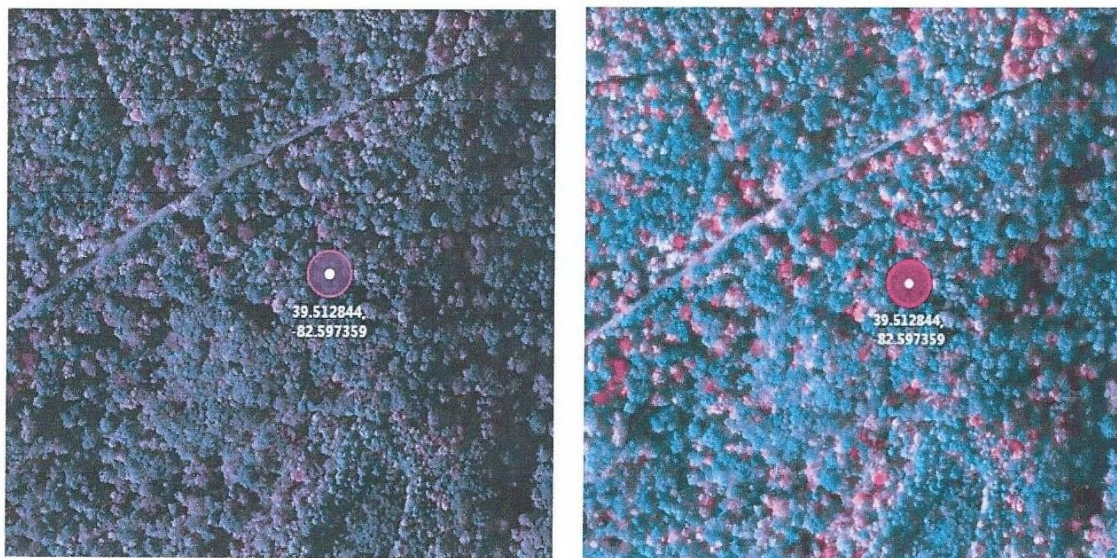


Рисунок 10. Применение фильтра для повышения спектральных характеристик лесного участка, данные открытого картографического сервиса Bing.Maps.

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

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. Данная методика описана в пунктах 3.3.1, 3.3.2 определения числа деревьев автоматической обработкой данных на основе интернет картографических материалов позволит ускорить процесс получения информации о состоянии лесов и их таксационных показателей. Интеграция такого механизма в систему картографического сервиса позволит специалистам лесного хозяйства использовать данную методику в практических целях. Сам процесс распознавания можно представить в виде схемы (Рис.11):

