

На правах рукописи



Степанов Сергей Юрьевич

Разработка геоинформационной системы на основе использования разнородной пространственно-распределенной информации в интересах управления территориями

Специальность 25.00.35 – Геоинформатика

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Санкт-Петербург - 2017

Работа выполнена на кафедре Прикладной информатики федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный гидрометеорологический университет» (РГГМУ)

Научный руководитель: **Истомин Евгений Петрович**
доктор технических наук, профессор, декан факультета Информационных систем и геотехнологий ФГБОУ ВО «Российский государственный гидрометеорологический университет».

Научный консультант: **Фокичева Анна Алексеевна**
кандидат географических наук, доцент кафедры Экономики предприятия природопользования и учетных систем ФГБОУ ВО «Российский государственный гидрометеорологический университет».

Официальные оппоненты: **Татарникова Татьяна Михайловна**
доктор технических наук, профессор кафедры безопасности информационных систем Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения

Лямов Геннадий Васильевич
кандидат технических наук, профессор кафедры №422 Военно-морского политехнического института Военного учебно-научного центра (ВУНЦ) ВМФ «Военно-морская академия имени Адмирала Флота Советского Союза Н.Г. Кузнецова»

Ведущая организация Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)

Защита диссертации состоится 30 марта 2017 г. в _____ на заседании диссертационного совета: Д 212.197.03 при Российском государственном гидрометеорологическом университете по адресу: 195196, Санкт-Петербург, пр. Металлистов, д. 3, ауд. 207.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Российского государственного гидрометеорологического университета или на сайте <http://www.rshu.ru/university/dissertations/>

Автореферат разослан «__» _____ 2017 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 212.197.03
д.т.н., профессор

Е.П. Истомин

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. Управление данными на современном предприятии характеризуется наличием большого количества разнородных источников данных, не связанных едиными механизмами управления, в том числе и слабоструктурированных или неструктурированных данных. Раздельно существуют системы оперативного управления данными, системы управления документами, а также системы аналитической обработки. Различные задачи требуют использования различных моделей представления данных.

В современных условиях все отрасли экономики испытывают возрастающую потребность в метеорологической информации. Особую актуальность приобретает разработка путей экономически выгодного применения гидрометеорологической информации в технологических процессах отраслей экономики.

Разработка и внедрение экономико-метеорологических моделей, позволяющих включить метеорологическую информацию в процесс принятия управленческих решений, позволяют эффективно реализовывать информацию о погоде в различных областях хозяйственной деятельности и значительно снизить издержки, обусловленные неблагоприятным влиянием погодных условий. Важнейшей проблемой, решению которой в значительной степени посвящена данная работа, является разработка методических подходов к поддержке принятия решений с использованием разнородной метеорологической информации. В этом состоит актуальность данной работы, что диктуется необходимостью применения современных программных решений к использованию гидрометеорологической информации в различных сферах производственной деятельности.

На этом фоне ставится задача интеграции разнородных данных, эффективное решение которой требует создания модели обработки данных. Данная модель рассматривается как основа для реализации системы, поддерживающей оперативное управление разнородными данными и их аналитическую обработку.

Степень разработанности проблемы. В процессе исследования были изучены труды отечественных и зарубежных ученых по рассматриваемой проблеме, таких как Акальцов В.П., Алексеев В.В., Берлянт А.М., Бескид П.П., Бурковский В.Л., Дорофеев А.Н., Духин С.В., Истомин Е.П., Кошкарев А.В., Татарникова Т.М., Фуфаев Э.В., Хандожко Л.А. и других. Проанализированы результаты научных исследований, нормативно-правовые документы, связанные с управлением территорий, развитием регионов и проблемами использования больших массивов данных в задачах оптимизации и принятия управленческих решений.

Проблема интеграции пространственных данных в различных форматах в России изучена недостаточно. Не в полной мере разработаны технологии и методы обработки геоинформации на основе распределенных, разнородных баз данных. Таким образом, необходимость совершенствования механизмов работы с распределенными геоданными различных форматов определяет объект и предмет, цель и задачи диссертации.

Объектом исследования являются геоинформационные системы обработки пространственно-распределенной разнородной информации.

Предмет исследования: технология использования пространственно-распределенной разнородной информации в геоинформационных системах.

Цель диссертационной работы: автоматизация процесса обработки разнородной пространственно-распределенной информации для обеспечения принятия решения по управлению территорией с использованием гидрометеорологической информации.

