

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»

**Автореферат**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Челябинск – 2017

Работа выполнена в ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)».

Научный руководитель:

**Шестаков Александр Леонидович**  
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты:

**Куликов Геннадий Григорьевич**  
доктор технических наук, профессор  
Заслуженный деятель науки Российской Федерации, профессор кафедры автоматизированных систем управления ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет»

**Серебряков Сергей Владимирович**  
кандидат технических наук,  
заместитель генерального директора по инновационному развитию АО «Роскартография»

Ведущая организация:

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», г. Симферополь

Защита состоится 30 октября 2017 года в 14:00 на заседании диссертационного совета Д 212.298.03 при ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» по адресу: 454080, г. Челябинск, пр. им В.И. Ленина, 76, ауд. 1001.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» и на сайте <http://www.susu.ru/ru/dissertation/d-21229803/hitrin-maksim-olegovich>.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью, просим направлять по адресу: 454080, г. Челябинск, пр. им В.И. Ленина, 76, ЮУрГУ, Ученый совет, тел +7 (351) 267-91-23, факс (351) 265-62-05.

Автореферат разослан «\_\_\_\_\_» 2017 г

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
кандидат физико-  
математических наук

Н.М. Япарова

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

В диссертационной работе изложены результаты исследования задачи создания адаптивного геоаналитического портала на основе методики многоступенчатого выбора открытых компонентов. Диссертационное исследование основано на трудах следующих учёных и специалистов: А.В. Бакланова, Г. Бобински, Н.И. Глумова, М. Н. ДеМерса, Ю.Д. Зраенко, А.В. Кошкарёва, Б.Г. Литвака, О.В. Логиновского, Э. Митчелла, В.М. Мишина, А.И. Орлова, В.П. Раклова, С.В. Серебрякова, Р. Томлинсона, А.Л. Федотова, А.В. Чернова и др.

**Актуальность темы.** 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 довольно дорогостоящими и требуют от управляемческого 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.

**Цель и задачи диссертационной работы.** 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, метод 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.

**Методы выполнения 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, метод 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.

**Практическое значение** 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 к диссертации.

**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 9 печатных работах, из них 2 в изданиях, входящих в перечень, рекомендуемых ВАК России для опубликования научных результатов диссертаций. Получено 2 свидетельства о регистрации программы для ЭВМ.

**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 экспертизы 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.

### **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

В *введении* представлены сведения об актуальности темы диссертационного исследования, целях и задачах работы, методах исследования, научной и практической значимости, аprobации полученных результатов, научных публикациях, структуре и объеме работы, положениях, выносимых на защиту.

В *главе 1* произведен ретроспективный анализ геоинформационных технологий и систем (ГИС), рассмотрены этапы их развития, исследованы геоинформационные порталы как современные средства обработки пространственных данных. Рассмотрены также существующие методы и средства разработки геоинформационных порталов, а также показана целесообразность создания геоаналитических порталов на основе компонентов с открытым исходным кодом. Такие порталы могут служить эффективным средством подготовки принятия решений при управлении развитием территории самого различного назначения.

Как показал выполненный анализ этапов эволюции ГИС, динамика последних происходила в значительной мере под влиянием развития интернет-технологий, а также теоретических идей развития геоинформационных систем, с чем связано направление веб-картографии. Появление стандартов обмена пространственной информацией вкупе с большими объемами накопленных геопространственных данных определило направление глобального тренда по созданию инфраструктур пространственных данных (ИПД) по всему миру. Отметим, к примеру, что первой полноценной реализацией ИПД считается портал NSDI (The National Spatial Data Infrastructure), который хранит и предоставляет доступ к пространственным данным США. Впоследствии был запущен портал ИПД стран Европы под инициативой INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in Europe), объединяющий пространственные данные по 34 тематическим направлениям. Как известно, в России также предпринимались попытки создания подобных инфраструктур. В частности, в 2006 году свет увидела «Концепция создания и развития инфраструктуры пространственных данных Российской Федерации». Согласно данному документу, одним из основных компонентов системы стал геоинформационный портал или геопортал. Точного определения данного термина не существует, однако наиболее популярное его

толкование говорит о том, что геопортал – это «точка входа в Интернет или Интранет с инструментами просмотра метаданных, поиска географической информации, ее визуализации, загрузки, распространения и, возможно, поиска геосервисов». В этом контексте геопортал является лишь одной из подсистем ИПД. Однако, анализ развития ИПД в России позволяет заявить, что геопортал сегодня имеет более широкое значение. Вместо создания единой ИПД, в России все чаще создаются отдельные геопорталы, каждый из которых имеет собственное направление и особенности. В привычном понимании термина геопортал – лишь средство визуализации пространственных данных, хранящихся в ИПД. При этом не важно, где и как были созданы данные. Как правило, они формируются с помощью настольной ГИС. Однако все чаще часть функций полноценной ГИС переходят в геопортал, а в перспективе перейдут и полностью.