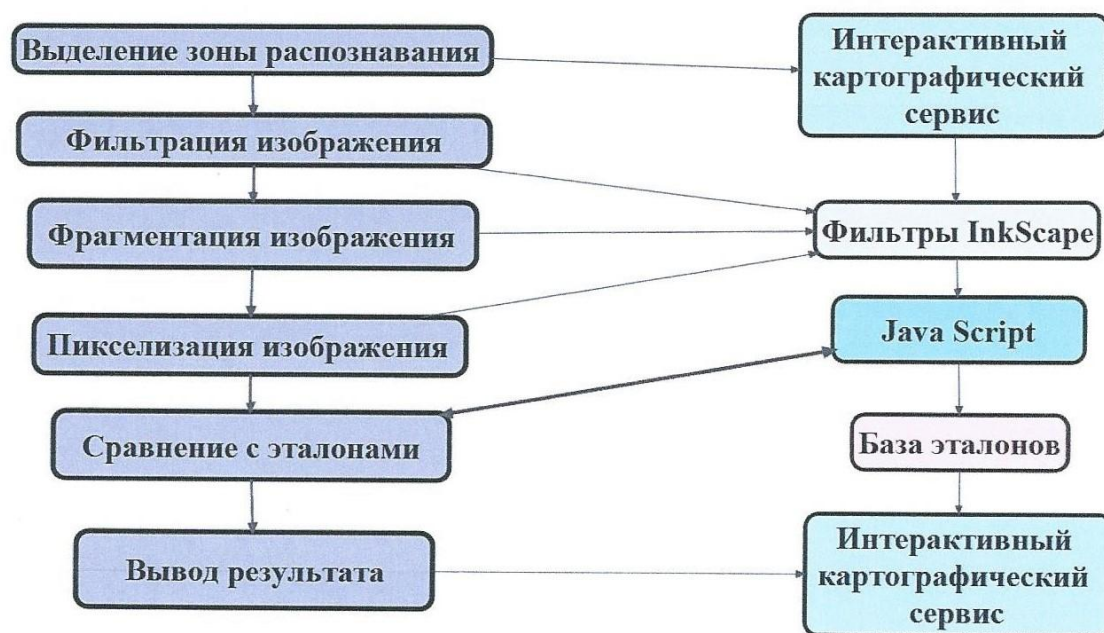


Рисунок 11. Процесс обработки зоны распознавания в сервисе.

Распознавание происходит в два этапа: сначала вычисляется значение всех границ контуров элемента, затем сравнивается значение пикселей эталона с пикселями элемента распознавания в системе RGB. (Рис.12)

Текущее значение

x=366, y=164

#535472

Red: 83

Green: 84

Blue: 114



Рисунок 12. Значение пикселя и координат одного элемента в системе RGB.

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 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

$$\min P\{\hat{g}(x(\omega)) \neq g(\omega)\}.$$

В третьей главе была предложена методика определения важнейшего для лесной таксации показателя, густоты насаждений, используя автоматическое дешифрирование интегрированное в систему разработанного картографического сервиса. Применение программно-аппаратных средств в сочетании со способами автоматизации дешифрирования снимков высокого и низкого пространственного разрешения является перспективным научным направлением в развитии методов определения лесотаксационных показателей насаждений, применение данного подхода является необходимым дополнением для сбора лесотаксационных данных различными лесоустроительными предприятиями, учитывая особенность столь большой покрытой лесом площади занимаемой в Российской Федерации.

В четвертой главе «Экспериментальная проверка интерактивного картографического сервиса и обсуждение результатов» проведена экспериментальная проверка и тестирование разработанного геоинформационного программного комплекса, проведено тестирование сервиса на базе лаборатории кафедры лесной таксации лесоустройства и геоинформационных систем СПбГЛТУ, сделано соответствующее заключение. Интерактивный картографический сервис протестирован в соответствии с разработанным планом тестирования для подобных видов программ – веб-приложений, включающего в себя:

1. Функциональное тестирование;
2. Автоматическое тестирование;
3. Аппаратное тестирование.

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 допустимых значений;
- Ошибок в течение проведения теста не выявлено;
- Сервис можно тестировать с помощью аппаратных средств.

В пункте 4.1 показана система Администрирования картографическим сервисом и составлена схема процессов, поступающих запросов от пользователей к Администратору системы. Для подтверждения возможности реализации спроектированного программного кода требуется функциональное и аппаратное тестирование сервиса п.4.2-4.3 при этом указывается потребление аппаратных ресурсов системой картографического сервиса.

