

На правах рукописи

ЖЕЛЕЗНЯКОВ ВЛАДИМИР АНДРЕЕВИЧ

**Разработка методики геоинформационного обеспечения оперативного
обновления электронных карт большого объёма с использованием банка
пространственных данных**

25.00.35 – Геоинформатика

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Москва - 2014

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Московский государственный университет геодезии и картографии» (МИИГАиК).

Научный руководитель:

доктор технических наук, профессор Цветков Виктор Яковлевич

Официальные оппоненты:

Кулагин Владимир Петрович, доктор технических наук, профессор
Московский институт электроники и математики НИУ ВШЭ,
заместитель директора

Дубов Сергей Сергеевич, кандидат технических наук Московский
государственный университет геодезии и картографии, Центр новых
информационных технологий, директор

Ведущая организация: федеральное государственное бюджетное
учреждение «Центр геодезии, картографии и инфраструктуры
пространственных данных».

Защита состоится «___» _____ 2014 г. в _____ на заседании
диссертационного совета Д.212.143.03 в Московском государственном
университете геодезии и картографии (МИИГАиК) по адресу: 105064, г.
Москва, Гороховский пер. 4, зал заседаний Ученого совета.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Московского
государственного университета геодезии и картографии и на сайте
www.miiigaik.ru.

Автореферат разослан «___» _____ 2014 г.

Ученый секретарь

диссертационного совета

Вшивкова Ольга Владимировна

Общая характеристика работы

Актуальность темы исследования: в настоящее время для оперативной обработки пространственной информации необходимы электронные карты большого объёма. Такие карты могут занимать терабайты информации в банке пространственных данных. Они могут содержать различную информацию в зависимости от сферы применения, например административные данные (информацию об участке, его владельце, даты постановки на учёт и др.), логистические данные (время оперативного выезда до точки, оптимальные маршруты с учетом текущей ситуации и др.), среднюю занятость и другую информацию необходимую для принятия решений или оценки текущей ситуации.

Эффективное решение задач невозможно без постоянного обновления получаемой информации и осуществления мониторинга возможного только при наличии развитого банка пространственных данных на территорию Российской Федерации.

Обновление и поддержание достоверных данных, своевременное выявление изменений в состоянии, оценки, предупреждение и устранение последствий негативных процессов должны быть основными целями мониторинга не осуществимыми без банка пространственных данных (БПД), использование которого требует новых и современных методов обработки, получения, анализа и интерпретации пространственной информации.

Необходима четкая структурированность информации для создания БПД различных уровней потребления и применения. Необходимо применение различных методов мониторинга разнообразных показателей с использованием геоинформационных технологий, применением геоинформационных систем (ГИС), электронных карт, данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), ГЛОНАСС/GPS и наземных обследований, наблюдений. Важным фактором при создании и использовании БПД является обмен, передача и доступность уже имеющейся и накопленной информации полученной из различных источников в течении многих лет.

Так как такие электронные карты занимают большие объемы информации, то для их формирования могут потребоваться месяцы работы. Например, для

формирования карты России масштаба 1:200 000, общим объёмом файлов 595.7 МБ потребовалось три недели работы четырёх компьютеров. Формирование растров выполнялось для электронных карт содержащей 1 миллион 686 тысяч объектов на 86 листах, с размерами растров в несжатом виде не более чем 130.7 ГБ. К основной карте было добавлено 46 матриц высот общим объёмом 199.35 ГБ и общим количеством файлов около 17 миллионов. Для удобства использования полученных данных они представляются в виде тайлов и публикуются на геопорталах и геосервисах в локальных сетях и сетях Интернет.

Информация на таких картах постоянно изменяется и добавляется, поэтому остро встаёт вопрос об оперативном обновлении таких карт. В тоже время классические ГИС, такие как ArcGIS и MapInfo не в состоянии решить эту задачу из-за невозможности решить проблему хранения карт большого объема, так как они ориентированы на хранение данных в виде базы данных. Они не способны вести банк пространственных данных, так как в них по другому организовано хранение информации. Уже для размеров векторных данных около 1 ГБ отображение информации в этих системах может занять десятки минут, что неприемлемо для оперативного просмотра таких карт.

В основе БПД должна лежать наиболее простая и удобная в использовании детализирующая сущность, способная объединить самые разнообразные сведения об объектах управления, их пространственном описании. Векторное представление данных способно связать воедино исчерпывающую информацию о земельном участке, площадных характеристиках, атрибутивной информации, то есть всю информацию необходимую для осуществления мониторинга земель. Таким образом, совокупность этих интегрирующих сущностей и должна лечь в основу оптимальной модели единого информационного банка, основанном на пространственном описании данных, доступ к которому осуществляется с помощью геоинформационных технологий.

В данной работе проведены исследования, посвященные основным методам доступа к БПД для осуществления мониторинга, обмена и обновления пространственной информацией. Эти исследования позволяют по-новому решать задачи в области геоинформатики, мониторинга, региональном управлении, создании инфраструктуры пространственных данных, для решения задач

экономического управления, транспорта, государственного управления.

Цель исследования разработка принципов, геоинформационной методики и геоинформационных технологий.

Объект исследования — геоинформационные инфраструктуры, методы и технологии хранения и использования геоинформации на основе распределенных баз данных и знаний.

Предметом исследования является банк пространственных данных.

Основные задачи исследования:

1. Унификация информационного обеспечения пространственных данных, необходимого для осуществления мониторинга.
2. Разработка метода сбора, хранения, передачи и обработки геоинформации.
3. Разработка метода получения пространственных данных, используемых в геопорталах для осуществления мониторинга.
4. Разработка метода обмена и обработки пространственными данными для ГИС на основе современных геоинформационных стандартов.
5. Разработка метода обновления электронных карт большого объёма.
6. Разработка системного подхода для осуществления мониторинга.

Для достижения поставленной цели и решения определенного выше круга задач применялись: системный анализ, дескриптивный анализ, коррелятивный анализ, казуальный анализ, вычислительные эксперименты, методы теории баз данных.

В процессе работы были проанализированы и использованы труды следующих авторов: Цветкова В.Я., Верещаки Т.В., Берлянта А.М., Малинникова В.А., Ямбаева Х.К., Майорова С.А., Савиных В.П. и других, международные стандарты обмена пространственными данными, а также технические руководства по различным ГИС-продуктам фирмы ЗАО КБ «Панорама», «ESTI MAP», «DATA+».