Таким образом, задача разработки геопортала, который не только удовлетворял бы базовым требованиям, присущим другим аналогичным продуктам, но также был бы расширяем, адаптивен к изменениям и позволял выполнять аналитические функции, выступая в роли системы поддержки принятия решений по управлению развитием территории и интеллектуального анализа данных, встает всё чаще. При создании геопортала разработчики могут реализовать несколько вариантов своих действий: купить коммерческий продукт, который после определенных доработок будет удовлетворять начальным требованиям, либо начать разработку с нуля, своими силами, что, конечно, предоставит широкие возможности, но при этом может занять продолжительный период времени, и что зачастую связано со значительными затратами. Однако не стоит ограничиваться лишь двумя упомянутыми подходами, так как благодаря организации Open GIS Consortium (OGC), существует множество открытых стандартов и средств работы с пространственной информацией. На основе данных компонентов возможно создать геопортал, который будет удовлетворять любым исходным требованиям.

Исследование имеющихся подходов и методов к разработке геопорталов нельзя начать, не изучив вопрос создания ГИС, так как хотя геопортал и уникален в своем понятии – это всё та же ГИС, но со свойственной веб-приложениям спецификой. Для понимания вопроса рассматриваются несколько методик проектирования и планирования ГИС.

Первой рассматривается «десятиступенчатая методика планирования ГИС» Р. Томлинсона. Согласно данной методике можно спланировать как корпоративную ГИС, так и полноценную ИПД в целом. В основе методики лежат 10 шагов, которые необходимо преодолеть и в результате сформировать требования к системе. Вопроса непосредственно разработки данная методика не затрагивает.

Другим материалом по разработке ГИС может служить труд М. ДеМерса, 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 отдельные части системы.

Третьей моделью, которая служит целям разработки ГИС приложений, является модель зрелости ГИС Грэга Бобински, в которой собраны ключевые вопросы для определения возможностей по разработке геоинформационной системы, а также текущего состояния предметной области. Как и предыдущие две модели, в данном случае не рассматриваются конкретные компоненты для создания приложения.

Наиболее часто упоминается в литературе модель, созданная OGC, так называемая, эталонная модель геопортала. Следует отметить, что данная модель лишь в

общих чертах описывает структуру типового геопортала. Но модель не учитывает конкретные программные компоненты и не дает указаний, как и в каком случае использовать предоставленные средства. Кроме того, в диссертационной работе осуществлён анализ существующих моделей ИПД и геопорталов в составе ИПД. Это позволило определить их общие черты и характеристики. Таким образом, для практических целей можно воспользоваться следующими подходами для создания геопортала:

— Разработка собственного продукта с нуля.

*Преимущества* такого подхода в том, что можно создать геопортал, который полностью будет удовлетворять вашим 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, существует опасность так до конца и не сформировать портал с требующимися функциональными характеристиками, либо количество постоянных изменений в ходе разработке может привести к плохо работающему продукту.

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

В данном случае *преимущества* очевидны: вы получаете 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 бы вашим желаниям, что в конечном итоге требует привлечения специалистов, которые адаптируют данную систему под ваши требования. Это также весьма дорогостоящая процедура.

— Разработка собственного продукта с использованием открытого программного обеспечения.

*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, достигается экономия средств 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 бы на себя функции управления информацией о пользователях, разграничивало бы доступ между различными пользовательскими ролями, хранило данные о подключениях и проектах карт.

Всё сказанное выше отобразим в таблице при условии, что 1 соответствует преимуществу, а 3 - недостатку:

Таблица 1 – 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

Проведенный анализ позволяет заявить, что разработка геопортала на основе открытых компонентов позволяет значительно сократить затраты временных и материальных ресурсов при сохранении полного контроля над процессом разработки.

Во главе 2 диссертации изложены научные основы создания адаптивного геоаналитического портала, в том числе постановка задачи разработки, структурная модель, характеристика адаптивности портала и др. Представлена методика выбора компонентов, реализованная на основе метода экспертизы оценок.

По результатам анализа используемых на практике моделей создания геопорталов, содержащегося в Главе 1, включая эталонную модель, стало очевидно, текущие архитектуры геопорталов требуют дополнения в следующих частях:

- подсистеме контроля доступа;
- средствах интеллектуального анализа данных.

Подсистема контроля доступа должна присутствовать в любом геопортале, так как всегда существуют данные, которые должны быть доступны узкому кругу пользователей. В случае с муниципальными геопорталами выделяют внутренних и внешних пользователей, а также есть те, кто заходит на геопортал без учетной записи, но, в то же время им необходимо предоставлять доступ к просмотру 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 позволяют выстраивать алгоритмы сопряжения данных для поиска закономерностей и получения новых, ранее не существовавших данных.