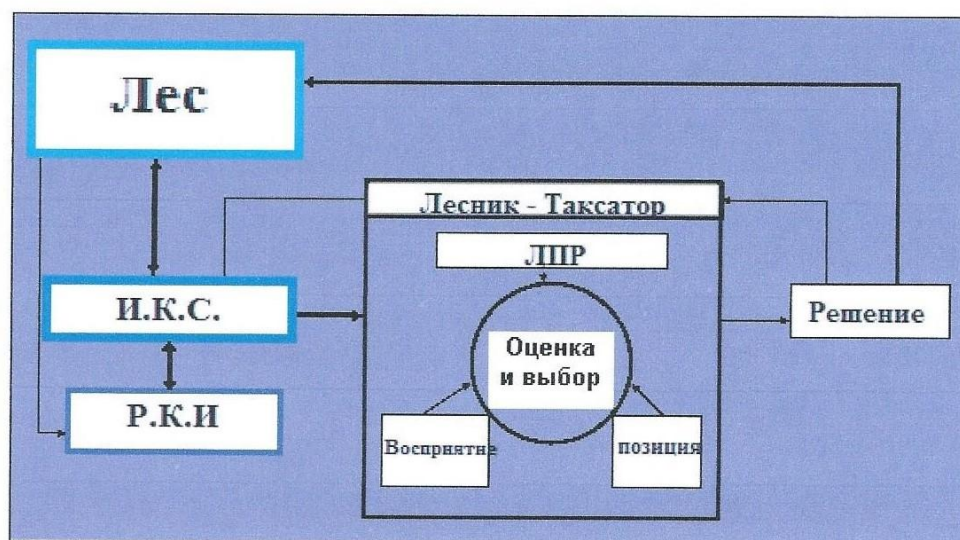


Рисунок 13. Модель принятия решений лесником и значение сервиса.

Практическая задача разработанного интерактивного картографического сервиса - это обеспечить поддержку принятия решения Лесником (Таксатором) обеспечивая связь с разнородной картографической информации (Р.К.И.) и личностью принимаемой решения (Л.П.Р.). На (рис.13) представлена модель, в которой сервис (И.К.С.) занимает ключевое положение для получения достоверной и актуальной информации о лесе. Лесник (Таксатор) использует сервис, как прикладной программный инструмент, для информационного обеспечения. Учитывая мобильность сервиса и независимость аппаратного обеспечения, разработанный сервис

повышает оперативность доступа к разнородной картографической информации в глобальной сети.

В процессе исследования необходимо было комплексно протестировать сервис, с целью подтверждения работоспособности системы, для этого в соответствии разработанным планом использовалась методика автоматизированного тестирования. Автоматическое тестирование проводилось при помощи программы Web Performance Tester. Где основные функции подвергались нагрузочному тестированию средствами микрокоманд или тест-кейсов, результат тестирования отображался в режиме реального времени и на каждом графике определенной функции подвергнутой тестированию. (Рис.14.)