Научная новизна. В диссертационной работе автором получены следующие новые результаты:

1. С использованием инкрементального подхода к формированию БПД разработана методика получения пространственных данных из геопорталов. Для

данной методики усовершенствованы и разработаны формулы.

2. Автоматическая интеллектуальная система формирования и обновления пространственных данных. Введены понятия: виртуальная матрица обновления тайлового пространства, матрица состояния системы. Разработаны формулы для функционирования системы.

3. Концептуально - функциональная модель применения БПД с использованием автоматической интеллектуальной системы.

Научные положения, выносимые на защиту:

1. Методика формирования пространственных данных, полученных из геопорталов для осуществления мониторинга земель.

2. Методика обмена и отображения пространственных данных между БПД.

3. Автоматическая интеллектуальная система формирования и обновления электронных карт большого объёма.

4. Концептуально - функциональная модель функционирования и применения БПД для осуществления мониторинга.

Обоснованность и достоверность теоретических выводов и практических рекомендаций определяются корректностью логических и математических выкладок, объективностью теоретических основ и теоретических предпосылок, лежащих в основе экспериментальной верификации теоретических положений, использованием методов компьютерного моделирования, положительным опытом применения апробированных методов на практике.

Кроме того, выдвинутые в диссертации положения подтверждаются успешностью их применения для реализации программного обеспечения «ГИС Карта 2011», «ГИС Сервер», «GIS WebServer», «ImageryCreator», «ImageryService».

Практическая значимость. Результаты, полученные в ходе исследования, могут применяться при формировании БПД, использоваться при мониторинге, хранении и обновлении данных. Обеспечивая более высокий уровень автоматизации, предложенный подход ведет к существенному упрощению формирования БПД, обменом и публикацией пространственной информацией, осуществлением мониторинга и, соответственно, к уменьшению временных и

стоимостных затрат. При этом подход имеет достаточную степень общности, что позволяет использовать его во множестве прикладных областей самой различной направленности. Например, в региональном и государственном управлении, для информационной поддержки управленческих решений, при создании инфраструктуры пространственных данных, в транспорте, в сельском хозяйстве, в земельном кадастре, в геодезии и других областях.

Результаты данной работы можно использовать в качестве основы при создании банков и баз данных управления недвижимостью и природопользованием. При мониторингах разных типов, при проектировании, инженерных изысканиях, при строительстве и при муниципальном управлении.

Внедрение результатов работы. Результаты работы использовались при создании и улучшении программного обеспечения «ГИС Карта 2011», «ГИС Сервер», «GIS WebServer», «GIS WebFeatureService», «GIS WebCoverageService», «ImageryCreator», «ImageryService» Результаты работы подтверждаются справками о внедрении и 4 свидетельствами о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Апробация результатов исследования. Основные положения работы докладывались на следующих конференциях: пятой общероссийской конференции изыскательских организаций “Перспективы развития инженерных изысканий в строительстве в Российской Федерации” (Москва, 2009); шестой международной научно-практической конференции «Геопространственные технологии и сферы их применения» (Москва, 2010); шестьдесят пятой научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых МИИГАиК, посвященной шестидесятипятилетию победы в Великой Отечественной войне (Москва, 2010); шестой общероссийской конференции изыскательских организаций “Перспективы развития инженерных изысканий в строительстве в Российской Федерации” (Москва, 2010), международный форум «Высшее геодезическое образование - история, настоящее и будущее», посвященного 175-летию Указа императора Николая I о преобразовании Константиновского Межевого училища в Межевой институт 10 мая 1835 г. - Москва, МИИГАиК, 2010.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 13 печатных работ из

которых 4 включены в перечень изданий, рекомендованных ВАК, а также 4 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Структура диссертации. Работа состоит из введения, 3-х глав, заключения и списка литературы из 147 наименований. Диссертация изложена на 140 листах машинописного текста и содержит 48 рисунков, 4 таблицу и 3 приложения.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность исследования, определяются направления исследований.

Сформулирована цель работы, ее научная новизна и практическая ценность диссертации, формулируются результаты, выносимые на защиту.

В первой главе приведен развернутый анализ современного состояния информационного обеспечения пространственных данных, рассматриваются ГИС, основные источники пространственных данных, а также поднимается вопрос о том, как должен выглядеть БПД.

- Во-первых, БПД должен обеспечить единую структурированную схему хранения данных, а также обеспечить исключение дублирования данных.
- Во-вторых, необходимо обеспечить единый подход к занесению новых пространственных данных и обновлению уже имеющихся в БПД.
- В-третьих, информация, содержащаяся в БПД должна быть доступна всем заинтересованным службам и ведомствам, предприятиям, а также гражданам и организациям в рамках имеющихся у них полномочий.
- В-четвертых, на основании информации, содержащейся в БПД должно осуществляться информационное взаимодействие между различными уровнями государственного, муниципального, регионального управления.
- В-пятых, БПД должен обеспечивать возможность создания внутриведомственных информационных систем, упорядочивающих деятельность в каждой конкретной структуре.
- В-шестых, БПД должен легко интегрироваться по вертикали, т.е. в рамках БПД данные должны передаваться вышестоящим и нижестоящим органам, ведомствам, организациям.

В ходе исследований выявлено, что ГИС должна сочетать в себе

аппаратно-программный комплекс, обеспечивающий учет пространственных данных и информационно-аналитическую поддержку технологий для принятия решений. В основе системы управления должна лежать электронная карта, информационная база данных и иные атрибутивные сведения о пространственных объектах.

Исследование современного опыта создания БПД и собственные исследования автора привели к выводу о том, что для построения и использования ГИС необходимо информационное обеспечение, полученное из различных источников: данные ДЗЗ; цифровые аэрофотоснимки; данные GPS/ГЛОННАС приборов; данные, полученные из фондов (цифровые карты, измерения, планы внутрихозяйственного обустройства); данные, полученные из ГИС; результаты измерительных геодезических приборов; материалы лазерного сканирования.

Исследования отечественных и зарубежных литературных источников показали, что обновление БПД на территорию Российской Федерации сложный процесс, требующий систематизации данных. Для осуществления обновления БПД необходимо решение различных задач, зависящих от степени детализации данных, области их применения и конечного результата. Для систематизации и обобщения этих задач необходимо деление всей системы учета на следующие уровни: государственный уровень, региональный уровень, муниципальный уровень, уровень предприятия/холдинга.