Реализация поставленной цели исследования предопределяет постановку следующих **задач**:

1. Модифицировать модель обработки и управления разнородной геопространственной информацией;
2. Разработать методику управления разнородными данными для автоматизации подготовки вариантов управленческого решения;
3. Усовершенствовать методику проектирования геоинформационной системы с использованием модели обработки разнородной геопространственной информацией;
4. Разработать геоинформационную систему для поддержки принятия управленческого решения, на основе использования разнородных геоданных.

Теоретические и методические основы исследования. Теоретической основой исследования являются труды отечественных и зарубежных ученых в области анализа механизмов доступа к разнородным данным, проблематика использования пространственных геоданных в различных геосистемах, аналитические обзоры, нормативно-правовые документы, связанные с методикой построения информационных систем. Методической основой исследования является обобщение и анализ существующего опыта создания распределенных информационных и геоинформационных систем с разнородными данными, системный анализ, концептуальное и математическое геомоделирование.

Обоснованность и достоверность результатов исследования, выводов и рекомендаций обеспечивается:

- использованием нормативных документов, программ, документов федеральных и региональных органов власти, касающихся методики построения информационных систем;
- внутренней непротиворечивостью результатов исследования и их соответствием теоретическим положениям фундаментальных исследований в области технологий сбора, регистрации, хранения, передачи и обработки геоинформации с использованием вычислительной техники, телекоммуникационных систем распространения пространственно-временной геоинформации, технологий хранения и использования геоинформации на основе распределенных баз данных и знаний;
- применением принципов системного анализа и концептуального моделирования, аналитических исследований, математического моделирования и других современных научных методов;
- апробацией результатов исследования на научно-практических конференциях и публикацией основных результатов диссертации в открытой печати.

При решении поставленных в работе задач получены следующие **результаты, выносимые на защиту**:

1. Модель обработки и управления разнородной геопространственной информацией;
2. Методика управления разнородными данными для автоматизации подготовки вариантов управленческого решения;

3. Методика проектирования геоинформационной системы с использованием модели обработки разнородной геопространственной информации, модифицированная с учетом требований к системе поддержки принятия решений;

4. Геоинформационная система управления пространственными разнородными данными для поддержки принятия управленческого решения, применительно к задачам управления территориями.

Научная новизна. Автором проведен широкий анализ механизмов, моделей и систем обработки распределенной пространственной информации с использованием информационных технологий и определено, что ни один представленный инструмент не может полностью удовлетворить требованиям обработки разнородных данных при создании геоинформационных систем.

Построена модель обработки и управления разнородной геопространственной информацией, основанная на технологиях доступа к данным, представлена схема потоков информации и описан механизм эффективного управления данными. Приведен алгоритм модуля обработки данных, который позволяет получить доступ к любым источникам информации, необходимым для принятия управленческого решения.

Впервые применена методика управления разнородными пространственными данными в геоинформационной системе на примере задачи регулирования отпуска тепла в зависимости от температуры окружающей среды. Методика применена в новом качестве, её результат может стать новым видом информационного продукта, который учитывает неопределенность реализации текста прогноза и позволяет оптимизировать управление ресурсами.

Усовершенствована методика проектирования геоинформационной системы с использованием модели обработки разнородной геопространственной информации, с учетом требований к системе поддержки принятия решений. Автором были предложены требования к создаваемой системе управления данными.

Представлена геоинформационная система поддержки принятия решений с использованием разнородных геопространственных метеорологических данных для оптимизации процесса управления теплоисточниками в интересах управления территориями. Методика, предложенная для верификации ГИС, впервые применяется в исследуемых системах.

Практическая и научная значимость работы заключается в том, что решена научно-техническая задача, имеющая существенное значение для моделирования геоинформационных систем и системного анализа разнородной информации, а так же для принятия решений по управлению территориями; исследованы технологии и способы обработки разнородной информации; определена возможность совершенствования технологий хранения и использования геоинформации на основе распределенных разнородных баз данных по средствам применения новых методик и моделей построения ГИС, что соответствует п.п. 3, 7, 9 области исследования паспорта специальности 25.00.35 «Геоинформатика». Предложенные автором разработки могут быть использованы при создании специализированных систем, использующих разнородные пространственные данные. В работе выделены основные этапы проектирования геоинформационных систем с учетом обработки разнородных данных. Основные выводы и положения диссертационного исследования были использованы в научно-исследовательских работах и учебном процессе.

Практическая ценность работы заключается в повышении эффективности управления разнородными данными за счет улучшения методов интеграции данных в геоинформационных системах.

Практическое значение результатов, разработанные в работе модели и созданные на их основе программные средства, дадут возможность усовершенствовать процесс обработки пространственных разнородных данных.

