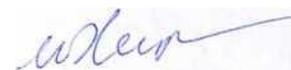


МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

На правах рукописи



ХИТРИН МАКСИМ ОЛЕГОВИЧ

**СОЗДАНИЕ АДАПТИВНОГО ГЕОАНАЛИТИЧЕСКОГО ПОРТАЛА
УПРАВЛЕНИЯ ТЕРРИТОРИЯМИ НА ОСНОВЕ МЕТОДИКИ
МНОГОСТУПЕНЧАТОГО ВЫБОРА ОТКРЫТЫХ КОМПОНЕНТОВ**

Специальность 05.13.10

«Управление в социальных и экономических системах»

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор технических наук, профессор,
Шестаков Александр Леонидович

Челябинск – 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1 СОЗДАНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ПОРТАЛОВ КАК СОВРЕМЕННОГО ЭТАПА В РАЗВИТИИ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ	9
1.1 Формирование идеи создания геоинформационных порталов в ретроспективе развития геоинформационных технологий	9
1.2 Существующие методы и средства разработки геоинформационных порталов и необходимость создания геоаналитического портала на основе компонентов с открытым исходным кодом	23
Выводы по главе 1.....	39
ГЛАВА 2 НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ РАЗРАБОТКИ АДАПТИВНОГО ГЕОАНАЛИТИЧЕСКОГО ПОРТАЛА	40
2.1 Постановка задачи разработки адаптивного геоаналитического портала.....	40
2.2. Структурная модель адаптивного геоаналитического портала	41
2.3 Характеристика адаптивности геоаналитического портала	43
2.4 Актуальные средства геопространственного анализа.....	48
2.5 Задача выбора структурных компонентов используемых для создания геоаналитического портала	51
Выводы по главе 2.....	68
ГЛАВА 3 ОСНОВНЫЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО СОЗДАНИЮ АДАПТИВНОГО ГЕОАНАЛИТИЧЕСКОГО ПОРТАЛА И РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗРАБОТОК ДИССЕРТАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ НА ПРАКТИКЕ.....	69

3.1 Организационно-методические положения по созданию адаптивного геоаналитического портала	69
3.2 Практические результаты использования научных положений и разработок диссертации.....	71
Выводы по главе 3.....	109
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	111
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	113
Приложение А. Акты о внедрении программного обеспечения.....	122
Приложение Б. Свидетельства о регистрации программного обеспечения	125
Приложение В. Результаты анализа картографических библиотек	127
Приложение Г. Схема процесса выбора компонентов системы	131

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы работы

Современные реалии таковы, что не менее 60 – 70 процентов информации, с которой встречаются различного рода промышленные предприятия и организации, а также органы государственной власти и муниципального управления в своей деятельности, имеет пространственную составляющую, а геоинформационные технологии и системы используются для её получения и обработки. Поскольку развитые как отечественные, так и зарубежные геоинформационные системы (ГИС) являются весьма дорогостоящими и требуют от управленческого персонала специальных знаний для эксплуатации, то весьма важным для практики обработки и анализа пространственных данных является использование более упрощенных и доступных средств и технологий, таких как геоинформационные порталы. Одним из вариантов решения данной задачи являются геоаналитические порталы.

Как известно, отличительными чертами геопорталов является способность отображать и обрабатывать геопространственные данные, а также объединять в себе множество подсистем с использованием упрощенных интерфейсов и возможности наглядного отображения пространственной информации.

В этой связи геопорталы, приобретая всё большую популярность, во многих случаях способны замещать многофункциональные ГИС, а также выступать в роли облачных сервисов посредством веб-технологий. Таким образом, исследование в области разработки геопорталов, которые позволяли бы осуществлять поддержку принятия решений в области управления развитием территории самого различного назначения, является остроактуальной задачей. С её решением и связана тема данной диссертационной работы.

Степень разработанности темы исследования

Общим вопросам, связанным с геоинформационными системами и геоинформационными порталами посвящены работы А.В. Бакланова, М.Н.

ДеМерса, А.В. Кошкарёва, Э. Митчелла, В.П. Раклова, С.В. Серебрякова, А.Л. Федотова.

Вопросам разработки программного обеспечения и геоинформационных систем в частности посвящены работы Г. Бобински, Н.И. Глумова, Ю.Д. Зраенко, С.А. Осокина, Р. Томлинсона, А.В. Чернова.

Вопросам, связанным с теорией управления и методу экспертных оценок посвящены труды Б.Г. Литвака, О.В. Логиновского, В.М. Мишина, А.И. Орлова.

Цель и задачи диссертации. Целью работы является создание адаптивного геоаналитического портала управления территориями на основе методики многоступенчатого выбора открытых компонентов.

Для достижения поставленной цели в диссертационной работе поставлены и решены следующие **задачи**:

1. Выполнен анализ существующих геоинформационных порталов, структурных моделей и методов их разработки.

2. Разработан комплекс научных положений по созданию адаптивного геоаналитического портала управления территориями, включающий: постановку задачи, структурную модель портала, актуальные средства геопространственного анализа и методику выбора структурных компонентов используемых для создания геоаналитического портала.

3. Предложена методика создания адаптивного геоаналитического портала управления территориями на основе многоступенчатого выбора компонентов с открытым исходным кодом.

4. Разработано программное обеспечение геоаналитического портала управления развитием территории.

5. Созданы и внедрены геоаналитические порталы Челябинской области, сельскохозяйственного мониторинга области и контроля передвижения сельскохозяйственной техники.

Объектом исследования являются геоинформационные порталы, как подвид геоинформационных систем.

Предметом исследования являются модели и методы создания геоинформационных порталов.

Методология и методы исследования

Теоретической и методологической основой работы служит общая теория систем, теория управления, теория системного анализа, теория принятия решений, методы создания геоинформационных систем и экспертных оценок.

Научная новизна работы заключается в следующем:

1. На основе анализа используемых на практике геоинформационных систем обоснована целесообразность создания оригинального адаптивного геоаналитического портала на базе открытых компонентов.

2. Разработан комплекс новых научных положений по созданию адаптивного геоаналитического портала управления территориями, включающий: постановку задачи, структурную модель портала, актуальные средства геопространственного анализа, методика выбора структурных компонентов, используемых для создания геоаналитического портала.

3. Предложена новая методика разработки адаптивных геоаналитических порталов управления развитием территории на основе компонентов с открытым исходным кодом и метода экспертных оценок.

Практическая значимость результатов диссертационной работы заключается в следующем:

1. Разработанная в диссертации методика создания адаптивного геоаналитического портала, базирующаяся на созданной в работе модели, дает возможность строить геоинформационные порталы для различных органов государственной власти, предприятий и организаций, связанных с обработкой геопространственной информации.

2. Научные положения и разработки диссертационного исследования были использованы при реализации таких проектов Челябинской области как:

- «геоинформационный портал Челябинской области»;
- «Система мониторинга сельского хозяйства»;
- портал «Мониторинга передвижения сельскохозяйственной техники».

Акты внедрения результатов диссертационных исследований представлены в приложении А.

Апробация работы

Основные положения диссертационной работы и результаты исследования докладывались и обсуждались на следующих научных конференциях и семинарах:

1. 66-й студенческой научной конференции (г. Челябинск, 2013 г.);
2. конференции Открытые ГИС (г. Москва, 2015 г.);
3. форуме «Информационное общество – 2015: вызовы и задачи» (Челябинск, 2015 г.);
4. научно-практическом семинаре «Актуальные вопросы геоинформатики» (г. Челябинск, 2015 г.);
5. всероссийской научно-технической конференции «Управление промышленными предприятиями и организациями» (Новокузнецк, 2016 г.);
6. международной летней школе SmartAgro BRICS+ Открытого Университета Сколково (г. Москва, 2016 г.);
7. научно-практическом семинаре «Геоинформационные системы в управлении» (г. Челябинск, 2017 г.).

Публикации. Результаты диссертации отражены в 10 печатных работах, из них 3 в изданиях, входящих в перечень, рекомендуемых ВАК России для опубликования научных результатов диссертаций. Получено 2 свидетельства о регистрации программы для ЭВМ, копии которых представлены в Приложении Б.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 3 глав, заключения и списка использованной литературы. Объем работы составляет 131 страницы, включая 46 рисунков, 19 таблиц, 4 приложения и библиографию из 90 наименований.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Результаты анализа методов, моделей и средств разработки геоинформационных систем и порталов.

2. Структурная модель адаптивного геоаналитического портала, используемая при создании геопортала на основе открытых компонентов.

3. Многоступенчатая методика формирования адаптивного геоаналитического портала, основанная на методе экспертных оценок.

4. Результаты внедрения научных положений и разработок диссертации для целей поддержки принятия решений по управлению развитием территории в органах государственной власти Челябинской области и фермерских хозяйств.

Соответствие паспорту специальности

Диссертационная работа соответствует паспорту специальности 05.13.10 «Управление в социальных и экономических системах» в следующих областях исследования:

- Разработка специального математического и программного обеспечения систем управления и механизмов;
- Разработка и совершенствование методов получения и обработки информации для задач управления социальными и экономическими системами;
- Разработка новых информационных технологий в решении задач управления и принятия решений в социальных и экономических системах.

ГЛАВА 1 СОЗДАНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ПОРТАЛОВ КАК СОВРЕМЕННОГО ЭТАПА В РАЗВИТИИ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

1.1 Формирование идеи создания геоинформационных порталов в ретроспективе развития геоинформационных технологий

Этапы развития геоинформационных систем

На текущий момент важность пространственной информации невозможно недооценить. Человек встречается с ней в повседневной жизни – на работе, по пути домой и даже в своей квартире. По данным А.В. Бакланова, не менее 85% информации, с которой человек сталкивается в повседневной деятельности, имеет пространственную составляющую [1]. Кроме того, высокую доступность получили личные устройства позиционирования – никого уже не удивить наличием GPS приемника в сотовом телефоне. Теперь уже трудно представить человека, использующего печатную карту или атлас для ориентации на местности – достаточно запустить специальное приложение на мобильном устройстве, чтобы определить свое местонахождение. Стоит отметить и возникшую проблему информационного перенасыщения людей – становится все труднее обрабатывать поступающие потоки информации, выявляя только полезные данные [2]. Все это – последствия развития как информационно-телекоммуникационных технологий в целом, так и направления геоинформационных систем (ГИС) в частности.

Термин ГИС имеет множество различных определений:

- ГИС – это компьютеризованная система управления и анализа географической информации [3];
- ГИС – это информационная система, обеспечивающая сбор, хранение, обработку, доступ, отображение и распространение пространственно-координированных данных (пространственных данных) [4];
- ГИС – это специализированная система обработки пространственно-временных данных [5];

- ГИС – это сочетание подготовленного персонала, пространственных и описательных данных, аналитических методов, аппаратного и программного обеспечения, где все составляющие организованы для компьютеризации, обработки и получения информации с использованием географического представления [6].

Таким образом, суммируя все приведенные выше определения, стоит заявить, что геоинформационная система – это человеко-машинный аппаратно-программный комплекс, направленный на сбор, хранение, обработку, доступ, распространения представление и анализа пространственно-временной информации.

ГИС могут решать широкий спектр задач и находят применение в различных областях и сферах жизнедеятельности. Основным преимуществом использования таких систем является возможность более полного исследования информации, так как зачастую данные могут иметь взаимосвязь, которую не проследить при помощи других информационно-аналитических систем. Приведем некоторые из возможных применений ГИС при решении задач:

- ГИС позволяет найти ответ как расширить сеть магазинов, определив места, где расположить новый филиал на основе расположения существующих точек продаж – как своих, так и конкурирующих;
- ГИС позволяет решить задачу налогообложения – определяя участки, для которых величина земельного налога не установлена или рассчитана неверно;
- ГИС позволяет наглядно представить информацию, собранную отделом статистики по нескольким районам области – иначе такая информация является трудной для восприятия, а значит – не дает результата;
- ГИС позволяет определить правильность использования земли – как в сельском хозяйстве, так и в лесном и любом другом, позволяя использовать её более рационально;

- ГИС позволяет решить вопросы учета имущественно-хозяйственного комплекса на крупных предприятиях;
- ГИС, помимо всего вышесказанного, позволяет спланировать маршрут туристической поездки и сориентироваться в незнакомой местности.

Все вышесказанное позволяет заявить, что ГИС-системы могут иметь различный масштаб – от размеров среднего предприятия, до масштабов страны и планеты. Это могут быть как системы общей направленности, обладающие базовым инструментарием, так и узкоспециализированные системы, направленные на решение специфичных задач отрасли. Все это говорит о том, что классифицировать ГИС можно по-разному в зависимости от выбранного метода. Выделим следующие методы классификации ГИС:

- *по проблемной ориентации выделяют:* универсальные, географические, отраслевые (тематические) и специализированные ГИС;
- *по целевому назначению выделяют:* информационно-справочные, инвентаризационные, ГИС для принятия управленческих решений и ГИС для управления процессами и системами;
- *по территориальному охвату выделяют:* глобальные, межгосударственного назначения, федеральные, региональные, муниципальные и локальные геоинформационные системы;
- *по функциональным возможностям выделяют:* профессиональные, настольные, электронные атласы [7];
- *по типу данных, с которыми работает система, выделяют:* растровые, векторные и универсальные ГИС.

Данный список далеко не полон, так как с развитием ГИС изменяется и классификация, что вносит коррективы и в уже существующие методы.

История ГИС насчитывает немного лет. В различных источниках приводится несколько разное деление на этапы в зависимости от взгляда на влияющие факторы. Рассмотрим существующие подходы.

В работах Е.Г. Капралова [8] и А.Л. Федотова [7] история развития ГИС исследуется с точки зрения развития геоинформатики как научного направления. История становления ГИС разделена на 4 периода:

Первый период начинается с 1960 года, когда появилась первая ГИС – Канадская географическая система (Canada Geographic Information System), разработчиком и идеологом которой выступал англичанин Р. Томлинсон. Кроме того, в период с 60-х по 70-е были сделаны определенные успехи в Швеции, где выполнялись работы по оцифровке данных кадастра. Также в Гарвардском университете в США были созданы первые университетские ГИС под названием SYMAP. ГИС того периода были ориентированы на оцифровку имеющихся бумажных карт и делали первые шаги к представлению этих данных на экране компьютера.

Второй период, с 1970 – 1980 связывают с более осмысленным пониманием пространственных данных. В то время появляется непосредственное описание типов пространственных объектов – точки, линии и полигона. В то же время разделяют и типы пространственных данных на векторные и растровые. Кроме того, появляются основные геопространственные операции – оверлей различных слоёв, а также операции расчета буфера и многие другие, без которых невозможно представить ГИС сегодня.

Третий период занимает промежуток времени с 1980 - 1990 годы, отличительной характеристикой которого является появление персонального компьютера, что повысило доступность работы с пространственной информацией. Появляются первые программы для среды Windows, реализующие механизмы ГИС. Основными игроками рынка выступают американские компании ESRI и Intergraph, занимающие лидирующие места и по сей день. Программный пакет Arc/Info стал первой коммерческой ГИС.

Четвертый период истории ГИС по данному подходу начинается в 1990 году и длится по настоящее время. Ключевым событием признается развитие сети Интернет, появление всемирной паутины (World Wide Web). В этот период появляются первые идеи создания инфраструктур пространственных данных и

разработки первых картографических веб-сайтов. Кроме того о ГИС начали говорить как о системе поддержки принятия решений и использования её в качестве инструмента интеллектуального поиска данных (data mining).

Помимо описанного выше подхода к изучению истории ГИС, в работах А.В. Бакланова [1] и А.С. Самардака [9] описан несколько иной взгляд на развитие геоинформационной отрасли. Так, в период с 1970 по 1980 годы отмечается высокое влияние государственной поддержки работ по созданию ГИС и обработке пространственных данных. Период с 1980 по 2000 годы назван коммерческим периодом и ознаменован высоким уровнем распространения ГИС. Также одним из отличительных событий того времени отмечается создание Open GIS Consortium, что значительно повысило возможности распространения пространственных данных и возможности по их обработке. Период с 2000-ого года по настоящее время характеризуется множеством общедоступных картографических сервисов и использование сигналов с GPS в повседневной жизни.

Кроме описанных выше взглядов на историю развития ГИС, можно выделить еще один подход, в основе которого лежит эволюция ЭВМ. В данном случае, геоинформационные системы, как и все другие представители программного обеспечения, претерпевали на своем пути следующие изменения и проходили через следующие этапы:

- ГИС первого поколения. Ввиду недоступности ЭВМ широкому кругу пользователей – системы того времени не обладали многопользовательскими функциями. ГИС приложений существовало всего несколько десятков, каждое из которых разрабатывалось отдельно, а значит, обладало своей спецификой и форматами данных. Данный подход обеспечивал уверенный старт развития сферы ГИС, но затруднял распространение и использование данных.
- ГИС второго поколения. В связи с появлением персональных компьютеров и развитием сетевых технологий, ГИС, как и многие другие информационные системы, активно использует технологию клиент-

сервер. Таким образом, решается недостаток ГИС первого поколения связанная с многопользовательским доступом. Однако использование проприетарных форматов данных и нестандартных протоколов все еще не дает развиваться отрасли, кроме того как правило используется «толстые» клиенты, что замедляет работу с ГИС.

- ГИС третьего поколения. Данное поколение начинает использовать СУБД, появляются «тонкие» клиенты, что позволяет обрабатывать большие объемы данных и повышает стандартизацию данных. Различные ГИС способны работать с одними и теми же СУБД. Однако организация хранения пространственных в различных базах данных лежит на плечах разработчика, а значит, отличается от одного проекта к другому.
- ГИС четвертого поколения. Появляются проекты, где основное рабочее место реализовано в виде веб-приложения и работа с пространственными данными выполняется через окно браузера. Кроме того, высокое распространение получают открытые стандарты хранения пространственных данных. Каждая из современных СУБД обладает поддержкой описанных стандартов и инструментами для их обработки. Данные из одной ГИС могут быть экспортированы из проприетарного формата, в котором они хранятся, в некоторый обменный формат, а затем импортированы в другую ГИС.

Несмотря на отличающиеся взгляды на историю ГИС, в каждом из подходов одним из последних и наиболее важных достижений в области геоинформатики является идея повышения доступности геопространственных данных, создания инфраструктуры пространственных данных и распространения пространственных данных через сети интернет.

Геоинформационные порталы как современные средства обработки пространственных данных

Очевидно, что развитие информационно-коммуникационных технологий наложило свой отпечаток и на сферу геоинформационных систем. Одной из основных тенденций её развития стала идея создания национальных

инфраструктур пространственных данных. Согласно [10], под этим термином понимают «Информационно-телекоммуникационную систему, обеспечивающую доступ граждан, хозяйствующих субъектов, органов государственной и муниципальной власти к распределенным ресурсам пространственных данных, а также распространение и обмен данными в общедоступной глобальной информационной сети в целях повышения эффективности их производства и использования. ИПД состоит из 3 частей:

- базовые пространственные данные;
- стандарты на пространственные данные и методы их производства и использования;
- базы метаданных и механизм доступа к данным.

Механизмами доступа к данным можно рассматривать в узком значении как общие механизмы организации доступа, то есть некоторые алгоритмы извлечения данных из хранилища данных, так и более в широком понимании, как некоторые средства, которые позволяют получить доступ данным, позволяя тем самым воспользоваться ими. Таким образом, неотделимой частью ИПД является геопортал.

Относительно того, что понимать под термином геопортал велась дискуссия в ряде источников [11; 12; 13; 14]. Приведем некоторые из вариантов, геопортал это:

- результат интеграции последних достижений ГИС, WEB и ДЗЗ технологий. Геопортал удовлетворяет потребности широких слоев населения, предлагая не только просмотр космических изображений, но и ряд сервисов: от поисковых до навигационных [12];
- точка входа в Интернет или интранет с инструментами получения метаданных, а также поиска, отображения, загрузки и распространения географической информации, а в некоторых случаях и доступа к геосервисам [13];
- сайт или его эквивалент, перечень функций которого, реализованных в виде Web-сервисов (геосервисов), включает поиск наборов данных,

их визуализацию (геовизуализацию), загрузку и трансформирование, а также вызов других сервисов [15];

Наиболее часто литературе используется определение, которое основывается на разделении слова геопортал на две составляющие «гео» и, непосредственно «портал», тем самым в основу ложится понятие Web-портала, которым называют некоторый веб-сайт, предоставляющий единую точку доступа к множеству серверов и сервисов, при том обладающий инструментами поиска и работы с информацией.

Возвращаясь к понятию и составным частям ИПД, становится понятно, что геопортал является основным рабочим интерфейсом, точкой доступа и средством работы с пространственной информацией и выступает в роли механизма организации доступа к данным.

Как и в случае с развитием ГИС в целом, первые ИПД и геопорталы создавались в США. Так геопортал ИПД США носит название National Spatial Data Infrastructure (NDSI) был создан в 2003 году в рамках программы создания электронного правительства, являясь одной из 24 инициатив [16]. Официальным документом, положившим начало созданию ИПД США, является приказ Президента США номер 12906 от 11 апреля 1994 [17]. Геопортал ИПД США позволяет получать картографическую информацию, собранную с множества различных органов власти, по множеству показателей. Интерфейс системы отображения представлен на Рисунке 1.

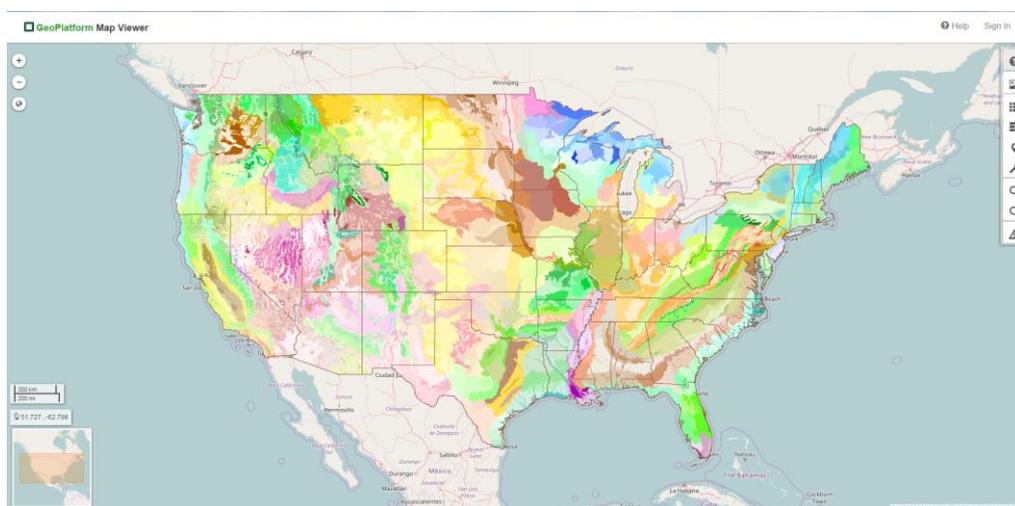


Рисунок 1 – Интерфейс геопортала ИПД США

Концепция ИПД стран Европы регулируется директивой INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in the European Community) вступившей в действие 15.05.2007 [13]. В рамках данной инициативы создан геопортал, объединяющий данные по 34 темам со всех стран, входящих в Евросоюз. Как и в случае с США, присутствует единая точка входа, средства поиска и отображения картографической информации, интерфейс которых представлен на Рисунке 2.

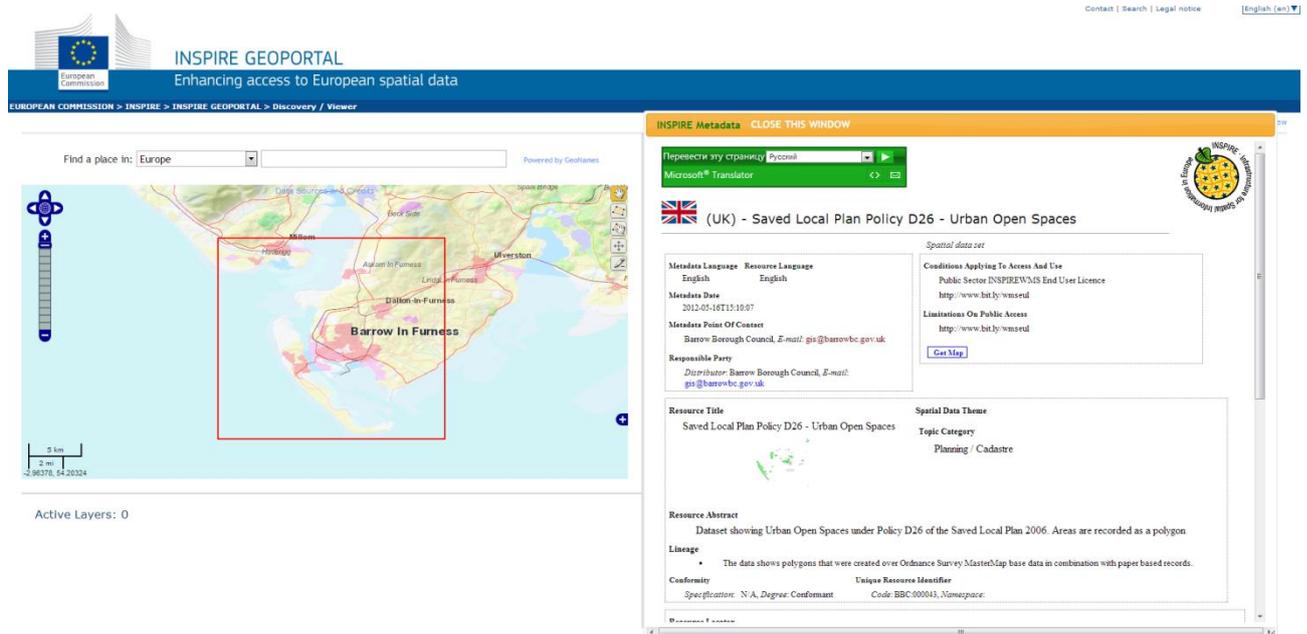


Рисунок 2 – Интерфейс геопортала ИПД Европы

Концепция создания и развития инфраструктуры пространственных данных Российской Федерации была одобрена распоряжением Правительства РФ от 21 августа 2006 г. № 1157-р [15]. Реализация концепции разделена на три этапа: подготовительный (2006-2007 годы), организационный (2008-2009 годы) и этап завершения формирования ИПД РФ (2010-2015 годы) [18]. Хотя в документе напрямую и не говорится о создании геопортала, как средства получения информации хранящейся в хранилище пространственных данных, Концепция предусматривает «разработку типовых технологий на основе использования существующих и перспективных методов хранения, актуализации и предоставления базовых пространственных данных и метаданных с использованием систем управления базами данных, геоинформационных систем и средств телекоммуникаций».

Идея создания единой платформы, аналогично странам Евросоюза и США, не нашла своего применения в Российской Федерации. В отечественных реалиях, геопортал не является лишь одной из подсистем ИПД, а выступает в роли самостоятельной системы. Вместо создания единой ИПД, в России все чаще создаются отдельные геопорталы на местах, каждый из которых имеет собственное направление и особенности.

Как и в случае с настольными ГИС, геопорталы можно классифицировать по-разному в зависимости от оцениваемой характеристики. Согласно [11] следует различать общедоступные геопорталы B2C (Business-to-Customer), ведомственные B2G (Business-to-Government) и корпоративные B2B (Business-to-Business). Сообразно уровням ИПД, геопорталы принято делить на национальные, региональные и локальные [16]. Также стоит отметить проблемно-ориентированную градацию геопорталов: лесное хозяйство, экология, кадастр и сельское хозяйство и др.

На данный момент в большинстве регионов Российской Федерации функционируют самостоятельные геоинформационные порталы [19]. Это могут быть как геопорталы общего назначения – Геоинформационный портал Уральского федерального округа [20; 21], Геопортал Самарской области [22], Геопортал Волгоградской области [23], так и узкоспециализированные системы, направленные на решение конкретных задач некоторой области, как например, Атлас земель сельскохозяйственного назначения Министерства сельского хозяйства РФ [24], ИСДМ Рослесхоз [25], портал Kosmosnimki.ru [26], ГИС-портал «геология и геофизика Дальнего Востока России» [27], ГИС Агропромышленного комплекса Самарской области [28] и многие другие. Рассмотрим некоторые из них более подробно:

Геопортал Роскосмоса – геоинформационный ресурс для доступа к единому банку космических снимков Федерального космического агентства России. Данный портал представляет собой ресурс, который сочетает в себе средство просмотра космических снимков земной поверхности и средство поиска данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) с российских и зарубежных

спутников по наиболее полному в России каталогу. С его помощью пользователь может не только оформить заявку на найденные им по каталогу архивные данные, но и заказать новую съёмку, задав интересующие параметры. Основными потребителями данных Геопортала Роскосмоса являются органы государственной власти Российской Федерации, такие как МЧС, Минприроды, Росгидромет. Наряду с органами государственной власти заказать данные ДЗЗ могут коммерческие организации и частные лица. Пользователю необходимо лишь выбрать район интереса и выполнить поиск по каталогу космических снимков. Ресурс запущен 21 декабря 2010 года [29]. Интерфейс, отображающий возможности поиска и предварительного просмотра снимков отображен на Рисунке 3.

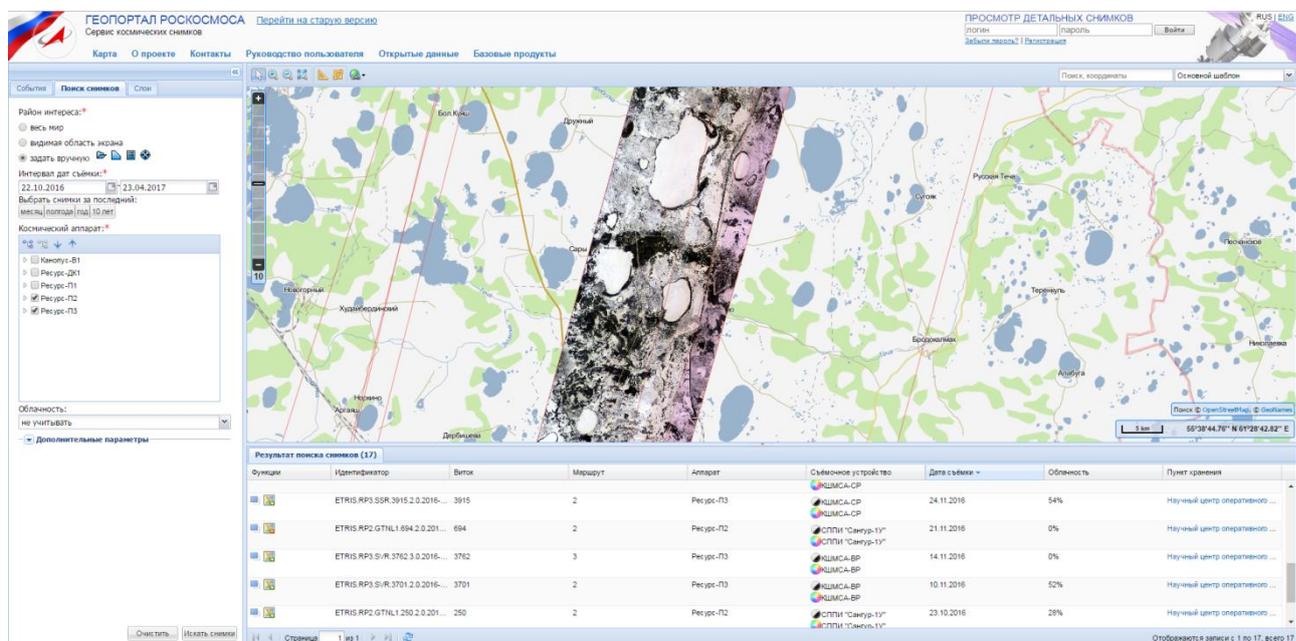


Рисунок 3 – Геопортал Роскосмоса

Публичная кадастровая карта – это справочно-информационный сервис для предоставления пользователям сведений Государственного кадастра недвижимости (ГКН) на территорию Российской Федерации. Сервис Публичной кадастровой карты открыт 1 марта 2010 года [30]. Сервис предлагает пользователю удобные инструменты для работы с картой, получения сведений государственного кадастра недвижимости, поиска объектов недвижимости и единиц кадастрового деления. С помощью Публичной кадастровой карты пользователь, не выходя из дома, может получить справочную информацию о

полном кадастровом номере, адресе и площади объекта недвижимости, внесенную в ГКН. Кроме того, пользователь может получить информацию о подразделениях территориального органа Росреестра, обслуживающих объект недвижимости, с указанием наименования подразделения, адреса и телефона офиса приема. Как и в других порталах в Государственной кадастровой карте имеется возможность включения различных картографических основ: цифровой топографической карты, ортофотопокровтий и космических снимков низкого разрешения. Возможности подключения данных из внешних источников не предусмотрено. Недостатком портала является невысокая детализация топографической карты (для Челябинска – масштаб не более 1:100 000). Имеется возможность вывода легенды карты, что повышает информативный уровень системы. Интерфейс Публичной кадастровой карты представлен на Рисунке 4.