Рассмотрим аналитические возможности геопортала:

1. Обработка больших массивов данных (Big Data). Данная возможность является ключевой при создании геоинформационного портала, так как ввиду 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 геопортале предусмотрено несколько функций:

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

2. Аналитика в реальном времени (OLAP). Ситуация такова, что информация бывает нужна «здесь и сейчас», в результате геопортал должен адекватно реагировать на запросы пользователей и выдавать результат в кратчайшие сроки. Для реализации данной возможности геопортал должен быть выполнен в виде клиент-серверного приложения, в качестве клиента в котором выступает браузер пользователя с интерфейсом геопортала. Серверное же приложение берет 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 необходимо прибегнуть к использованию пространственной алгебры – нахождение объединения, пересечения или вычитания пространственной составляющей объектов.

4. Помощь в принятии управлеченческих решений (Decision Support). К данному пункту относятся любые функции, повышающие 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 группе объектов.

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». Разработанная в диссертации модель геоаналитического портала представлена на рисунке 1.

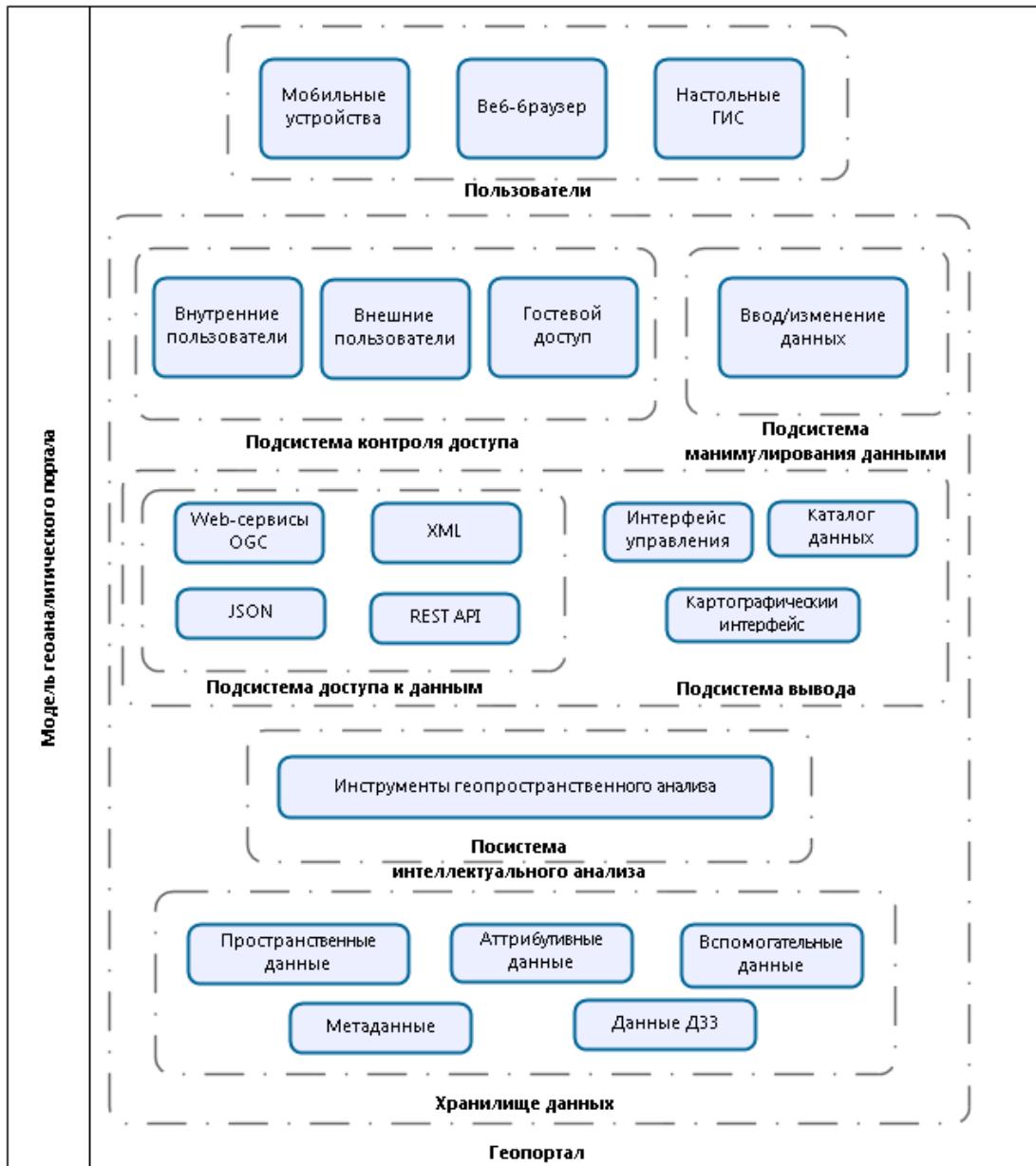


Рис. 1. Структурная модель геоаналитического портала

Описанная 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.