Личный вклад автора. Диссертационная работа является продолжением дипломной работы автора «Создание и размещение геопространственных данных исполнительных органов государственной власти на примере «РГИС». Автор сформулировал цель и задачи исследования, участвовал в непосредственной подготовке и обработке исходных материалов, проводил анализ и обобщение полученных результатов. Большая исследовательская работа была проведена автором при формировании концепции обработки разнородных данных и предложений по моделированию системы интегрирования данных. Автор внес значительный вклад в разработку модели геоинформационной системы с учетом использования разнородных данных, а также участвовал в программной реализации геоинформационной системы, реализующей предложенные в работе методы и алгоритмы. Принимал активное участие в научно-исследовательских работах и получении значимых научных результатов. Непосредственное участие принимал в публикациях в соавторстве, подготавливал материалы исследований к оформлению документов на регистрацию баз данных.

Апробация работы.

1. Международная конференция «Региональная информатика (РИ-2012)», секция «информационные технологии в гидрометрии» (24-26 октября 2012г.), доклад по теме: «Создание и размещение геопространственной информации исполнительных органов государственной власти в региональной геоинформационной системе Санкт-Петербурга (РГИС)».

2. Международная научно-практическая конференция «Инфогео 2013», секция «геоинформационные системы» (26-28 ноября 2013г.), публикация по теме: «Анализ статистических данных космических измерений с приполярной территории для разработки стохастической модели оценки георисков».

3. Международная научно-практическая конференция «Инфогео 2014», секция «геоинформационные системы» (3-6 октября 2014г.), доклад с публикацией по теме: «Обзор технологических методов доступа к базам данных распределенных ГИС».

4. Международная научно-практическая конференция «Инфогео 2015», секция «геоинформационные системы» (24-26 ноября 2015 г.), публикации по темам:

«Разработка модели доступа и технологий обработки гетерогенных баз данных для использования в прикладных ГИС», «Технический анализ механизмов доступа к гетерогенным данным для использования в прикладных ГИС», «Реализация модели подготовки гетерогенных данных в автоматизированной системе».

5. Свидетельство о регистрации базы данных «SeaIce version 1.0» №19868, дата регистрации 10.01.2014 года.

6. Свидетельство о регистрации базы данных «Ice_Concentration» №2014621110, дата государственной регистрации в реестре баз данных 07.08.2014 года.

7. Свидетельство о регистрации базы данных «База данных метеорологических параметров» №2016620986, дата государственной регистрации в реестре баз данных 20.07.2016 года.

8. НИР №1223 «Разработка и развитие методов, моделей и систем геоинформационного управления пространственно-распределенными объектами», 2014-2016 год.

9. НИР №74.20.56 «Разработка методических основ геоинформационного управления рисками развития рекреационных приморских территорий», 2013 год.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка использованной литературы, списка сокращений и условных обозначений, приложений. Объем работы составляет 152 листа, в том числе 45 рисунков, 19 таблиц и 9 приложений. Библиография диссертационной работы составляет 113 наименований.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ

Положение 1 - Модель обработки и управления разнородной геопространственной информацией.

Во многих задачах устойчивого развития территорий, необходимо одновременно обрабатывать аэрокосмические данные, данные наземных измерений, разнообразную текстовую и цифровую информацию. Это накладывает существенные особенности на все процессы обработки данных и применения прикладных инструментов, используемых для этого. Использование геопространственных данных связано с необходимостью постоянно интегрировать эти данные с геопространственными данными другой природы. При этом большая часть проблем связана с реализацией механизмов интегрирования разнородных данных. Комплексное использование такой информации связано с большими проблемами, обусловленными, прежде всего, разнородностью данных.

Глубокое рассмотрение процесса интеграции и взаимодействия разнородных данных между собой, выявило ряд проблем, основными из которых являются:

- Отсутствие единого прикладного программного обеспечения для обработки гетерогенных геопространственных данных, или его наличие, целью которого является решение ряда типизированных задач, настроенного на конкретную сферу применения;
- Отсутствие четко сформулированных алгоритмов обработки и взаимосвязи гетерогенных данных;
 - Частичная несовместимость форматов геопространственных данных;
 - Разнородность геопространственных данных;
 - Некорректное формулирование или полное отсутствие метаданных - описание наборов геопространственных данных.

Проводимые в диссертационной работе исследования по обработке разнородных пространственных данных позволили определить явную проблему интеграции разнородных источников данных. В ходе исследования был произведен анализ опыта российских и зарубежных организаций в области разработки систем обработки разнородных данных, был выявлен ряд положительных и отрицательных сторон каждой системы. Автором проведен широкий анализ механизмов, моделей и систем обработки распределенной пространственной информации с использованием информационных технологий и выявлено, что ни один представленный инструмент не может полностью удовлетворить требованиям обработки разнородных данных при создании геоинформационных систем.