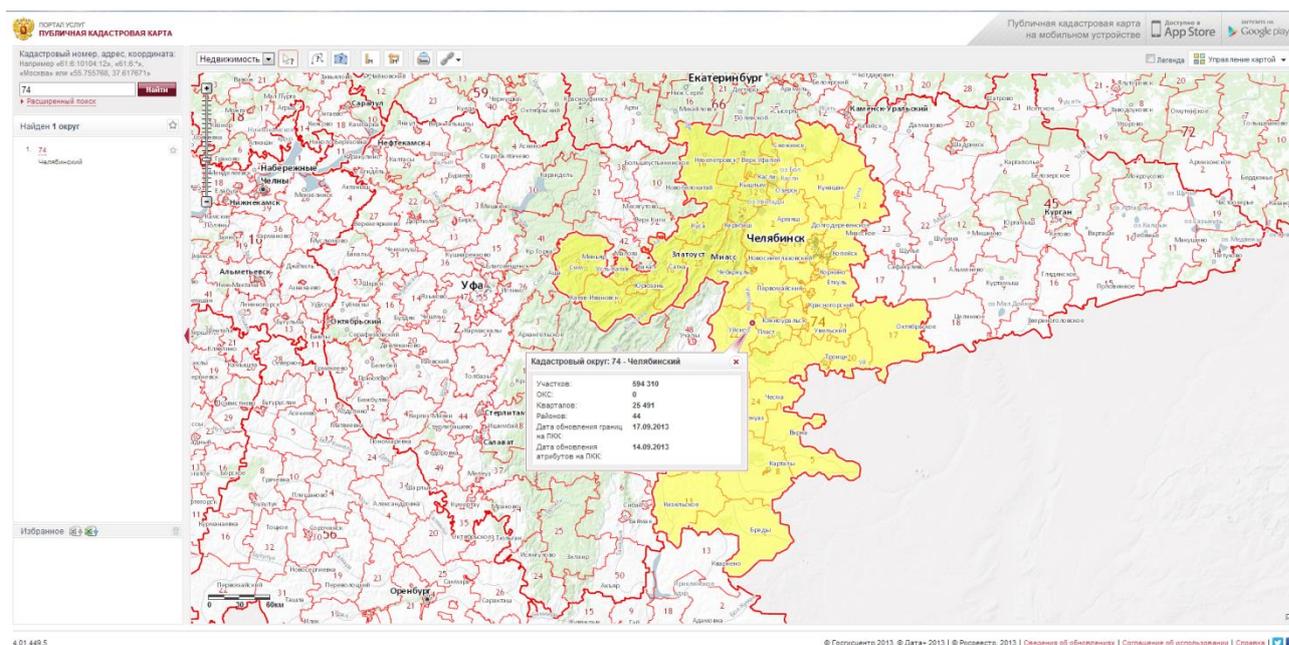


Рисунок 4 – Интерфейс Публичной кадастровой карты

Портал Уральского Федерального округа. Портал был создан на волне развития и реализации концепции федеральной инфраструктуры пространственных данных и выступает в роли регионального узла инфраструктуры пространственных данных [31]. Основным предназначением данной системы является хранение базовых пространственных данных, а именно – картографического материала, ортофотопланов и данных космической съёмки и предоставление доступа к накопленным данным посредством геопортала. В

геопортале УрФО реализовано множество идей и разработок, посвященных организации хранения пространственных данных и механизмам поиска на основе метаданных. Геопортал был запущен в 2010 году.

Геопортал Самарской области был разработан в 2010-2012 годы в рамках работ по созданию региональной геоинформационной системы (РГИС) Самарской области. Основные цели – предоставление в широкий доступ цифровых карт на территорию региона, возможность «обратной связи» по приему обращений и организации среды для создания и обмена пользователями пространственными данными. Основа геопортала – открытая часть Единой цифровой картографической основы (ЕЦКО) Самарской области, которая включает здания и сооружения (с точностью «до дома» во всех населенных пунктах), уличную сеть, растительность, гидрографию, административное деление, космический снимок и другие слои. На основе ЕЦКО созданы проекты для предоставления официальных тематических карт в области сельского хозяйства, природопользования, охотопользования, карты объектов социальной инфраструктуры. Все эти карты ведутся в профильных министерствах и предоставляются пользователям официально и на постоянной основе, для чего в РГИС подписаны соответствующие соглашения об информационном обмене. Также имеется возможность подключения открытых внешних источников данных из сети Интернет. Интерфейс портала представлен на Рисунке 5.

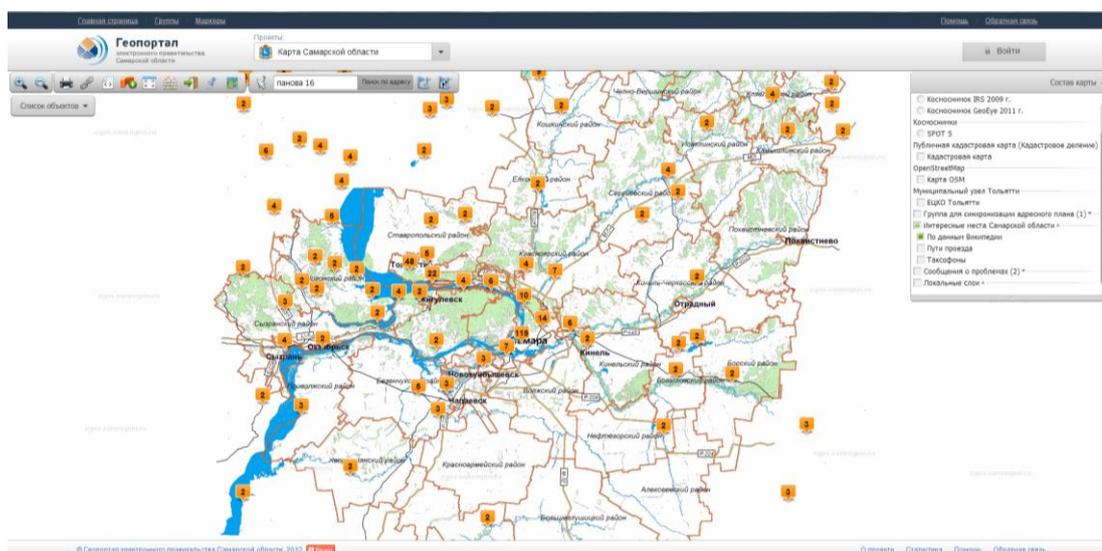


Рисунок 5 – Интерфейс геопортала Самарской области

Результаты проведенного анализа представлены в Таблице 1:

Таблица 1 – Сравнительный анализ геопорталов

Параметр	Геопортал УрФО	Геопортал Росреестра	Геопортал Самарской области	Геопортал Роскосмоса
Отображение пространственной информации				
Векторные данные	+	+	+	+
Растровые данные	+	+	+	+
Кэширование данных	+	+	+	+
Инструменты масштаба карты	+	+	+	+
Хранение пространственных данных	+	+	+	+
Инструменты поиска данных	+	+	+	+
Описание данных посредством метаданных	+	+	+	+
Инструменты печати карты	+	+	+	+
Инструменты геопространственного анализа	-	-	-	-
Адаптивность к решению новых задач	- (портал не функционирует)	- (портал решает специализированные задачи)	- (хотя геопортал и применялся на разных уровнях организации власти – это были разные продукты)	- (портал решает специализированные задачи)
Основа системы				
СУБД	Oracle Database 11g	Oracle	Microsoft SQL, Paradox и БД ГИС Ингео	Нет данных
Базовая ГИС	ArcGIS 9.3 и Panorama 9.0	ArcGIS Desktop	ГИС Ингео	Нет данных
Сервер публикации	ArcGIS Server 9.3.1	ArcGIS Server	Собственная разработка	Нет данных
Вывод карт	OpenLayers 2	ArcGIS Online	Flash-viewer	OpenLayers 2
Работа на мобильных устройствах	-	+	-	+
Год запуска	2009	2010	2009	2010

Проведенный анализ геопорталов позволяет заявить, что вне зависимости от охвата системы, её предметной ориентации и времени запуска, каждый геопортал можно охарактеризовать как систему:

1. способную отображать как растровые, так и векторные пространственные данные,
2. обладающую инструментами масштабирования и прокрутки карты;
3. способную хранить пространственные данные;
4. обладающей инструментами поиска данных;
5. обладающей возможностью описания пространственных данных при помощи метаданных;
6. обладающую инструментами печати карты;

Проведенный анализ также позволяет заявить, что геопорталы находят применение в различных экономических и социальных сферах. Помимо того, что организация современной системы имеет требования в части использования новейших технологий используемых, но также для каждой предметной области имеются различия в части построения системы, что вынуждает каждого разработчика идти своим уникальным путём. На основе всего вышесказанного можно сделать вывод, что современный геопортал должен решать множество различных задач, как узкого направления, так и общих социальных вопросов. Данным образом достигается максимальная «живучесть» информационной системы и формируются базы пространственных данных, кроме того наличие средств геопространственного анализа также повышает область применения

1.2 Существующие методы и средства разработки геоинформационных порталов и необходимость создания геоаналитического портала на основе компонентов с открытым исходным кодом

Таким образом, задача разработки геопортала, который не только удовлетворял бы базовым требованиям, присущим другим аналогичным продуктам, но также был расширяемым, и позволял выполнять аналитические

функции, выступая в роли системы поддержки принятия решений и интеллектуального анализа данных, встает всё чаще.

Вопрос систематизации знаний по разработке геоинформационных систем поднимался множество раз в различных источниках. Примером может служить «десятиступенчатая методика планирования ГИС» Р. Томлинсона [32], состоящая из 10 этапов. Данная методика позволяет спланировать, спроектировать, а затем и внедрить геоинформационную систему разного уровня сложности, масштаба и специализации. Однако, в ней не затрагивается вопрос разработки системы. Основной упор делается на анализе и исследовании бизнес-задач объекта автоматизации, а также формировании требований к геоинформационной системе. Основным продуктом, получаемым на выходе, по сути, является техническое задание на систему. Согласно методике Томлинсона, после формирования требований выполняется запрос предложений от существующих поставщиков геоинформационных систем, из которых затем выбирается наиболее подходящий, система которого затем и внедряется.

Также стоит отметить модель Г. Бабински GIS Capability Maturity Model (GISCMM), созданную при поддержке URISA (Urban and Regional Information Systems Association), и используемую в GIS Management Institute [33]. Данная модель в ряде вопросов схожа с моделью Р. Томлинсона, а именно также позволяет оценить имеющиеся в организации ГИС исходные данные и определить каким образом ГИС может помочь в решении повседневных бизнес-задач. В отличие от «десятиступенчатой» методики, данная модель носит менее общий характер, предлагая выполнить, своего рода, опрос должностных лиц по ряду сформированных вопросов. Собственно перечень данных вопросов и составляет модель. На основе проведенного опроса формируется сводная таблица, которая позволяет определить место организации среди других организаций, участвовавших в опросе, а также бизнес-задачи, решаемые с помощью ГИС. Кроме того, модель предполагает проведение регулярных опросов, что в итоге позволяет оценить изменения. Как и в случае с методикой Томлинсона вопрос непосредственно разработки геоинформационной системы не затрагивается.

Третьим материалом по разработке ГИС может служить труд М. ДеМерса [3], в рамках которого рассматриваются модели разработки ГИС систем. Основной моделью, на которую ссылается автор, является спиралевидная модель разработки программного обеспечения. Таким образом, идеи сводятся к созданию прототипов и постепенному наращиванию функционала. В данном случае модель носит общий характер, не конкретизируя конкретные части системы.

Также стоит отметить работу Б. Михана [34], согласно которой выделяются следующие этапы реализации типового ГИС проекта:

- моделирование данных;
- разработка программного обеспечения, его конфигурирование, создание пользовательских приложений и интеграцию приложений;
- перенос и преобразование данных;
- обучение;
- техническая поддержка.

Все рассмотренные модели не противоречат, а скорее – дополняют друг друга. Модель Г. Бобински, следует использовать на предварительном этапе для оценки возможностей ГИС в решении вопросов организации, затем процесс непосредственно проектирования и разработки технического задания следует выполнять по модели Р. Томлинсона, кроме того, ряд вопросов модели GISMM могут быть использованы на этапе проведения технологического семинара. Оценка результатов внедрения, опять же, может быть выполнена по модели URISA. Суммируя всё вышесказанное: рассматриваемые модели, хотя и нацелены на решение вопросов проектирования ГИС некоторой организации или муниципалитета, они не дают четких рекомендаций по вопросам реализации и разработки геоинформационной системы. Рассмотрим данный вопрос более подробно.

При разработке геопортала, как и в случае с другими информационными системами, можно выделить как минимум три подхода решению задачи:

1. Приобретение готового коммерческого продукта у одного из крупных поставщиков геоинформационных систем.

- В данном случае **преимущества** очевидны: будет получен готовый, обладающий широкими функциональными возможностями, прошедший неоднократные испытания, постоянно развивающийся и официально поддерживаемый продукт.
- **Недостатки** такого подхода в том, что цена таких продуктов зачастую слишком высока, и при этом вы не всегда получаете ту систему, которая отвечала требованиям пользователей, что в итоге требует привлечения специалистов, которые адаптируют данную систему под конечные требования.

2. Разработка собственного продукта с нуля

- **Преимущества** такого подхода, конечно, в том, что пользователи получают именно ту систему, которая полностью будет удовлетворять их требованиям;
- **Недостатки** данного подхода вытекают из его преимуществ, так как в таком случае помимо того, что на разработку могут уйти значительные временные и финансовые ресурсы, так и при изменении требований, потребуется привлечение дополнительных ресурсов, что в конечном итоге может привести либо к затягиванию сроков, либо к нефункционирующей системе.

3. Разработка собственного продукта с использованием открытого

программного обеспечения. Открытое программное обеспечение – это программное обеспечение с открытым исходным кодом. Исходный код создаваемых программ открыт, то есть доступен для просмотра и изменения, что позволяет использовать уже созданный код для создания новых версий программ, для исправления ошибок.

- **Преимущество** использования данного подхода заключается, как в доступности программных средств, так и в возможности расширения функционала собственными силами и силами коллег со всего мира, кроме того использование данного подхода позволяет сэкономить средства за счёт уменьшения объемов работы.

- К **недостаткам** следует отнести часто высокую сложность настройки геоинформационного портала, а также отсутствие некоторого единого стандартного связующего звена, которое взяло на себя функции управления информацией о пользователях, разграничивало бы доступ между различными пользовательскими ролями, хранило и управляло данными о подключениях и проектах карт.

Всё сказанное выше отобразим Таблице 2, при условии, что 1 соответствует преимуществу, а 3 - недостатку

Таблица 2 – Сравнение подходов к разработке геопортала

Критерий	Приобретение готового продукта	Разработка собственного продукта с нуля	Разработка на основе компонентов открытым исходным кодом
Стоимость	3	2	1
Время	1	3	2
Соответствие требованиям	3	1	2

Представив результаты анализа в виде диаграммы (Рисунок 6), становится очевидным, что использование компонентов с открытым исходным кодом является наиболее сбалансированным и позволяет сократить время и стоимость работы при полном контроле процесса разработки.

Таким образом, в случае ограниченного времени и ресурсов, а также нестандартных требованиях к создаваемому геоинформационному portalу, очевидными преимуществами обладает последний подход. Он не только позволит полностью контролировать процесс разработки системы, а значит получить продукт полностью соответствующий техническому заданию, но и уделять внимание и ресурсы только на разработку именно того функционала, который вам необходим.

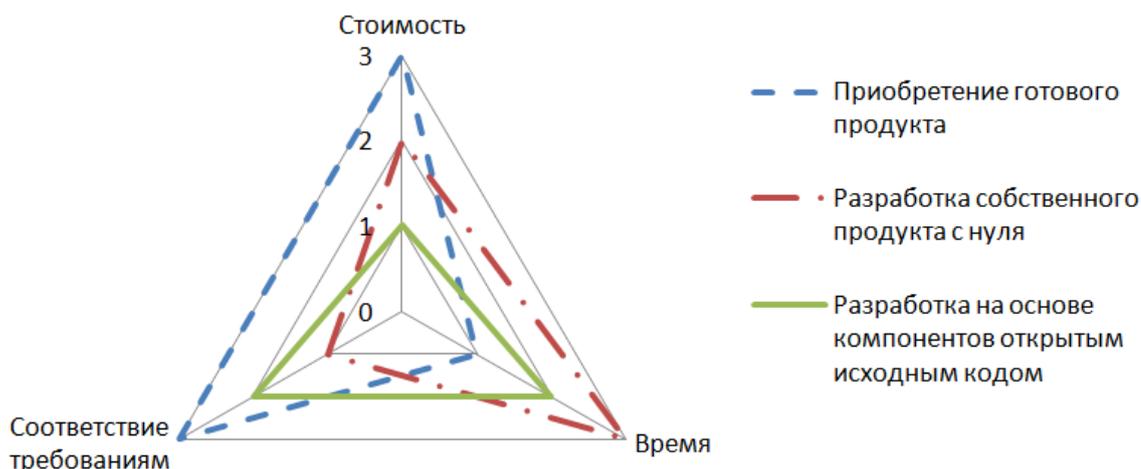


Рисунок 6 – Диаграмма подходов к решению задачи разработки

В случае если команда разработчиков выбрала подход с использованием компонентов с открытым исходным кодом, то в данном случае она столкнется с задачей оптимального выбора компонентов системы, так как многие из них дублируют друг друга в некоторых функциях, а некоторые напротив - дополняют. Для выполнения задачи по разработке геопортала необходимо наличие некоторой методики, которая позволит проанализировать имеющееся техническое задание на разработку геопортала, выделить из него требования к системе, а затем определить архитектуру разрабатываемой системы и в итоге получить продукт, удовлетворяющий требованиям технического задания. Данная методика должна обладать свойством адаптивности, что позволило бы применять её в проектах разного масштаба, направления и специфики.

Разработка геопортала невозможна без понимания структуры будущей системы. Множество исследований посвященных данному вопросу ссылаются на «эталонную модель геопортала», описываемую в документе организации OGC посвященному вопросу создания геопортала на основе компонентов с открытым исходным кодом [35]. Согласно архитектуре описанной OGC геопортал объединяет следующие сервисы:

- сервисы портала (карты, стили, покрытия и контекст);
- сервисы данных (объекты, географические справочники, покрытия и управление символами);

- сервисы каталогов (поиск данных, поиск сервисов, обновление каталога и языки запросов).

Модель, описываемой в документе структуры представлена на Рисунке 7.

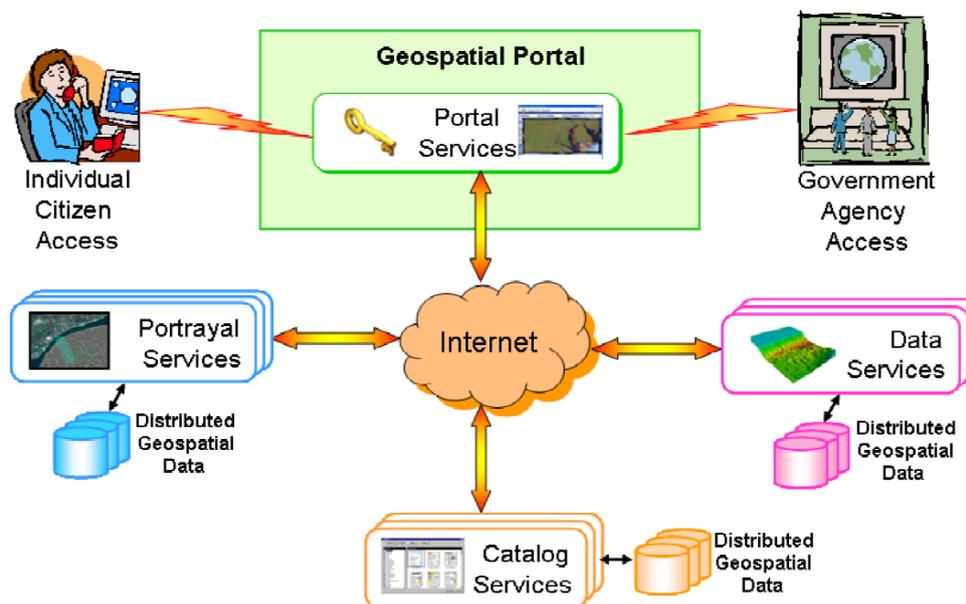


Рисунок 7 – Эталонная модель геопортала

Данная модель лишь в общих чертах описывает структуру типового геопортала. Однако, эталонная модель геопортала не учитывает конкретные компоненты и не дает указаний как и в каком случае использовать предоставленные средства.

В работах [36; 37], С.А. Осокин описывает иную архитектуру, исследуя вопрос не через призму сервисов, а непосредственно подсистем геопортала. Так, выделяются три части:

- веб-сервер;
- ГИС-сервер;
- сервер ГИС-данных, разделенный на 2 части:
 - база пространственных данных;
 - база метаданных.

Описанная в указанных работах модель (Рисунок 8) учитывает непосредственно физическую структуру системы, позволяя определить функции, возлагаемые на каждую из подсистем и в перспективе разработать на геопортал.

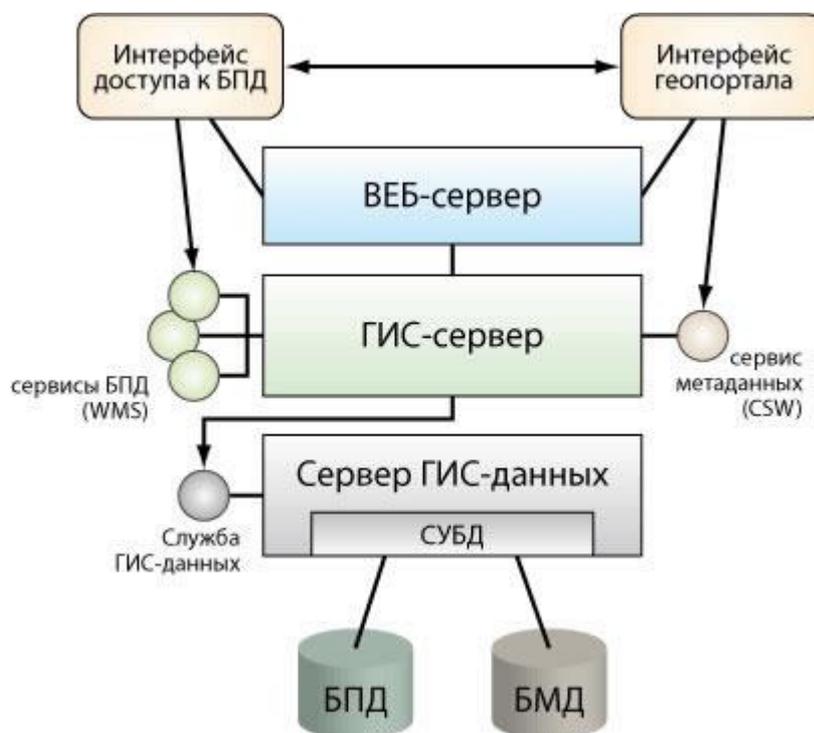


Рисунок 8 – Технологическая схема геопортала

Структурная схема, обозначенная выше, описывает, какие подсистемы должны присутствовать в геопортале, но не определяет, какие из существующих открытых компонентов могут выполнить ту или иную роль в системе. Современные реалии таковы, что функции системы уже реализованы в отдельных проектах, библиотеках и модулях. С точки зрения разработчика, целесообразнее взять готовые компоненты (если позволяет лицензия) и выполнить создание системы, используя их в качестве «базовых блоков» подобно конструктору. Ситуация осложняется тем, что компонентов выполняющих аналогичные функции существует много и выбор того или иного не всегда прозрачен. Рассмотрим данный вопрос более подробно.

Так как, в основе геоинформационного портала лежит клиент-серверный подход, следовательно, его основной составной частью является серверное приложение, в задачи которого входит приём и обработка всех входящих клиентских запросов, а также отправка ответов на эти запросы. Также к серверной части относится и Система Управления Базами Данных (СУБД), задача которой заключается в хранении, как пользовательских данных, так и пространственной информации. Кроме того современные СУБД, хотя и обладают собственным

инструментарием для работы с такой информацией, однако часто ограничены базовым функционалом, а значит необходим компонент для формирования ответа на пространственный запрос в одном из стандартов OGC. Таким образом, выбор средств и компонентов для создания серверной части будет состоять из следующих этапов:

1. Выбор языка и платформы, на которой будет осуществляться работа системы. Как уже говорилось выше, основным компонентом системы является приложение, не только выполняющее задачу связи остальных компонентов, но и выполнять задачи разграничения доступа к данным, формирования отчётов и карт. Данное приложение может быть написано на одном из доступных разработчику системы языков программирования, которые часто зависят от выбранной платформы. Данный шаг во многом является условным, однако от него зависит доступ к тем или иным компонентам.

2. Определение СУБД для хранилища данных;

3. Выбор подсистемы для трансляции и обработки пространственных данных;

4. Выбор клиентской библиотеки, используемой для отображения картографической информацией.

Клиентские картографические библиотеки

Как уже было заявлено, каждый геопортал должен содержать средство отображения картографической информации. Ввиду того, что на сегодняшний день количество форматов хранения пространственных данных исчисляется если не сотнями, то десятками, каждый из которых хотя и выполняет аналогичные задачи, обладает уникальной структурой и интерфейсами. Как уже отмечалось ранее, геопортал должен предоставлять возможность работы с пространственными данными и множеством различных форматов хранения данных. Решить данный вопрос призваны клиентские картографические библиотеки, которые позволяют при помощи только лишь веб-браузера, отобразить карту с метками, маршрутами и другими пространственными данными. Это могут быть и самостоятельные ресурсы, которые позволяют, как

хранить данные, так и представлять информацию на карте. Наиболее популярными принято считать Яндекс.Карты, Google Maps, OpenLayers и Leaflet. Данный список не исчерпывающий, так как существует множество других аналогов, таких, например, как карты Bing, Maps.me, 2ГИС и многие другие. При таком количестве продуктов с аналогичным функционалом важно понимать, в чем их сходство и различие, а также для решения каких задач они подходят. В статьях [38; 39], затрагиваются вопросы покрытия территории и полноты картографического материала, но не функционала, который предоставляют библиотеки, что в конечном итоге не позволяет однозначно определиться с выбором. Также существует множество статей, направленных на анализ возможностей конкретной библиотеки [40], есть и статьи направленные на сравнение «близких по смыслу» библиотек [41], но и они не всегда отвечают на обозначенный выше вопрос. Рассмотрим актуальные библиотеки более подробно:

OpenLayers – JavaScript библиотека для визуализации пространственных данных. Позволяет не только отобразить результаты запроса пользователя в виде карты, но и непосредственно сформировать такой запрос. Обладает широким набором входных форматов данных, поддерживает все протоколы доступа к пространственным данным. Существует в двух версиях – v.2 и v.3 [42; 43]. Вторая версия является устаревшей, однако поддерживается до сих пор. Версия под номером три является новым воплощением библиотеки, так как была заново переписана с использованием современных технологий, что в конечном итоге повысило скорость работы, набор программных функций и укрепило поддержку мобильных устройств. Однако, ввиду данных нововведений новая версия не имеет обратной совместимости с предыдущей версией, что не позволяет геопорталам, работающим на второй версии перейти на новую без досконального обновления своего программного обеспечения.

Leaflet – так же как и OpenLayers является JavaScript библиотекой, с которой она во многом схожа, однако обладает своей спецификой. В частности, чаще всего отмечают её модульную структуру – каждый инструмент карты выступает в роли отдельного модуля, что позволяет отказаться от использования

некоторых компонентов (оставив только необходимые), таким образом, уменьшив размер библиотеки, а значит повысить скорость загрузки страницы, что в некоторых случаях может оказаться решающим при выборе. Для некоторых настольных ГИС существуют сторонние модули, позволяющие сохранять данные в виде HTML документа с их отображением на карте при помощи Leaflet [44].

Google Maps API – картографическая библиотека от Google, распространяется на более жестких условиях в отличии от предыдущих двух, имеет свою аудиторию, в основном потому что она менее требовательна к знаниям разработчика в области геоинформационных систем (или пространственной информации), то есть позволяет отобразить карту с пользовательской информацией, выполнив несколько простых действий. В конечном итоге, это не позволяет отображать сложно структурированную информацию и информацию из сторонних (по отношению к Google) источников.

Яндекс.Карты API – в некотором роде аналог продукта Google, во многом повторяющий его функционал и идею, но с большим информационным наполнением в рамках Российской Федерации, ввиду этого данная библиотека чаще используется в России.

Для конечного пользователя системы наиболее важным компонентом является непосредственно интерфейс работы с картой. Это главный рабочий элемент любой геоинформационной системы. Он позволяет выполнять как базовые функции отображения данных:

- отображение слоёв карты с возможностью их переключения
- управление масштабом отображения карты
- определение координат (мыши, щелчка, объекта)
- поиск объектов (по координатам или по семантическим характеристикам);
- вывод информации о выбранном объекте;
- выполнение измерений на карте (измерение длины, периметра и площади);
- добавление объектов на карту;

- управление прозрачностью слоёв;
- группировка слоёв.

Таким образом, выбор средства для визуализации данных на стороне клиента – это ключевой момент создания системы. Так как в области геоинформационных систем принято выделять два типа пространственной информации: растровые и векторные данные, выбранный компонент должен поддерживать оба варианта. Кроме того, должны присутствовать алгоритмы по оптимизации загружаемых данных, такие как:

- загрузка карты по частям (тайлам);
- генерализация;
- разбиение запроса на несколько частей.

Кроме того должны присутствовать возможности подключения данных из внешних сервисов по протоколам OGC – WMS, WFS, WMTS и поддержка современных форматов хранения пространственной информации – KML, GML, ESRI ShapeFile.

Для определения наиболее подходящего средства представления (визуализации) пространственных данных на стороне клиента все указанные выше библиотеки были проанализированы по следующим критериям:

1. Размер библиотеки
2. Функциональные возможности
3. Наличие базовых карт
4. Поддержка сторонних слоёв
5. Наличие встроенных инструментов
6. Поддержка картографических данных в различных проекциях (возможности перепроецирования)
7. В каких крупных проектах применялась
8. Возможности адаптации (расширяемость)
9. Наличие документации
10. Поддержка
11. Условия распространения

Результаты анализа [45] представлены в приложении В.

Проведенный анализ позволяет определить какая из библиотек подходит в зависимости от требований к системе. Очевидно, что прослеживаются 2 группы схожие по ряду критериев, первая из них это OpenLayers и Leaflet, вторая – это Google Maps и Яндекс.Карты. Стоит отметить, что ввиду своих ограничений последние не могут использоваться в ряде проектов, к примеру, в закрытой системе. Кроме того, из-за закрытого исходного кода невозможно адаптировать систему под свои нужды, что также усугубляется отсутствием поддержки сервисов WMS и WFS, без которых трудно построить многофункциональную систему мониторинга или геопортал. Однако, при наличии небольших массивов данных, к примеру, расположения сети магазинов, данные продукты выступают в роли готовых решений, что позволяет разместить у себя на сайте карту без привлечения дополнительных ресурсов. Подход с использованием первой группы, напротив, позволяет решить более сложные задачи, также можно отметить и более широкие функциональные возможности, но при этом и более высокие требования разработчику. Таким образом, при создании крупного веб-картографического сервиса, стоит использовать одну из библиотек из первой группы. Если же выбирать одну из них, то в целом, проведенный анализ позволяет сказать, что принципиальные различия отсутствия среди них отсутствуют.

СУБД для хранения пространственных данных

Хранилище данных играет важную роль в любой информационной системе и геопортал – не исключение. Однако, в данном случае выбор не ограничивается лишь системами управления базами данных, так как существует возможность использования и файловых баз данных наряду с использованием специальных файлов хранения пространственных данных (Shape-файлы, MIF/MID и другие). Основное требование к СУБД в данном случае – наличие инструментария для работы с пространственными данными и поддержка платформы выбранной на начальном этапе. Рассмотрим возможные варианты.

PostgreSQL (с надстройкой PostGIS). PostgreSQL является наиболее распространенной Open-Source СУБД на данный момент, созданной в Университете Беркли, Калифорния в 1986 году. Последняя стабильная версия носит номер 9.4. В стандартную сборку возможности обработки пространственных данных не включены, однако инструментарий системы расширяем за счёт использования дополнительных модулей. Одним из них, под названием PostGIS добавляется как возможности создания, редактирования и удаления пространственных данных, так и функции перепроецирования координат из одной системы в другую. Также данное расширение позволяет применять к данным операции геометрической алгебры: сложение, разность, объединение, симметричная разность и другие. Становится доступным и вычисление площади объекта или суммы площадей выборки.

Microsoft SQL Server. СУБД, разработанная Microsoft. Основной используемый язык запросов — Transact-SQL, создан совместно Microsoft и Sybase. Transact-SQL является реализацией стандарта ANSI/ISO по структурированному языку запросов (SQL) с расширениями. Используется для работы с базами данных размером от персональных до крупных баз данных масштаба предприятия; конкурирует с другими СУБД в этом сегменте рынка. Начиная с версии SQL Server 2008, в стандартную поставку СУБД входит возможность работы с пространственной информацией, включая функции для выполнения различных операций с ней [46].