2. *Подсистема вывода данных* – также как и предыдущий компонент является ключевой во всей системе, без ее 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, 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 определение 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.

Согласно ГОСТ 24.104-85 «Автоматизированные системы управления. Общие требования» известно, что Адаптивность АСУ должна быть достаточной для достижения установленных целей ее функционирования в заданном диапазоне изменений условий применения. 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». 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». Таким образом, можно говорить 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 показал, что, как правило, для создания геопорталов используются готовые решения (компании 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, также возрастает. Добавление нового функционала требует обращения в компанию-разработчик основного продукта, что не гарантирует реализацию необходимых требований в краткосрочной перспективе. Таким образом, выделим 2 основных недостатка коробочных систем:

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 продукт оправдывает себя, особенно при старте, однако в долгосрочной перспективе ставит под вопрос жизнеспособность системы. При использовании же открытых компонентов, достигается полный контроль над процессом разработки и исходным кодом программного обеспечения, а значит при изменении или возникновении новых требований, имеется 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 геопортала при изменении условий и требований, что соответствует приведенным выше определениям.

Для решения первой задачи адаптивности в контексте разработки геоинформационного портала следует 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 геопортала представлена на рисунке 2.

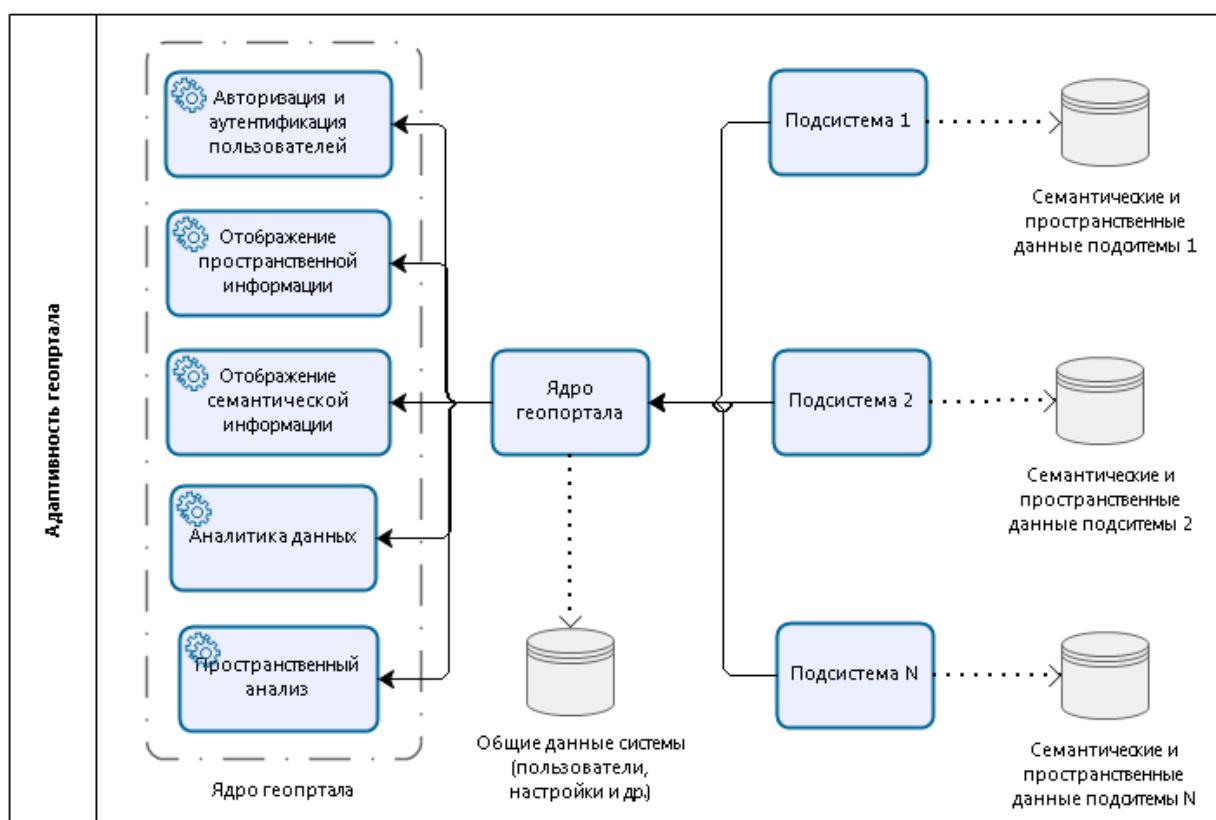


Рис. 2. Адаптивная структура геопортала  
Данная структура предполагает наличие следующих компонентов:

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 информацию 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 реализации 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 проектирования MVC (Model-View-Controller) или Модель-Представление-Контроллер. 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 ASP.NET MVC, в котором модель – это структурированное описание данных, представление – форма отображения данных. Контроллер содержит набор алгоритмов для реализации управляющих действий 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, структура которой представлена на рисунке 3.