В ходе исследования автором выявлено, что на каждом уровне целесообразно применять не всю совокупность данных, а только лишь некоторые из них. Схема целесообразности применения данных для различных уровней организации представлена на рисунке 1 в виде графа.

На основании проведенных исследований можно сделать выводы о необходимости создания БПД, имеющего четкую иерархическую структуру, разделённую на уровни.

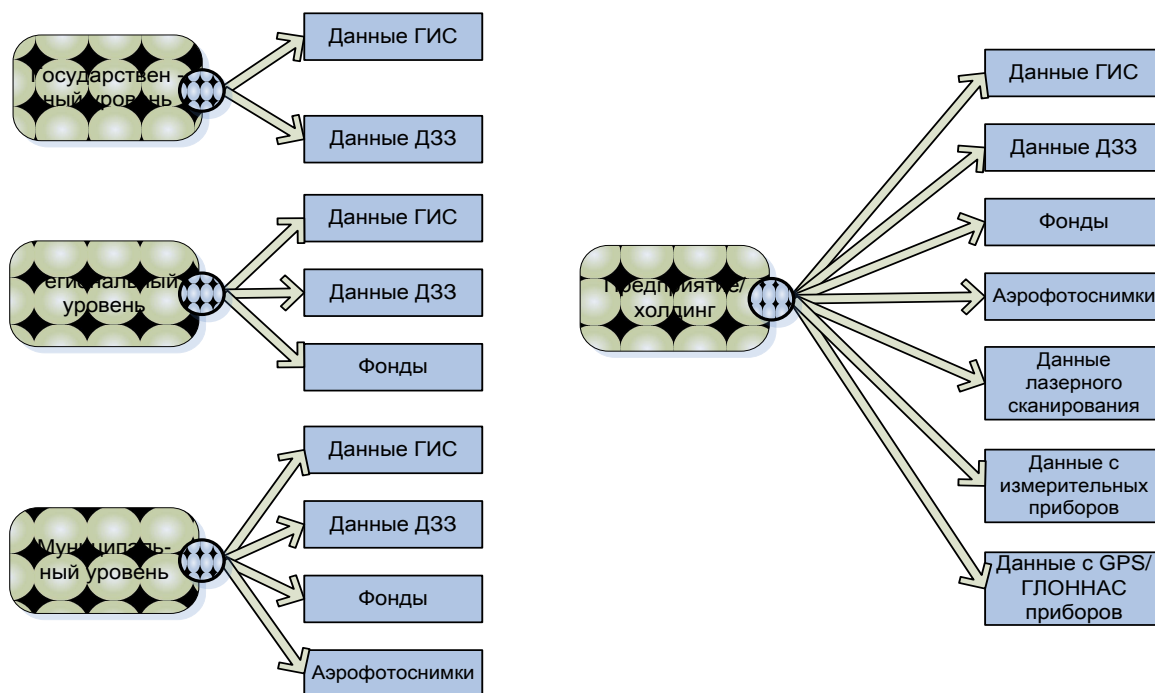


Рис.1. Графовая модель применения данных для систем учета различных уровней организации

Во второй главе раскрывается, как на основе инкрементальных подходов к проектированию сформировать и наполнить БПД, рассматриваются основные источники данных и используются новые методики формирования данных, полученных из геопорталов, фондов и других источников пространственных данных; как на основе международных протоколов и стандартов осуществлять доступ к пространственной информации, как организовать распределенный доступ к данным; как передавать и публиковать пространственные данные в среде Интернет; описывается новая автоматическая интеллектуальная система по обновлению и поддержанию данных в актуальном состоянии, а также приводится обобщенная модель применения БПД для осуществления мониторинга земель и обмена пространственной информацией.

На начальном этапе создания БПД проекта нет, есть полная неопределенность или отсутствие реализованной функциональности.

Инкрементный подход применительно к проектированию и построению БПД означает поэтапный процесс проектирования с накоплением опыта и наращивания ресурса.

В процессе инкрементного подхода при проектировании создается «ресурсная» технологическая модель. «Ресурсность» означает накопление

опыта и улучшение качества процесса проектирования от проекта к проекту.

Автором предложена визуальная модель для решения задач проектирования. Она состоит в том, что заданная целевая функциональность (светлый круг) проекта, заполняется реализацией (залитый круг) проекта.

Исходная точка проекта соответствует белому кругу, то есть поставленной цели при отсутствии реализации. По мере проектирования реализация возрастает, что отражается заполнением белого круга залитым кругом. Конечная цель соответствует полностью залитому кругу (рисунок 2).

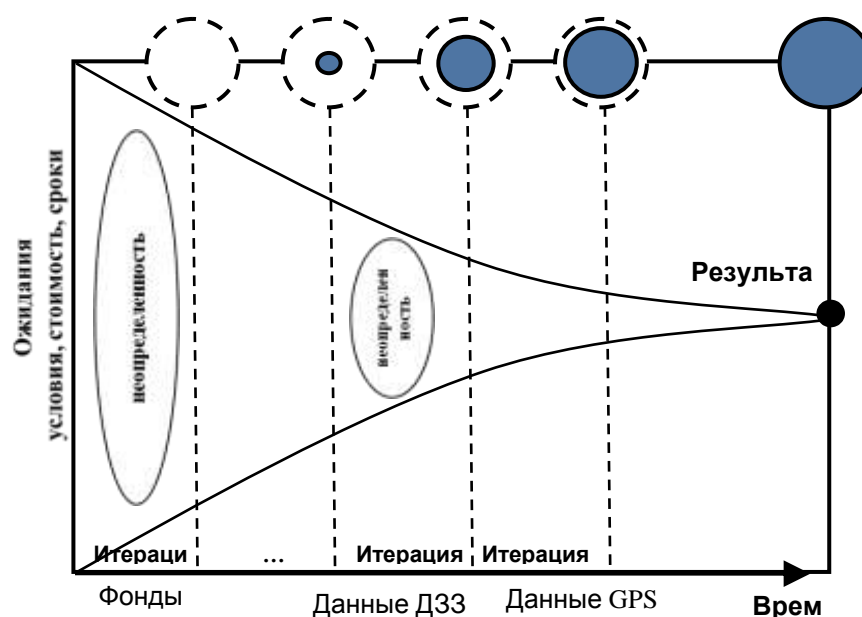


Рис.2. Инкрементальное проектирование БПД

Инкрементный (Incremental) процесс подразумевает постоянное развитие процесса проектирования, включая анализ, поиск новых решений, анализ ошибок и импакт анализ на каждом этапе проектирования.