Oracle Database (с расширением Oracle Spatial and Graph) – одна из наиболее популярных и функциональных коммерческих СУБД на данное время, разработанная компанией Oracle. Для поддержки пространственных данных необходим дополнительный модуль Oracle Spatial and Graph.

SQLite (расширение SpatiaLite). SQLite – это компактная встраиваемая реляционная база данных [47]. Исходный код библиотеки передан в общественное достояние. Слово «встраиваемый» (embedded) означает, что SQLite не использует парадигму клиент-сервер, то есть движок SQLite не является отдельно работающим процессом, с которым взаимодействует программа, а предоставляет

библиотеку, с которой программа компонуется и движок становится составной частью программы. Таким образом, в качестве протокола обмена используются вызовы функций (API) библиотеки SQLite. Для работы с пространственными данными существует специальное – расширение SpatiaLite для пространственных данных, которое предоставляет функциональность для работы с геоданными, как и PostGIS или Oracle Spatial, но в отличие от последних, не использует клиент-серверную архитектуру, то есть все операции выполняет само приложение. Придерживаясь архитектуры SQLite, база данных представляет собой один файл, в котором хранятся все данные (исключением является не монопольный режим, когда ещё создается файл журнала), который может быть свободно скопирован, или удален.

MySQL (Spatial). MySQL – свободная реляционная система управления базами данных. Разработку и поддержку MySQL осуществляет корпорация Oracle, получившая права на торговую марку вместе с поглощённой Sun Microsystems, которая ранее приобрела шведскую компанию MySQL AB. Продукт распространяется как под GNU General Public License, так и под собственной коммерческой лицензией. Помимо этого, разработчики создают функциональность по заказу лицензионных пользователей. Именно благодаря такому заказу в ранних версиях появился механизм репликации. В последних версиях данной СУБД также появились возможности для работы с пространственной информацией, однако стоит отметить, что на данный момент отсутствуют возможности хранения данных не в плановой системе координат, а также отсутствуют некоторые другие функции.

Подсистема для трансляции пространственных данных

На этапе выбора подсистемы для трансляции и обработки пространственных данных следует определиться, каким образом данные, хранящиеся в БД, выбранной в предыдущем пункте, будут транслироваться в сеть, и по каким протоколам будет вестись работа с ними. При выборе следует обращать внимание не только на разнообразие имеющихся протоколов, но и на возможность удаленного управления самой системой, а именно поддержку таких

методов взаимодействия, как REST API, что позволит администраторам системы выполнять все действия по управлению данными напрямую из приложения. Рассмотрим возможные варианты.

Geoserver – веб-приложение для публикации пространственных данных [48; 49; 50]. Поддерживает широкий набор исходных данных, среди которых ESRI ShapeFile, БД PostGIS, GeoTIFF, ArcGrid, ImageMosaic. Кроме того возможно расширение набора поддерживаемых форматов при помощи дополнительных модулей, что позволяет добавлять данные из GML файлов и баз данных Microsoft SQL Server, MySQL, Oracle, ArcSDE. Подключенные данные могут передаваться в сеть посредством следующих сервисов OGC: WMS, WFS, WPS, WCS, TMS и WMTS. Имеет встроенную подсистему кэширования пространственных данных GeoWebCache. У приложения есть интерфейс пользователя, что позволяет выполнять настройку и подключение данных через окно браузера. Кроме того, возможно управление через REST API, что позволяет автоматизировать процесс и выполнять задачи программно. Интерфейс данного приложения представлен на Рисунке 9.

Просмотр слоев

Список всех слоев настроенных в GeoServer и предварительный просмотр в различных форматах для каждого слоя.

Показаны с 1 по 25 (из 119 элементов)

Тип	Имя	Заголовок	Общие форматы	Все форматы
	site:hosp	hosp	OpenLayers KML GML	Выберите один
	grachev:agroproziv_final_1	agroproziv_final_1	OpenLayers KML	Выберите один
	grachev:final_1_pashnya_2015	final_1_pashnya_2015	OpenLayers KML	Выберите один
	grachev:geobotan_okt_final_1	geobotan_okt_final_1	OpenLayers KML	Выберите один
	grachev:geobotan_poselenie_final	geobotan_poselenie_final	OpenLayers KML	Выберите один
	grachev:Karakulskoe_1	Karakulskoe_1	OpenLayers KML	Выберите один
	grachev:karakulskoe_2_final	karakulskoe_2_final	OpenLayers KML	Выберите один
	grachev:karakulskoe_pashnya_2016_final	Karakulskoe_pashnya_2016_final	OpenLayers KML	Выберите один
	grachev:Karta_erozi_final	Karta_erozi_final	OpenLayers KML	Выберите один
	grachev:kulturno-tech-Lenina	kulturno-tech-Lenina	OpenLayers KML	Выберите один
	grachev:Lesonahozhd_Lenina_otd1_final	Lesonahozhd_Lenina_otd1_final	OpenLayers KML	Выберите один
	grachev:Lesonahozhd_Lenina_otd3_final	Lesonahozhd_Lenina_otd3_final	OpenLayers KML	Выберите один
	grachev:mayak_korotkaya_final	mayak_korotkaya_final	OpenLayers KML	Выберите один
	grachev:Plan_lesonahozhd_otd6_final	Plan_lesonahozhd_otd6_final	OpenLayers KML	Выберите один
	grachev:Pochvennaya_karta_final_1	Pochvennaya_karta_final_1	OpenLayers KML	Выберите один
	grachev:Pochvennaya_karta_lenina_final_1	Pochvennaya_karta_lenina_final_1	OpenLayers KML	Выберите один
	grachev:Soloncy_Lenina_final	Soloncy_Lenina_final	OpenLayers KML	Выберите один
	grachev:UGS_Agro_fosfor	UGS_Agro_fosfor	OpenLayers KML	Выберите один

Рисунок 9 – Интерфейс GeoServer

Mapserver – это платформа для публикации пространственных данных в сети [51]. В отличие от GeoServer не имеет графического интерфейса, и вся настройка производится посредством внесения изменения в текстовый «.map» файл. Исходный картографический материал может быть загружен из файлов ESRI ShapeFile, GML, MapInfo, KML и многих других, а также баз данных SpatiaLite, Oracle Spatial, PostGIS, Microsoft SQL Server и MySQL. Кроме того возможно подключение источников при помощи библиотеки GDAL, что позволяет использовать практически все имеющиеся источники пространственных данных, существующие на данный момент. Выходные данные могут быть представлены в форматах: TMS, Kml, PDF, WMS и WFS.

Выводы по главе 1

1. Анализ эволюции развития геоинформационных систем, выполненный в Главе 1 диссертационного исследования показал, что среди разнообразных геоинформационных систем весьма значительную популярность занимают, так называемые, геоинформационные порталы. Они позволяют решать задачи обработки пространственных данных, которые ранее могли быть решены лишь при помощи настольной полнофункциональной ГИС. Применение геопорталов позволяет предоставить доступ к геоданным для более широкого круга пользователей за счёт упрощенных интерфейсов работы по сравнению с профессиональной геоинформационной системой.

2. Среди методов и средств, используемых для создания геоинформационных порталов, наиболее эффективным является подход к созданию геопортала на основе компонентов с открытым исходным кодом, т.к. это позволяет сэкономить как материальные, так и временные ресурсы.

3. В условиях усложнившейся процедуры получения и сбора исходных данных для подготовки и принятия управленческих решений по развитию территорий, а так же ускорения динамики хозяйственных связей, необходимо реализовывать подходы к формированию порталов в направлении адаптивных геоаналитических порталов, формирование которых описано в Главе 2.

ГЛАВА 2 НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ РАЗРАБОТКИ АДАПТИВНОГО ГЕОАНАЛИТИЧЕСКОГО ПОРТАЛА

2.1 Постановка задачи разработки адаптивного геоаналитического портала

Проведенный анализ показал, что основным трендом в развитии сферы геоинформационных технологий является направление веб-картографии, а именно геоинформационные порталы. Применение подобных систем на различных уровнях управления для решения задач территориального планирования и поддержки принятия решений позволяет получать полезную управленческую информацию в случаях, когда это было невозможно ранее.

Как показало описанное выше исследование, для разработки геопортала в условиях ограниченных ресурсов, наиболее эффективным с точки зрения экономии материальных и временных средств, является подход с использованием компонентов с открытым исходным кодом для построения геоинформационного портала согласно предъявляемым к нему требованиям. Как было продемонстрировано ранее, существует множество аналогичных, решающих схожие задачи и повторяющие друг друга в части функционала открытых компонентов для построения геоинформационного портала.

Учитывая всё вышесказанное, требуется определить методику для выбора компонентов с открытым исходным кодом для построения геоинформационного портала. Для решения данной задачи следует создать структурную модель системы, для того, чтобы определить место каждого из компонентов в общей системе. Кроме того, создаваемый геопортал должен обладать двумя основными характеристиками: адаптивностью к изменениям, что повысит срок жизни всей системы, и средствами геопространственного анализа, которые повысят эффективность использования геопортала, определив его принадлежность к информационно-аналитическим системам и, сформировав новое направление геоаналитических порталов.

2.2. Структурная модель адаптивного геоаналитического портала

Как было описано, существующие модели требуют доработки, в частности были выделены две подсистемы, которые необходимо добавить.

Подсистема контроля доступа должна присутствовать в любом геопортале, так как всегда присутствуют данные, которые должны быть доступны узкому кругу пользователей. В случае с муниципальными геопорталами, выделяют внутренних и внешних пользователей, а также существуют те, кто заходит на геопортал без учетной записи, но должен иметь возможность просмотра базовой информации. Все это приводит к необходимости наличия специальной подсистемы контроля и разграничения доступа.

Средства интеллектуального анализа геопространственных данных призваны повысить полезность использования геопорталов. Такие средства помимо базовых визуальных характеристик позволит ли выстраивать алгоритмы сопряжения данных для поиска закономерностей и получения новых, ранее не существовавших данных.

Все вышесказанное приводит к необходимости создания и описания новой унифицированной структуры геопортала. Кроме того, наличие описанных средств интеллектуального анализа позволяет называть получившийся продукт «геоаналитическим порталом», структурная модель которого представлена на Рисунке 10.

Разработанная структура геоаналитического портала состоит из нескольких подсистем:

1. **Хранилище данных** – основной элемент системы. В роли хранилища данных выступает одна из современных СУБД. Основным требованием должна выступать поддержка базовых пространственных данных, работа с пространственными индексами и средства импорта данных. Существующие аналоги включают PostgreSQL, Microsoft SQL Server, Oracle Database, MySQL Server и SQLite.

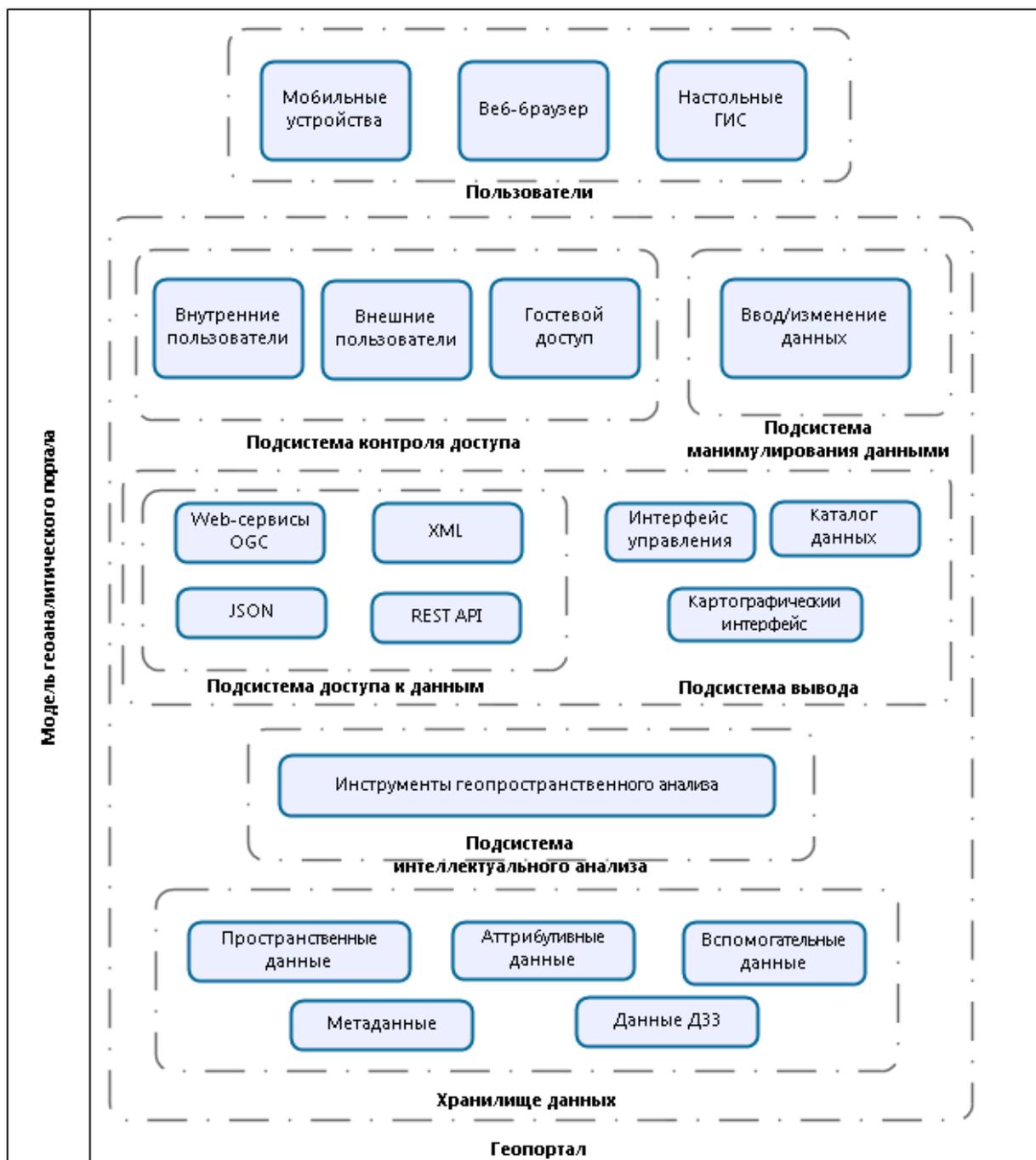


Рисунок 10 – Структурная модель геоаналитического портала

2. **Подсистема вывода данных** – также как и предыдущий компонент является ключевым во всей системе, без его присутствия полученный продукт нельзя называть геопорталом вовсе. Главная задача данной подсистемы – вывод данных хранящихся в хранилище. Помимо функций визуализации данных в виде карты – должны присутствовать и функции представления и выдачи данных в виде сервисов OGC. Поддержка данных интерфейсов позволит получать данные,

хранящиеся в геопортале на других геопорталах, используя настольные ГИС или с мобильных устройств и приложений. Следует выбирать из клиентских картографических библиотек OpenLayers и Leaflet.JS, а также систем представления данных Mapserver и Geoserver.

3. Подсистема контроля доступа и манипулирования данными. Как уже отмечалось, наличие единых средств контроля доступа для всех точек входа, вне зависимости от приложения, через которое осуществляется взаимодействие с порталом, является необходимым требованием. Кроме того, уровни доступа различных порталов отличаются значительно, что требует отдельной работы. Подсистема манипулирования данными выполняет задачи связанные с загрузкой и изменением данных, а также задачи администрирования системы в целом. В отличие от рассматриваемых выше, данная подсистема должна объединять все компоненты системы, и разрабатываться индивидуально.

4. Подсистема интеллектуального анализа геопространственных данных. Согласно Э. Митчеллу [52], геопространственный анализ заключается в поиске закономерностей в расположении объектов, а также определении причин данных взаимосвязей. Таким образом, под привычное определение понятия геопространственного анализа попадает простое отображение данных на карте, с последующим визуальным анализом и определения закономерности в их местоположении. Описываемая же подсистема включает не только средства визуального представления данных, но и непосредственно инструментальные средства для получения новых данных. В рамках диссертации исследуются некоторые из открытых компонентов, которые позволяют выполнять операции бинарной логики между несколькими слоями, а также алгоритмы буферизации и генерализации.

2.3 Характеристика адаптивности геоаналитического портала

Согласно ГОСТ 24.104-85 «Автоматизированные системы управления. Общие требования» в п.п. 1.1.8. указано, что Адаптивность АСУ должна быть достаточной для достижения установленных целей ее функционирования в

заданном диапазоне изменений условий применения [53]. Таким образом, адаптивность информационной системы является одним из основных требований к АСУ наряду с «функциональной достаточностью» и «надежностью». Существует множество определений адаптивности, одно из них трактует данный термин как «живучесть или выживаемость системы в условиях изменяющегося окружения; чем выше адаптивность системы, тем продолжительнее период ее жизни» [54]. Другое определение гласит, что «адаптивность системы управления определяется ее способностью эффективно выполнять заданные функции в определенном диапазоне изменяющихся условий. Чем шире этот диапазон, тем более адаптивной считается система» [55]. Таким образом можно говорить как об адаптивности всего геопортала целиком под решение новых задач при изменении целей, например, при необходимости переориентировать геопортал под решение вопросов новой предметной области; также можно говорить и об адаптивности каждого отдельного узла или подсистемы.

Анализ существующих решений и литературы [34; 52; 32; 6] показал, что, как правило, для создания геопорталов используются готовые решения (компания ESRI в частности), которые не предоставляют открытый исходный код. Данные системы представляют собой коробочный продукт, разработанный под решение задач в определенной предметной области. Типовые системы позволяют решать как базовые задачи работы с пространственными данными, так и более специфичные в зависимости от сферы использования. Однако, в случае, если требования к системе отличаются от уже заложенного функционала, цена продукта значительно повышается, а основное преимущество – время, на основе которого принимают решение использовать готовое решение, так же возрастает. Добавление нового функционала, требует обращения в компанию-разработчик основного продукта, что не гарантирует реализацию ваших требований в краткосрочной перспективе. Таким образом, выделим 2 основных недостатка:

1. Коробочные системы могут не удовлетворять исходным требованиям;
2. Коробочные системы медленно реагируют на изменение требований;

Суммируя все сказанное выше, стоит заявить, что в ряде случаев, покупка готового продукта оправдывает себя, особенно при старте, однако в долгосрочной перспективе ставит под вопрос жизнеспособность системы. При использовании же открытых компонентов, вы имеете полный контроль над процессом разработки и исходным кодом программного обеспечения, а значит при изменении или возникновении новых требований, есть возможность оперативного внесения изменений. Таким образом, использование открытых компонентов повышает клиентоориентированность продукта и ускоряет цикл создания нового продукта. Все сказанное выше позволяет заявить, что использование компонентов с открытым исходным кодом повышает адаптивность системы, так как позволяет достигать установленные цели функционирования геоportала при изменении условий и требований, что соответствует приведенным выше определениям.

Для решения первой задачи в контексте разработки геоинформационного портала предлагается выделить ядро системы, которое включает общие для всех подсистем функции и интерфейсы, а все отраслевые решения подключать в виде подсистем. Структура данного подхода в контексте геоportала представлена на Рисунке 11.

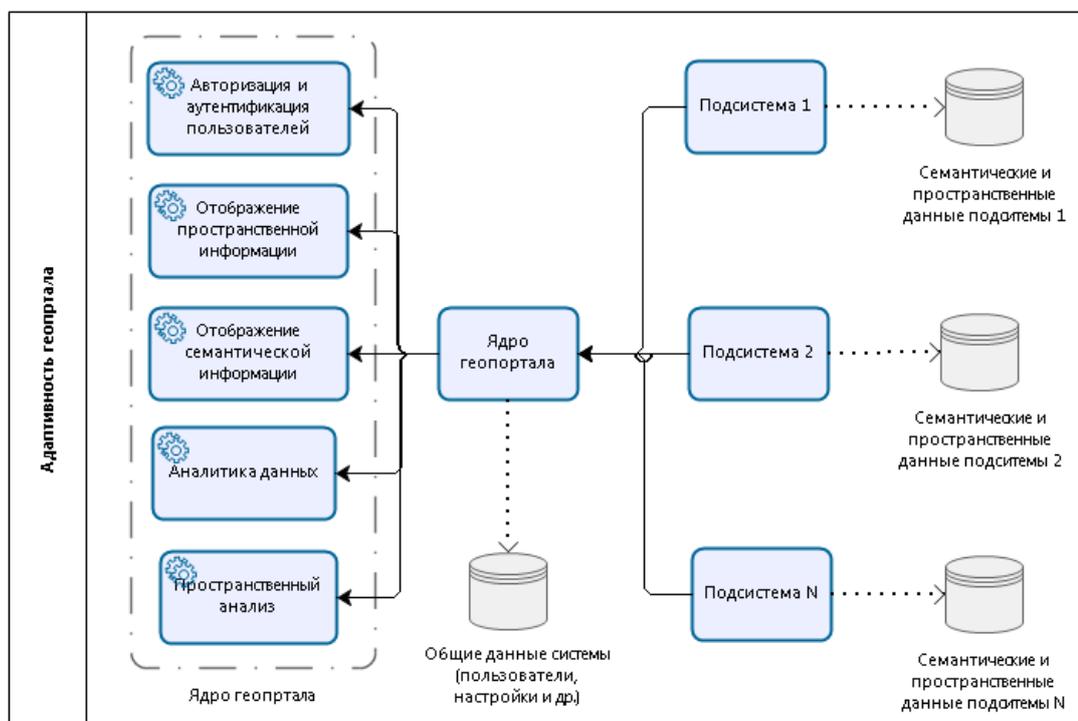


Рисунок 11 – Адаптивная структура геоportала

Данная структура предполагает наличие следующих компонентов:

1. **Ядро системы** - основа системы, обладающая базовым функционалом и интерфейсами для работы. Данный функционал, так или иначе, потребуется каждой подсистеме, которую предполагается добавить.

2. **Хранилище системных данных** – хранит всю информация о пользователях, их уровне доступа, подключенных внешних и внутренних источниках данных, а также другие данные, необходимые для функционирования ядра системы.

3. **Отраслевая подсистема** – данный компонент обеспечивает систему данными и интерфейсами, которые направлены на решение задач в определенной сфере.

За счёт того, что основной картографический функционал сконцентрирован в ядре системы, при разработке сторонних подсистем отсутствует необходимость в разработке данного функционала, что позволяет разрабатывать данную подсистему специалистам незнакомым с ГИС, а также использовать имеющиеся отраслевые системы, интегрируя их с геопорталом.

Для решения задачи адаптивности отдельных подсистем предлагается использовать шаблон (паттерн) проектирования MVC (Model-View-Controller) или Модель-Представление-Контроллер. Согласно [56] MVC состоит из объектов трех видов. Model - это объект приложения, а View - экранное представление. Controller описывает, как интерфейс реагирует на управляющие воздействия пользователя. Данный шаблон лежит в основе множества современных фреймворков, в частности, одном из наиболее популярных на данный момент, ASP.NET MVC [57; 58], в котором модель – это структурированное описание данных, представление – форма отображения данных. Контроллер содержит набор алгоритмов для реализации управляющих воздействий пользователя. MVC отделяет эти объекты друг от друга, за счет чего повышается гибкость и улучшаются возможности повторного использования. Кроме того для повышения адаптивности подсистемы необходимо использовать модульную структуру, где каждый модуль нацелен на решение определенных задач и максимально

абстрагирован от других модулей, в конечном итоге формируя эмерджентные свойства системы. В случае если требования изменились или появилась потребность в новом функционале, при работе по шаблону MVC достаточно добавить новый метод контроллера, модель или представление (или внести изменения в существующие), что значительно повышает скорость разработки и сопровождаемость программного обеспечения. Таким образом, адаптивность в рамках подсистемы реализуется посредством модульной организации согласно модели, представленной на Рисунке 12.

Описанные подходы нацелены повысить адаптивность как системы в целом, так и отдельных подсистем и модулей, тем самым повышая её «живучесть», надежность и позволяя выполнять заданные задачи в изменяющихся условиях.

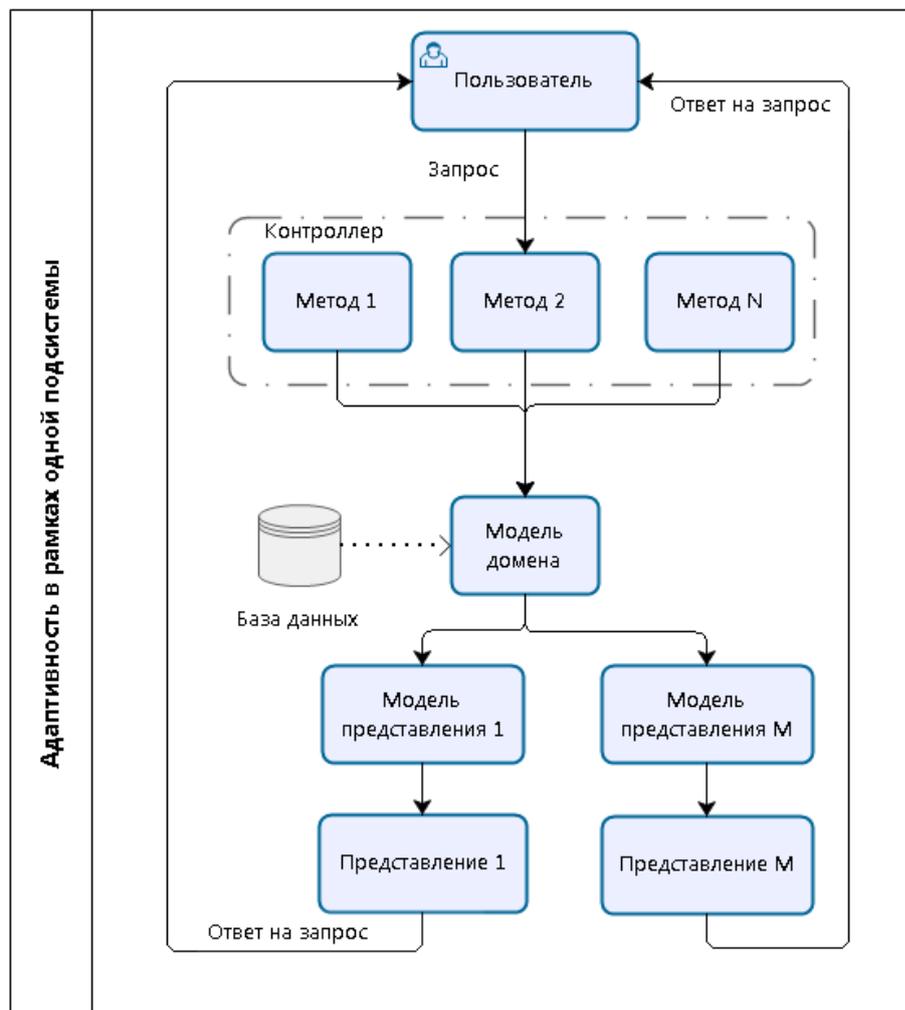


Рисунок 12 – Адаптивность в рамках одной подсистемы

2.4 Актуальные средства геопространственного анализа

Анализ имеющихся геопортальных решений показал, что чаще всего геоинформационный портал используется лишь для отображения пространственных данных, не производя новые данные и не имея аналитических функций. Однако, для его эффективного существования геопортал должен выступать в виде информационно-аналитической системы, то есть системы для обеспечения автоматизации аналитических работ в целях обоснования принятия управленческих решений и других возможных применений [59]. Геопортал должен интегрировать как функции Data-mining, то есть порождать новые данные исходя из имеющихся, так и выполнять интеллектуальный анализ этих данных, интегрируя функции OLAP-системы, но учитывая специфику пространственной составляющей информации. В сфере ГИС данные задачи попадают под понятие геопространственного анализа. По [52] сущность геопространственного анализа заключается в поиске закономерностей в расположении объектов и явлений. Данный термин, как правило, сводится к созданию карты на основе исследуемых данных и дальнейшем визуальном анализом данных. По [60] геопространственный анализ включает алгебру карт, выполнение зональных операций над объектами и операций учитывающих пространственный контекст. Согласно [61] подобные задачи решает целое группа наук пространственно-временного анализа, которое включает в себя: пространственно-временную статистику, геоинформатику, геостатистику, анализ изменения трендов, анализ распределения точек, геоморфометрию и обработку данных ДЗЗ (подробнее – на Рисунке 13). Все вышесказанное позволяет заключить, что под геопространственным анализом можно понимать как простое создание карт, так и более сложное автоматизированное исследование данных при помощи математических алгоритмов. Реализация данных механизмов в архитектуре геопортала позволит решать более широкий спектр задач и значительно повысит его полезность.



Рисунок 13 – Направления пространственно-временного анализа данных

Рассмотрим аналитические возможности геоportала:

1. **Обработка больших массивов данных (Big Data).** Данная возможность является ключевой при создании геоинформационного portала, так как в виду своей специфики геопространственные данные, как правило, представлены разрозненными данными, часто хранящимися в различных форматах и различных системах. Учёт всех факторов может значительно снизить скорость работы обработки данных или в конечном итоге привести к невозможности их анализа. Для реализации данной возможности в геоportале предусмотрено несколько функций:

- a. Разбиение всего массива данных на более мелкие части;
- b. Группировка и агрегация данных по одному или нескольким параметрам;
- c. Блок математической обработки;
- d. Параллельная обработка данных в нескольких потоках;

2. **Аналитика в реальном времени (OLAP).** Реальность такова, что информация нужна «здесь и сейчас», таким образом геоportал должен адекватно реагировать на запросы пользователей и выдавать результат в кратчайшие сроки. Для реализации данной возможности, геоportал выполнен в виде клиент-

серверного приложения, в качестве клиента в котором выступает браузер пользователя с интерфейсом геопортала. Серверное приложение берёт на себя все задачи обработки данных в реальном времени, при необходимости уведомляя пользователя о протекающих процессах.

3. Формирование новых данных (Data Mining). Получение новых пространственных данных в контексте геоинформационных систем позволяет решать широкий спектр задач. Для реализации данной функции предлагается прибегнуть к использованию пространственной алгебры – нахождение объединения, пересечения или вычитания пространственной составляющей объектов.

4. Помощь в принятии управленческих решений (Decision Support). К данному пункту относятся любые функции, повышающее восприятие результатов анализа, в частности к ним относятся функции отображения данных – и в картографическом виде (отображение различным цветом параметра), и в виде диаграмм и графиков, привязанных к каждому объекту в частности или группы объектов.

Для решения данных задач предлагается использовать компоненты, отображенные на Рисунке 14.

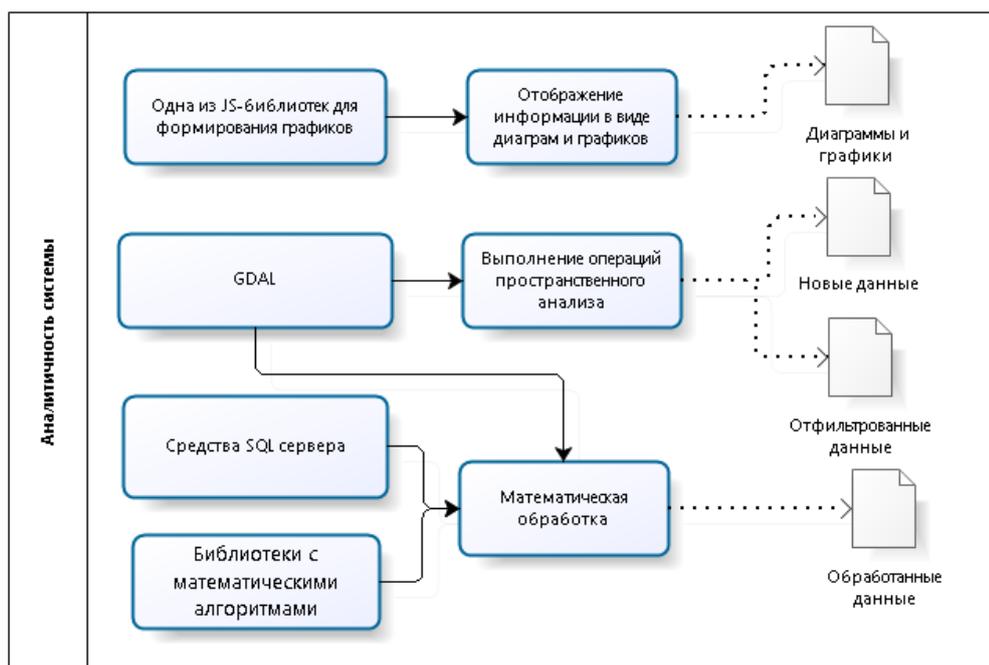


Рисунок 14 – Компоненты для решения вопроса анализа

Реализация всех описанных выше функций позволяет наделить геопортал возможностями информационно-аналитической системы, что в конечном итоге позволяет называть его геоаналитическим порталом. Кроме того согласно последним тенденциям развития информационных систем, очевидным преимуществом будет использование такого портала в качестве облачного сервиса [62], что позволит использовать аналитические инструменты вне контекста имеющегося портала.