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.

Проведенный анализ и описанная структурная модель геоаналитического портала демонстрируют, что существует множество альтернативных открытых компонентов и взаимосвязей между ними. Для выбора конкретных платформ и компонентов следует в первую очередь руководствоваться требованиями к геопорталу, однако вопрос выбора конкретных остается нерешенным.

Для решения данного вопроса формализуем задачу формирования архитектуры геопортала из описанных выше компонентов. Основой служит техническое задание, содержащее описание требований к геопорталу. Применяя системный подход, необходимо разделить исходные требования и соотнести их согласно описанной модели. В результате будет создана матрица требований к программному продукту. Таким образом, задача выбора компонентов сводится к определению возможностей компонентов и их соответствия предъявляемым требованиям.

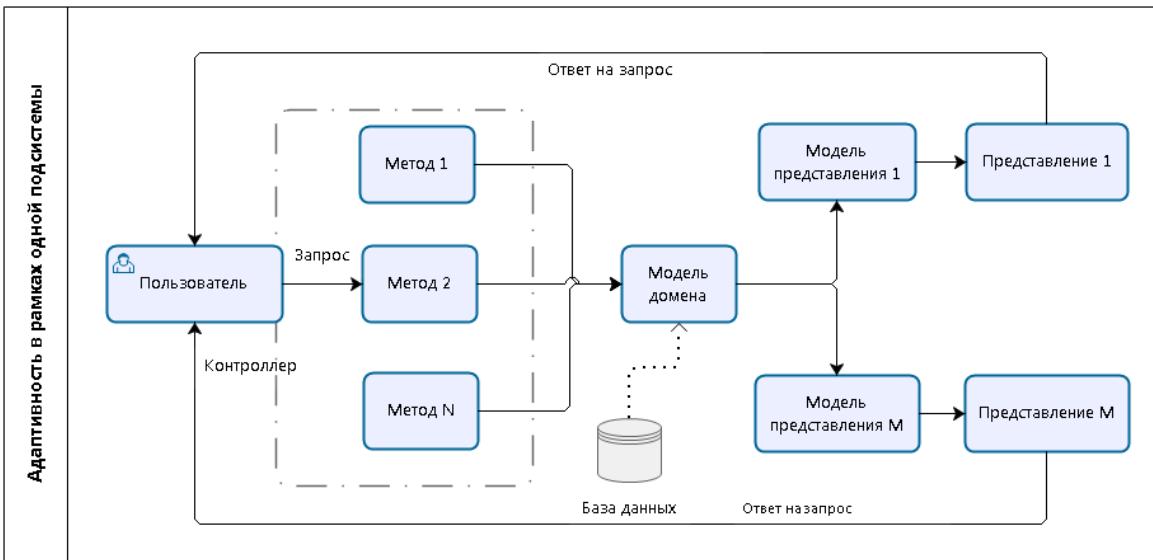


Рис. 3. Адаптивность в рамках одной подсистемы

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.

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 К 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.

*На Этапе 2* проводится предварительная подготовка к проведению экспертурного опроса. Первоначально необходимо определить оптимальное количество экспертов для проведения опроса. В работах В. М. Мишина приводится формула определения минимального числа экспертов:

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

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

Определим оптимальное количество экспертов для проведения опроса, выражив значение ошибки, через количество экспертов и построим график изменения ошибки от количества экспертов (рисунок 4):