Так как основной детализирующей сущностью, лежащей в основе БПД, является пространственный объект, то нам в любой момент времени необходимо знать его точные границы. На этапе неопределенности данные по объекту возможно получить из фондов. Постепенно наращивая во время итераций реализованную функциональность, например применяя данные ДЗЗ, данные GPS/ГЛОНАСС, данные измерительных приборов, мы получаем более точные и достоверные сведения, приходя к конечному результату. Точность полученных данных соответствует точности выбранного метода измерения и погрешности измерительного прибора. Помимо точности необходимо

учитывать такой показатель как стоимость, потраченную на получение данных. В большинстве случаев данных ДЗЗ достаточно для реализации целевой функции. С помощью них можно получить точную, обработанную и наглядную картину местности на определенную территорию с разрешением до 0.6м на пиксель, но получение таких данных дорогостоящий процесс.

Для уменьшения, как временных, так и стоимостных затрат автор предлагает обобщенные методики получения спутниковых данных из доступных в Интернет источников (геопорталов). Такими источниками являются: GoogleMaps, GoogleEarth, DigitalGlobe, YandexMap, Космоснимки, LandSat.

В общем виде методика получения данных с использованием ресурсов сети Интернет сводится к выполнению следующих этапов:

1. запрос участка, для которого необходимы данные, на карте
 - получение габаритов участка из системы координат карты.
 - преобразование координат к проекции данных на сервере.
2. посылка запроса на сервер
3. получение данных в формате и проекции хранения данных на сервере
4. преобразование данных в формат и проекцию карты
 - создание (склеивание) изображения в проекции хранения данных на сервере.
 - трансформирование данных.
 - привязка данных.

Существует несколько способов хранения данных на сервере:

- Данные на сервере размещены в определенной проекции и разделены на небольшие фрагменты (тайлы). Процесс доступа к таким снимкам осуществляется на основе номера конкретного тайла в общем массиве, его версии и разрешения.
- Данные на сервере размещены в виде больших растров, процесс доступа к ним осуществляется на основе координат, задаваемых пользователем, размера тайла и его разрешения.

Преимущества первого способа хранения данных над вторым

заключается в быстром доступе к тайлам, так как они занимают небольшие размеры и кэшируются в браузере пользователя. Но такой вид хранения данных неудобен в случае постоянно меняющейся или обновляющейся информации, так как предполагает предварительную подготовку (нарезку) данных, а для больших объёмов информации это ресурсоёмкий процесс.

Получение габаритов области, на первом этапе, сводится к получению координат рамки области. После определения способа хранения данных на сервере необходимо пересчитать координаты X_1, Y_1, X_2, Y_2 в номера тайлов на сервере, учитывая разрешение снимков.

$$pX = \frac{\text{numX}}{\text{Size}}; \quad pY = \frac{\text{numY}}{\text{Size}}. \quad (1)$$

Определить размеры получаемого тайла в пикселях, предварительно рассчитав расстояния L_1 и L_2 , задаваемые формулами:

$$L_1 = \frac{|x_{old1} - x_{old2}|}{Pr}; \quad L_2 = \frac{|y_{old1} - y_{old2}|}{Pr}, \quad (2)$$

где Pr – разрешение картинки в метрах. На основании текущего масштаба карты и разрешения можно подобрать наиболее оптимальный уровень n .

Необходимо рассчитать количество пикселей по оси X и Y в «склеенном» растре по формулам:

$$Xcount = Size * (\lfloor numX1 \rfloor - \lfloor numX2 \rfloor + Size * (numX1 - \lfloor numX1 \rfloor + 1)); \quad (3)$$

$$Ycount = Size * (\lfloor numY1 \rfloor - \lfloor numY2 \rfloor + Size * (numY1 - \lfloor numY1 \rfloor + 1)).$$

Так как разрешение по оси X может не совпадать с разрешением по оси Y , то необходимо вычислить единое разрешение (Pr') по формуле:

$Pr' = \min(pL1, pL2)$, где $pL1, pL2$ – разрешения по оси X и Y соответственно. (4)

$$pL1 = \frac{|x_{old1} - x_{old2}|}{Xcount}, \quad pL2 = \frac{|y_{old1} - y_{old2}|}{Ycount}. \quad (5)$$

Зная габариты области для загрузки, необходимо создать пустой растр в проекции исходной карты с новым разрешением. Пусть данный растр описывает матрица $M'(i', j')$.

Оставшийся процесс трансформирования растра выглядит следующим образом (рис. 4):

1. Получение координаты пикселя в проекции карты с номером (i', j') матрицы M' ;
2. Преобразование координаты (i', j') в номер пикселя (i, j) матрицы M ;
3. Перенос пикселя матрицы M (i, j) в пиксель матрицы $M'(i', j')$.

Вычисление координаты текущего пикселя осуществляется по формулам:

$$newX = x_old1 - j' * Pr', \quad newY = y_old1 + i' * Pr'. \quad (6)$$

Далее $newX$ и $newY$ пересчитываются к системе координат снимков $newX'$ и $newY'$.

Для 1 типа хранения данных координаты $newX$ и $newY$ пересчитываются в номера пикселей матрицы M на основании проекции снимка.

Для 2 типа хранения данных номер пикселя высчитывается по формуле:

$$i = \frac{|X1 - newX|}{\Delta PixX}, \quad j = \frac{|Y1 - newY|}{\Delta PixY}. \quad (7)$$

Для обмена и предоставления пространственных данных целесообразно использовать международные стандарты OGC WMS, WMTS, WFS, WCS. Применение сервисов позволит минимизировать трафик, ускорить процесс передачи данных, не потеряв детализированную точность, при осуществлении запроса к данным. Применение сервисов позволит использовать различные ГИС, поддерживающие данные протоколы, при обмене пространственной информацией, упростит и повысит надежность при передаче данных. Сервисы предназначены для предоставления в среде Интернет пространственной информации в виде векторных данных или графического изображения данных, описания условий получения геоданных и описания характеристик. Использование стандартов обеспечивает единый доступ для поиска, обмена и предоставления геопространственных данных, создает возможности для взаимодействия ГИС-приложений, веб-сервисов и БПД (рисунок 3).

При передаче и обмене пространственными данными размер данных для обновления или запроса может насчитывать десятки или сотни гигабайт пространственной информации. В большинстве случаев нет необходимости

получать все эти данные, достаточно лишь только их часть на определенную территорию, в зависимости от уровня разделения (государственный, федеральный, муниципальный, уровень предприятия).