2.5 Задача выбора структурных компонентов используемых для создания геоаналитического портала

Математические методы теории управления, с помощью которых возможно осуществить выбор компонентов

Как уже отмечалось, при разработке геопортала на основе компонентов с открытым исходным кодом, существует вопрос анализа и выбора наиболее оптимальных компонентов системы. В производственных и коммерческих организациях процесс решения задачи часто называют процессом принятия решения, а последний иногда считают синонимом процесса управления (или руководства) [63]. Ввиду этого, для поиска ответа обратимся к теории управления и рассмотрим существующие подходы и методы к управлению. Анализ исследовательского опыта показал, что применение только одного какого-либо подхода в его классическом виде для целей системного исследования не только практически невозможно, но и не дает существенного эффекта [64]. Для решения задачи выделим наиболее актуальные на данный момент подходы: системный, ситуационный, личностно-концептуальный и экспертный. Коротко рассмотрим каждый из них.

Как известно, сущность системного подхода в том, что объект исследуется как целостная совокупность составляющих его подсистем и во всем многообразии выявленных свойств и связей внутри объекта, а также между объектом и внешней средой [64]. Данный подход будет полезен при анализе требований к системе и определении набора альтернативных компонентов.

Ситуационный подход, так же как и системный, с которым он идеологически близок и связан целым комплексом родственных идей, идеологически как бы объединяет, интегрирует предшествующие подходы, а также функции управления, рассматриваемые с точки зрения ситуационного и системного подхода как частные [63]. Таким образом, ситуационный подход позволяет комбинировать множество подходов, применяя тот или иной в случае, когда остальные бессильны.

Личностно-концептуальный подход, основная идея которого заключается в том, что лицо принимающее решение (ЛПР) формирует личную концепцию – видение того, какой должна стать организация в будущем в совокупности с перечнем необходимых для этого мероприятий, личных шагов и т.д. [63] Однако, ЛПР может не обладать всей совокупностью необходимой информации. Причем это скорее типичный случай, чем исключение в сложных управленческих ситуациях [65]. Таким образом, имеет смысл консолидировать знания людей, что возможно при условии использования экспертных методов.

Сущность экспертных методов, как при решении задач исследования систем управления, так и при использовании их в практике принятия решений в других областях науки, техники, управления, заключается в усреднении различными способами мнений (суждений) специалистов-экспертов по рассматриваемым вопросам [64]. Рассмотрим возможные экспертные методы более детально:

1. метод рангов;
2. метод непосредственного оценивания;
3. метод сопоставления
 - метод парного сравнения;
 - метод последовательного сопоставления;

Каждый из указанных методов, так или иначе, сводится к определению места одного объекта среди других, то есть ранжированию. Метод рангов предлагает выполнить это напрямую – указанием ранга от 1 до N, где N – количество исследуемых объектов. Метод непосредственного оценивания предполагает выставление оценки каждому объекту по заранее определенной

шкале (от 1 до 5, от 1 до 100 и т.д.). Метод парного сравнения предполагает ранжирование каждого из исследуемых объектов относительно каждого другого объекта в паре, результаты которого, как правило, затем сводятся в матрицу, на основе которой затем определяется результирующий ранг. Метод последовательного сопоставления продолжает идею парного сравнения, однако в данном случае добавляется итеративное изменение оценок, что позволяет достичь большей точности, однако затрудняет оценивание большого количества объектов.

Как отмечалось выше, каждый из описанных экспертных методов служит для ранжирования объектов по порядку, выбор конкретного метода необходимо рассматривать при решении конкретной задачи. Для выполнения обработки данные экспертных оценок должны быть получены некоторым образом. Для проведения экспертного опроса выделяют несколько форм сбора данных [64]:

- анкетирование;
- интервьюирование;
- дискуссия;
- мозговой штурм;
- совещание;
- деловая игра.

Определившись с используемым методом оценки и формой сбора данных, необходимо определить критерии, по которым можно принять специалиста в экспертный совет. Очевидно, в качестве экспертов необходимо использовать тех людей, чьи суждения наиболее помогут принятию адекватного решения [66]. Одним из путей видится использование Geospatial Management Competency Model. Эта модель определяет 74 необходимых компетенции и 18 сфер компетенций, необходимых специалистам в области геоинформационных систем [67]. Данная модель, являясь, по сути списком требований к экспертам, может помочь в выборе людей на роль экспертов. Однако, существует возможность того, что набрать требуемое количество экспертов полностью соответствующих данной модели не представится возможным, поэтому не стоит ограничиваться лишь этой

моделью, требования к экспертам могут и должны быть разработаны индивидуально под каждый проект.

Справедливо отметить, что при множестве экспертов, принимающих участие в исследовании, так или иначе их оценки будут отличаться. Необходимо изучить, как согласуются результаты экспертов. Для оценки меры согласованности мнений экспертов используются, как правило, коэффициент конкордации. [64].

Формализация задачи выбора компонентов на основе метода экспертных оценок

Прежде чем сформировать математическую модель метода определимся с исходными данными и задачей. При постановке задачи на разработку некоторого геопортала, как правило, имеется некоторое техническое задание на разработку. Его может и не существовать, но тогда его необходимо сформировать. Решение данной задачи подробно описано в методике Р. Томлинсона [32] и здесь и далее этот вопрос затрагиваться не будет. Из исходного технического задания необходимо выделить массив требований. Данный массив позволит определить характеристики моделируемой системы. Так как одним из подходов к конструированию геопортала мы выбрали системный подход, условно разделим требования на N групп. Каждая группа должна определять требования к одной из подсистем. Из теории геоинформационных систем [68] мы знаем, что типовая система состоит как минимум из трёх частей: подсистемы вывода изображений, подсистемы обработки и анализа информации и СУБД, хранящей данные – эти части и могут являться исследуемыми подсистемами. Стоит отметить, что не стоит ограничиваться лишь обозначенными вариантами, в каждом конечном случае количество подсистем может и должно варьироваться.

Определившись с требованиями и подсистемами геопортала необходимо определить набор компонентов, которые будут составлять обозначенные подсистемы. Здесь и далее под компонентом будем понимать непосредственно подсистему из структурной модели представленной выше. Так как рассматривается вопрос разработки геопортала на основе компонентов с

открытым исходным кодом, то данное условие должно выполняться и в данном случае.

Следующим этапом будет выполнение анализа и выбор оптимальных компонентов, доработка отсутствующего функционала и разработка геопортала [69]. Общая идея задачи отображена на Рисунке 15.

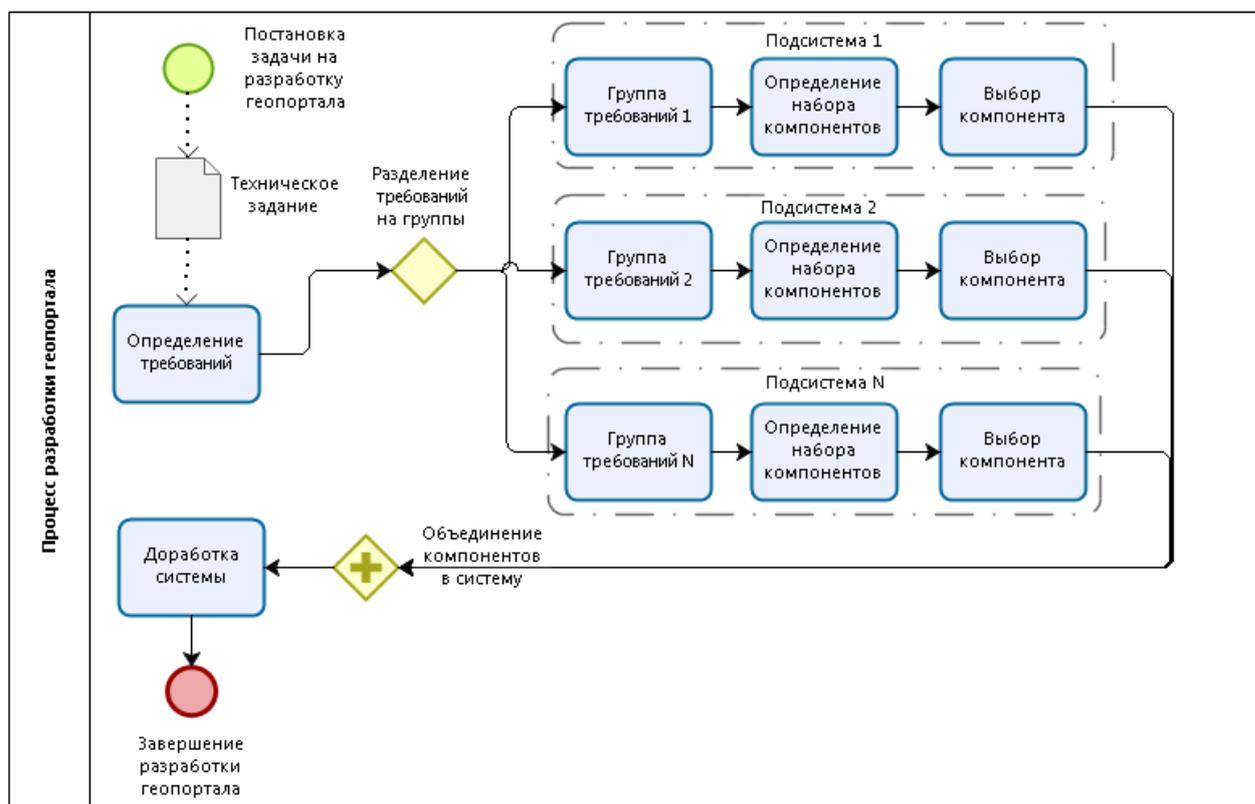


Рисунок 15 – Выделение требований к подсистемам геопортала

Итак, на входе имеем K подсистем, каждая подсистема имеет n требований и m компонентов, необходимо при помощи L экспертов определить наиболее подходящий компонент для каждой подсистемы.

Решать данную задачу, применяя лишь один экспертный метод, не представляется возможным, так как в типичном представлении, эксперты так или иначе лишь определяют ранг одного объекта относительно другого. Таким образом, при использовании одного метода мы сможем лишь проранжировать между собой либо компоненты, либо требования. Наша задача же предполагает ранжирование компонентов в зависимости от требований. Таким образом, будем выполнять двухэтапное ранжирование.

Процесс выбора компонентов и формирования архитектуры геопортала состоит из 6 этапов:

1. Определение требований;
2. Подготовка к проведению опроса;
3. Оценка компонентов экспертами;
4. Определение лучшего компонента;
5. Расчет относительных оценок;
6. Синтез и оценка системы;

Полная схема процесса приведена в Приложении Д. Рассмотрим каждый из этапов более подробно.

На *Этапе 1* производится выделение общего списка требований на основе технического задания на разработку системы. Затем полученный список требований разделяется на K подсистем. Таким образом, каждая из подсистем характеризуется одним набором требований $T_i, i = \overline{1, n}$. Общее количество требований к геопорталу равняется сумме требований всех систем, а все требования соответственно характеризуют систему в целом. Схема первого этапа представлена на Рисунке 16.

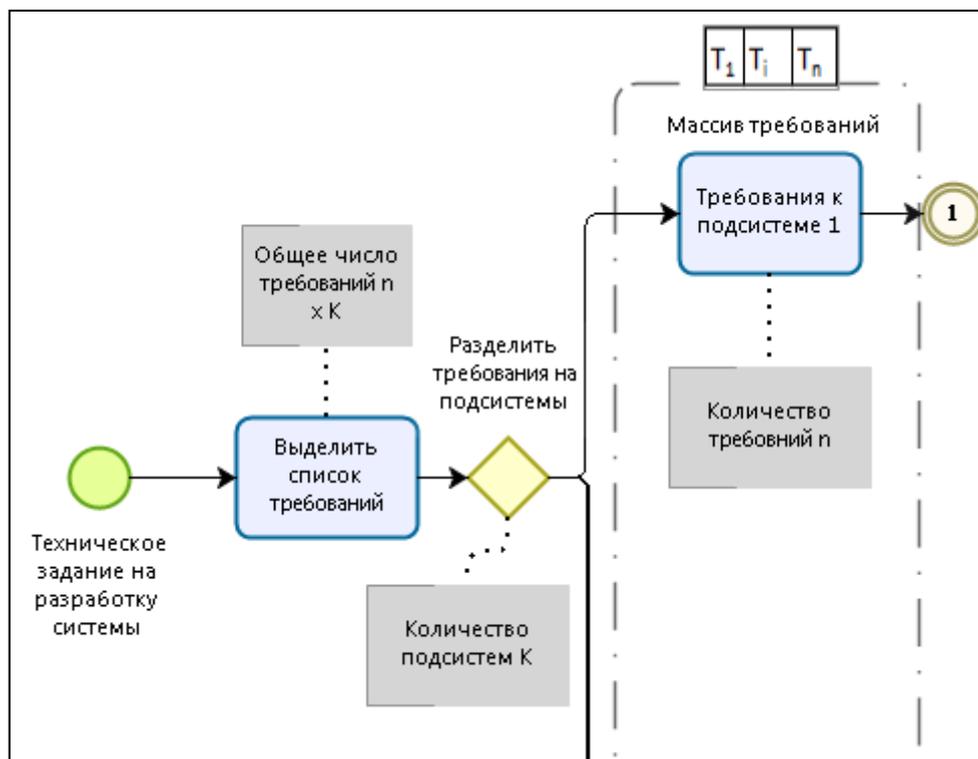


Рисунок 16 – Схема первого этапа

На *Этапе 2* проводится предварительная подготовка к проведению экспертного опроса. Первоначально необходимо определить оптимальное количество экспертов для проведения опроса. Очевидно, что при возрастании количества экспертов точность результата так же возрастает, однако при этом увеличивается вероятность несогласованности мнений экспертов. Схема второго этапа представлена на Рисунке 17.

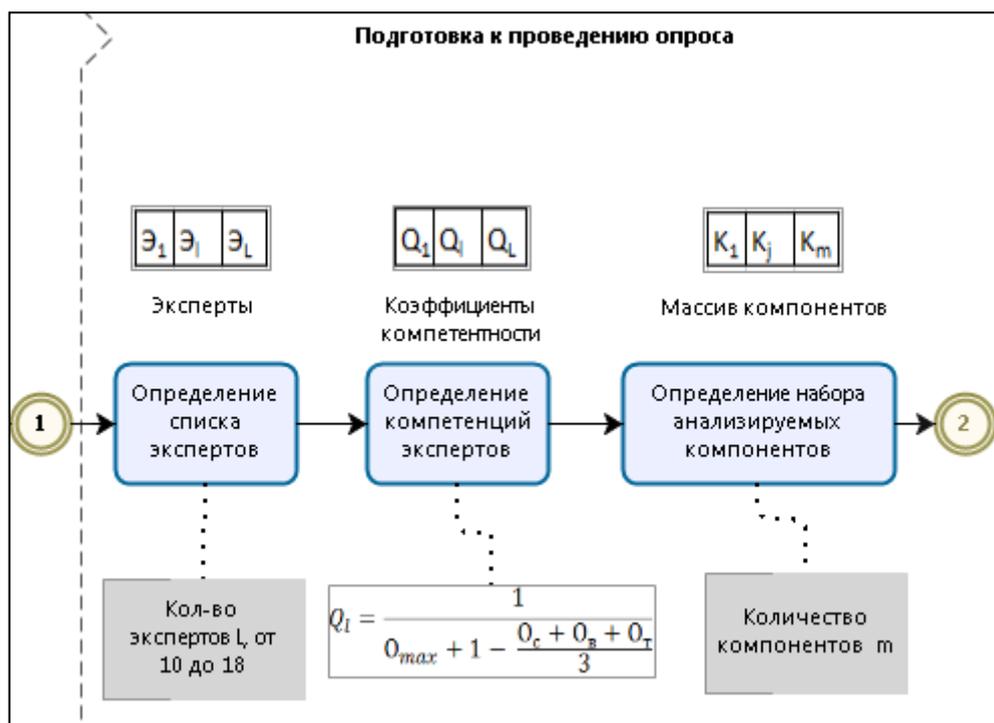


Рисунок 17 – Схема второго этапа

Для определения оптимального количества экспертов воспользуемся формулой определения минимального количества экспертов из [64; 70] (формула 1).

$$\varepsilon_{min} = 0,5 \times \left(\frac{3}{d} + 5 \right), \quad (1)$$

где d – возможная ошибка результатов экспертизы ($0 < d < 1$), а ε_{min} – минимальное количество экспертов.

Определим оптимальное количество экспертов для проведения опроса, выразив значение ошибки, через количество экспертов и построим график изменения ошибки от количества экспертов (Рисунок 18):

$$d = \frac{3}{2N_{min} - 5} \quad (2)$$

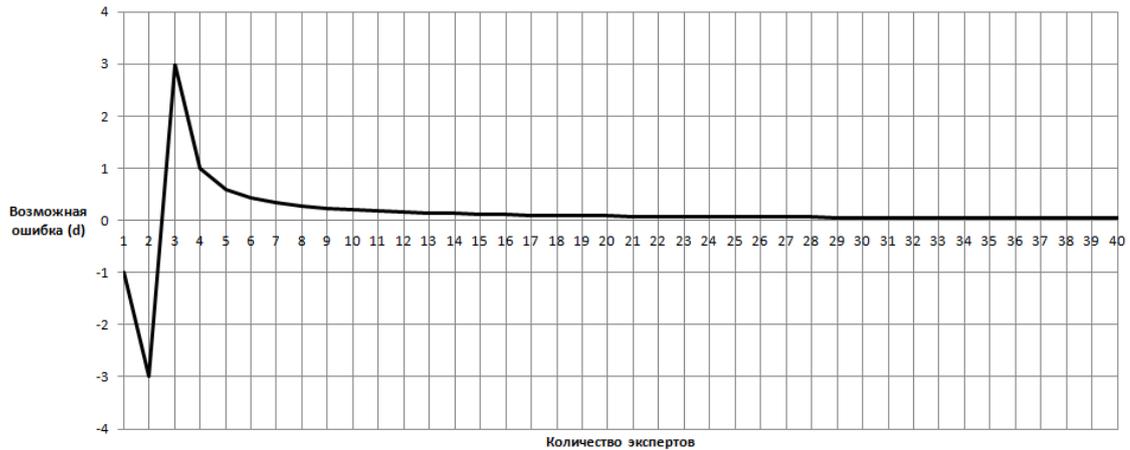


Рисунок 18 – График зависимости ошибки от количества экспертов

Как видно из графика, при количестве экспертов менее 5 результат противоречит ограничению $0 < d < 1$. С учётом этого перестроим график (Рисунок 19):

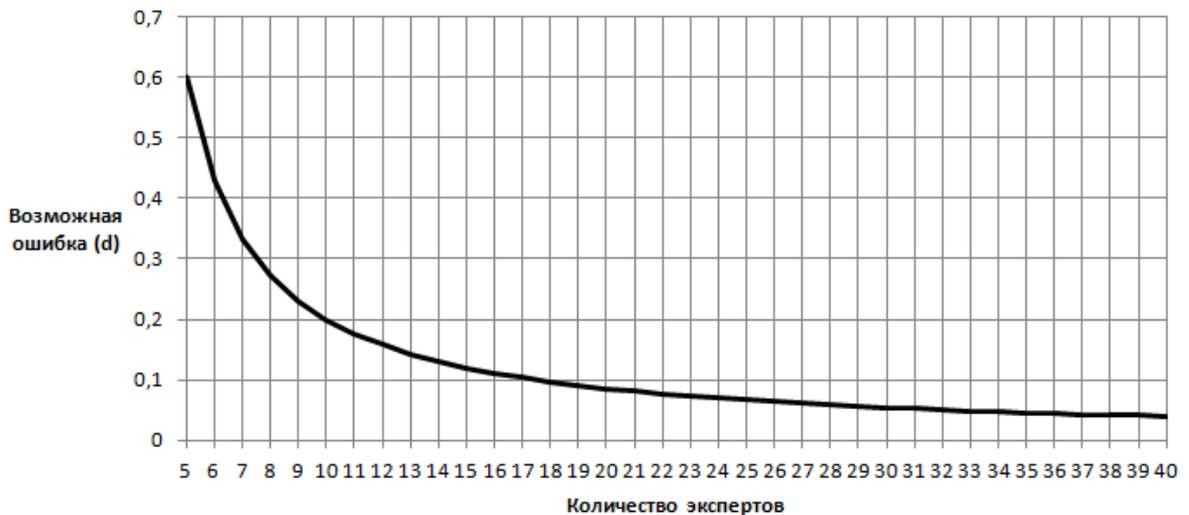


Рисунок 19 – Зависимость ошибки от количества экспертов при $0 < d < 1$

На основании полученных результатов следует заявить, что минимальное допустимое количество экспертов равно 5, стоит учитывать, что при минимальном значении вероятность ошибки составляет 60% и следует стремиться увеличить количество экспертов. Оптимальное количество экспертов лежит в диапазоне $10 \leq N_{opt} \leq 18$, вероятность ошибки тогда будет лежать в диапазоне от 10 до 20%. Однако нередки случаи, в которых рассматривается довольно специфичная тема и укомплектовать экспертную группу требуемым количеством

экспертов невозможно. В таком случае для выхода из сложившейся ситуации может быть использован метод «снежного кома», который заключается в том, что от каждого специалиста, привлекаемого в качестве эксперта, получают определенное количество фамилий (обычно 5-10) тех, кто может быть экспертом по рассматриваемой тематике [71].

Определив количество экспертов для проведения опроса, необходимо определить список экспертов, которые будут принимать участие в опросе. Для каждой из подсистем и набора требований формируется отдельный список, однако, как списки целиком, так и отдельные эксперты в списках могут повторяться. В общем случае выбирается набор экспертов $\{l\}, l = \overline{1, L}$, где L – общее количество экспертов.

По каждому эксперту необходимо определить уровень его компетентности. Для этого нужно оценить насколько эксперт разбирается в предмете экспертизы. Выделим следующие методы определения уровня компетентности:

- метод самооценки – эксперт самостоятельно определяет насколько он разбирается в вопросе и объекте экспертизы
- метод внешней оценки – оценка осведомленности эксперта производится отдельной комиссией. Ввиду наличия экспертной комиссии – разрешено использовать её же для взаимного определения оценок.
- метод тестирования – для определения уровня компетенции, эксперту предлагается ответить на ряд вопросов по теме экспертизы. На основе его ответов определяется его оценка.

Как правило, на практике используется какой-то один метод, однако для повышения точности экспертизы разумнее использовать каждый из перечисленных методов, а затем, усреднив значения, определить результирующий коэффициент. При условии, что при проведении оценивания будет использоваться единая шкала оценок от $1 \dots G_{max}$, коэффициент компетентности следует определять по формуле 3:

$$Q_l = \frac{1}{G_{max} + 1 - \frac{G_c + G_B + G_T}{3}}, \quad (3)$$

где Q_l – коэффициент компетентности эксперта l , G_c – результат самооценки, G_B – результат внешней оценки, G_T – оценка по результатам тестирования, G_{max} – максимальная оценка, используемая в шкале, $G_{c,B,T} = \overline{1, G_{max}}$.

Таким образом, для шкалы оценок от 1 до 5 значение коэффициента при получении максимальных оценок будет равно 1, а минимальное – $1/5$. Значит, при $G_{c,B,T} = \overline{1,5}$ имеем $\frac{1}{5} \leq Q_l \leq 1$.

Внешнюю оценку следует рассчитывать по формуле 4:

$$G_B = \frac{\sum_{l=1}^{L-1} G_l}{L-1}, \quad (4)$$

где L – общее число экспертов, а G_l – оценка, выставленная другими экспертами уровню компетенции текущего эксперта.

После определения уровня компетенций экспертов следует определить набор анализируемых компонентов. Это действие выполняется организаторами опроса. Таким образом, к окончанию второго этапа, в каждой из подсистем мы имеем L экспертов, участвующих в оценке, для каждого эксперта определены коэффициенты компетентности Q_l и определен набор, состоящий из m компонентов, которые будут подвергаться оценке на соответствие n требований, определенных на этапе 1.

На этапе 3 выполняется оценка обозначенных компонентов на соответствие определенным требованиям. Схема этапа 3 представлена на Рисунке 20. На основе ответов экспертов составляется матрица ответов эксперта. Каждому эксперту предлагается оценить компонент O_{ji} на соответствие требованию (где j – порядковый номер компонента и $j = \overline{1, m}$, а i – порядковый номер требования и $i = \overline{1, n}$) по методу непосредственного оценивания по шкале от 1 до 10, где 10 – максимальное соответствие требованию, а 1 – полное несоответствие. После проведения экспертного опроса для каждого из компонентов необходимо

определить результирующий ранг – для этого каждому компоненту следует рассчитать сумму оценок всех требований b_j :

$$b_j = \sum_{i=1}^n O_{ji}, j = \overline{1, m}. \quad (5)$$

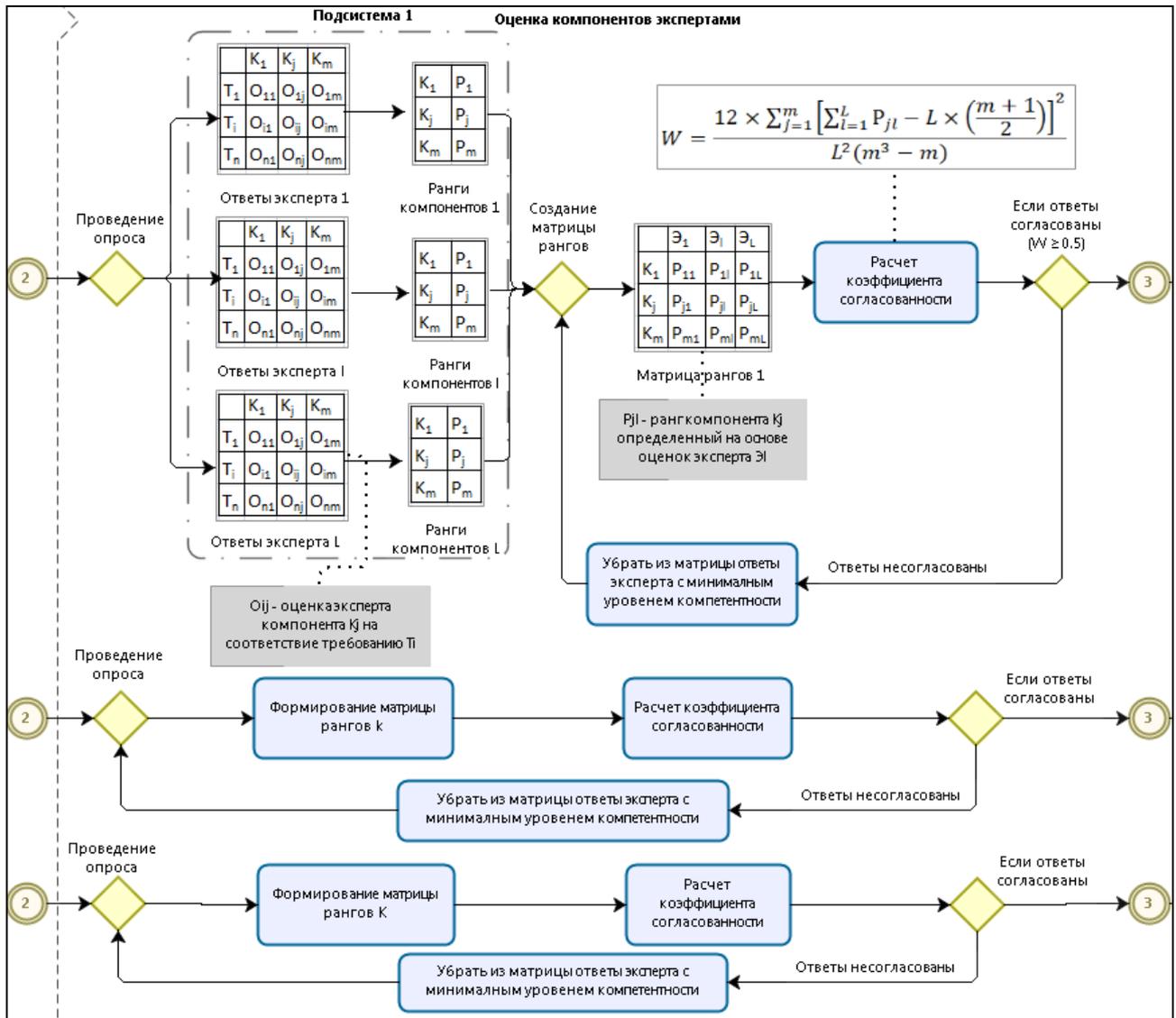


Рисунок 20 – Схема третьего этапа

На основе полученных значений для каждого компонента определим ранг P_j , исходя из условия, что чем больше сумма баллов, тем ниже ранг. Таким образом, компонент с максимальным значением b_j получает ранг равный 1, а с минимальным – ранг равный m . Матрица ответов одного из экспертов представлена в Таблице 3.

Таблица 3 – Матрица ответов l -ого эксперта

Требования Компоненты	T_1	...	T_i	...	T_n	Сумма оценок	Ранг компонента
K_1	O_{11}	...	O_{1i}	...	O_{1n}	b_1	P_1
...
K_j	O_{i1}	...	O_{ji}	...	O_{jn}	b_j	P_j
...
K_m	O_{m1}	...	O_{mi}	...	O_{mn}	b_m	P_m

В результате для каждого эксперта для каждой системы получаем вектор-столбец рангов R_l , где l – порядковый номер эксперта и $l = \overline{1, L}$:

$$R_l = \begin{pmatrix} P_1 \\ P_j \\ P_m \end{pmatrix} \quad (6)$$

Для определения результирующего ранга компонента подсистемы, определенного с учетом оценок всех экспертов, применим метод рангов: сведем все векторы-столбцы в одну матрицу (Таблица 4), при этом обозначим P_{jl} – ранг компонента j , присвоенный экспертом l . Также рассчитаем сумму рангов P'_j и коэффициент весомости k_j каждого компонента по формулам:

$$P'_j = \sum_{l=1}^L P_{jl}, j = \overline{1, m} \quad (7)$$

$$k_j = \frac{P'_j}{\sum_{j=1}^m P'_j} \quad (8)$$

Таблица 4 – Матрица рангов компонентов

Эксперты Компоненты	1	...	l	...	L	Сумма рангов	Коэф-ент весомости
K_1	P_{11}	...	P_{1l}	...	P_{1L}	P'_1	k_1
...
K_j	P_{j1}	...	P_{jl}	...	P_{jL}	P'_j	k_j
...
K_m	P_{m1}	...	P_{ml}	...	P_{mL}	P'_m	k_m

Таким образом, определим ранг каждого компонента для каждой из подсистем с учетом, что чем значение ранга ниже, тем компонент наиболее предпочтителен.

После проведения экспертной оценки необходимо выполнить оценку согласованности результатов экспертов. Для этого воспользуемся коэффициентом конкордации, рассчитываемому согласно [64], по формуле 7:

$$W = \frac{12 \times C}{L^2(m^3 - m)}, \quad (7)$$

где C – сумма квадратов отклонений сумм рангов по каждому объекту от средней суммы рангов по всем объектам и экспертам, т.е.:

$$C = \sum_{j=1}^m \left[\sum_{l=1}^L P_{jl} - L \times \left(\frac{m+1}{2} \right) \right]^2. \quad (8)$$

В результате получаем формулу 9:

$$W = \frac{12 \times \sum_{j=1}^m \left[\sum_{l=1}^L P_{jl} - L \times \left(\frac{m+1}{2} \right) \right]^2}{L^2(m^3 - m)}. \quad (9)$$

где m – количество исследуемых компонентов, L – количество экспертов, P_{jl} – оценка эксперта l , выставленная компоненту K_j .

Как известно из [64; 71; 70], коэффициент конкордации лежит в диапазоне $1 > W > 0$, при этом считается, что при $W = 0$ согласованность экспертов отсутствует, а при $W = 1$ согласованность полная. Согласованность вполне достаточна, если $W \geq 0,5$. Таким образом, после определения результирующих рангов и коэффициентов весомости, необходимо определить коэффициент конкордации и если он меньше 0,5 – следует исключить из опроса ответы эксперта, обладающего наименьшим уровнем компетентности, определенных на Этапе 2 и провести пересчет результирующих рангов и коэффициента конкордации. Стоит выполнять данное действие до тех пор, пока W не превысит 0,5. Кроме того, согласно [71] может быть использован метод борьбы с диссидентами, согласно которому при «жестком» отборе крайние значения оценок отбрасываются, а при «мягком» вместо среднего

арифметического следует использовать медиану значений. Применение одного или нескольких обозначенных методов позволит повысить согласованность экспертов.

На этапе 4 на основе полученных данных и оценок определяется компонент с минимальным рангом, а значит наиболее предпочтительный. Дальнейшая работа будет выполняться только для этого компонента. Схема этапа 4 представлена на Рисунке 21.