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

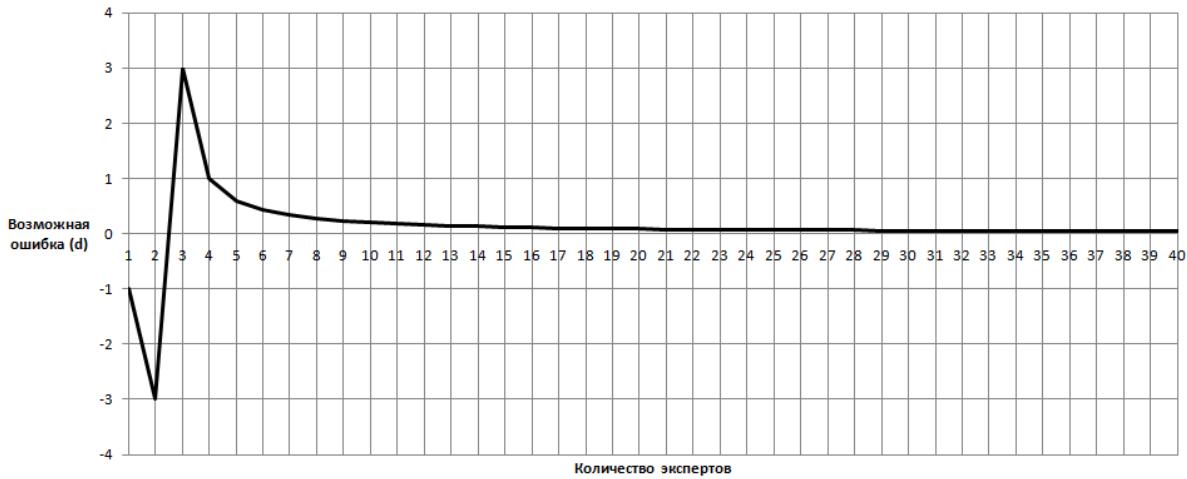


Рис. 4. График зависимости ошибки от количества экспертов

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

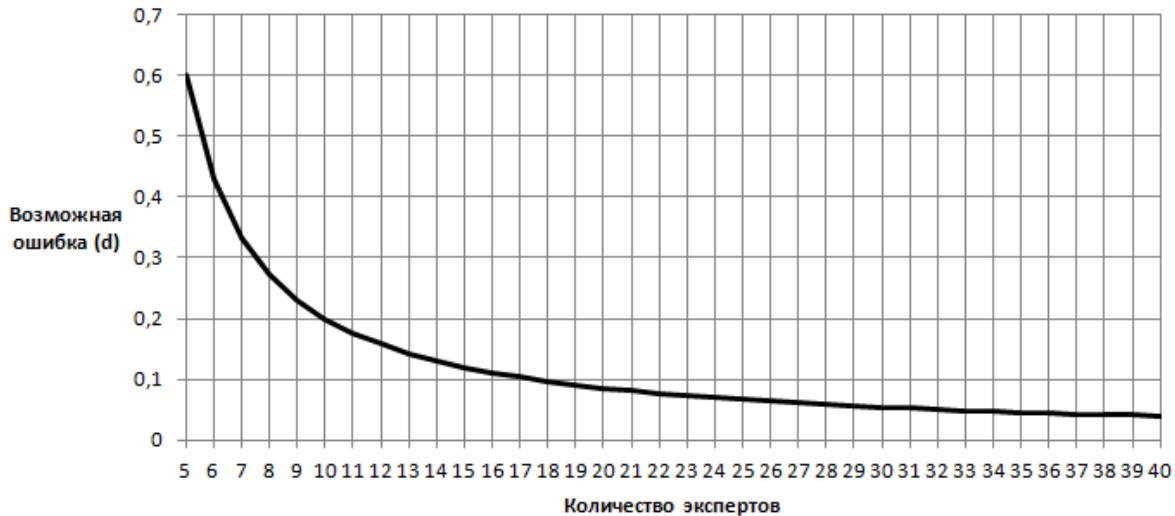


Рис. 5. Зависимость ошибки от количества экспертов при  $0 < d < 1$

Опыт показывает, что возможная ошибка не должна превышать 20%, и, как правило, лежать в диапазоне от 10 до 20%, что, согласно графику, соответствует 10 и 18 экспертам, таким образом, количество экспертов для проведения опроса:  $10 \leq \mathcal{E}_{\text{опт}} \leq 18$ .

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 уровень своей компетентности 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 предлагаются ответить на ряд вопросов по теме экспертизы. На основе его ответов определяется и оценка компетенций.

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 ...  $G_{max}$ , 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. 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  $b_j$ :

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

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  $m$ .

Таблица 2 – Матрица ответов  $l$ -ого эксперта

Компоненты \ Требования	$T_1$	...	$T_i$	...	$T_n$	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, 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:

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

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

Таблица 3 – Матрица рангов компонентов

Компоненты \ Эксперты	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.

Для проверки согласованности ответов после проведения экспертного опроса по полученной в результате матрице ответов рассчитывается коэффициент конкордации по формуле 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, коэффициент конкордации лежит в диапазоне  $1 > W > 0$ , при этом считается, что при  $W = 0$  согласованность экспертов отсутствует, а при  $W = 1$  – полная согласованность. 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 использовать один из методов борьбы с диссидентами: отбросить крайние значения, использовать медиану вместо среднего арифметического или исключить из опроса ответы эксперта, обладающего наименьшим уровнем компетентности, определенного на Этапе 2, и провести пересчет результирующих рангов и коэффициента конкордации. Стоит выполнять данное действие до тех пор, как  $W$  превысит 0,5.

*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.