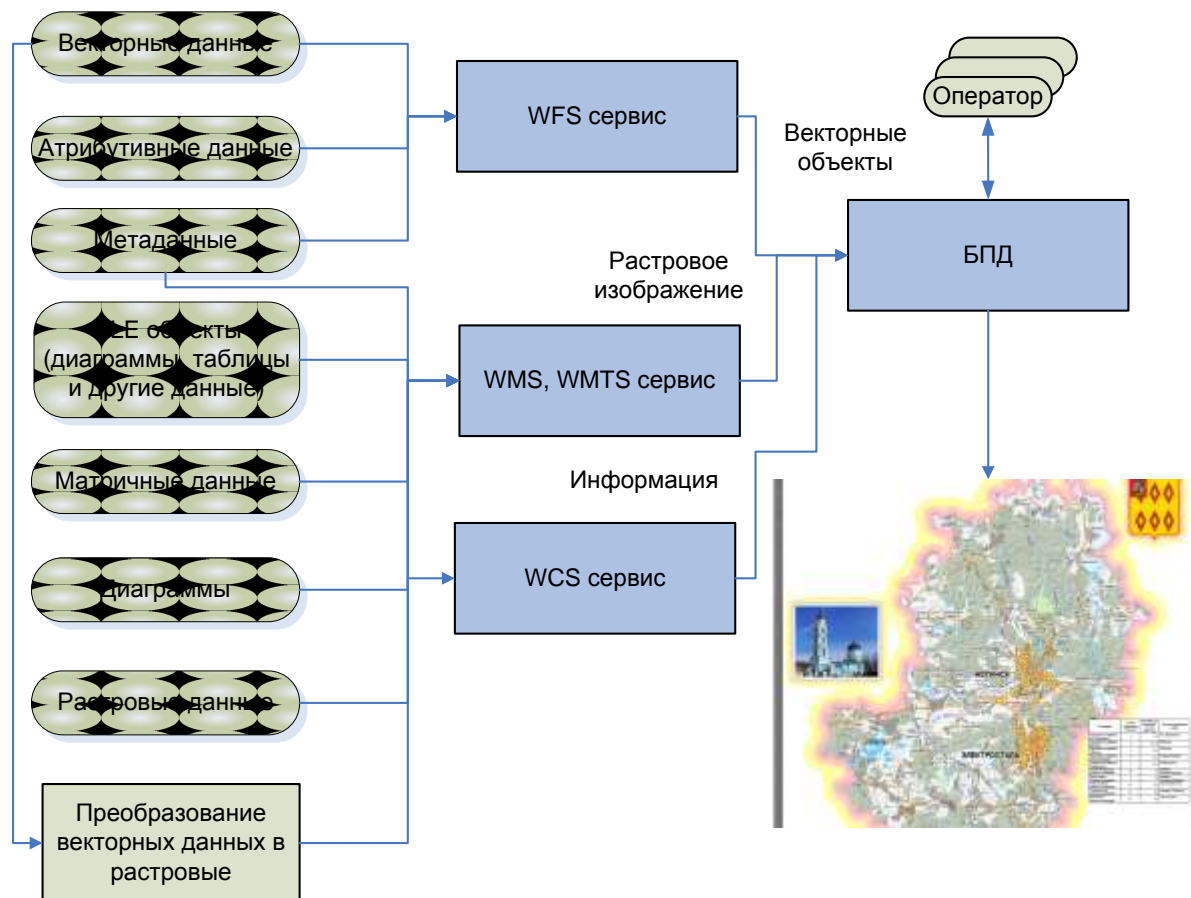


Рис. 3. Схема взаимодействия сервисов и БПД

Также при передаче и обмене пространственными данными через сети Интернет/Инtranet необходимо программное обеспечение, которое бы отображало на картах и снимках данные об объектах из базы данных, имеющих территориальную привязку, выполняло просмотр, сортировку и фильтрацию таблиц базы данных; имело функции масштабирования, скроллинга, изменения размеров изображения карты, функции редактирования, выбора и поиска объектов карты по различным критериям, измерения расстояний по карте и другие сервисные операции.

Автором показано, что для выполнения всех вышеперечисленных функций необходимы геопорталы и геосервисы различных уровней.

Формирование и наполнение БПД тайловыми данными требует больших временных, и вычислительных операций. Но как быть с постоянно меняющимися данными? Конечно для этого можно выделить операторов,

которые следили бы за изменением векторных, матричных или растровых данных, но что если объем этих данных исчисляется сотнями гигабайт информации, или меняется и утоняется всего лишь часть – уследить за изменением всех параметров простому оператору невозможно, да и процесс новой перестройки тайловой основы долгий. Например, размер данных, необходимый для функционирования БПД на территорию Краснодарского края составляет 2 Тб (для Регионального уровня, состоящего из набора карт и данных ДЗЗ). Поэтому остро встает вопрос об автоматизации данного процесса. Автор предлагает структуру новой «Автоматической интеллектуальной системы» (АИС), которая бы сама анализировала и перестраивала измененные области данных (рисунок 4).