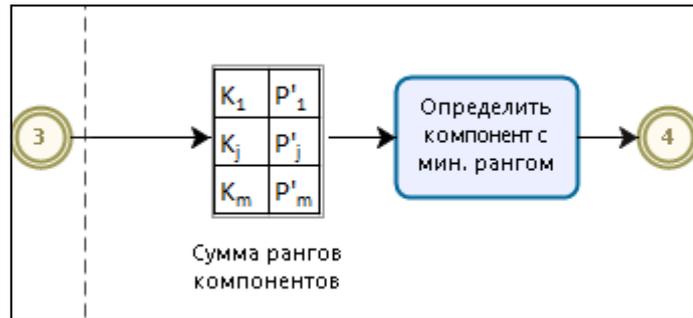


Рисунок 21 – Схема четвертого этапа

На этапе 5 для выбранного компонента выполняется создание матрицы ответов всех экспертов (за исключением исключенных, если такие существуют) для всего набора требований, на основе оценок полученных на этапе 3, срез ответов представлен в Таблице 5. Схема этапа 5 представлена на рисунке 22.

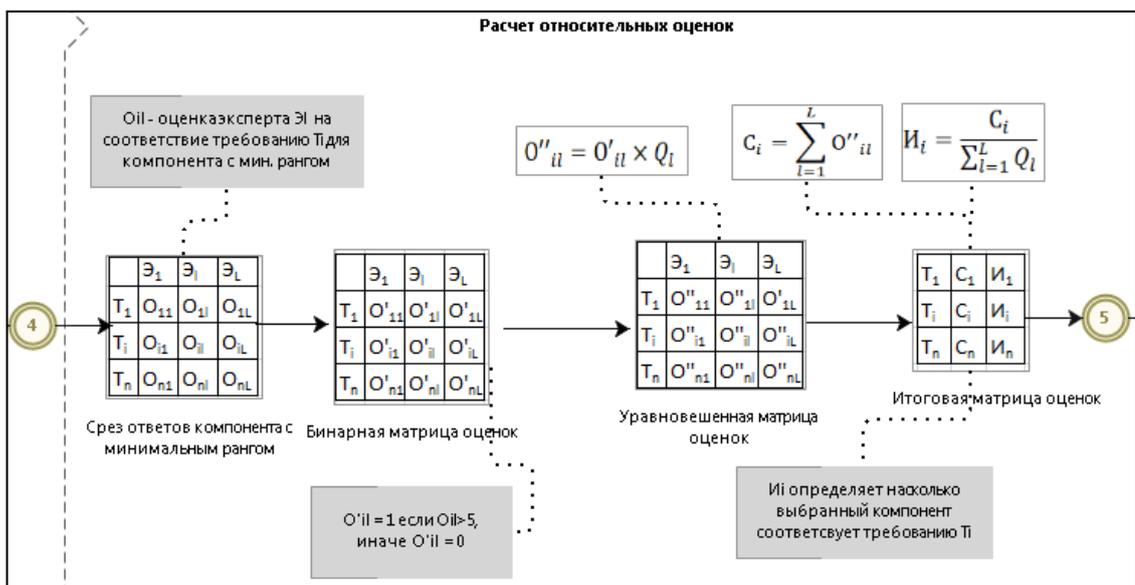


Рисунок 22. Схема пятого этапа

Таблица 5 – Срез ответов компонента с минимальным рангом

	1	l	L
T_1	O_{11}	O_{1l}	O_{1L}
T_i	O_{i1}	O_{il}	O_{iL}
T_n	O_{n1}	O_{nl}	O_{nL}

где O_{il} – оценка эксперта l на соответствие требованию T_i для компонента с мин. рангом

На основе полученной матрицы ответов следует определить бинарную матрицу оценок с условием, что $O'_{il} = 1$, если $O_{il} > 5$, иначе $O'_{il} = 0$. Таким образом, в случае, если эксперт согласен с тем, что компонент удовлетворяет требованию, а значит, поставил оценку более 5 (по 10-бальной шкале), значит, в бинарной матрице будет указана 1, иначе 0. Получение данной матрицы позволяет определить, сколько экспертов считают, что выбранный компонент соответствует требованию. Однако, считать ответы каждого из экспертов равнозначными нельзя, таким образом, применим рассчитанные на Этапе 2 коэффициенты компетентности экспертов, получив уравновешенную матрицу оценок (Таблица 6). При условии, что

$$O''_{il} = O'_{il} \times Q_l \quad (10)$$

где O''_{il} – уравновешенная оценка, O'_{il} – бинарное значение оценки, а Q_l – значение коэффициента компетентности эксперта. Получим следующую матрицу:

Таблица 6 – Уравновешенная матрица ответов

	1	l	L
T_1	O''_{11}	O''_{1l}	O''_{1L}
T_i	O''_{i1}	O''_{il}	O''_{iL}
T_n	O''_{n1}	O''_{nl}	O''_{nL}

На основе полученной матрицы следует определить C_i – сумму уравновешенных оценок и I_i – среднюю оценку по требованию, I_i определяет насколько выбранный компонент соответствует требованию T_i :

$$C_i = \sum_{l=1}^L O''_{il} \quad (11)$$

$$И_i = \frac{C_i}{\sum_{l=1}^L Q_l} \quad (12)$$

На этапе б, на основе полученных средних значений соответствия требованию следует определить среднюю оценку соответствия компонента.

$$И_k = \frac{\sum_{i=1}^n И_i}{n} \quad (13)$$

где n – количество требований к подсистеме k .

И в итоге, объединив оценки требований ко всем выбранным компонентам определим итоговую оценку системы.

$$И_{\text{системы}} = \frac{\sum_{k=1}^K И_k}{K} \quad (14)$$

где K – общее количество подсистем, для которых выполнялось оценивание.

Оценка выражается в долях, а значит, может быть представлена в процентах, и определяет, насколько система, сформированная из выбранных компонентов, будет соответствовать требованиям, которые к ней предъявляются. Хотя общая оценка системы должна стремиться к 100%, достижение заданной оценки невозможно. Таким образом, требования, реализация которых невозможна на основе выбранного набора, должны быть реализованы в виде отдельного приложения, которое к тому же объединит все подсистемы в единый геопортал. Кроме того, определив требования, которые не охватываются выбранными компонентами – разработчики сфокусируют основные силы на доработке именно этого недостающего функционала. Схема этапа представлена на Рисунке 23.

Подводя итог, стоит отметить, что описанный выше метод позволяет:

- выполнить анализ технического задания на разработку геoinформационного портала вне зависимости от его сложности и специфики;

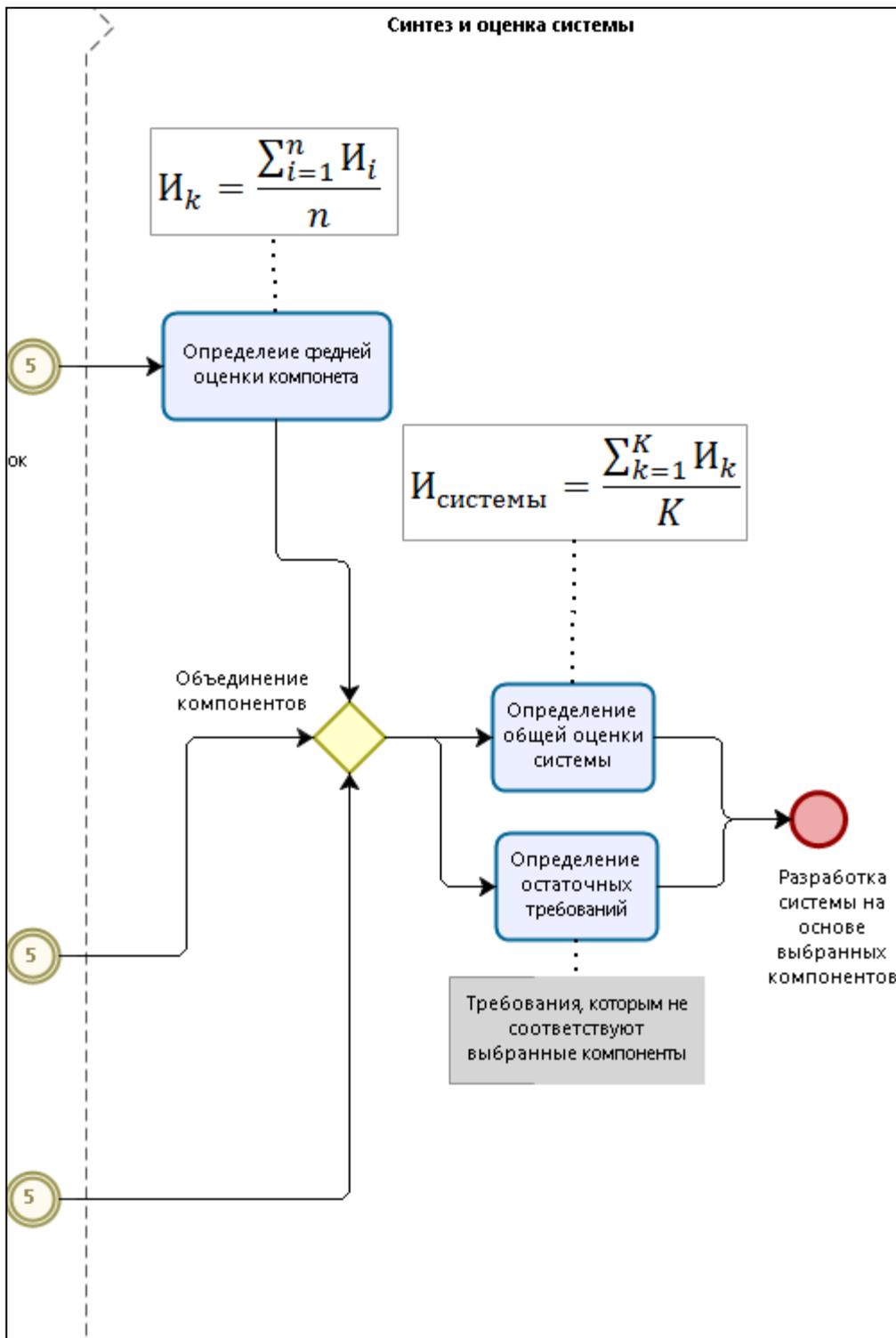


Рисунок 23 – Схема шестого этапа

- на основе сформированных требований, предварительно разбив их на группы, определить компоненты с открытым исходным кодом для формирования архитектуры геопортала;
- выполнить анализ соответствия выбранных компонентов указанным требованиям к геопорталу посредством экспертной оценки;

- в результате получить окончательный список компонентов, необходимых для разработки геопортала удовлетворяющих требованиям технического задания.

Выводы по главе 2

На основе материалов представленных в Главе 1, в Главе 2 разработаны следующие теоретические положения по созданию адаптивного геоаналитического портала на базе открытых компонентов:

1. Разработана структурная модель геоаналитического портала, описаны её ключевые подсистемы, для каждой из которых дана характеристика и определена роль в общей системе;

2. Исследован вопрос адаптивности системы, что позволило выявить 2 характера адаптивности геоаналитического портала – адаптивность всей системы к изменению предметной области и адаптивность частных модулей к изменению требований;

3. Подготовлена характеристика аналитического модуля геопортала, описаны средствами можно его достижения;

4. Разработана математическая модель выбора компонентов для разработки программного обеспечения геоаналитического портала, в основе модели лежит многоступенчатая оценка компонентов группой экспертов.

ГЛАВА 3 ОСНОВНЫЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО СОЗДАНИЮ АДАПТИВНОГО ГЕОАНАЛИТИЧЕСКОГО ПОРТАЛА И РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗРАБОТОК ДИССЕРТАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ НА ПРАКТИКЕ

3.1 Организационно-методические положения по созданию адаптивного геоаналитического портала

Состав документов или описание автоматизированной системы подготовки принятия управленческих решений, как правило, включает в себя:

1. Описание функциональных частей системы;
2. Постановку и математическую модель основных задач управления (математическое обеспечение системы);
3. Техническое обеспечение;
4. Программное обеспечение;
5. Информационное обеспечение;
6. Организационно-методическое обеспечение;
7. Правовое обеспечение.

Геоаналитический портал, также являющийся, по сути, автоматизированной системой подготовки принятия управленческих решений, базирующихся на геопространственной информации, включает в себя все перечисленные подсистемы. Их содержание подробно описывается в специальной проектной документации на конкретные геоинформационные порталы. В диссертационной работе указана лишь краткая характеристика соответствующих видов обеспечения.

Техническое обеспечение

Согласно описанной в диссертации модели, система состоит из серверной и клиентской части. От правильного выбора технического обеспечения для построения системы во многом зависит работоспособность всего геопортала. Так как в основе описанной методики лежит подход с использованием открытых

компонентов, следует в первую очередь ориентироваться на их требования к техническому обеспечению. Состав технического обеспечения конкретных проектов представлен далее.

Информационное обеспечение

На этапе разработки информационного обеспечения особую важность имеет проработка структуры базы данных, от чего зависит целостность данных и возможность адаптивности при изменении требований. Наличие отдельных справочников и классификаторов на однотипные, но вариативные значения во многом повысит живучесть системы. Структуры баз данных конкретных проектов представлены далее по тексту.

Математическое и программное обеспечение

Математическое обеспечение, определяющее, в сущности, состав и содержание программного обеспечения, является основополагающим компонентом системы, так как заложенные алгоритмы обработки информации позволяют выполнять анализ данных, что является главной функцией разрабатываемой системы. Кроме того, от уровня проработки программного обеспечения будет зависеть непосредственные функциональные возможности геопортала, возможность его использования и выживаемость. При разработке данной части системы следует опираться на описанную в диссертации методику выбора открытых компонентов.

Организационно-методическое обеспечение

Как и в случае с уже рассмотренными составными частями геопортала, организационно-методическое обеспечение является одним из наиболее важных и решает вопросы обслуживания, взаимодействия и использования системы. Любая информационная система требует наличия персонала, который будет контролировать её работу и реагировать в случае возникновения внештатных ситуаций. Наряду с другими видами обеспечения, этот вид повышает живучесть системы, так как система жива до тех пор, пока её обслуживают. Определение требований к обслуживающему персоналу должно выполняться вместе со всей системой, а не после внедрения.

Правовое обеспечение

Опыт показывает, что информационный обмен должен регулироваться при помощи правовых норм и документов вне зависимости от того, где используется система в частном предприятии или государственном органе власти. Необходимость предоставления данных и должностные лица ответственные, за внесение этих данных в разработанную геоинформационную систему должны регулироваться предварительно подготовленными нормативными документами, которые наряду с остальными частями должны прорабатываться до внедрения системы.

Таким образом, суммируя всё вышесказанное, выделим этапы разработки геоаналитического портала на базе открытых компонентов:

1. Определить цели и задачи системы. Выявить требования к системе;
2. Выполнить проектирование системы и информационного обеспечения;
3. Определить требуемое технические обеспечение;
4. Разработать требования к организационному обеспечению;
5. Создать правовое обеспечение системы;
6. Реализовать проект в виде математического и программного обеспечения;
7. Выполнить тестирование разработанной системы;
8. Внедрить геопортал на выбранном техническом обеспечении;
9. Выполнять поддержку согласно правовому и организационному обеспечению.

3.2 Практические результаты использования научных положений и разработок диссертации

Создание геопортала Челябинской области

В 2011 году в связи с развитием идей «Электронного правительства» и в соответствии с постановлением Правительства Челябинской области от 16.11.2011 г. № 395-П «Об областной целевой программе «Внедрение спутниковых навигационных технологий с использованием системы ГЛОНАСС и других результатов спутниковой деятельности в интересах социально-

экономического и инновационного развития Челябинской области на 2012-2015 годы» в Челябинской области началась реализация первых проектов в области геоинформационных систем [72]. Ситуационный центр Губернатора области нуждался в инструменте оперативного отображения обращений граждан с возможностью оперативного реагирования. Таким инструментом стал Геопортал Челябинской области, разработанный НОЦ Геоинформационные системы Южно-Уральского государственного университета [73; 74; 75] (Рисунок 24).



Рисунок 24 – Экран входа в геопортал Челябинской области

Целью, которую призван решить геопортал является создание условий, обеспечивающих доступ органов исполнительной власти Челябинской области и органов местного самоуправления муниципальных образований Челябинской области, граждан и организаций к пространственным данным, а также их эффективное использование. Кроме того, геопортал был призван решить следующие задачи

- обеспечить создание системы на основе геоинформационных технологий, позволяющей обеспечить централизованное накопление, ведение, обработку и представление пространственных данных в сети Интернет;

- интегрировать информационные ресурсы, содержащих пространственные данные и метаданные Челябинской области, а также информационных ресурсов, содержащих пространственные данные и метаданные муниципальных образований Челябинской области и организаций;

Геопортал был утвержден согласно положению о геоинформационной системе «Геопортал Челябинской области» распоряжением Правительства Челябинской области от 21.01.2013 г. № 5-рп. Данное положение определило оператора системы – Областное государственное бюджетное учреждение «Челябинский региональный центр навигационно-информационных технологий» и возложило обязанности по информационному наполнению на исполнителей в органах местного самоуправления.

Основными функциями управления, которые реализует геопортал, являются:

1. Организация сбора пространственных данных на единой платформе.

На данный момент существует множество источников пространственных данных в различных организациях и органах власти. Для того чтобы эффективно использовать данные для подготовки управленческих решений, требуется их обработка и загрузка в единую систему.

2. Отображение разнородных данных. Загруженные пространственные данные эффективны лишь в том случае, когда визуализируются в виде слоёв в едином координатном пространстве. Одни и те же данные могут быть отображены по-разному для принятия верного решения.

3. Выполнение геопространственного анализа. Отображение пространственных данных в виде слоёв и последующий анализ полученного картографического материала позволяет выявить закономерность в распространении данных и принять соответствующее управленческое решение.

4. Организация диалога между гражданами и органами власти. Инструментарий геопортала позволяет пользователям самостоятельно создавать данные, тем самым организуется внешнее наполнение системы информацией, а

органы власти получают оперативную информацию о проблемных участках напрямую от граждан.

5. Мобильный доступ к данным. Доступ к геопорталу может быть получен как через веб-браузер на настольном компьютере, так и с экрана мобильного телефона, таким образом, данные доступны в любой точке земного шара, при наличии доступа в интернет без необходимости установки дополнительного программного обеспечения, что позволяет оптимизировать процесс управления.

Ключевыми требованиями, предъявляемыми к геопорталу, были:

1. возможность отображения карт любого масштаба, из любых доступных открытых источников и в любых системах координат;

2. наличие актуальной картографической основы не хуже масштаба 1:25 000;

3. возможности интерактивного взаимодействия пользователей портала с картой в виде нанесения векторных объектов на подготовленные тематические слои (места незаконных свалок мусора, ям на дорогах и других);

4. выполнение корректного совмещения исходного картографического материала в виде топографических карт, результатов космической и аэрофотосъемки и векторных пользовательских объектов, как между собой, так с основами из открытых WEB-источников (Google Maps, космоснимки Bing, карты OpenStreetMap);

5. возможность расширения картографической базы за счет использования стандартных протоколов WEB-картографии WMS и WFS;

6. возможность привязки изображения с камер видеонаблюдения;

7. возможность перспективного развития геопортала и расширения его функционала путем подключения программных модулей;

8. возможность разделения прав доступа пользователей, от чего должен зависеть перечень доступных слоёв. У многих органов исполнительной власти имеются данные, которые они не хотели бы выставлять в открытый доступ, но хотели бы видеть их в «закрытой» части геопортала;

9. необходимо предусмотреть некоторый механизм кэширования изображений карт для повышения скорости работы;

10. поддержка мобильности использования геопортала, то есть возможность его работы на мобильных устройствах;

11. сравнительно невысокая стоимость внедрения системы.

Необходимо было разработать геопортал, который бы удовлетворял перечисленным требованиям. Требование 11 привело к тому, что было принято решение разрабатывать геопортал на основе компонентов с открытым исходным кодом. Как показал вышеописанный анализ, таких компонентов, выполняющих аналогичные функции, существует множество. Для определения ключевого набора, удовлетворяющего предъявляемым требованиям, был выполнен экспертный опрос. Указанные требования легли в основу экспертного опроса. Как описывалось ранее в алгоритме, требования были разделены на несколько групп в зависимости от набора компонентов, способных выполнять указанные функции. Требование 2 привело к тому, что необходимо было использовать исходный картографический материал в формате ГИС Карта 2008. Соответственно, использовался проприетарный формат хранения данных, что повлекло за собой использование транслирующего ПО GisWebService, которое позволяло получать доступ к базовым картографическим данным по протоколу WMS. Остальные требования были оценены экспертным советом в количестве 10 человек.

Первая группа требований относилась к клиентским картографическим библиотекам. Компонентами, оценка которых выполнялась, были библиотеки: OpenLayers 2, Leaflet.JS, Google Maps API, Яндекс.Карты, которые исследовались на соответствие требованиям № 1, 3, 4, 5, 10.

Остальные требования - № 6, 7, 8, 9 дополненные требованиями первой группы № 3 и 5 служили оценочными критериями двух приложений для трансляции данных – Geoserver и MapServer. Для повышения скорости работы и соответствия требованиям 9 необходимо выполнять предварительное кэширование транслируемых данных. Как уже отмечалось ранее, в комплект стандартной версии Geoserver входит подсистема кэширования GeoWebCache, которая также

поставляется и отдельным пакетом. Альтернативным вариантом является система кэширования геопространственных данных MapProxy. Для повышения вариативности проводимого опроса экспертам предлагалось выбрать одну из связок, GeoServer или MapServer с одной стороны и GeoWebCache и MapProxy с другой.

Для выбора компонентов обратимся к описанной методике экспертной оценки.

На первом этапе оценивания был проведен опрос 10 экспертов. Каждому эксперту было предложено оценить соответствие компонента определенному требованию. Приведем ответы первого эксперта в качестве примера (Таблица 7 и Таблица 8):

Таблица 7 – Оценка компонентов первой группы экспертом 1

Эксперт 1	T1	T3	T4	T5	T10	Сумма	Ранг
OpenLayers	7	10	7	3	4	31	1
Leaflet.JS	6	9	6	5	4	30	2
Google Map	5	5	3	3	4	20	4
Yandex Map	5	6	4	4	5	24	3

Таблица 8 – Оценка компонентов второй группы экспертом 1

Эксперт 1	T3	T5	T6	T7	T8	T9	Сумма	Ранг
GeoServer + GeoWebCache	7	7	7	6	5	6	38	2
GeoServer + MapProxy	8	6	5	7	5	8	39	1
Mapserver + GeoWebCache	8	6	3	6	4	7	34	3
Mapserver + MapProxy	8	5	5	7	3	4	32	4

Результаты оценивания всех экспертов были сведены в соответствующие матрицы (Таблица 9 и Таблица 10), которые учитывали лишь окончательный ранг компонента.

Таблица 9 – Ранги компонентов первой группы

	Э1	Э2	Э3	Э4	Э5	Э6	Э7	Э8	Э9	Э10	Σ
OpenLayers	1	2	1	2	2	1	2	1	1	1	14
Leaflet.JS	2	1	2	1	1	2	2	2	1	1	15
Google Map	4	3	3	3	4	4	3	4	3	3	34
Yandex Map	3	4	4	4	3	3	4	3	4	4	36

Таблица 10 – Ранги компонентов второй группы

	Э1	Э2	Э3	Э4	Э5	Э6	Э7	Э8	Э9	Э10	Σ
GeoServer + MapProxy	2	1	1	1	1	1	2	1	2	2	14
GeoServer + GeoWebCache	1	2	3	2	2	2	3	2	1	1	19
Mapserver + GeoWebCache	3	3	4	3	3	3	4	3	4	4	34
Mapserver + MapProxy	4	4	2	4	4	4	1	4	3	3	33

Для каждой из полученных матриц были определены коэффициенты согласованности ответов экспертов согласно формуле 9. Это 0,85 и 0,6 для первой и второй группы соответственно. Согласно теории при значении 0,5 и более ответы считаются согласованными. Таким образом, экспертизу можно считать успешной и остановить выбор на компоненте OpenLayers первой группы и компонентах GeoServer + MapProxy.

На втором этапе была произведена суммарная оценка выбранных компонентов на основе ответов экспертов полученных на первом этапе (Таблица 11 и Таблица 12).

Таблица 11 – Оценки экспертов выбранного компонента первой группы

	Э1	Э2	Э3	Э4	Э5	Э6	Э7	Э8	Э9	Э10
T1	7	3	8	7	8	8	8	6	10	5
T3	10	5	3	4	6	6	8	8	9	6
T4	7	10	6	7	3	8	10	10	8	6
T5	3	8	9	9	7	10	7	8	9	6
T10	4	9	10	9	10	10	8	8	6	10

Таблица 12 – Оценки экспертов выбранного компонента второй группы

	Э1	Э2	Э3	Э4	Э5	Э6	Э7	Э8	Э9	Э10
Т3	8	5	3	9	9	3	4	3	9	9
Т5	6	6	6	6	7	6	7	7	6	5
Т6	5	4	5	4	3	4	3	7	4	9
Т7	7	3	9	4	6	5	5	4	4	5
Т8	5	3	8	4	5	8	3	5	6	9
Т9	8	6	7	5	9	6	9	7	6	9

Согласно описанной выше методике данные матрицы были представлены в виде бинарных матриц при условии, что удовлетворительной считалась оценка больше 5 (Таблица 13 и Таблица 14).

Таблица 13 – Бинарная матрица оценок компонента первой группы

	Э1Б	Э2Б	Э3Б	Э4Б	Э5Б	Э6Б	Э7Б	Э8Б	Э9Б	Э10Б
Т1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0
Т3	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1
Т4	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
Т5	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Т10	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Таблица 14. Бинарная матрица оценок компонента второй группы

	Э1Б	Э2Б	Э3Б	Э4Б	Э5Б	Э6Б	Э7Б	Э8Б	Э9Б	Э10Б
Т3	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1
Т5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
Т6	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Т7	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0
Т8	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1
Т9	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1

Для уравнивания ответов экспертов умножим бинарные матрицы на соответствующие коэффициенты компетентности экспертов (Таблицы 15, 16 и 17).

Таблица 15 – Коэффициенты компетентности экспертов

	Э1	Э2	Э3	Э4	Э5	Э6	Э7	Э8	Э9	Э10
К	0,7	0,3	0,85	1	1	0,95	1	0,77	1	0,9

Таблица 16 – Уравновешенная матрица оценок компонента первой группы

	Э1У	Э2У	Э3У	Э4У	Э5У	Э6У	Э7У	Э8У	Э9У	Э10У
T1	0,7	0	0,85	1	1	0,95	1	0,77	1	0
T3	0,7	0	0	0	1	0,95	1	0,77	1	0,9
T4	0,7	0,3	0,85	1	0	0,95	1	0,77	1	0,9
T5	0	0,3	0,85	1	1	0,95	1	0,77	1	0,9
T10	0	0,3	0,85	1	1	0,95	1	0,77	1	0,9

Таблица 17 – Уравновешенная матрица оценок компонента второй группы

	Э1У	Э2У	Э3У	Э4У	Э5У	Э6У	Э7У	Э8У	Э9У	Э10У
T3	0,7	0	0	1	1	0	0	0	1	0,9
T5	0,7	0,3	0,85	1	1	0,95	1	0,77	1	0
T6	0	0	0	0	0	0	0	0,77	0	0,9
T7	0,7	0	0,85	0	1	0	0	0	0	0
T8	0	0	0,85	0	0	0,95	0	0	1	0,9
T9	0,7	0,3	0,85	0	1	0,95	1	0,77	1	0,9

В заключение, были определены суммарные оценки, среднее соответствие требованию по формуле 13 и среднее по компоненту и системе (Таблица 18).

Таблица 18 – Среднее соответствие требованиям

		Среднее по требованию	Среднее по компоненту	Среднее по системе
OpenLayers	T1	0,86	0,86	0,70
	T3	0,75		
	T4	0,88		
	T5	0,92		
	T10	0,92		
GeoServer + MapProxy	T3	0,54	0,54	
	T5	0,89		
	T6	0,20		
	T7	0,30		
	T8	0,44		
	T9	0,88		

Таким образом, сформированная из выбранных компонентов система на 70% соответствует заявленным требованиям – функционал остальных 30% необходимо разрабатывать самостоятельно и реализовывать его в виде web-приложения, которое и объединит выбранные компоненты.

Результатом работ стала система, структурная схема которой представлена на Рисунке 25.



Рисунок 25 – Структурная схема геопортала региона

Основу системы составляет WEB-приложение, разработанное специалистами НОЦ «ГИС» с использованием технологии ASP.NET MVC. Приложение выполняет функционал разделения прав доступа к данным, который разделяется на 5 групп: анонимный пользователь, внешний пользователь (любой пользователь, прошедший процедуру регистрации), внутренний пользователь (пользователи органов исполнительной власти, зарегистрированные администратором системы), модератор (авторизованный пользователь с правами на утверждение заявок пользователей), администратор (пользователь, обладающий всеми обозначенными правами и способный осуществлять

настройку системы). Все пользовательские данные хранятся в системе управления базой данных (СУБД) Microsoft SQL Server, что позволяет достичь максимальной структурированности и доступности информации.

Клиентская часть системы работает на HTML5 с подключенной OpenSource библиотекой OpenLayers 2, которая визуализирует картографическую информацию на экране пользователя, что во многом решает задачу доступа к системе с мобильных устройств, так как не требует установки дополнительного программного обеспечения.

Хранение пространственных данных реализовано с помощью СУБД PostgreSQL с дополнительным программным модулем PostGIS. Модуль содержит в себе схемы для оптимального хранения пространственных данных, а также функции для манипулирования ими: создания, редактирования, удаления и выборки.

Векторные данные, хранящиеся в базе пространственных данных, транслируются в сеть с помощью web-приложения GeoServer по протоколу WFS. GeoServer не только предоставляет механизм взаимодействия с пространственными данными в сети, но и позволяет определять стилевое представление каждого векторного слоя.

Картографическая информация, а именно, топографические карты районов Челябинской области масштаба 1:25000 разбиты на небольшие изображения (тайлы), которые транслируются в сеть с помощью веб-сервиса Mapbox. Данный сервис установлен на сервер с головным приложением и позволяет транслировать растровые данные по протоколу WMS, который, как и обозначенный выше стандарт WFS является стандартным протоколом работы с картографической информацией в сети Интернет. Протокол разработан международной организацией Open Geospatial Consortium и активно используется множеством разработчиков ГИС по всему миру, что при необходимости, позволит интегрировать имеющуюся картографическую информацию в другие системы. Картографический интерфейс геопортала показан на Рисунке 26.



Рисунок 26 – Интерфейс геопортала Челябинской области

Как уже было сказано, геоинформационный портал представляет собой веб-приложение для работы с пространственными данными, не требующее специальных навыков работы с информацией такого рода. Портал позволяет любому пользователю, посетившему его, просматривать пространственные данные, которые представлены в виде специальных проектов карт. Каждый проект может состоять из комбинации данных из различных источников. Это могут быть как источники, принадлежащие к инфраструктуре геоинформационного портала, так и внешние источники доступные по стандартным протоколам WMS (Web Map Service) и WFS (Web Feature Service). Порталом поддерживается работа с двумя основными типами предоставления графических данных:

- Векторные данные:
 - карты местности в различных масштабах;
 - интерактивные точечные слои;
- Растровые данные:
 - космические снимки;
 - аэрофотоснимки;
 - сканированные карты местности;

В портале реализована возможность ведения лога обращений к серверу, который позволяет получить полную информацию о том, кто и когда обращался к страницам сайта.