*На этапе 5* для выбранного компонента выполняется создание матрицы ответов всех экспертов (за исключением исключенных, если такие существуют) для всего набора требований.

Таблица 4 – 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-балльной 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. 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 5 – 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  $T_i$ :

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

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

На основе полученных средних значений соответствия требованиям следует определить среднюю оценку соответствия компонента.

$$I_k = \frac{\sum_{i=1}^n I_i}{n}, \quad (13)$$

где  $n$  – количество требований к подсистеме  $k$ .

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

$$I_{\text{системы}} = \frac{\sum_{k=1}^K I_k}{K}, \quad (14)$$

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. Кроме того, определив требования, которые не реализуются в полной мере выбранными компонентами, разработчики геопортала сфокусируют основные силы на доработке именно этого недостающего функционала.

В главе 3 диссертации приводятся основные методические положения по созданию адаптивного геоаналитического портала и результаты применения разработок диссертационного исследования на практике, в том числе приведены общие организационно-методические положения по созданию адаптивного геоаналитического портала и описан опыт применения разработанной методики при реализации геоинформационных проектов в Челябинской области: Геопортала Челябинской области, Системы мониторинга сельского хозяйства (подсистемы геопортала) и комплекса мониторинга передвижения с/х техники.

#### *Разработка геопортала Челябинской области*

В 2011 году в связи с развитием идей «Электронного правительства» в Челябинской области началась реализация первых проектов в области геоинформационных систем. Ситуационному центру губернатора области был необходим инструмент оперативного отображения проблем с возможностью оперативного реагирования. Таким инструментом стал Геопортал Челябинской области, разработанный НОЦ Геоинформационные системы Южно-Уральского государственного университета.

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 призваны решать 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 эти 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.

Результатом работ по разработке стала система, основу которой составляет WEB-приложение, созданное специалистами НОЦ «ГИС» с использованием фреймворка ASP.NET MVC. Все пользовательские данные хранятся в системе управления базой данных (СУБД) Microsoft SQL Server, что позволяет достичь максимальной структурированности и доступности информации. Хранение пространственных данных реализовано при помощи СУБД PostgreSQL с дополнительным программным модулем PostGIS. Клиентская часть системы работает на HTML5 с подключенной OpenSource библиотекой OpenLayers. Векторные данные, хранящиеся в базе пространственных данных, транслируются в сеть с помощью web-приложения GeoServer по протоколу WFS. 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 MapProxy. 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. Разработанная система полностью отвечает требованиям и выполняет поставленные задачи. Геоинформационный портал эксплуатируется с декабря 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.

#### *Система мониторинга сельского хозяйства*

В 2014 году в Челябинской области возникла потребность анализа мультиспектральных космических снимков для целей мониторинга сельского хозяйства в Октябрьском районе Челябинской области. Результатом работ стала подсистема Геопортала Челябинской области, но выполненная в виде отдельного геопортала, под названием «Система мониторинга сельского хозяйства». Перечислим основные функциональные возможности 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 основе разработанной системы лежит модульный подход, что повышает возможности расширения системы и общую адаптивность ИАС. Отдельный модуль

реализует функции и задачи своей предметной области. Результатом работ стала информационная система, структурная схема которой представлена на рисунке 6.