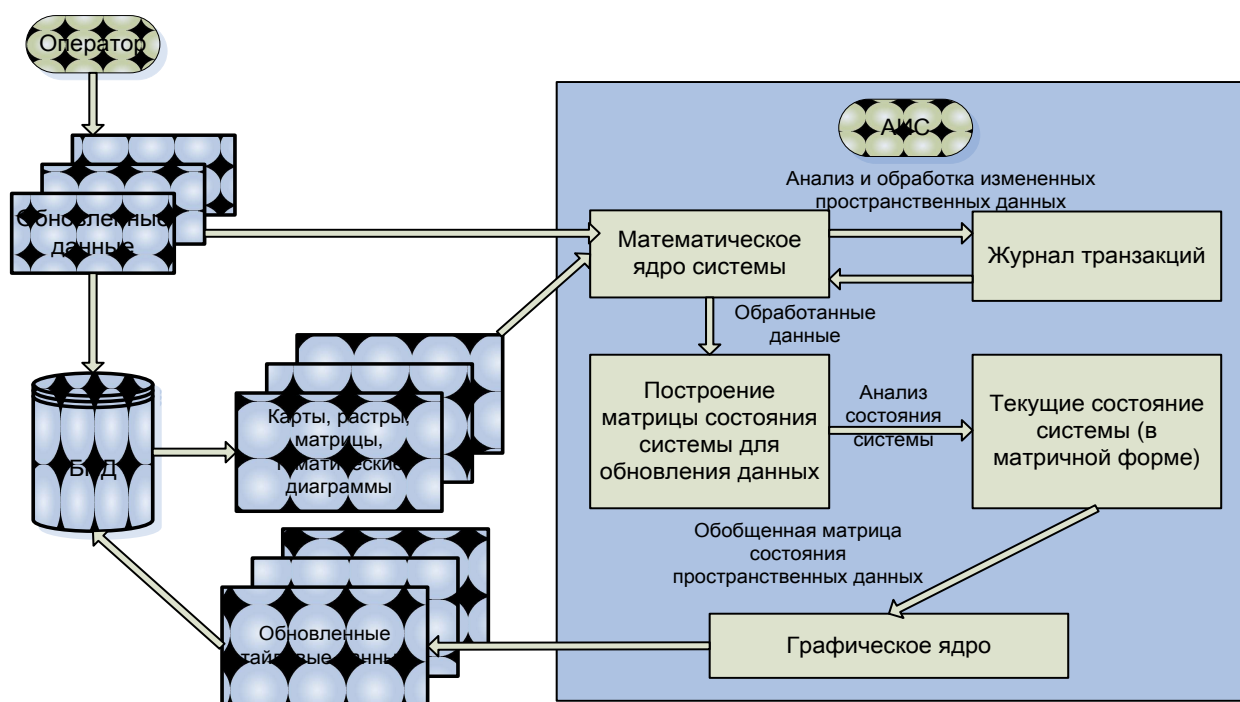


Рис.4. Схема функционирования «Автоматической интеллектуальной системы»

На первом этапе, оператор изменяет, добавляет или удаляет пространственные данные, взаимодействуя с БПД. Для изменения данных используется ГИС, ведущая журнал транзакций. АИС анализирует изменения БПД. В качестве основных параметров сравнения, например, могут выступать – размер и дата изменения файла.

На втором этапе, данные из БПД попадают в математическое ядро системы, в котором происходит анализ и сравнение предыдущего состояния системы и новых измененных данных. Для векторной информации этот анализ

заключается в изменении и обработке внешнего вида объекта. На основе журнала транзакций ГИС – АИС устанавливает какие объекты изменены. Далее математическое ядро системы виртуально воссоздает пространственное положение в тайловой модели нового и старого состояния объекта и определяет территорию для обновления данных. Для растровой информации, например форматов rsw, mtr и других, которые имеют блочную структуру, анализируется контрольная сумма каждого блока и в случае её несоответствия определяется пространственное положение в тайловой модели нового и старого состояния растровой информации.

На третьем этапе, информация, полученная из математического ядра системы, анализируется, и на основе неё строится виртуальная матрица обновления тайлового пространства, состоящая из 0 и 1. Соответствующие поля этой матрицы говорят о необходимости изменения тайлов. Данная матрица может постоянно изменяться и дополняться, поскольку АИС может уже выполнять обновления БПД. Поэтому после завершения времени, выделенного на обновление, необходимо сохранять состояние тайлового пространства в виде матрицы состояния системы. В случае, если имеется уже новая матрица состояния и старая еще не завершена, необходимо объединить обе матрицы состояний и сохранить их.

На четвертом этапе, матрица состояния системы накладывается на тайловое пространство, и на основании функций ядра происходит построение тайловых данных и запись их в БПД.

Рассмотрим подробнее процесс получения виртуальной матрицы состояния системы. Начальное состояние АИС выражается 0 матрицей Z , говорящей о том, что система находится в состоянии покоя, и обновление или нарезка тайлового пространства не осуществляется. Размер данной матрицы соответствует количеству тайлов для текущего масштаба M .

$$Z = \begin{pmatrix} z_{11} & z_{1x} \\ z_{y1} & z_{yx} \end{pmatrix}, z_{yx} = 0, y = \overline{1, y_{count}}, x = \overline{1, x_{count}} \quad (8)$$

Виртуальная матрица состояния системы АИС_m представлена в следующем виде и выражается формулой.

$$\text{АИС}_m = \text{АИС}_m | \text{ВИРТоБ}_m \quad (9)$$

$$\text{АИС}_m = \begin{pmatrix} T_{m_{11}} & T_{m_{1x}} \\ T_{m_{y1}} & T_{m_{yx}} \end{pmatrix}, y = \overline{1, y_{count}}, x = \overline{1, x_{count}}, m = \overline{1, m_{count}} \quad (10)$$

Соответствующие члены данной матрицы говорят о необходимости создания определённого тайла.

Чтобы определить виртуальную матрицу обновления тайлового пространства, необходимо понять и проанализировать, какие типы данных возможны при её формировании. Всё пространство данных можно разделить на три типа: векторная, растровая или матричная информация.

Тогда общая матрица обновления должна выражаться следующей формулой:

Виртуальная матрица обновления

$$\text{ВИРТоБ}_m = \sum_1^{S_{count}} (Z | \text{ВИРТкарт}_{m_s}) | \sum_1^{K_{count}} (Z | \text{ВИРТрастр}_{m_k}) | \sum_1^{N_{count}} (Z | \text{ВИРТматр}_{m_n}) \quad (11)$$

Преимущества: АИС как составная часть ГИС позволит не только обновить данные в автоматическом режиме в указанное время, но и сократит время на обновление этих данных

Проведем опыт: сколько потребуется времени для формирования тайловой основы карты России, базового масштаба 1 : 1 000 000, занимающей в вектором виде 95.7 МБ в формате SXF. Формирование тайлов выполнялось в масштабе от 1 : 5 000 000 до 1 : 200 000, содержащей 686 тысяч объектов на 40 листах, с размерами растров в несжатом виде не более чем 2.7 ГБ. К основной карте было добавлено 46 матриц высот общим объёмом 9.35 ГБ. Время формирования растров 1сутки 20 часов. Всего создано 433 306 тайла в формате png, с размерами каждого тайла 256*256 пикселей, общим объёмом фалов в 4,5 ГБ. Для формирования карты России масштаба 50 000 и общим количеством файлов около 17 миллионов, общим объёмом 100 гб уйдет уже около двух недель работы. Поэтому остро встает вопрос о необходимости разделения нарезки данных по зонам. Но таких проектов может быть несколько и соответственно необходима многозадачность и многопоточность для распределения нагрузки.