В портале предусмотрено наличие панели элементов управления, которая может настраиваться каждым пользователем, в зависимости от личных предпочтений. Доступные инструменты:

- Инструмент печати – элемент управления, позволяющий выводить карту на печать;
- Инструмент полноэкранного режима – элемент управления, позволяющий выводить карту на экран в полноэкранном режиме;
- Инструмент адреса карты – элемент управления, позволяющий получить ссылку на место, которое отображается в данный момент;
- Инструмент кода страницы – элемент управления, позволяющий получить HTML код отображаемой зоны для встраивания в любой сайт;
- Инструмент координатного поиска – элемент управления, позволяющий найти место по указанным координатам
- Инструмент семантического поиска – элемент управления, позволяющий найти объект по значению его атрибутивного параметра;
- Инструмент редактирования слоя – элемент управления, позволяющий добавлять объекты на интерактивный слой;

Не вся информация, хранимая в базе данных портала, может быть просмотрена любым пользователем, поэтому сайтом предусмотрено разделение прав доступа. На данный момент существуют 5 пользовательских ролей со следующими характеристиками:

1. Анонимный пользователь – роль, доступная по умолчанию, присваивается любому, кто заходит на сайт без ввода учетных данных. Обладает правами:
 - а. просмотр открытых карт;

2. Внешний пользователь – роль, которая присваивается пользователю портала, прошедшему процедуру регистрации и авторизованному на сайте. Обладает правами:
 - a. право на просмотр открытых карт;
 - b. право настройки панели элементов управления;
 - c. право добавления новых точечных объектов;
3. Внутренний пользователь – роль, которая присваивается пользователю, зарегистрированному администратором и авторизованному на сайте. Роль предусмотрена для пользователей органов государственной власти. Обладает правами:
 - a. правом на просмотр как открытых, так и закрытых карт
 - b. правом настройки панели элементов управления;
 - c. право добавления новых точечных объектов;
4. Модератор – роль, которая присваивается пользователю, авторизованному на портале, при этом одним из администраторов предварительно должна быть помечена как учетная запись модератора. Обладает правами:
 - a. правом просмотра как открытых, так и закрытых карт;
 - b. правом настройки панели элементов управления;
 - c. право добавления новых точечных объектов;
 - d. правом на просмотр, подтверждение и удаление добавленных заявок пользователей;
 - e. правом просмотра добавленных заявок пользователей;
 - f. правом просмотра, добавления и удаления WMS и WFS-источников;
 - g. правом просмотра, создания и редактирования проектов карт;
5. Администратор – роль, которая присваивается пользователю, авторизованному на портале, при этом одним из администраторов предварительно должна быть помечена как учетная запись администратора. Обладает правами:
 - a. правом просмотра как открытых, так и закрытых карт;
 - b. правом настройки панели элементов управления;

- c. право добавления новых точечных объектов;
- d. правом на регистрацию новых «внутренних» пользователей;
- e. правом назначения пользователей правами администраторов и модераторов;
- f. правом блокировки пользователей любой роли;
- g. правом просмотра страницы логирования;
- h. правом просмотра списка пользователей;
- i. правом просмотра добавленных заявок пользователей;
- j. правом просмотра, добавления и удаления WMS и WFS-источников;
- k. правом просмотра, создания и редактирования проектов карт;

Для наглядности, все имеющиеся права были представлены в Таблице 19:

Таблица 19 – Роли и права доступа к геоинформационному portalу

Права	Роли					
	Анонимный пользователь	Внешний пользователь	Внутренний пользователь	Модератор	Администратор	
Просмотр открытых карт	+	+	+	+	+	
Просмотр закрытых карт	-	+	+	+	+	
Настройка панели элементов управления	-	+	+	+	+	
Добавление новых точечных объектов	-	+	+	+	+	
Регистрация новых «внутренних» пользователей	-	-	-	-	+	
Назначение пользователей правами администраторов и модераторов	-	-	-	-	+	
Блокировка пользователей любой роли	-	-	-	-	+	
Просмотр страницы логирования	-	-	-	-	+	
Просмотр списка пользователей	-	-	-	-	+	

Продолжение Таблицы 19

Права	Роли					
	Анонимный пользователь	Внешний пользователь	Внутренний пользователь	Модератор	Администратор	
Просмотр добавленных заявок пользователей	-	-	-	+	+	
Просмотр, добавление и удаление WMS и WFS-источников	-	-	-	+	+	
Просмотр, создание и редактирования проектов карт	-	-	-	+	+	

Одна из основных задач, для которых разрабатывался геоинформационный портал – это организация диалога между органами исполнительной власти и гражданами, проживающими на территории Челябинской области. Для реализации этой возможности портал предусматривает интерактивное взаимодействие с конечным пользователем. На данный момент в нем реализована возможность добавления точечных объектов на заранее подготовленные слои. Пример одного слоя представлен на Рисунке 27. Всего таких слоёв 5:

1. Точки незаконной продажи алкоголя (слой Алкомаркеты);
2. Точки незаконных стоянок автомобилей (слой Стоянки);
3. Точки незаконной расклейки рекламных объявлений (слой Реклама);
4. Точки незаконных свалок мусора (слой Свалки);
5. Точки ям на дорогах (слой Ямы);

Организация этих слоев предполагает, что любой пользователь, посетивший геоинформационный портал, после прохождения процедуры авторизации имеет возможность отметить точку на одном из перечисленных выше слоев, добавить к нему текстовое пояснение и изображение объекта, если предварительно он сделал его фотографию. После этого система формирует заявку по добавлению объекта на карту. Пользователь с ролью «Модератор» обладает полномочиями на

просмотр, подтверждение или отклонение заявок. Он просматривает сформированную заявку и, если она удовлетворяет требованиям, подтверждает ее. После выполнения этих действий объект появляется на карте, а соответствующие государственный орган получает уведомление. Следующий этап – ожидание реакции со стороны уполномоченных органов, которые должны принять меры по устранению причины обращения. На примере ям на дорогах, следует, что муниципальная дорожная служба должна сделать заплатку на месте с ямой, что должно быть документально подтверждено. После этого, модератор от этого ведомства помечает заявку как исправленную, что автоматически перемещает заявку на специальный слой. Данный процесс позволяет организовать взаимодействие простых граждан и органов государственной власти.

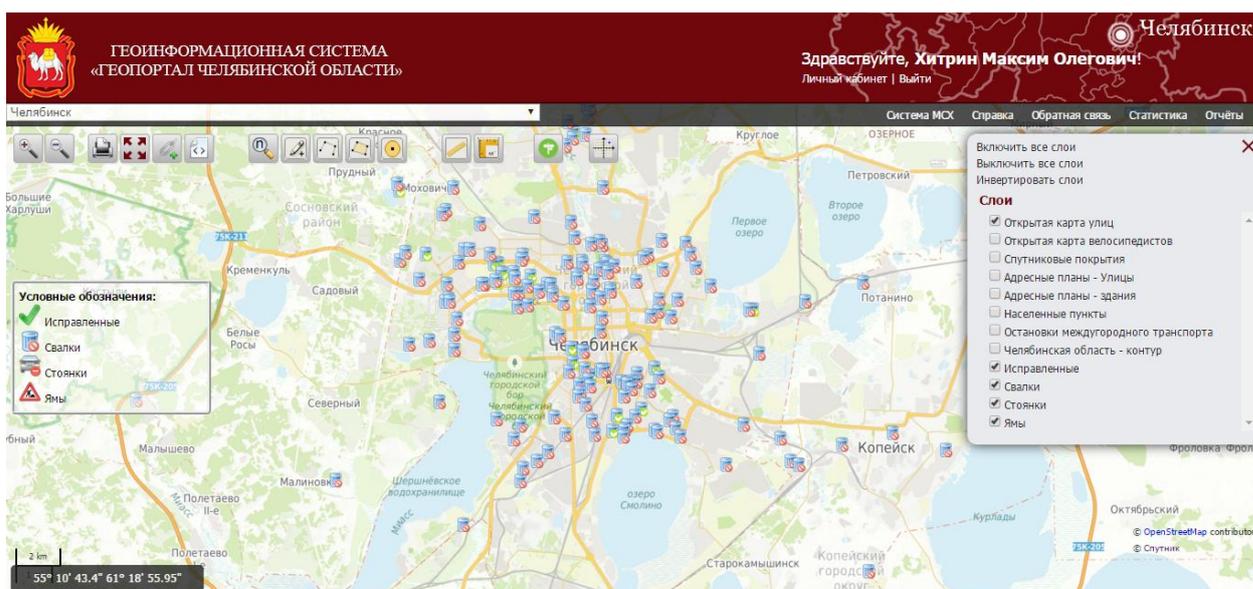


Рисунок 27 – Слой свалок на геопортале Челябинской области

При разработке использовались современные технологии проектирования информационных систем, что позволяет достичь максимальной адаптивности системы. Все возможные изменения фиксируются в базе данных, что позволяет изменять параметры системы в зависимости от необходимости. Структурная схема модели домена системы в нотации UML представлена на Рисунке 28.

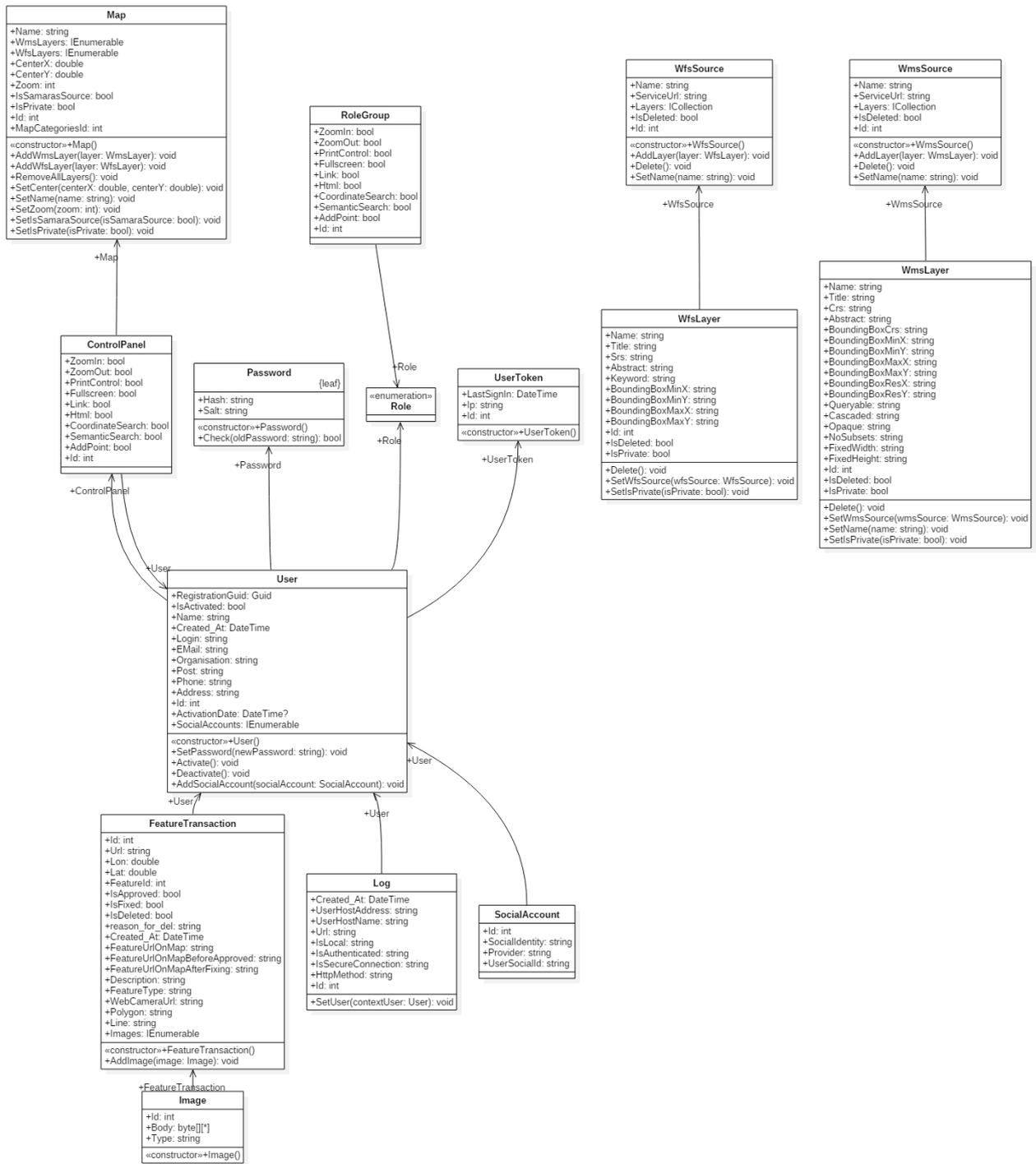


Рисунок 28 – Модель домена геопортала Челябинской области

Система построена на основе фреймворка ASP.NET MVC 4, что повышает её адаптивность при изменении условий эксплуатации и возникновении новых требований. На сегодняшний день разработанная система была значительно доработана специалистами, ОГБУ «Челябинский региональный центр навигационно-информационных технологий», в частности добавлено множество различных слоёв и подключен вывод данных системы мониторинга

общественного транспорта. Учитывая всё вышесказанное, стоит заявить о высокой адаптивности геопортала.

Разработанная система полностью отвечает требованиям и выполняет поставленные задачи. Геоинформационный портал эксплуатируется с 2012 года. Его картографический материал насчитывает более 15 тематических и 40 топографических карт. В работу по наполнению геопортала пространственными данными уже вовлечено более 15 региональных ведомств органов исполнительной власти. Постоянно ведутся работы по оптимизации и модификации системы. Всё вышесказанное позволяет заявить, что разработка геоинформационного портала региона не только положила начало развитию инфраструктуры пространственных данных Челябинской области, но и позволило создать систему, полностью удовлетворяющую всем современным требованиям и зарекомендовавшая себя как эффективный управленческий инструмент мирового уровня. Несмотря на то что, сам портал является муниципальным и покрывает большую территорию, полученная система может масштабироваться и применяться, например, для создания геопортала некоторого предприятия [76] или решать более масштабные вопросы [77]. Также, могут быть учтены тенденции развития рынка геопропространственных технологий и добавлена возможность работы не только с двумерными, но и с трёхмерными объектами на портале [78] (Рисунок 29).

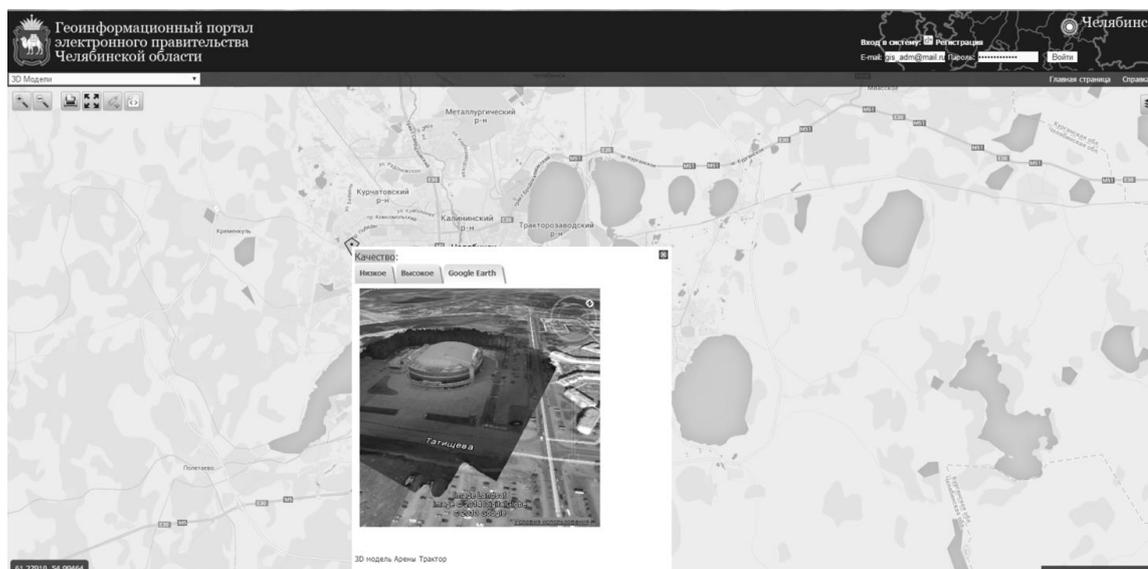


Рисунок 29 – Отображение трехмерной модели на геопортале

Создание Системы мониторинга сельского хозяйства в Челябинской области

В 2014 году в Челябинской области возникла потребность анализа мультиспектральных космических снимков для целей мониторинга сельского хозяйства в Октябрьском районе Челябинской области [79; 80]. Работа выполнялась в два этапа: первый заключался в анализе цифровых мультиспектральных космических снимков и инвентаризации земель сельского хозяйства в районе, второй этап предполагал разработку платформы для размещения и анализа полученных результатов. Существующий на тот момент геопортал области не удовлетворял предъявляемым требованиям. Подобные задачи решались на протяжении многих лет в других областях РФ [81]. После анализа имеющихся альтернатив, было принято решение реализовать все функции в отдельной системе. Результатом работ стала подсистема Геопортала Челябинской области, но выполненная в виде отдельного геопортала, под названием «Система мониторинга сельского хозяйства» [82; 83]. Основное рабочее пространство системы – картографический интерфейс представлен на Рисунке 30.

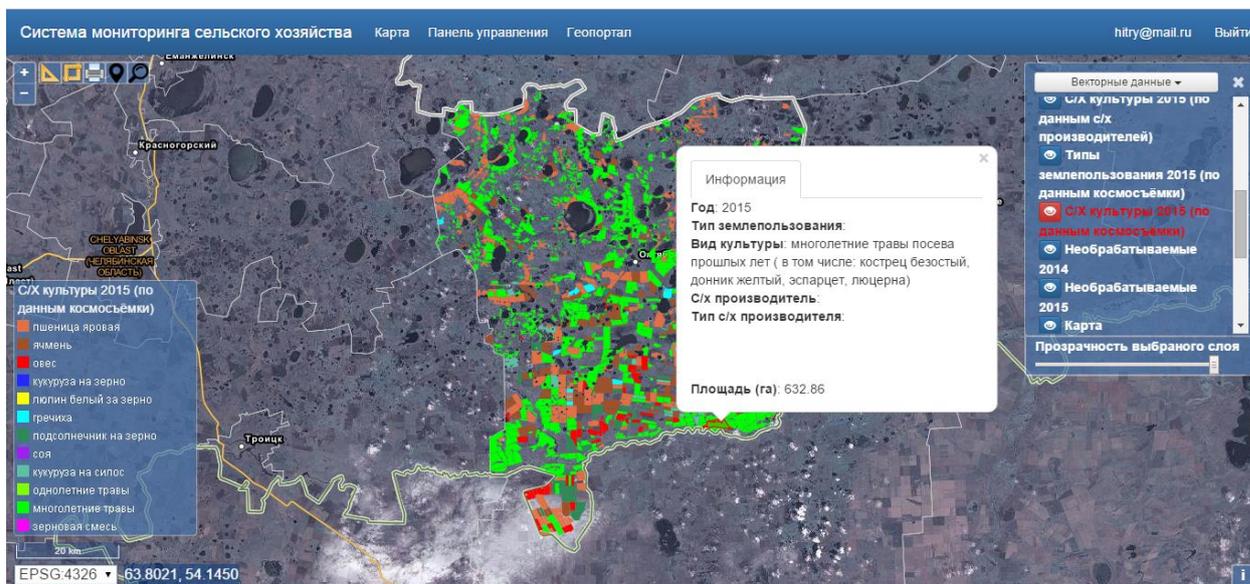


Рисунок 30 – Интерфейс системы мониторинга сельского хозяйства

Перечислим некоторые из функциональных возможностей Системы:

1. Ведение реестра данных о посевах сельскохозяйственных культур, местонахождении посевных площадей, состоянии посевов;

2. Осуществление космического мониторинга посевных площадей;
3. Ведение мониторинга неиспользуемых земель;
4. Определение неучтённых земель;
5. Формирование отчетов и тематических карт земель сельскохозяйственного назначения;
6. Подсчёт площади сельскохозяйственных полигонов и сельскохозяйственных культур по их видам и принадлежности;
7. Вывода результатов сопоставительного анализа на карту, на экран, на печать, в файл;
8. Хранение библиотеки эталонов сельскохозяйственных культур;

В ходе работы была разработана информационно-аналитическая система, инструментарий которой включал следующее:

- инструмент “Мастер создания тематических карт”;
- инструмент “Отображения на карте результатов поиска”;
- инструмент отображения суммарной площади выводимых объектов;
- инструмент выбора критерия объектов по типам (видам) сельскохозяйственных угодий;
- инструмент проведения измерений по изображению;
- инструмент определения точного местонахождения деталей изображения;
- инструмент изменения масштаба карты;
- инструмент поиска по координатам “Координатный поиск”;
- инструмент поиска по семантике “Семантический поиск”;
- инструмент печати изображения с карты;
- горизонтальный и вертикальный скроллинг в “Форме поиска”;
- кнопка “Отчет” в меню “Форма поиска”;
- создание слоя объединения;
- возможность создания и добавления новых семантических классификаторов через интерфейс системы;
- блок отчетов;

- создание библиотеки эталонов сельскохозяйственных культур;
- визуальное графическое отображение на карте информации по необрабатываемым землям сельскохозяйственного назначения;
- визуальное графическое отображение на карте информации по расположению сельскохозяйственных культур;
- визуальное графическое отображение на карте информации, по несоответствию заявленной сельскохозяйственными культурами и культурами, выявленными по результатам обработки космоснимков;
- хранение в базе данных списка сельскохозяйственных товаропроизводителей и сведений о субсидиях, выданных им;
- реализация входа в подсистему через интерфейс ГИС-портала без повторного ввода учетных данных;
- инструмент определения неучтенных земель;
- инструмент выгрузки векторных слоев в ГИС-портал;
- возможность сравнения значений уровня вегетации;
- реализация функции вычисления площади всех сельскохозяйственных полигонов.

Хранение, как системных данных, так и пространственных организовано в едином хранилище данных на основе СУБД MS SQL Server. Структура базы данных системы представлена на Рисунке 31.

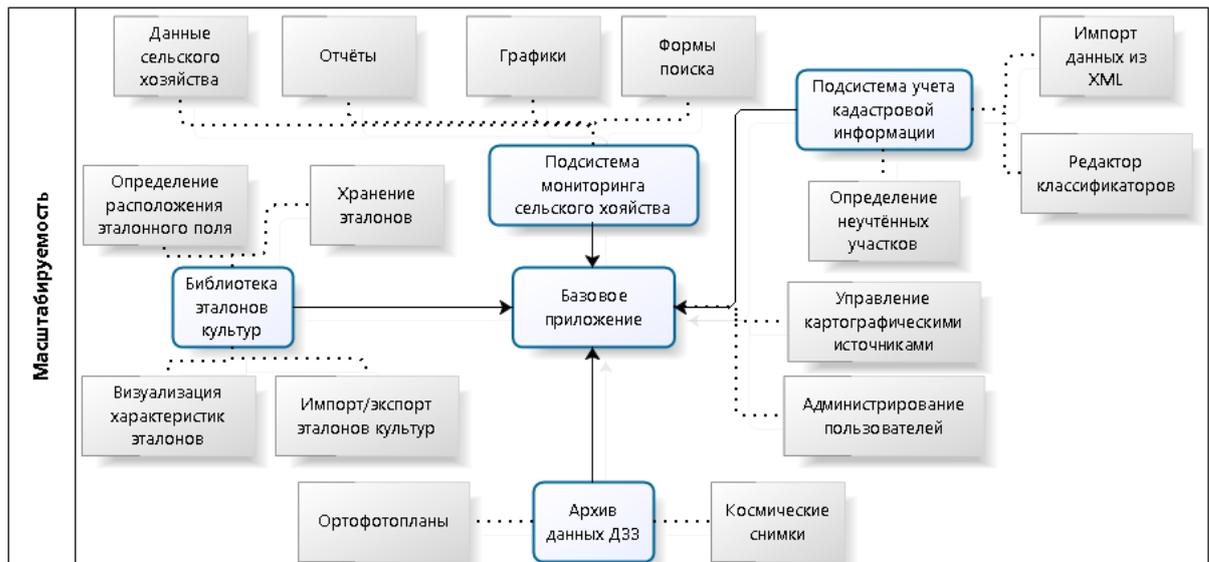


Рисунок 32 – Модульность системы

Система была построена на основе компонентов с открытым исходным кодом. Основу системы, как и в случае с геопорталом составляет web-приложение, которое объединяет следующие компоненты:

1. OpenLayers 3
2. GeoServer
3. GDAL/OGR

На Рисунке 33 представлена схема, демонстрирующая используемые компоненты и их функциональное предназначение.

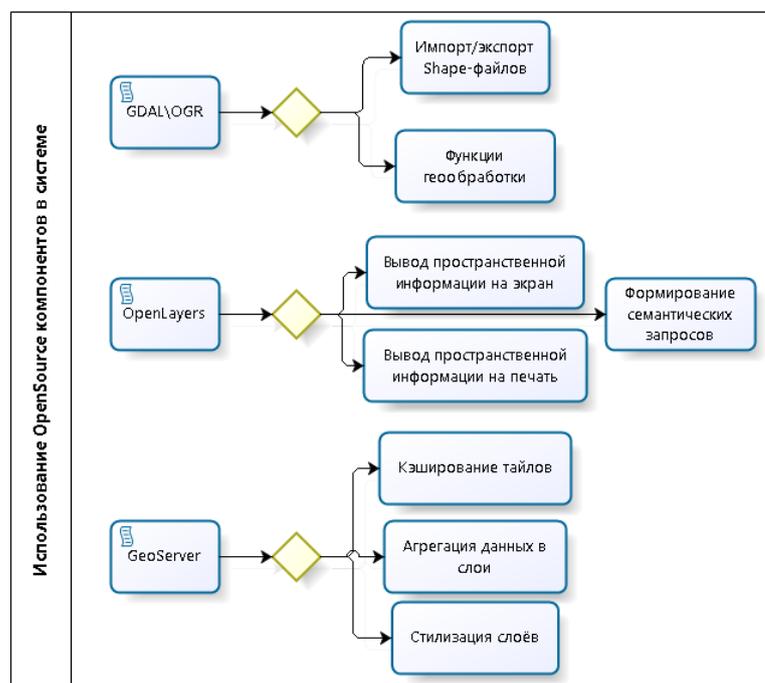


Рисунок 33 – Использование OpenSource компонентов

Соответственно, библиотека OpenLayers используется для всех задач связанных с визуализацией картографической информации, как на экране, так и при выводе на печать, а также позволяет сформировать семантические запросы, как для фильтрации данных, так и получения информации о конкретном выделенном объекте. Для этих целей были разработаны соответствующие инструменты (Рисунок 34 и 35).

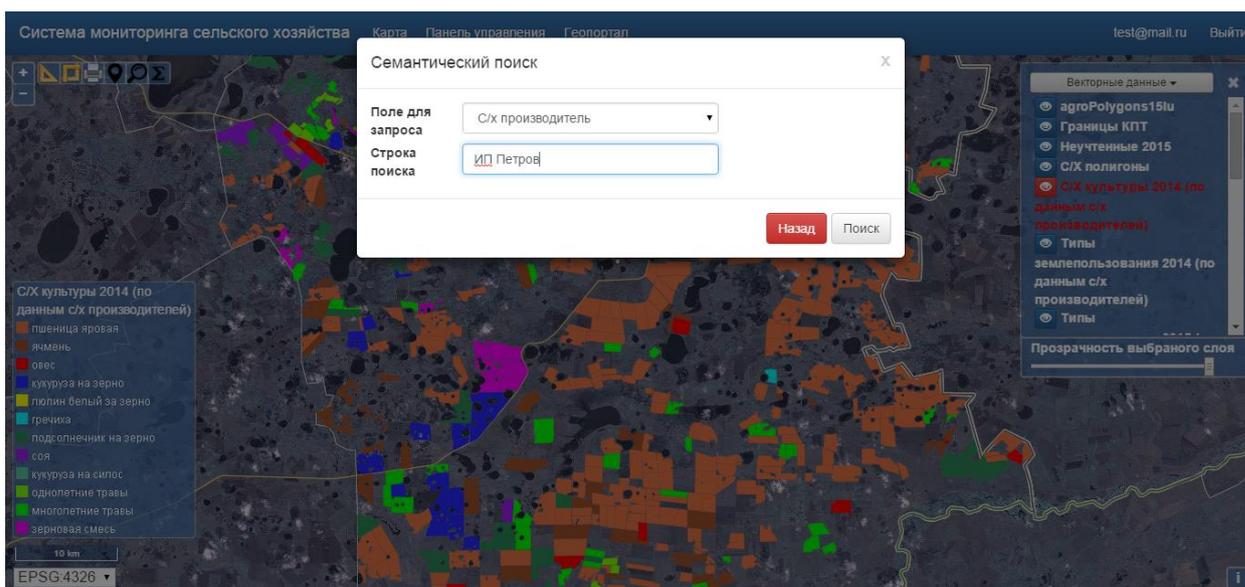


Рисунок 34. – Инструмент семантического поиска

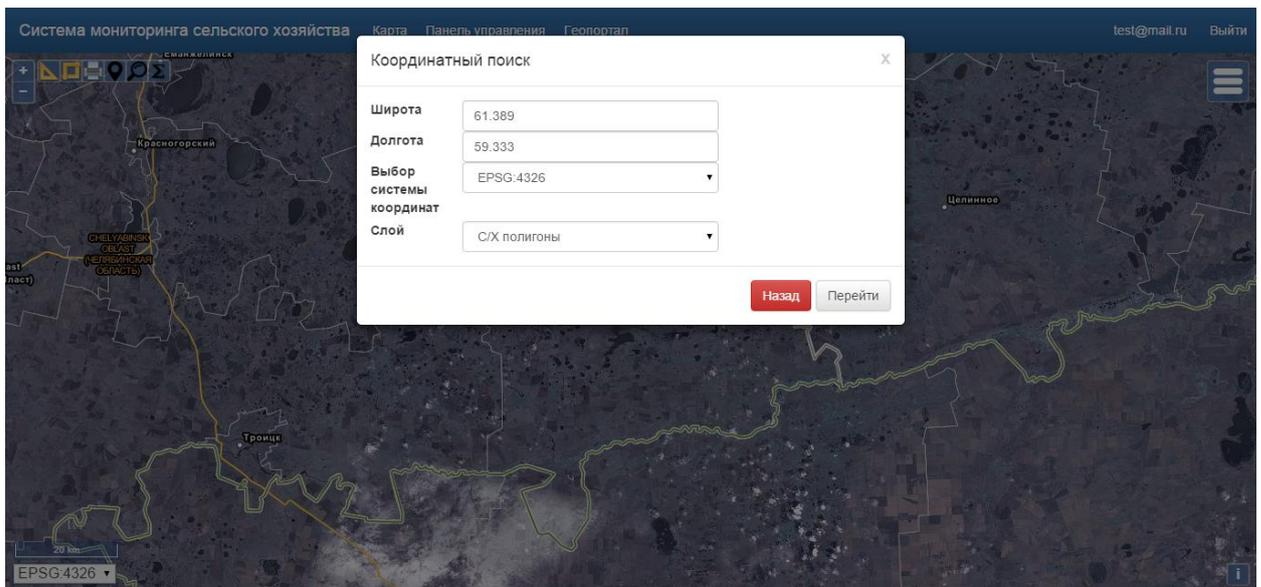


Рисунок 35 – Инструмент координатного поиска

Данная возможность была реализована за счёт расширения класса `ol.Control` библиотеки `OpenLayers`. Таким образом, кроме инструмента «Семантический поиск» на страницу вывода карты были добавлены инструменты «Координатный поиск», «Печать карты», инструменты измерения длины, площади и периметра, а также расчёта суммарной площади выводимых объектов слоя.

В качестве сервиса для трансляции пространственных данных в Системе выступает приложение `GeoServer`, к которому соответственно подключается клиент посредством `OpenLayers` через сервисы `OGC`. Для удобства управления данными были разработаны формы добавления картографических источников посредством `REST` интерфейса, с помощью которого в частности реализован редактор стилей карты. Пользователь выбирает слой, затем параметр классификации и через `REST API` выполняется опрос возможных значений данного параметра и формируется цветовая палитра, которая затем сохраняется в `GeoServer` в качестве стиля слоя и может быть использована пользователем системы для создания тематической карты. Интерфейс инструмента показан на Рисунке 36.

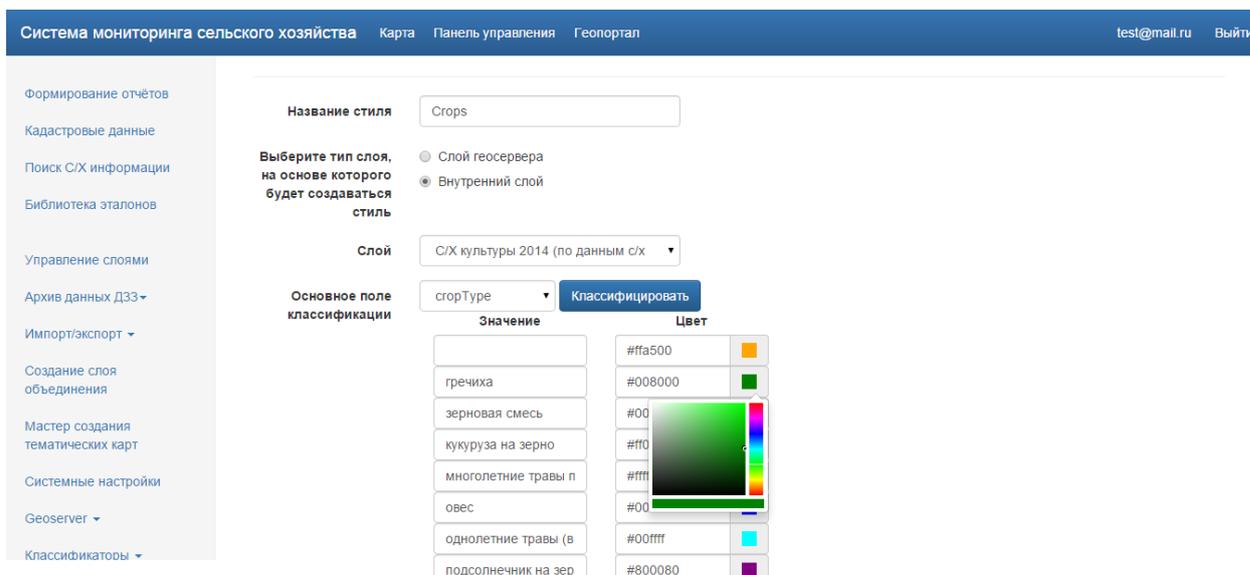


Рисунок 36 – Интерфейс инструмента создания тематической карты

Кроме того, за счёт использования различных условий выборки объектов на основе одних и тех же данных в GeoServer создаются различные слои, которые затем загружаются в систему. Помимо этого для растровых слоёв был активирован режим работы через предварительно сформированный кэш тайлов, что значительно сократило время их загрузки.