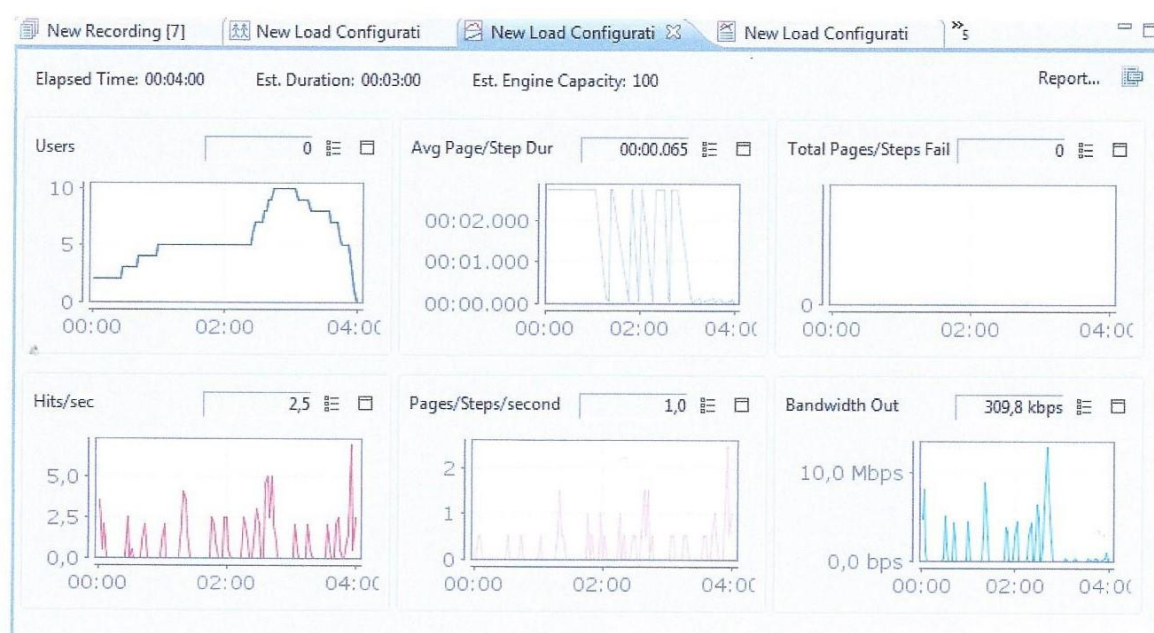


Рисунок 14. Графики тест-кейса № 1 картографического сервиса

В диссертационной работе в четвертой главе так же указывается на необходимость повышения надежности разработанного картографического сервиса, проведено испытание сервиса в лабораторных условиях, проведён запуск сервиса с мобильных устройств под управлением операционной системы Android и указаны практические рекомендации по использованию и развитию сервиса.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Разработан «Интерактивный картографический сервис GISFOREST», который прошёл государственную регистрацию в федеральном органе исполнительной власти по интеллектуальной собственности с присвоением номера № 2015616354 от 08.06.2015, разработанный сервис может

обеспечить поддержку принятия решений специалистам лесного хозяйства и использоваться на лесоустроительных предприятиях.

2. Разработаны новые структурные технологические решения, составлены блок-схемы процессов, алгоритмов и решений реализации функционирования интерактивного картографического сервиса, повышающие оперативность доступа к разнородным картографическим материалам в глобальной сети.

3. Разработана методика визуализации карт средствами интерактивного картографического сервиса, позволяющая проводить анализ лесных земель дистанционным способом.

4. Разработана новая методика определения таксационных показателей насаждений программно-техническим методом, использование которой позволит автоматизировать процедуру расчёта густоты лесных насаждений на гектар.

5. Проведена экспериментальная проверка и тестирование разработанного картографического сервиса, результаты разработки могут быть использованы специалистами лесного хозяйства в качестве вспомогательного инструмента для мониторинга, изучения и сравнения земель лесного фонда, на базе дистанционных материалов имеющих открытый доступ в сети интернет.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

В изданиях рекомендованных ВАК:

1. Вагизов, М. Р. // Применение интерактивного картографического сервиса для определения числа деревьев программно-техническим методом. // М. Р. Вагизов «Успехи современного естествознания» – 2016. № 3-С. 50-58.

2. Алексеев А.С. Никифоров А.А. **Вагизов М.Р.** Михайлова А.А. 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. //«Известия лесотехнической академии»/ Спб 2016. (№215) –С.6-18

Другие издания:

3. 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

4. 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.

5. Вагизов М.Р. «Интерактивный картографический сервис GISFOREST» «Инновации и технологии в лесном хозяйстве» ITF-2016. Тезисы докладов V Международной научно-практической конференции, 31 мая – 2 июня 2016 г., Санкт-Петербург, ФБУ «СПбНИИЛХ». СПб: СПбНИИЛХ, 2016. – 161 с. –С.41.

6. Алексеев А.С. Никифоров А.А. **Вагизов М.Р.** Михайлова А.А. 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. Материалы научно-технической конференции - Леса России: политика, промышленность, наука, образование. / Том 1/Под.ред. В.М.Гедьо - СПб.:СПбГЛТУ, 2016 г.-224с. –С.17-20.

7. Алексеев А.С. Никифоров А.А. **Вагизов М.Р.** Михайлова А.А. 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. Материалы докладов VI Всероссийской конференции: Аэрокосмические методы и геоинформационные технологии в лесоведении, лесном хозяйстве и экологии. / Москва, 20-22 апреля 2016 г –М.: ЦЭПЛ РАН, 2016 г. 228 с. –С.80-84.

8. **Свидетельство** о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2015616354 от 08.06.2015 «Интерактивный картографический сервис GISFOREST».

Отзывы на автореферат в ДВУХ ЭКЗЕМПЛЯРАХ С ЗАВЕРЕННЫМИ ПОДПИСЯМИ просим направлять по адресу:

В отзыве необходимо указать полностью ФИО, ученую степень и ученое звание, должность и место работы, полное наименование учреждения и почтовый адрес, телефон, электронную почту.