На основании проведенного опыта выяснилось, что АИС должна являться фоновой системой, которую возможно программировать на обновление в определенный промежуток времени и следить сразу за несколькими проектами БПД (территориями).

Применение всех выше перечисленных и разработанных методик, протоколов и систем позволяет сформировать единый БПД, на основании которого возможно вести учет, мониторинг и осуществлять различного вида деятельность как на региональном, муниципальном уровне, так и на уровне предприятия. Концептуально - функциональная модель применения БПД для различных уровней представлена на рисунке 5.

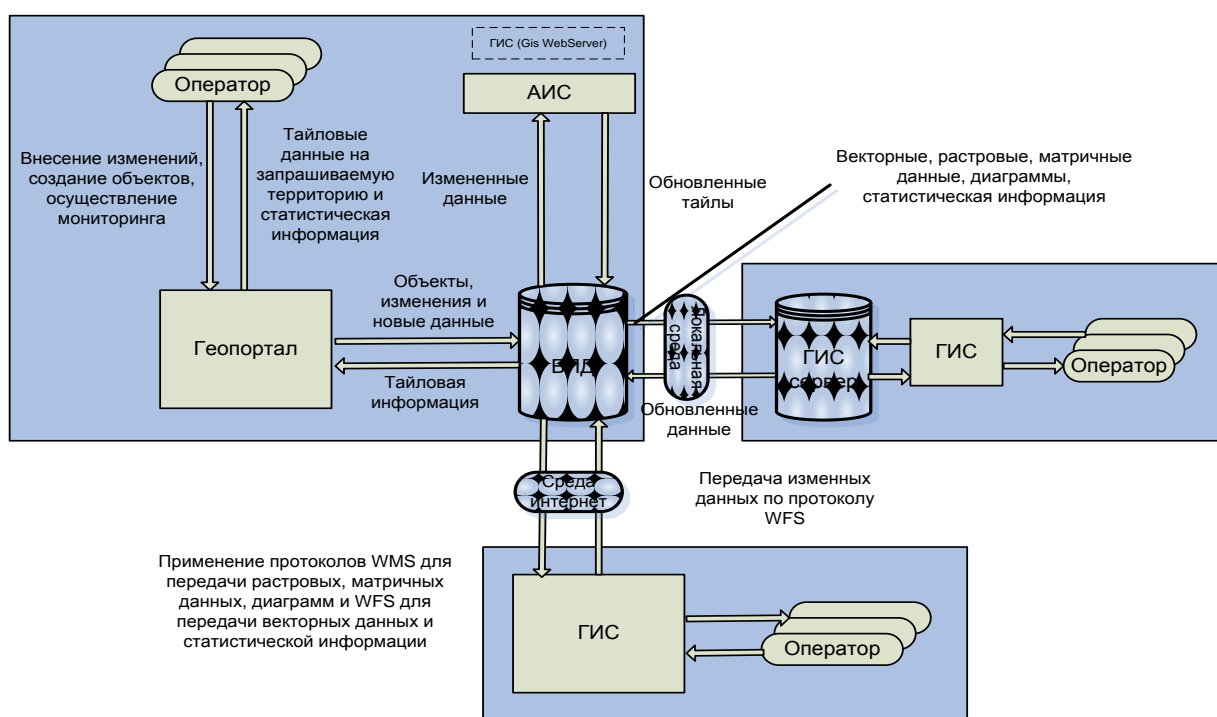


Рис.5. Концептуально - функциональная модель применения БПД

На данной схеме под геопорталом подразумевают такой сервер по работе с данными, при котором выполняются следующие функции: отображение, масштабирование, поиск и выделение объектов, редактирование и создание объектов, запрос атрибутивных данных. Любое изменение информации анализируется АИС, которая перестраивает тайловое пространство. Использование данной модели позволяет оперативно получать информацию для принятия управленческих решений.

В третьей главе раскрывается в какие продукты внедрены различные методики и методы получения, обмена, предоставления и обновления

пространственной информации и как воспользоваться ими для решения различных задач. Например, для информационной поддержки управленческих решений, при создании инфраструктуры пространственных данных, в транспорте, в сельском хозяйстве, в земельном кадастре, в геодезии.

Все методики, модели, АИС, подходы к накоплению данных, технологии обработки и распределения информации реализованы и апробированы в различных программных продуктах ЗАО «КБ Панорама».

Для обмена и передачи пространственной информации из фондов, GPS приборов, данных других ГИС создан механизм конвертации данных, используемый в следующих конверторах: импорт/экспорт данных Польского формата (*.mp), импорт/экспорт данных формата Google (*.kml), импорт/экспорт данных MicroStation (*.dgn), импорт/экспорт данных OGC GML (*.gml), импорт/экспорт данных MapInfo формата (*.mif), импорт/экспорт данных ArcView (*.shp), импорт/экспорт данных AutoCad (*.dxf), импорт/экспорт данных графа дорог (*.gdf) и других.

По обобщенной методике формирования пространственных данных, полученных из геопорталов, созданы такие приложения, как «Просмотр снимков Google», «Просмотр снимков DigitalGlobe», "Подключение геопорталов", позволяющие загружать данные по выбранной области, отдельному объекту или группе объектов. Подключено более 120 слоёв пространственной информации, 27 уникальных алгоритмов поиска данных, около 5000 матриц и проекций.

Для организации распределенного доступа к данным и одновременной работе различных пользователей с одним БПД в локальной сети создан ГИС Сервер.

Обобщенная методика отображения и обмена пространственными данными внедрена в продукты GIS WebServer для создания геопорталов, GIS WebService для осуществления доступа к БПД по протоколам OGC WMS, OGC WMTS, GIS WebFeatureService по протоколу OGC WFS, GIS WebCoverageService по протоколу OGC WCS. Созданы порталы и сервисы по предоставлению всем пользователям данных: карта Мира, карта России, карта Московской области, карта Воронежской области, карта Новосибирска, карта

Тверской области.

Автоматическая интеллектуальная система полностью реализована в программном продукте ImageryCreator, ImageryService позволяющем формировать тайловое пространство для БПД и поддерживать его в актуальном состоянии.

Графовая модель целесообразности применения информационного обеспечения земель, иерархическая структура состава пространственных данных, инкрементальные подходы и концептуально - функциональная модель применения БПД использованы для создания геопортала агрохимической службы Белгородский. По районам Алексеевский, Вейделевский, Красненский, Ровеньской, Губкинский, Ракитянский, включающие около 60 предприятий и холдингов созданы более 300 тематических карт, отражающих состояние земель сельскохозяйственного назначения.