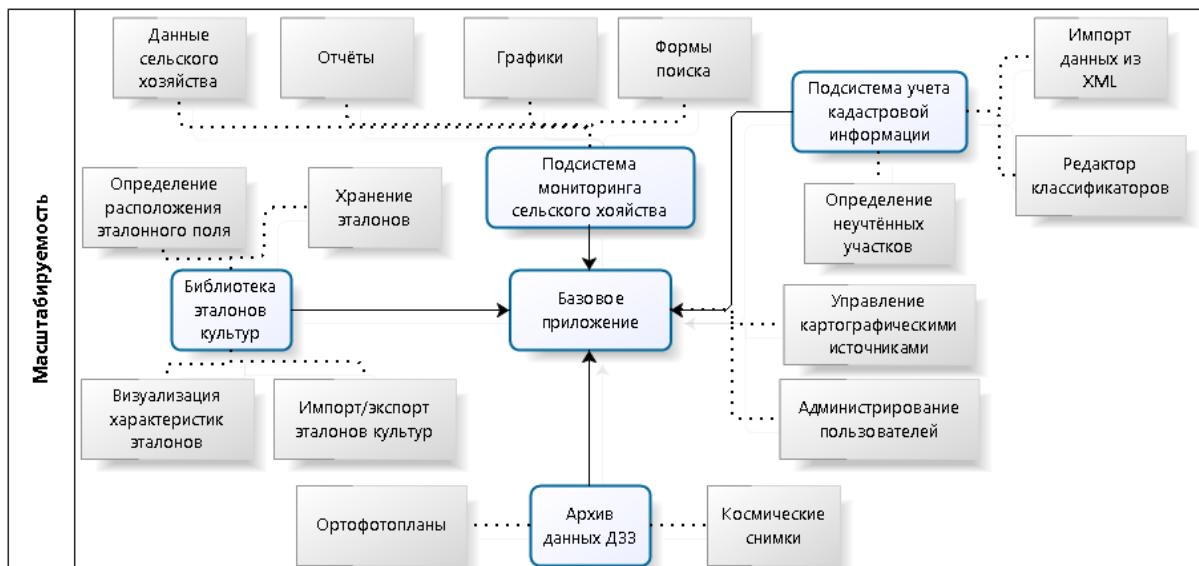


Рис. 6. Модульность системы

Система была построена на основе компонентов с открытым исходным кодом. Основу системы составляет web-приложение, которое объединяет следующие открытые компоненты: OpenLayers 3, GeoServer, GDAL/OGR.

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.

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.

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

Кроме того, ни одна современная информационная система не может обходиться без возможностей загрузки и выгрузки данных. Как известно, наиболее часто используемым форматом хранения пространственной информации является Shape-файл. Соответственно для повышения возможностей наполнения системы была реализована возможность импорта и экспорта данных из 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 с версии Microsoft SQL Server 2008. Импорт и экспорт данных в shape-файл из базы данных возможен через внутренние форматы. Как правило, данная задача сводится к приведению формата хранения геометрии либо к WKB, либо к WKT, а непосредственно функции импорта в базу данных выполняет библиотека GDAL.

Как уже говорилось ранее, для объединения всех обозначенных выше компонентов было разработано web-приложение, которое 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.

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.

2. *Определение обрабатываемой и необрабатываемой земли.* На основе данных ДЗЗ определяются значения индексов NDVI, которые анализируются системой и выделяют земли 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 составила 23 000 га, что при арендной ставке 0,01 руб./ $m^2$  может принести 2,3 млн. руб. в бюджет области.

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

#### *Система мониторинга передвижения сельскохозяйственной техники*

В 2016 году к созданной системе мониторинга сельского хозяйства был проявлен интерес со стороны частных фермерских хозяйств. Однако ввиду 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 работы 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 директоры с/х предприятий, агрономы, специалисты, занимающиеся учётом данных сельского хозяйства в организациях. Развитием данной системы стало подключение данных расхода топлива и показателей со встроенных в технику с датчиков уровня топлива. Для анализа получаемых данных, определения объемов

расхода топлива и фактов нецелевого расхода материала была разработана отдельная подсистема.

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 обезжаемых земель 200 км, расходе 15 л/100 км, средней стоимости топлива 36 руб./л экономится 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. для одного фермерского хозяйства.

## **ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ**

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

1. Анализ сферы развития 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, а также наличия специализированного программного обеспечения.

2. Обоснование выбора эффективного подхода создания геопортала показывает, что наиболее эффективным подходом по созданию геопортала является подход к разработке с использованием компонентов с открытым исходным кодом, которые выполняют основные функции отображения геопространственной информации, хранения и информационного обмена. При этом основное преимущество использования данного подхода заключается, как в доступности программных средств, так и в возможности расширения функционала собственными силами и силами коллег со всего мира, за счет чего достигается экономия временных и материальных ресурсов.

3. Предложенная в диссертационной работе структурная модель геоаналитического портала, состоящая из нескольких функциональных подсистем, каждая из которых может быть реализована при помощи одного из компонентов с открытым исходным кодом, дает возможность сформировать геоинформационный портал для полноценного анализа состояния и эффективного развития территории.

4. В процессе исследования вопроса адаптивности геопортала 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.

5. Сформирована математическая модель и методика 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 моделей и методики 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.

**Основные положения и результаты диссертационного исследования опубликованы в следующих печатных изданиях:**

*Статьи в журналах, рекомендованных ВАК:*

1. Khitrin, M.O. Development of Geographic Information Portal of the Chelyabinsk Region / М.О Хитрин., В.Н. Максимова // Университетский научный журнал. – №13. – 2015. – С. 99-107.

2. 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.

*Свидетельства о регистрации программ для ЭВМ:*

3. Свидетельство государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015613852 УралГИС Регион / М.О. Хитрин. М.: Роспатент, 2015.

4. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2016611808 Система мониторинга сельского хозяйства / М.О. Хитрин [и др.]. М.: Роспатент, 2016.

*Прочие публикации по теме диссертационного исследования:*

5. 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.

6. 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.

7. 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.

8. 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.

9. 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.

10. 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.

11. 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.

---

*В авторской редакции*

Подписано в печать \_\_\_\_\_. Усл.печ.л. 1,0  
Формат 60x84 1/16. Тираж 100 экз. Заказ № \_\_\_\_

---