В данной Системе, библиотека GDAL используется для реализации функций геообработки. В частности система позволяет сформировать слой, объединяющий данные сельского хозяйства и данные Росреестра. Результирующий слой позволяет, к примеру, выявить объекты, которые не состоят на учете в государственном кадастре, и затем определить объём несобранных налогов с этих участков на основе их площади и средней кадастровой стоимости по району.

Кроме того, как известно, ни одна современная информационная система не может обходиться без возможностей загрузки и выгрузки данных или, проще говоря – импорта и экспорта. Если говорить о форматах хранения пространственной информации, то большинство согласится, что наиболее популярным форматом хранения пространственных данных на текущий момент является Shape-файл. Соответственно для повышения возможностей наполнения системы была реализована возможность импорта и экспорта данных из (или в) Shape-файла. Для реализации данной возможности, также была использована

библиотека GDAL, так как данная библиотека уже включает в себя необходимые драйверы. Хотелось бы отметить, что в качестве хранилища данных используется СУБД Microsoft SQL Server, хранение пространственных данных в которой добавлено начиная версии Microsoft SQL Server 2008. Импорт и экспорт данных в share-файл из базы данных возможен через внутренние форматы. Как правило, задача сводится приведению формата хранения геометрии либо к WKB, либо к WKT, а остальное берет на себя библиотека GDAL.

Как уже говорилось ранее, для объединения всех обозначенных выше компонентов было разработано web-приложение, которое не только исполняет роль посредника, но и обеспечивает контроль передаваемой информации между компонентами, авторизует доступ пользователей в систему и позволяет выполнять другие функции, которые были обозначены ранее. Приложение построено на основе фреймворка ASP.NET MVC 5 и разворачивается на базе серверов, работающих на Windows Server, начиная с версии 2008R2. Итоговая схема, полностью соответствующая обобщенной схеме представлена на Рисунке 37.

Геопространственные данные в отличие от других форм данных обладают высоким информационным наполнением. Каждый объект несет не только описательную информацию – тип объекта, его номер и значение других параметров, но и географическую характеристику объекта – координаты точек. В случае с точечными объектами данный вопрос не затрудняет анализ данных, так как для каждого объекта существует всего пара координат – X и Y. Однако, в случае с протяженными линейными и особенно с полигональными объектами сложной формы данный вопрос имеет существенное значение. В частности, при работе с сельскохозяйственными участками и кадастровым делением территории возникает задача обработки больших массивов данных. На настольных ГИС данный вопрос решается путем вывода промежуточных сообщений и так называемой полосы загрузки. В веб-приложениях данный подход напрямую не применим, так как типовая работа по протоколу HTTP предполагает отправку запроса определенного типа GET/POST и полную загрузку данных. Иными

словами при выполнении задачи анализа пересечения двух больших массивов геопространственных данных, клиент отправляет запрос на выполнение задачи и при обычном взаимодействии, клиент не получит ответ пока задача не будет полностью выполнена. Таким образом, в лучшем случае клиент будет ожидать завершения задачи без понимания того, выполняется ли она, в худшем – закроет окно, тем самым прервав операцию и не получив желаемой информации.

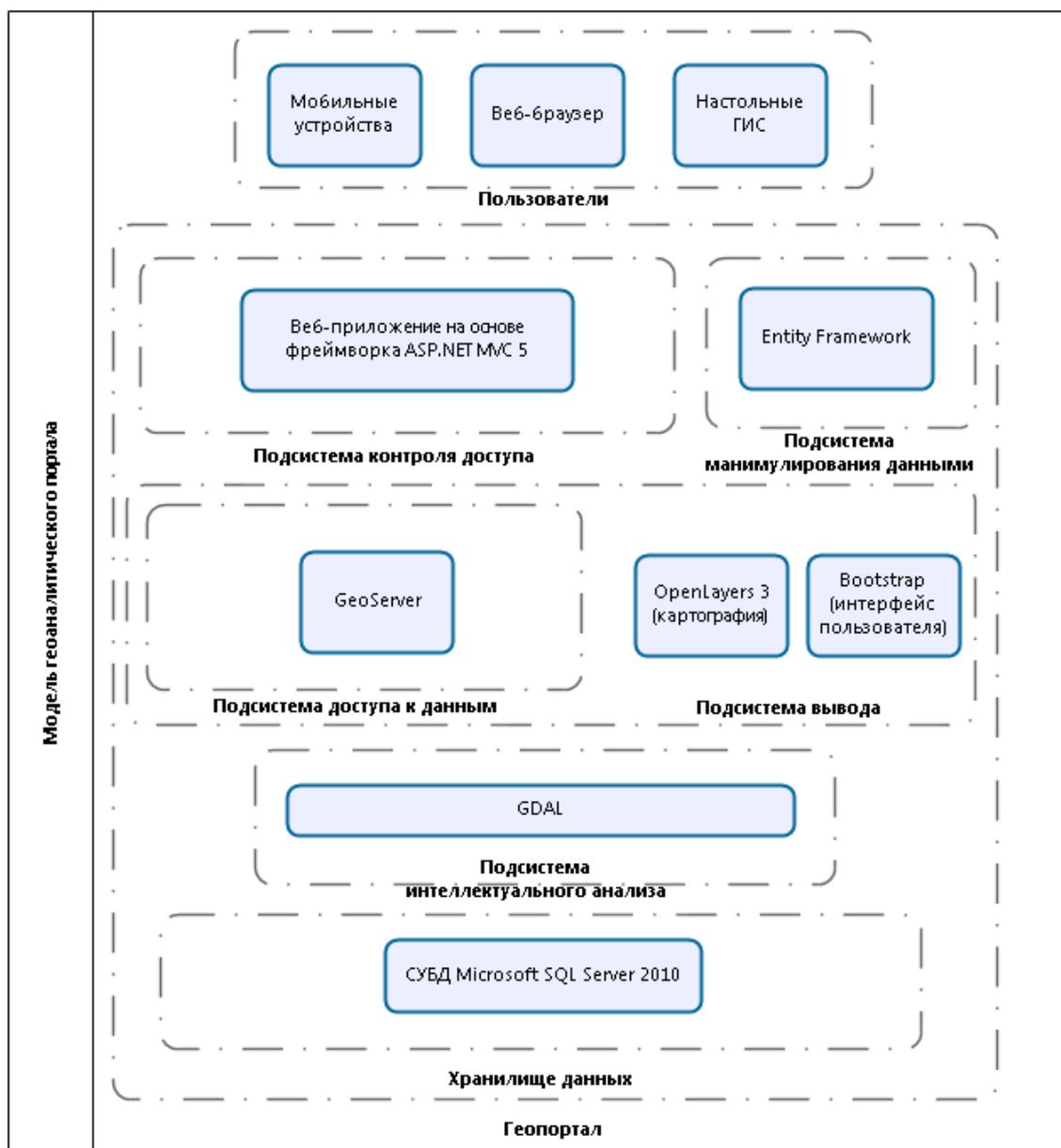


Рисунок 37 – Структурная схема системы

Для решения данного вопроса в системе мониторинга была использована библиотека SignalR, которая позволяет настроить информационный обмен между клиентом и сервером посредством передачи сообщений в асинхронном режиме.

Применение данной методики позволило реализовать отображение процесса обработки, занимающего продолжительное время, примером служат операции импорта и экспорта данных, а также формирования слоя объединения на основе данных кадастра и инвентаризации сельскохозяйственных участков (Рисунок 38)

Одним из основных требований к системе была задача определения неучтенных земель и формирования отчётов, отображающих данные анализа. В системе существует n объектов слоя кадастровых участков, m объектов слоя неучтенных земель. Указан коэффициент налогообложения k_{tax} и размер арендной ставки k_{rent} для рассматриваемого района. Для каждого объекта слоя неучтенных земель определить размер налога на землю, рассчитать размер арендной ставки, а также определить общее значение налога с неучтенных земель.

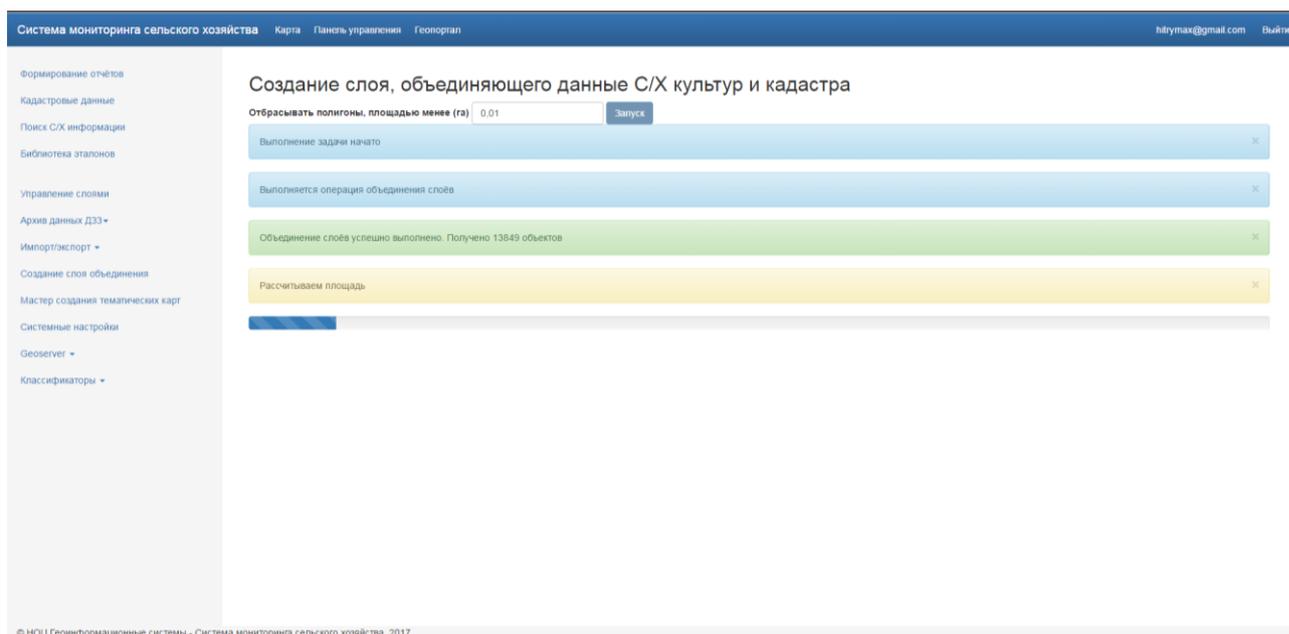


Рисунок 38 – Выполнение продолжительного процесса

Для решения данной задачи был реализован автоматизированный расчёт показателей по следующим формулам:

Общая кадастровая стоимость земель в районе, Формула 15:

$$C_{cad} = \sum_{i=1}^n c_i, \quad (15)$$

где c_i – кадастровая стоимость объекта.

Общая площадь учтённых земель в районе, Формула 16:

$$A_{cad} = \sum_{i=1}^n a_i, \quad (16)$$

где a_i – площадь объекта.

Общая площадь неучтенных земель в районе, Формула 17:

$$A_{unacc} = \sum_{j=1}^m u_j, \quad (17)$$

где u_j – фактическая площадь объекта.

Средняя величина кадастровой стоимости земель в районе, Формула 18:

$$C_{avg} = \frac{C_{cad}}{A_{cad}} = \frac{\sum_{i=1}^n c_i}{\sum_{i=1}^n a_i}. \quad (18)$$

Кадастровая стоимость объекта j на слое неучтенных земель, Формула 19:

$$C_{unacc j} = u_j C_{avg} = u_j \frac{\sum_{i=1}^n c_i}{\sum_{i=1}^n a_i}. \quad (19)$$

Величина налога на землю, Формула 20:

$$T_j = \frac{C_{unacc j}}{100} k_{tax}. \quad (20)$$

Стоимость аренды, Формула 21:

$$R_j = u_j k_{rent}. \quad (21)$$

Общее значение налога с неучтенных земель, Формула 22:

$$T = \sum_{j=1}^m T_j = \frac{C_{unacc j}}{100} k_{tax}. \quad (22)$$

Картографическое отображение результатов выполнения автоматизированного анализа исходных картографических данных, полученных из Государственного Кадастра и данных инвентаризации земель по данным со спутниковой съёмки, представлено на рисунке 39, а на рисунке 40 – в виде отчёта.

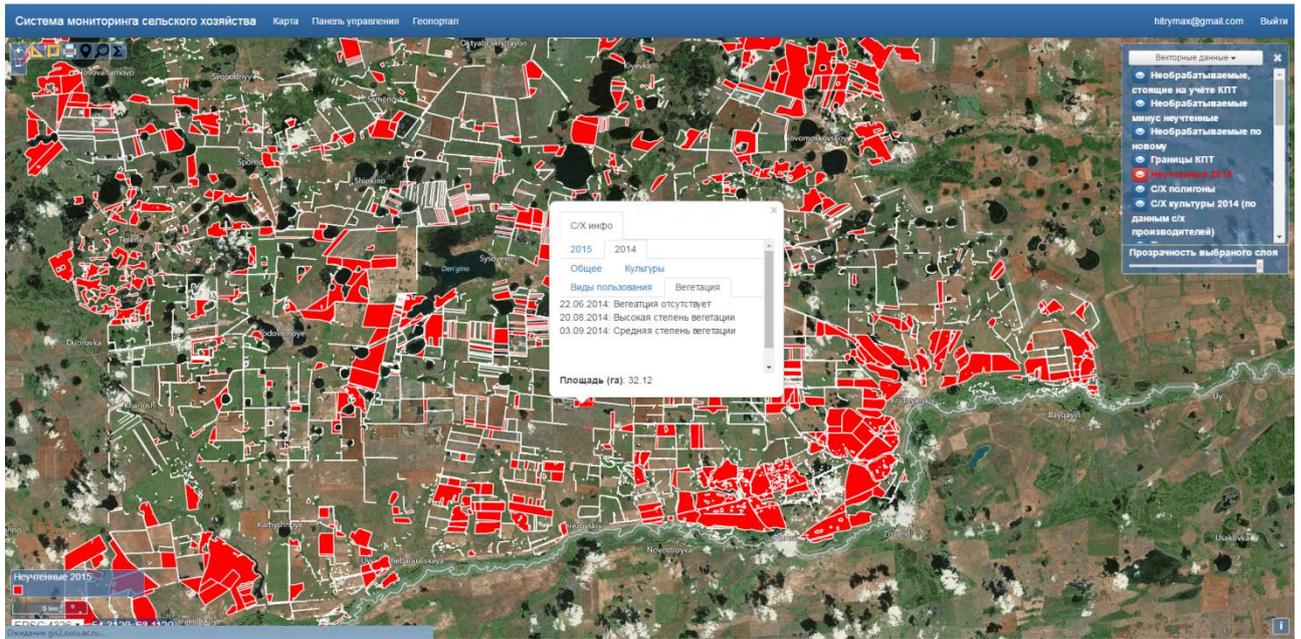


Рисунок 39 – Карта неучтенных земель с/х назначения

Система мониторинга сельского хозяйства Карта Панель управления Геопортал hltumax@gmail.com Выйти

Формирование отчётов

Кадастровые данные

Поиск С/Х информации

Библиотека эталонов

Управление слоями

Архив данных ДЗЗ

Импорт/экспорт

Создание слоя объединения

Мастер создания тематических карт

Системные настройки

Geoserver

Классификаторы

Отчёт по неучтенным землям

Сформировать отчёт Печать

[В конец страницы](#)

Средняя кадастровая стоимость за 1 м², руб
6,22 руб.

Процент налогового сбора
0,10%

Количество неучтенных полигонов
2708

Арендная ставка
0,01 руб. за м²

Общая кадастровая стоимость неучтенных земель
4 026 084 236,72 руб.

Общая площадь неучтенных земель
64 703,82 га

Общая сумма несобранных налогов
4 026 084,23 руб.

Общая сумма со сдачи неучтенных земель в аренду
6 470 381,84 руб.

№ п/п	Площадь, га	Площадь, м ²	Расчётная кадастровая стоимость, руб	Расчётный налог, руб	Расчётная аренда, руб	
1	0,393	3 933,43	24 475,07 руб.	24,48 руб.	39,33 руб.	Показать на карте

Рисунок 40 – Отображение отчета по неучтенным землям в Системе

Система позволяет выполнять интеллектуальный анализ геопространственных данных, хранящихся в системе, тем самым решая следующие задачи:

1) Некорректная постановка на кадастровый учет. Путем совмещения пространственных данных инвентаризации земель сельского хозяйства и данных государственного кадастра определяются участки, которые не состоят на учете или стоят, но границы не соответствуют фактическим. Соответственно, налоговый учет данных земель не выполняется. Кроме того, от данных кадастрового учета зависит размер субсидий. Размер налоговых сборов с выявленных участков составил 4 000 000 руб. Интерфейс отображения проблемные участки представлен на Рисунке 40.



Рисунок 41 – Неучтенные участки сельскохозяйственного назначения

2) Определение обрабатываемой и необрабатываемой земли. На основе данных ДЗЗ определяются значения индексов NDVI, которые анализируются системой, тем самым создается слой земель сельского хозяйства, вспашка которых не выполнялась. На основании имеющихся данных земля может быть изъята и передана в аренду, что также принесет экономическую выгоду для области. Площадь необрабатываемых земель в Октябрьском районе Челябинской области составила 23 000 га, что при арендной ставке 0,01 руб./м² может принести

2,3 млн руб. в бюджет области. Демонстрация работы алгоритма определения необрабатываемых земель представлена на Рисунке 42.

На данный момент разработанная система успешно функционирует и выполняет поставленные задачи. Кроме того, полученная система позволила выявить неучтенные и необрабатываемые земли, а также определить сумму налога, который был не получен в бюджет области.

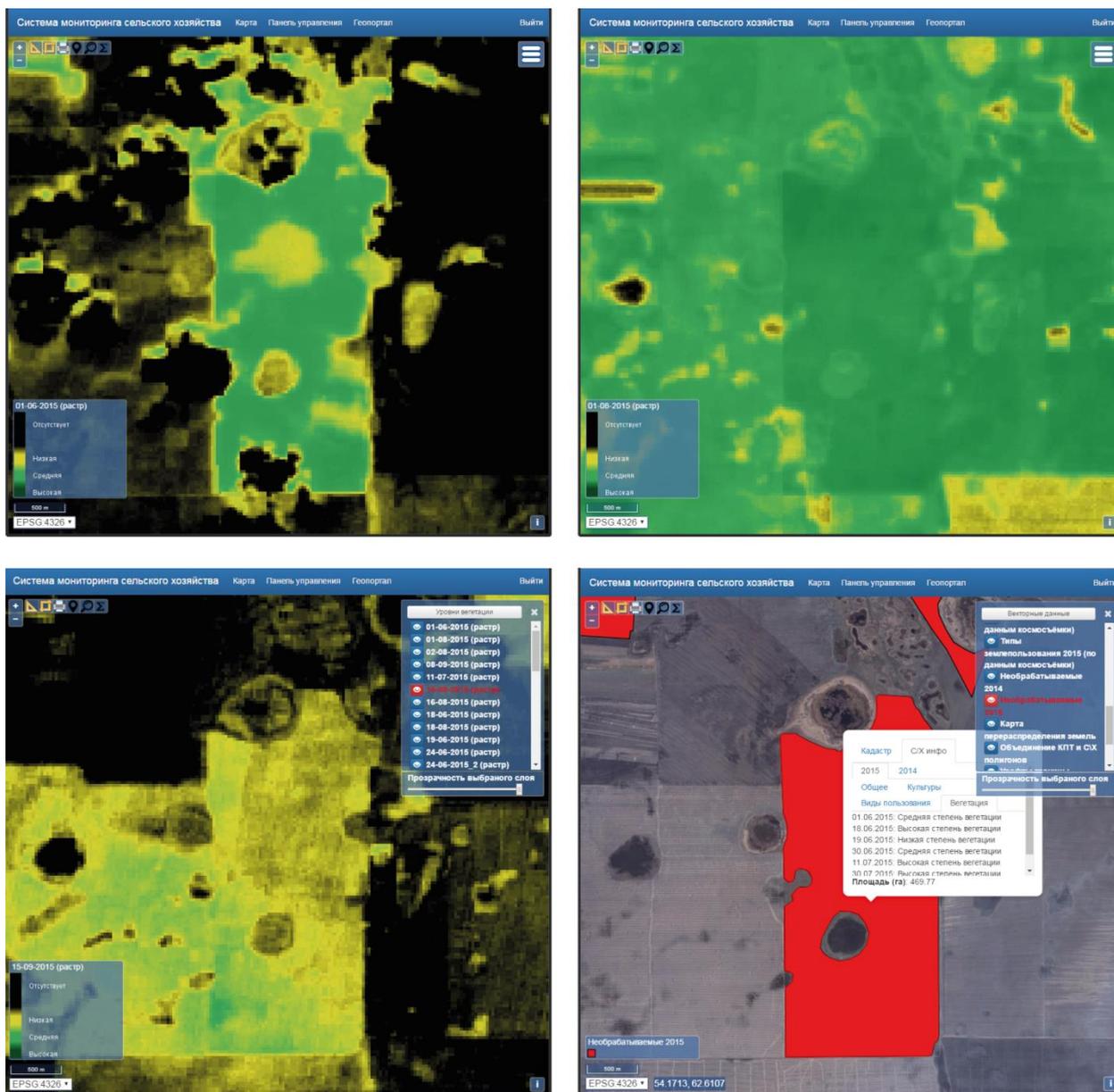


Рисунок 42 – Определение необрабатываемого участка

Мониторинг передвижения сельскохозяйственной техники на территории Челябинской области

Согласно авторам статьи [84], «сельскохозяйственный риск непосредственным образом связан с управлением и находится в прямой зависимости от эффективности и обоснованности принимаемых управленческих решений». Таким образом, в 2016 году к созданной системе мониторинга сельского хозяйства был проявлен интерес со стороны частных фермерских хозяйств. Однако в виду того, что описанная выше система создавалась в большей степени для административных нужд и опиралась на использование данных дистанционного зондирования, данным хранящимся в системе не хватало оперативности. Таким образом, возникла необходимость разработки отдельной подсистемы, которая бы удовлетворяла требованиям фермерского хозяйства.

Результатом работ по разработке стало Web-приложение для учета данных производителей с/х продукции. Назначение системы - учёт данных, поступающих от производителей сельскохозяйственной продукции, агрегация их в информационной системе, ведение истории полей каждого производителя, учёт севооборота полей, учёт посева и уборки урожая, учёт парка техники, учёт ГСМ, учёт удобрений, учёт сортов семян, формирование отчётов по запросу пользователя. Пользователями информационной системы являются директора с/х предприятий, агрономы, специалисты занимающиеся учётом данных сельского хозяйства в организациях.

Основным учётным объектом системы является поле, к нему привязываются все имеющиеся данные. Минимальный временной участок для учёта – день. Система должна позволять выполнять агрегацию данных с последующим выводом информации за неделю/месяц/год. Должны быть предусмотрены формы поиска данных по имеющимся критериям. Система должна формировать отчёты как в виде вывода на экран, так и формировать документ для печати и экспорта.

1. Регистрация и авторизация пользователя в системе
2. Ведение паспорта поля

3. Учёт севооборота полей
4. Учёт посева
5. Учёт уборки
6. Учёт удобрений
7. Учёт ХСЗР
8. Учёт парка техники
9. Учёт сортов культур
10. Система должна формировать ежегодный отчёт согласно форме;
11. Требования к классификаторам:
12. Предусмотреть возможность отображения полей на карте

После разработки системы, согласно описанным требованиям к системе был подключены устройства сбора данных на местах, а именно данные о передвижении техники на полях, что позволило определять объемы обработанных площадей. Интерфейс, отображающий данные обработки поля представлен на Рисунке 43.

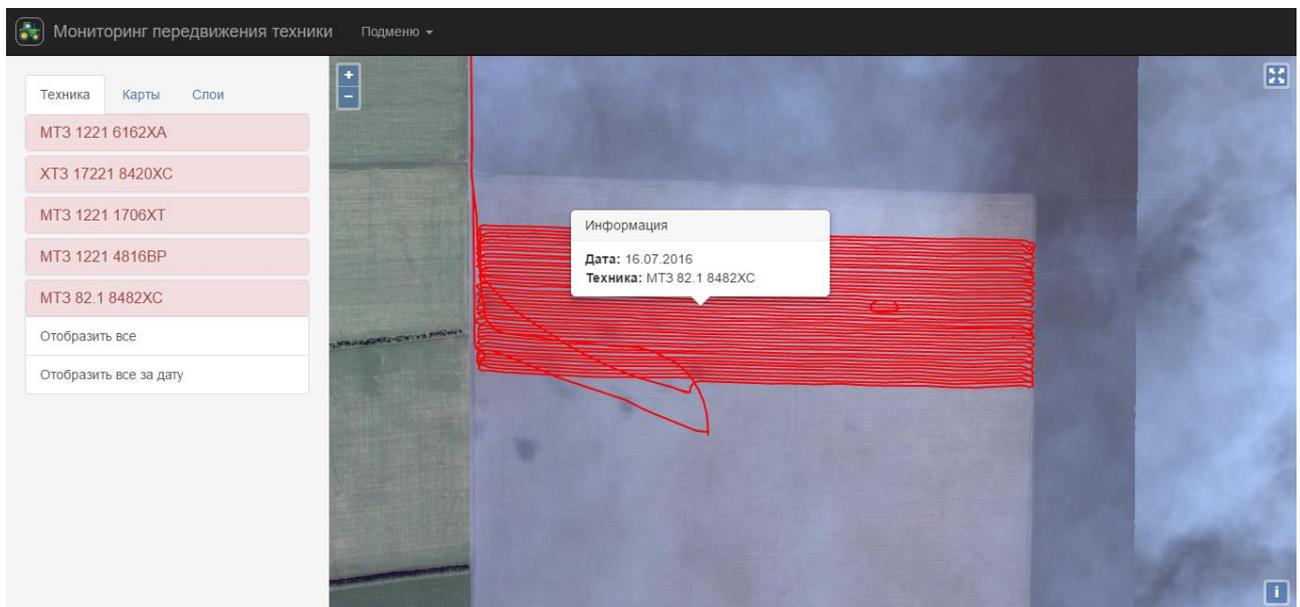


Рисунок 43 – Трек движения трактора на поле

Продолжением развития данной системы стало подключение данных с датчиков измерения расхода топлива и со встроенных в технику показателей с датчиков уровня топлива. Для анализа получаемых данных, определения объемов

расхода топлива и фактов нецелевого расхода материала была разработана отдельная подсистема, интерфейс которой представлен на Рисунке 44.

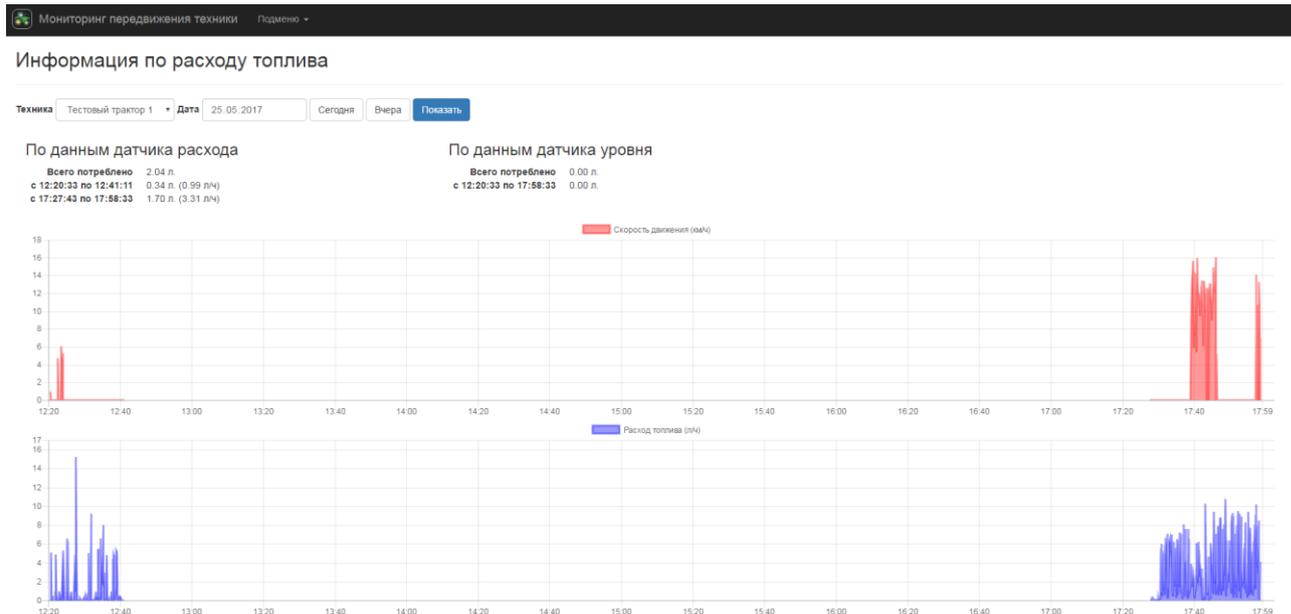


Рисунок 44 – Отображение данных по расходу топлива

Основные показатели, достигнутые после внедрения системы в эксплуатацию:

1) Уменьшение среднего расхода ГСМ для техники, работающей на поле.

2) Повышение возможностей удаленного управления. Значительная часть работ (особенно работ по химической защите растений) производится в ночное время суток. Внедрение системы позволило получать информацию удаленно в режиме online или осуществлять последующий контроль.

3) В связи с отсутствием необходимости выезда на территорию, наблюдается экономия ГСМ руководителем. При среднесуточном протяженности пути объезжаемых земель 200 км, расходе 15 л/100 км, средней стоимости топлива 36 руб./л экономия составляет не менее 1080 руб. в день. При учете необходимости ежедневного обследования территории экономия составит 32400 руб. в месяц. При 9 месяцах работы экономия составит не менее 291 600 руб.

Экономический эффект от внедрения системы при полной стоимости системы (вместе с аппаратными устройствами устанавливаемыми на технику) 200 000 руб. за 1 год эксплуатации составил не менее 91 600 руб.

В перспективе, работа системы позволит ликвидировать работу по ежедневному учету обработанной земли (Рисунок 45).

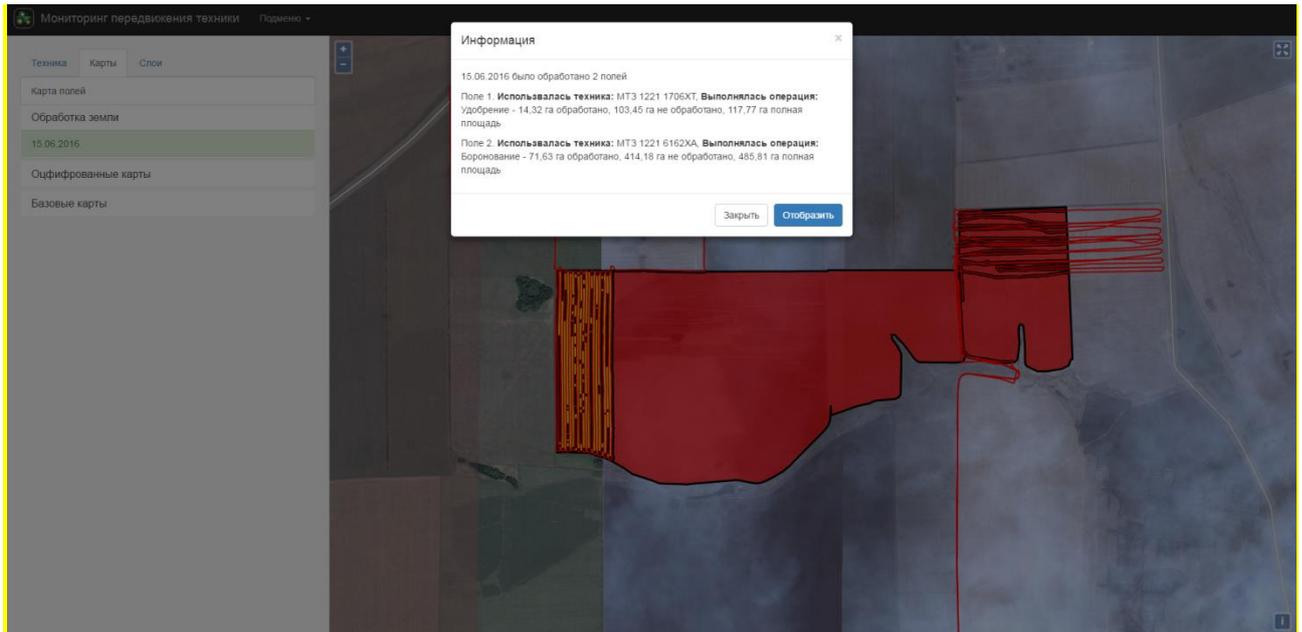


Рисунок 45 – Вывод информации обработки земли на экран

Хранение всех данных организовано в базе данных, что гарантирует их целостность и безопасность. Структура хранилища данных представлена на Рисунке 46.