Практическое применение автоматической интеллектуальной системы позволило оперативно обновлять электронные карты большого объёма, необходимые для функционирования геопорталов и геосервисов, а также следить за поддержанием банка пространственных данных в актуальном состоянии.

Результаты работы подтверждаются свидетельствами о государственной регистрации программ, выданными РОСПАТЕНТОМ: Сервис создания и обновления пирамид талов Imagery Service x64 № 2013619819, Сервис создания и обновления пирамид талов Imagery Service № 2013619690, Web-сервис покрытий GIS WebCoverageService x64 №2013613869, Web-сервис покрытий GIS WebCoverageService №2013613870, а также справками о внедрении в продукты ЗАО "КБ Панорама".

В заключении даны основные выводы и результаты исследования. На основании проведенных исследований поставленные цели достигнуты. К основным результатам работ необходимо отнести следующие:

1. Разработана графовая модель обоснования выбора информационного обеспечения пространственных данных и иерархическая структура состава пространственных данных, необходимая для осуществления мониторинга.

2. Разработан инкрементальный метод формирования и наполнения БПД информацией. С применением инкрементальных методов созданы тематические карты, отражающие состояние пространственных данных для функционирования геопорталов.

3. Для осуществления мониторинга земель подключены разнообразные источники пространственных данных, расположенные на геопорталах, и разработана методика формирования пространственных данных, полученных из геопорталов. Для данной методики предложен ряд формул по получению пространственных данных. Всего подключено более 120 различных слоёв данных.

4. На основании международных стандартов OGC WMS, WMTS, WFS, WCS разработана обобщенная методика обмена и отображения пространственных данных для БПД, используемого в ГИС различного назначения.

5. Разработана и внедрена автоматическая интеллектуальная система формирования и обновления электронных карт большого объёма для функционирования и поддержания БПД в актуальном состоянии. Для АИС предложена виртуальная матрица обновления тайлового пространства, матрица состояния системы. Предложен ряд формул по функционированию данной системы.

6. Разработана концептуально - функциональная модель применения БПД с использованием АИС. На основании данной модели развёрнуты геопорталы специального назначения.

Содержание диссертационного исследования отражено в следующих публикациях:

1. Железняков, В.А. Опыт построения систем учета земель сельскохозяйственного назначения / В.А. Железняков, Р.А. Демиденко // Инженерные изыскания. - 2009. - №11. – с. 40-43.

2. Железняков, В.А. Особенности применения ГИС «Панорама» при инженерных изысканиях / С.Г. Дышленко, В.А. Железняков // Сборник материалов Пятой Общероссийской конференции изыскательских организаций «Перспективы развития инженерных изысканий в строительстве в Российской

Федерации» – Москва, 2009. – с. 192-194.

3. Железняков, В.А. Технология создания и обновления электронных карт сельскохозяйственных угодий по данным дистанционного зондирования Земли / В.А. Железняков // Инженерные изыскания. - 2010. - №6. – с. 46-49.

4. Железняков, В.А. Итеративный подход построения электронных карт / М. Е. Вознесенская, В. А. Железняков, В. Я. Цветков // Кадастр недвижимости. - 2010. - №2. – с. 104-106.

5. Железняков, В.А. Организация хранения карт сельскохозяйственных угодий и распределённый доступ к картам / В. А. Железняков // Сборник материалов 6-ой Международной научно-практической конференции «Геопространственные технологии и сферы их применения» – Москва, 2010. – с. 74-75.

6. Железняков, В. А. Новые возможности ГИС «Панорама» / А. Г. Демиденко, С. Г. Дышленко, В. А. Железняков, В. Я. Цветков // Кадастр недвижимости. - 2010 - №3. – с. 101-103.

7. Железняков, В.А. Инкрементальный метод создания электронных карт / В.Я. Цветков, В.А. Железняков // Сборник материалов Шестой Общероссийской конференции изыскательских организаций «Перспективы развития инженерных изысканий в строительстве в Российской Федерации» – Москва, 2011. – с. 234-236.

8. Железняков, В.А. Инкрементный подход к проектированию электронных карт / В.А. Железняков, В.Я. Цветков // Инженерные изыскания. - 2011. - № 1. - с. 66-68.

9. Железняков, В.А. Применение международных стандартов OGC WMS и WFS для формирования, обмена и предоставления пространственных данных / В. А. Железняков // Инженерные изыскания. - 2011. - № 9. - с.76-79.

10. Железняков, В.А. Интеллектуальное обновление данных в банке данных земель сельскохозяйственного назначения / В.А. Железняков, В.Я. Цветков // Международный научно - технический и производственный журнал "Науки о Земле" - 2012. -№2. - с. 73-79.

11. Железняков, В.А. Особенности банка пространственных данных земель сельскохозяйственного назначения / В.А. Железняков //

Международный научно - технический и производственный журнал "Науки о Земле" - 2012. - №2. - с. 86-89.

12. Железняков, В.А. Интеллектуальное обновление информации в банке геоданных / В.А. Железняков // Инженерные изыскания. -2012. - № 5. - с.76-79.

13. Алексеев, С.А., Беленков, О.В., Железняков, А.В., Железняков, В.А. Web-сервис покрытий GIS WebCoverageService x64 // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2013613869 от 17.04.2013.

14. Алексеев, С.А., Беленков, О.В., Железняков, А.В., Железняков, В.А. Web-сервис покрытий GIS WebCoverageService // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 20136613870 от 17.04.2013.

15. Алексеев, С.А., Беленков, О.В., Железняков, А.В., Демиденко, А.Г., Железняков, В.А. Сервис создания и обновления пирамид тайлов Imagery Service // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2013619690 от 14.10.2013.

16. Алексеев, С.А., Беленков, О.В., Железняков, А.В., Демиденко, А.Г., Железняков, В.А. Сервис создания и обновления пирамид тайлов Imagery Service x64 // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2013619819 от 17.10.2013.

17. Железняков, В.А. Мультимасштабная электронная карта как основа системы учета земель / В. Я. Цветков, В. А. Железняков // Международный электронный научно - практический журнал "Государственный советник". - 2014 - №1(5). – с. 29-38.

Подписано в печать Заказ № Формат 60x90/16. Тираж 80 экз.
Усл.-печ.л.- 1,5

105064, Москва, Гороховский пер., 4 Московский государственный университет геодезии и картографии (МИИГАиК)