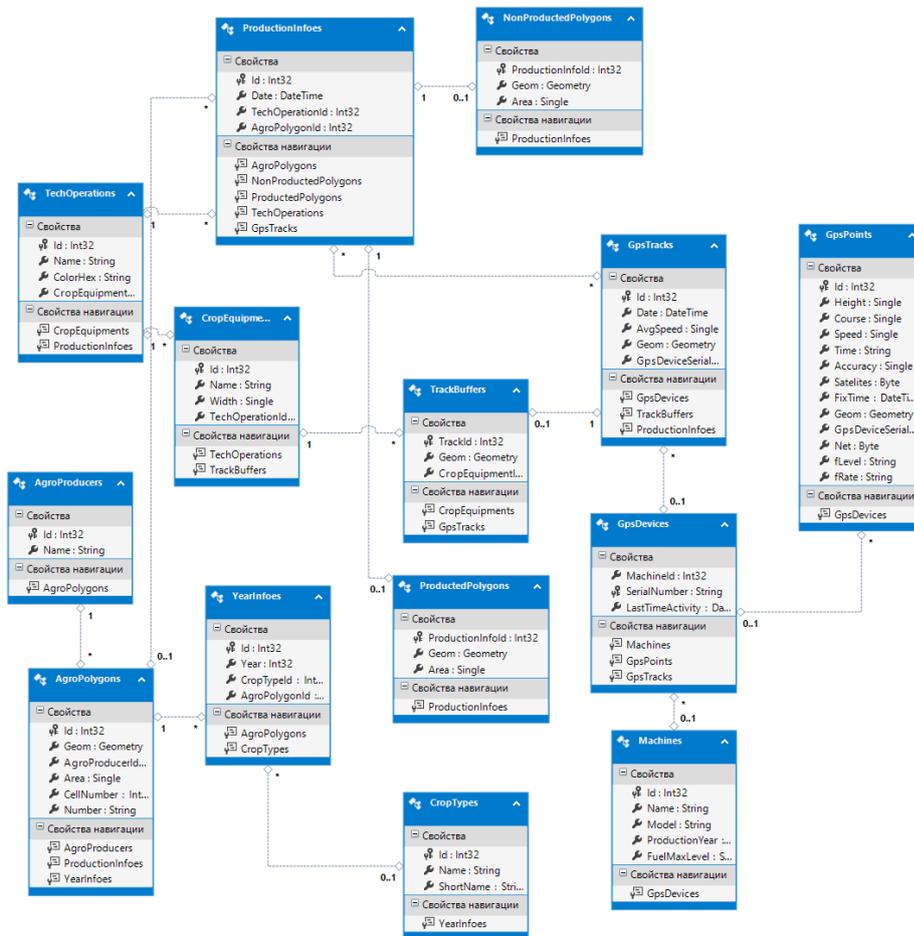


Рисунок 46 – Хранилище данных

Все вышеописанное подтверждает адаптивность методики и моделей описанных в работе, кроме того наличие функций анализа данных позволяет заявить о соответствии данных систем классу ИАС.

Выводы по главе 3

В ходе решения в третьей главе задачи разработки программного обеспечения геопортала, согласно описанной методике были достигнуты следующие результаты:

1. Разработан комплекс организационно-методических положений по созданию геоаналитического портала и даны краткие сведения о его обеспечении.
2. Разработано программное обеспечение геоинформационного портала Челябинской области. Описан процесс и особенности его разработки и внедрения;

3. Разработано программное обеспечение подсистемы геопортала Челябинской области в виде «Системы мониторинга сельского хозяйства». Описан процесс и особенности его разработки и внедрения. Дано описание математической модели формирования отчета;
4. Разработано программное обеспечение для мониторинга передвижения сельскохозяйственной техники. Описаны основные проектные решения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный в диссертационной работе анализ задачи создания геоинформационного портала на основе компонентов с открытым исходным кодом выявил отсутствие полноценной структурной модели и методики выбора компонентов для разработки готового продукта. По итогам исследований соискателем получены следующие основные выводы и результаты:

1. Анализ сферы развития сферы геоинформационных систем показал, что наиболее перспективным направлением в последнее время являются геоинформационные порталы, позволяющие отображать пространственную информацию в окне браузера, тем самым повышая доступность информации и при этом, не требуя у пользователя профессиональных навыков владения геоинформационными системами и наличия специализированного программного обеспечения.

2. Геоинформационные порталы находят применение в различных областях социально-экономической деятельности и в различных регионах России. Задача разработки геопортала решаются либо покупкой готового продукта, либо созданием собственной системы. Для повышения скорости разработки и оптимизации расходов целесообразно использовать компоненты с открытым исходным кодом, которые выполняют основные функции отображения геопространственной информации, хранения и информационного обмена.

3. Предложена модель геоаналитического портала, состоящего из функциональных подсистем, каждая из которых может быть реализована при помощи одного из компонентов с открытым исходным кодом, тем самым формируя геоинформационный портал с возможностями геопространственного анализа.

4. При исследовании вопроса адаптивности системы выявлено 2 характера адаптивности – адаптивность системы к изменению предметной области и адаптивность частных модулей к изменениям требований. Каждая из задач решена посредством использования модульной архитектуры, выделением

обособленных частей в отдельные подсистемы и использованием современных шаблонов проектирования MVC.

5. Сформирована математическая модель выбора компонентов для разработки программного обеспечения геоинформационного портала. В основе модели лежит многоступенчатая оценка компонентов группой экспертов. Выполняя последовательную оценку соответствия набора компонентов исходному набору требований, в итоге формируется результирующий набор компонентов, наиболее удовлетворяющий требованиям, по мнению экспертов и определяющий систему.

6. На основе описанных модели и методики был разработан ряд программных продуктов, а именно: программное обеспечение геоинформационного портала Челябинской области, программное обеспечение подсистемы геопортала Челябинской области в виде «Системы мониторинга сельского хозяйства», программное обеспечение для мониторинга передвижения сельскохозяйственной техники. Описан процесс и особенности его разработки и внедрения, а также предоставлены основные эффекты, полученные в результате внедрения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бакланов, А.В. Корпоративные геоинформационные системы / А.В. Бакланов. – М.: ДАТА+, 2011. – 190 с.
2. Еляков, А.Д. Информационная перегрузка людей / А.Д. Еляков // Социологические исследования. – №5. – 2005. – с. 114-121.
3. ДеМерс, М. Географические информационные системы. Основы / М. ДеМерс. – М.: ДАТА+, 1999. – 490 с.
4. Геоинформатика. Толковый словарь основных терминов / Ю.Б. Баранов [и др.]; под ред. А.М. Берлянта и А.В. Кошкарева. – М.: ГИС-Ассоциация, 1999. – 204 с.
5. Геоинформатика / А.Д. Иванников [и др.]. – М.: МАКС Пресс, 2001. – 349 с.
6. Зейлер, М. Моделирование нашего мира. Руководство ESRI по созданию базы геоданных / М. Зейлер. – М.: ДАТА+, 1999. – 255 с.
7. Федотов, А.Л. Основы геоинформационных систем / А.Л. Федотов. – М.: Спутник +, 2013. – 102 с.
8. Геоинформатика: Учеб. для студ. вузов / Е. Г. Капралов [и др.]; под ред. В.С. Тикунова. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 480 с.
9. Самардак, А.С. Геоинформационные системы / А.С. Самардак. – Владивосток: Издательство ДВГУ, 2005. – 123 с.
10. ГОСТ Р 52438-2005 Географические информационные системы. Термины и определения – М.: Стандартинформ, 2006. – 11 с.
11. Аш, Е.В. Что называть геопорталом? / Е.В. Аш // Пространственные данные. – №2. – 2008.
12. Аш, Е.В. Данные дистанционного зондирования земли для планирования туристского рекреационного развития регионов / Е.В. Аш // Труды IV Международной научно-практической конференции. МГУ имени М.В.Ломоносова, географический факультет, Москва, 28-29 апреля 2009 г. – М.: Диалог культур, 2009. – с. 149-151.

13. Giff, G. et al. Geoportals in Selected European States: A Non-Technical Comparative Analysis / G. Giff, B. van Loenen, J. Crompvoets, J. Zevenbergen // Conference, Small Island Perspectives on Global Challenges: The Role of Spatial Data in Supporting a Sustainable Future. – St. Augustine, Trinidad, 2008. – p. 25-29.
14. Кошкарёв, А.В. Картографические Web-сервисы геопорталов: технологические решения и опыт реализации / А.В. Кошкарёв, В.С. Тикунов, С.А. Тимонин // Пространственные данные. – №3. – 2009. – с. 6-12.
15. Кошкарёв, А.В. Эффективное управление пространственными метаданными и геосервисами в инфраструктурах пространственных данных / А.В. Кошкарёв // Пространственные данные. – №1. – 2008. – с. 25-32.
16. Кошкарёв, А.В. Геопортал как инструмент управления пространственными данными и геосервисами / А.В. Кошкарёв // Пространственные данные. – №2. – 2008. – с. 2.
17. National Archives - Coordinating Geographic Data Acquisition and Access: The National Spatial Data Infrastructure [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.archives.gov/files/federal-register/executive-orders/pdf/12906.pdf>.
18. Распоряжение Правительства РФ от 21 августа 2006 г. N 1157-р О Концепции создания и развития инфраструктуры пространственных данных РФ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/12049036/>.
19. Хитрин, М.О. Анализ свойств российских геопорталов / М.О. Хитрин // Геоинформационные системы в управлении: сборник трудов научно-практического семинара. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2017. – с. 65-79.
20. Алябьев, А.А. Геопортал Уральского федерального округа как прототип узла РИПД / А.А. Алябьев, О.Л. Анисимова, С.В. Серебряков, П.В. Цереня // Пространственные данные. – №3. – 2009. – с. 18-24.

21. Анисимова, О.Л. Информационное и программное обеспечение управления метаданными на базе регионального центра Уральского федерального округа / О.Л. Анисимова, И.Д. Пестов, С.В. Серебряков, В.В. Комоско, В.С. Рыбалко, Ж.Л. Черкасова // *Пространственные данные*. – №2. – 2009. – с. 26-34.
22. Чернов, А.В. Разработка регионального геопортала для доступа к пространственным данным и метаданным / А.В. Чернов, Е.В. Мясников // *Пространственные данные*. – №1. – 2009. – с. 2.
23. Головина, А.Н. Региональный геопортал для поддержки принятия управленческих решений / А.Н. Головина // *Управление развитием территории*. – №1. – 2009. – с. 44-46.
24. Кормщикова, М.Ю. Федеральная ГИС Атлас земель сельскохозяйственного назначения / М.Ю. Кормщикова, Р.Е. Кива // *Геоматика*. – №1. – 2013. – с. 39-47.
25. Барталев, С.А. Основные возможности и структура информационной системы дистанционного мониторинга лесных пожаров Федерального агентства лесного хозяйства РФ (ИСДМ Рослесхоз) / Барталев С.А., Ершов Д.В., Коровин Г.Н., Котельников Р.В., Лупян Е.А., Щетинский В.Е. // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. – Т.7., № 2. – 2010. – с. 97-105.
26. Пупышева, Н.В. Детальность и актуальность мозаики спутниковых снимков для управления территориями / Н.В. Пупышева, М.Ю. Потанин // *Управление развитием территории*. – №3. – 2008. – с. 42-44.
27. Наумова, В.В. ГИС-портал «Геология и геофизика Дальнего Востока России»: интеграция пространственных данных и сервисов / В.В. Наумова, И.Н. Горячев // *Геоинформатика*. – 2013. – с. 12-19.
28. Чернов, А.В. Региональная ГИС агропромышленного комплекса / А.В. Чернов, Н.И. Глумов // *Пространственные данные*. – №4. – 2008. – с. 20-24.
29. Тохиян, О.О. Опыт разработки и эксплуатации геопортала Роскосмоса / О.О. Тохиян, К.В. Кошкин // *Геоматика*. – №2. – 2011. – с. 20-28.

30. Радионов, Г.П. Публичная кадастровая карта на Портале госуслуг Росреестра / Г.П. Радионов, Т.А. Радионова, З.В. Ласкина, А.В. Половинкина // ArcReview. – №3 (54). – 2010.
31. Зраенко, Ю.Д. Разработка технологии организации пространственных данных в региональном узле российской инфраструктуры пространственных данных: автореф. дис. ... канд. тех. наук: 25.00.35 / Зраенко Юлия Дмитриевна. – М., 2010. – 22 с.
32. Томлинсон, Р.Ф. Думая о ГИС / Р.Ф. Томлинсон. – М.: Дата+, 2004. – 328 с.
33. Babinski, G. URISA - GIS Capability Maturity Model [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.urisa.org/clientuploads/directory/GMI/GISCMM-Final201309\(Endorsed%20for%20Publication\).pdf](http://www.urisa.org/clientuploads/directory/GMI/GISCMM-Final201309(Endorsed%20for%20Publication).pdf).
34. Михан, Б. ГИС: новая энергия электрических и газовых предприятий / Б. Михан. – М.: Дата+, 2007. – 267 с.
35. Geospatial Portal Reference Architecture [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=6669.
36. Осокин, С.А. Инфраструктуры пространственных данных в географии / С.А. Осокин // ArcReview. – №3 (54). – 2010.
37. Осокин, С.А. Теоретические основы и методика создания локальной инфраструктуры пространственных данных: автореф. дис. ... канд. тех. наук: 25.00.35 / Осокин Степан Артемович. – М., 2010. – 24 с..
38. Яндекс.Карты, 2ГИС или всё же Google Maps [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habrahabr.ru/post/242015>.
39. Полунина, В. Яндекс Карты против Google Карт: что лучше? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.androidpit.ru/yandeks-karty>.
40. Phipps, A.G. Three Applications of V.3 Google Maps: Just for Display of Data, or Analysis as Well? / A.G. Phipps // Journal of Geographic Information System. – 2014. – p. 548-558.
41. Lovelace, R. Testing web map APIs - Google vs OpenLayers vs Leaflet [Электронный ресурс] / R. Lovelace. – Режим доступа: <http://robinlovelace.net/software/2014/03/05/webmap-test.html>.

42. Perez, A.S. OpenLayers Cookbook / A.S. Perez. – Birmingham: Packt Publishing, 2012. – 287 p.
43. Hazzard, E. OpenLayers 2.10 Beginner's Guide / E. Hazzard. – Birmingham: Packt Publishing, 2011. – 351 p.
44. Web mapping with Leaflet and R [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://amsantac.co/blog/en/r/2015/08/11/leaflet-R.html>.
45. Хитрин, М.О. Сравнение клиентских картографических библиотек / М.О. Хитрин // Вестник ЮУрГУ. Серия: «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». – Том 17, №3. – 2017. – с. 130-132.
46. Katibah, E. New Spatial Features in SQL Server Code-Named “Denali” [Электронный ресурс] / E. Katibah, M. Stojic. – Режим доступа: http://download.microsoft.com/download/d/2/0/d20e1c5f-72ea-4505-9f26-fef9550efd44/sqlserver_denali_spatial.docx.
47. Allen, G. The Definitive Guide to SQLite / G. Allen, M. Owens. – Second Edition. – New York: Apress, 2010. – 346 p.
48. Iacovella, S. GeoServer Beginner's Guide / S. Iacovella, B. Youngblood. – Birmingham: Packt Publishing, 2013. – 329 p.
49. Iacovella, S. GeoServer Cookbook / S. Iacovella. – Birmingham: Packt Publishing, 2014. – 457 p.
50. Henderson, C. Mastering Geoserver / C. Henderson. – Birmingham: Packt Publishing, 2014. – 576 p.
51. Kropla, B. Beginning MapServer: Open Source GIS Development / B. Kropla. – New York: Apress, 2005. – 418 p.
52. Митчелл, Э. Руководство ESRI по ГИС анализу: Том 1: Географические закономерности и взаимодействия / Э. Митчелл. – М.: ДАТА+, 1999. – 190 с.
53. ГОСТ 24.104 – 85. Единая система стандартов автоматизированных систем управления. Автоматизированные системы управления. Общие требования – М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. – 11 с.
54. Айламазян, А. К. Информация и информационные системы / А.К. Айламазян. – М.: Радио и связь, 1982. – 160 с.

55. Управление современной компанией / под ред. Б.З. Мильнера и Ф.А. Лииса. – М.: Инфра-М, 2001. – 590 с.
56. Приемы объектно-ориентированного проектирования. Паттерны проектирования / Э. Гамма [и др.]. – СПб: Питер, 2001. – 368 с.
57. Freeman, A. Pro ASP.NET MVC 5 / A. Freeman. – New York: Apress, 2013. – 799 p.
58. Chadwick, J. Programming ASP.NET MVC 4 / J. Chadwick, T. Snyder, H. Panda. – Sebastopol: O'Reilly Media, 2012. – 473 p.
59. Белов, В.С. Информационно-аналитические системы. Основы проектирования и применения / В.С. Белов. – М.: Московский государственный университет экономики, статистики и информатики, 2004. – 116 с.
60. Савельев, А.А. Пространственный анализ в растровых геоинформационных системах: Учебно-методическое пособие / А.А. Савельев, С.С. Мухарамова, А.Г. Пилюгин. – Казань: Издательство КГУ, 2007. – 28 с.
61. Hengl, T. A Practical Guide to Geostatistical Mapping / T. Hengl. – Amsterdam: University of Amsterdam, 2009. – 291 p.
62. Карр, Н. Великий переход: Что готовит революция облачных технологий / Н. Карр. – М.: Манн, Иванов и Фербер, 2014. – 272 с.
63. Логиновский, О.В. Управление и стратегии / О.В. Логиновский. – Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2001. – 704 с.
64. Мишин, В.М. Исследование систем управления / В.М. Мишин. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. – 527 с.
65. Литвак, Б.Г. Экспертные технологии в управлении / Б. Г. Литвак. – 2-е изд. – М.: Дело, 2004. – 400 с.
66. Орлов, А.И. Эконометрика / А.И. Орлов. – 4-е изд. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2009. – 585 с.
67. Babinski, G. URISA - Geospatial Management Competency Model [Электронный ресурс] / G. Babinski. – Режим доступа:

<http://www.urisa.org/clientuploads/directory/GMI/Advocacy/GMCM%20final.pdf>.

68. Раклов, В.П. Картография и ГИС: Учебное пособие для вузов / В.П. Раклов. – М.: Академический проект, 2014. – 215 с.
69. Хитрин, М.О. Применение экспертного подхода при разработке геоинформационного портала на основе компонентов с открытым исходным кодом / М.О. Хитрин, А.Л. Шестаков // Динамика сложных систем – XXI век. – №1. – 2017. – с. 47-55.
70. Кошевой, О.С. Организация экспертного опроса с привлечением специалистов органов государственного и муниципального управления / О.С. Кошевой, Е.С. Голосова, Ш.Г. Сеидов // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Общественные науки. – №1 (21). – 2012. – с. 98-107.
71. Орлов, А.И. Организационно-экономическое моделирование: теория принятия решений / А.И. Орлов. – М.: КНОРУС, 2010. – 568 с.
72. Хитрин, М.О. Развитие геоинформационного портала правительства Челябинской области в части семантической информации / М.О. Хитрин, В.Н. Максимова // Молодой исследователь: материалы 66-й студенческой научной конференции. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2013. – с. 23-27.
73. Khitrin, M.O. Development of Geographic Information Portal of the Chelyabinsk Region / M.O. Khitrin, V.N. Maksimova // Университетский научный журнал. – №13, – 2015. – с. 99-107.
74. Свидетельство государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015613852 УралГИС Регион / М.О. Хитрин. М.: Роспатент, 2015.
75. Shestakov, A.L. Use of GIS for Municipal Economic Development: An Example from Russia / A.L. Shestakov // Geospatial World Forum 2013. – Rotterdam, Netherlands, 2013.
76. Чечушкова, А.А. Применение корпоративных ГИС на основе технологий с открытым исходным кодом / А.А. Чечушкова // Геоинформационные

- системы в управлении: сборник трудов научно-практического семинара. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2017. – с. 79-87.
77. Максимова, В.Н. Применение интерактивных цифровых карт для решения вопроса миграции в Челябинской области / В.Н. Максимова, М.О. Хитрин // Геоинформационные системы в управлении: сборник трудов научно-практического семинара. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2017. – с. 37-43.
78. Хитрин, М.О. Использование беспилотных аппаратов для создания трехмерных моделей местности / М.О. Хитрин, М.Ф. Бегашев, А.Ю. Кузьмин // Актуальные вопросы геоинформатики: сборник трудов научно-практического семинара. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2015. – с. 56-66.
79. Кузьмин, А.Ю. Тематическая классификация по типам сельскохозяйственных культур / А.Ю. Кузьмин, М.О. Хитрин, М.Ф. Бегашев // Актуальные вопросы геоинформатики: сборник трудов научно-практического семинара. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2015. – с. 26-32.
80. Бегашев, М.Ф. Практика применения данных дистанционного зондирования земли при создании прототипа системы мониторинга сельского хозяйства Челябинской области / М.Ф. Бегашев, А.Ю. Кузьмин, М.О. Хитрин // Актуальные вопросы геоинформатики: сборник трудов научно-практического семинара. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2015. – с. 45-56.
81. Кононов, В.М. Опыт создания регионального геоинформационного ресурса мониторинга земель сельскохозяйственного назначения Краснодарского края / В.М. Кононов // ГЕОМАТИКА. – №2. – 2011. – с. 62-68.
82. Хитрин, М.О. Опыт разработки системы мониторинга сельского хозяйства на основе компонентов с открытым исходным кодом / М.О. Хитрин // Актуальные вопросы геоинформатики: сборник трудов научно-

- практического семинара. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2015. – с. 76-83.
83. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2016611808 Система мониторинга сельского хозяйства / М.О. Хитрин [и др.]. М.: Роспатент, 2016.
 84. Гайдаенко, Э.В. Понятие опасности, неопределенности и риска с позиции повышения эффективности управления субъектами сельского хозяйства / Э.В. Гайдаенко // Научный журнал КубГАУ. – №104 (10). – 2014.
 85. Layer Groups - OpenLayers [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://openlayers.org/en/v3.13.1/examples/layer-group.html>.
 86. MapQuest - Openlayers [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://openlayers.org/en/v3.13.1/examples/mapquest.html>.
 87. Measure - Openlayers [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://openlayers.org/en/v3.13.1/examples/measure.html>.
 88. JavaScript API Яндекс.Карт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://tech.yandex.ru/maps/jsapi> (дата обращения: 15.05.2016).
 89. Условия использования Google Maps API [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://developers.google.com/maps/pricing-and-plans/>.
 90. Условия использования сервиса «API Яндекс.Карты» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://yandex.ru/legal/maps_api.

Приложение А. Акты о внедрении программного обеспечения



МИНИСТЕРСТВО ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И СВЯЗИ ЧЕЛЯБИНСКОЙ ОБЛАСТИ

Ул. Сони Кривой, д. 75а, Челябинск, 454080, Россия
 телефон/факс: (351) 232-33-53, E-mail: info@mininform74.ru
 ОГРН 1107451016860, ИНН/КПП 7451310939/745301001, ОКПО 68647084

16.06.2017 № 1537

на № _____

Настоящим письмом сообщаю, что программное обеспечение Геоинформационная система «Геопортал Челябинской области» содержащее в своем составе программное обеспечение «УралГИС Регион», разработанное Хитриным Максимом Олеговичем, внедрено в Министерстве информационных технологий и связи Челябинской области.

Заявленные характеристики системы предполагали наличие следующих основных возможностей:

- использование WEB-технологий для отображения картографических данных;
- разграничение полномочий пользователей путем разделения системы на два ролевых модуля: «администратор», «модератор», «внутренний пользователь» и «внешний пользователь»;
- отображение пространственных данных органов власти Челябинской области;
- наличие базовой топографической карты масштаба 1:25 000;
- наличие возможности получения и анализа данных от пользователей при помощи специальных слоёв.

В ходе эксплуатации программы подтверждено, что она обладает всеми заявленными возможностями и позволяет выполнять оперативный сбор информации.

На сегодняшний момент система установлена на серверах Министерства информационных технологий и связи Челябинской области, в ней задействовано не менее 6 специальных слоёв и 18 карт используемых 23 органами исполнительной власти.

Исполняющий обязанности
 Министра информационных технологий
 и связи Челябинской области



И.Б. Фетисов

Областное государственное бюджетное учреждение «Челябинский региональный
центр навигационно-информационных технологий»

площадь МОПРа, д. 8 а, каб. 320 Челябинск, 454091, Россия
телефон/факс: (351) 211-60-27, E-mail: info.rcnit@mininform74.ru
ОГРН 1127453008264, ИНН/КПП 7453245467/745301001, ОКПО 12617065

АКТ

о внедрении программного обеспечения «Система мониторинга сельского хозяйства»

Настоящий Акт свидетельствует, о том, что программное обеспечение «Система мониторинга сельского хозяйства», разработанное Хитриным Максимом Олеговичем, внедрено в систему «Геопортал Челябинской области».

Процесс внедрения проходил с 1 декабря 2014 года по 15 декабря 2014 года.

Заявленные характеристики системы предполагали наличие следующих основных возможностей:

- использование WEB-технологий для отображения картографических данных;
- разграничение полномочий пользователей путем разделения системы на два ролевых модуля: «администратор», «внутренний пользователь»;
- наличие возможности загрузки, хранения, добавления метаданных и отображения данных дистанционного зондирования земли (ДЗЗ);
- формирование отчётов об использовании земель сельскохозяйственного назначения;
- отображение пространственных данных;
- отображение данных вегетации земель сельскохозяйственного назначения;
- определение необрабатываемых земель сельскохозяйственного назначения;
- определение неучтённых в кадастре земель сельскохозяйственного назначения.

В ходе эксплуатации программы подтверждено, что она обладает всеми заявленными возможностями и позволяет выполнять мониторинг земель сельскохозяйственного назначения посредством космической съёмки и информационных технологий.

На момент подписания настоящего Акта система установлена на сервере ОГБУ «ЧРЦНИТ», в ней загружены данные ДЗЗ высокого, сверхвысокого и среднего разрешения, оцифрованные карты сельскохозяйственных земель и карты уровней вегетации по индексу NDVI.

Исполняющий обязанности директора



Р.В. Колбин

**АКТ о внедрении программного обеспечения
«Мониторинг передвижения сельскохозяйственной техники»**

Настоящий Акт свидетельствует, что программное обеспечение «Мониторинг передвижения сельскохозяйственной техники», разработанное Хитриным Максимом Олеговичем, внедрено в сельскохозяйственном предприятии ИП Грачёва Ю.А..

Процесс внедрения проходил с 1 мая 2016 года по 30 мая 2016 года.

Заявленные характеристики системы предполагали наличие следующих основных возможностей:

- использование WEB-технологий для отображения картографических данных;
- наличие возможности работы на мобильных устройствах;
- отображение передвижения сельскохозяйственной техники на карте как в реальном времени, так и за любую дату;
- выполнение расчёт и анализа площади полей обработанной сельскохозяйственной техникой;
- отображение карт посева;
- отображение данных вегетации;
- ведение паспортизации сельскохозяйственных полей;
- управление севооборотом полей;
- выполнение учёта парка техники;
- выполнение учёта навесным оборудованием;
- выполнение учёта технологических операций, выполняемых на поле;

В ходе эксплуатации программы подтверждено, что она обладает всеми заявленными возможностями и позволяет проводить тестирования с учетом требований.

На момент подписания настоящего Акта система установлена на сервере ИП Грачёв Ю.А., в ней было задействовано 22 базовых карты, отслеживается информация о 5 единицах сельскохозяйственной техники и ведется ежедневный сбор данных о её передвижении и обработке сельскохозяйственных площадей.

Индивидуальный предприниматель



Ю.А. Грачёв

Приложение Б. Свидетельства о регистрации программного обеспечения

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2015613852

«УралГИС Регион»

Правообладатель: *Общество с ограниченной ответственностью «УралГИС» (RU)*Автор: *Хитрин Максим Олегович (RU)*

Заявка № 2014664271

Дата поступления 31 декабря 2014 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ 26 марта 2015 г.

Врио руководителя Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Л.Л. Куруй



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2016611808

«Система мониторинга сельского хозяйства»

Правообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет) (RU)*

Авторы: *Хитрин Максим Олегович (RU), Бегашев Михаил Фёдорович (RU), Кузьмин Александр Юрьевич (RU), Шестакова Людмила Ивановна (RU), Максимова Валентина Николаевна (RU)*



Заявка № 2015662493

Дата поступления 17 декабря 2015 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ 11 февраля 2016 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев

Приложение В. Результаты анализа картографических библиотек

№	Критерий	OpenLayers	Leaflet	Google Maps	Яндекс.Карты
1.	Размер библиотеки	170 Кбайт (версия 3.13.1)	123 Кбайт (версия 0.7.7) + плагины	21.9 Кбайт (остальное загружается динамически)	44.7 Кбайт (версия 2.1, остальное грузится динамически)
2.	Функциональные возможности				
2.1	Кластеризация (группировка точечных объектов)	+	+ (при помощи плагинов)	+	+
2.2	Тепловые карты (Heat Maps)	+	+ (при помощи плагинов)	+	+
2.3	Маршруты, навигация	-	-	+	+
2.4	Сервис пробок	-	-	+	+
2.5	Поиск (каталог организаций)	-	-	+	+
2.6	Геокодирование	-	-	+	+
3.	Наличие базовых карт	Спутник MapQuest, OpenStreetMap, Bing	С помощью плагинов - OpenStreetMap, Bing, Esri (при помощи плагинов)	Свои собственные схема, спутник и гибрид	Свои собственные схема, спутник и гибрид, народная карта
4.	Поддержка сторонних слоёв				
4.1	Тайловый слой (Tile Layer, TMS),	+	+	+	+
4.2	WMS (Web Map Service)	+	+	-	-
4.3	WFS (Web Feature	+	+ (плагин)	-	-

№	Критерий	OpenLayers	Leaflet	Google Maps	Яндекс.Карты
	Service)				
4.4	KML (GML)	+	+ (плагин)	+	+
4.5	GeoJSON	+	+ (плагин)	+	-
4.6	GPX	+	+ (плагин)	-	+
4.7	GeoCSV	-	+ (плагин)	-	-
4.8	Shapefile	-	+ (плагин)	-	-
5.	Наличие встроенных инструментов				
5.1	Изменение масштаба карты	+	+	+	+
5.2	Переключение активных слоёв	+/- (создание описано в примерах) [85, 86]	+	+	+
5.3	Вывод координат курсора	+	+ (плагин)	-	-
5.4	Масштабная линейка	+	+	+	+
5.5	Полноэкранный режим	+	+ (плагин)	+	+
5.6	Обзорная карта	+	+ (плагин)	+	+
5.7	Поворот карты	+	-	-	+
5.8	Печать карты	-	+ (плагин)	+	+
5.9	Измерение длины	+/- (создание описано в примерах) [87]	+ (плагин)	+	+
5.1 0	Измерение площади	+/- (создание описано в примерах) [87]	+ (плагин)	-	-
6.	Поддержка	+	+	+	+

№	Критерий	OpenLayers	Leaflet	Google Maps	Яндекс.Карты
	картографических данных в различных проекциях (возможности перепроецирования)				
7.	В каких крупных проектах применялась	Geoserver – используется для предварительного просмотра загруженных слоёв; Геопортал Челябинской области [88]	MapBox – крупный картографический веб-сервис; OpenStreetMap.org – открытые карты, создаваемые сообществом по всему миру;	FlightRadar24.com – онлайн отображение передвижения пассажирских самолётов; Airbnb.com – онлайн-площадка для размещения, поиска и краткосрочной аренды частного жилья по всему миру.	Ozon.ru – карта пунктов выдачи заказов в Москве; Спортмастер – карта магазинов торговой сети Спортмастер; Райффайзенбанк – отделения и банкоматы на карте; Cian.ru – объявления об аренде и продаже недвижимости на карте [88]
8.	Возможности адаптации (расширяемость)	+	+	+/- (исходный код закрыт)	+/- (исходный код закрыт)
9.	Наличие документации	+	+	+	+
10.	Поддержка	+	+	+	+
11.	Условия использования	Лицензия BSD, свободное программное обеспечение	Лицензия BSD, свободное программное обеспечение	Бесплатно, если в течение 90 дней подряд число загрузок карт не превышает 25	Нельзя применять его только для получения и обработки данных,

№	Критерий	OpenLayers	Leaflet	Google Maps	Яндекс.Карты
				<p>000 в день; Наличие рекламы; До 2500 бесплатных запросов в день на веб- службы; Запрет на внутреннее использование [89]</p>	<p>например геокодирования точек или прокладки маршрутов без вывода их в интерфейсе. Недопустимо скрывать или менять логотипы и копирайты на карте, а также загораживать их другими элементами[88; 90].</p>