Решение задач интегрирования разнородной геопространственной информации в различных предметных областях требует рассмотрения задачи разработки новой модели доступа к данным. Использование различных механизмов доступа к данным позволит упростить доступ к разнородной геопространственной информации. В постановке задачи обработки данных можно выделить основную задачу, имеющую большое значение - развитие модели доступа к распределенным разнородным пространственным данным.

Для уменьшения трудоемкости подключения новых источников данных, наиболее оптимальным решением является возможность поддержки любого из широко известных интерфейсов доступа к данным, такой подход позволит обрабатывать данные не только из структурированных источников, поддерживающих свой собственный язык запросов и определённые модели представления данных, но и из неструктурированных источников.

Общая схема передачи информации включает в себя отправителя информации, канал передачи информации и получателя информации. Основной характеристикой каналов передачи информации является их пропускная способность. В ряде случаев возможно наличие, как нескольких каналов связи, так и одного.

Первый случай, когда имеются множественные каналы обработки информации (1.1).

$$t_{\text{общ}} = \max_{i=1}^m \frac{V_i}{q_i}, \quad (1.1)$$

где V_i – источники информации (специфический формат);

q_i – множественные каналы связи;

$t_{\text{общ}}$ – общее время прохождения информации.

Второй случай, когда имеется один канал обработки информации (1.2).

$$t_{\text{общ}} = \frac{\sum_{i=1}^m V_i}{q}, \quad (1.2)$$

Чем больше обрабатывается данных из разнородных источников, тем длиннее становится очередь прохождения информации через канал, одновременно с этим увеличивается и время обработки данных. Весь объем разнородных данных (массив информации) можно вычислить по следующей формуле (1.3):

$$V_i = \sum_{j=1}^n \alpha_{ji}, \quad (1.3)$$

где n – длина поля/записи (элемент матрицы);

$\sum_{j=1}^n \alpha_{ji}$ - сумма всех элементов массива данных;

V_i — объем переданной информации, n -го источника данных.

Для дальнейшего исследования нет необходимости использовать весь объем фактической информации V_i , n -го источника данных. Нам необходима только искомая информация для решения прикладной задачи. В следствии чего необходимо произвести фильтрацию данных. Для удаления информации необходимо произвести множественную операцию по исключению некоторых рядов данных. Первоначально ставиться задача определения признака, по которому будут удалены ненужные для дальнейшего исследования ряды данных. Математическая обработка данных задается следующим условием (1.4, 1.5):

$$t_{\text{общ}}^* = \frac{\sum_{i=1}^m V_i^*}{q}, \quad (1.4)$$

$$V_i^* = \min \sum_{i=1}^n \alpha_{ij}, \quad (1.5)$$

при условии, что $\alpha_{ij} = \beta_{ij}$,

где V_i^* – минимальное значение на участке;

α_{ij} – признаки искомой информация;

β_{ij} – критерий определения признаков искомой информации.

Этапы фильтрации данных:

1. Задается условие/критерий определения признаков искомой информации - β_{ij} . Критерий β_{ij} задается оператором системы заранее, исходя из установленных целей прикладной задачи. В дальнейшем, критерий будет заложен в базу знаний для подстановки в схожих вариантах обработки разнородных данных, при решении ряда прикладных задач.

2. Производится фильтрация данных. Фильтрация данных осуществляется по заранее установленному условию/признаку β_{ij} .

- если $\alpha_{ij} \neq \beta_{ij}$, то условие считается не выполненным и элементам таблицы присваивается нулевой идентификатор (в результате операции сопоставления отдельные элементы $\alpha_{ij} = 0$), соответственно данные элементы будут удалены/исключены из таблицы;

- если $\alpha_{ij} = \beta_{ij}$, то условие считается выполненным и данные элементы будут определены как искомые значения и продолжают дальнейшую обработку данных.

При условии, что объем данных будет уменьшен, в зависимости от выбранной информации для дальнейшего исследования, то время обработки информации сократиться. Расчет производится по формуле (1.6):

$$t = \frac{\sum_{i=1}^n V_i}{q}, \quad (1.6)$$

В результате автоматизации поток информации сокращается. Отобрав только необходимые для дальнейшей обработки поля таблицы данных, происходит сокращение объема обрабатываемой информации, что позволит значительно сократить время обработки данных (рисунок 1).

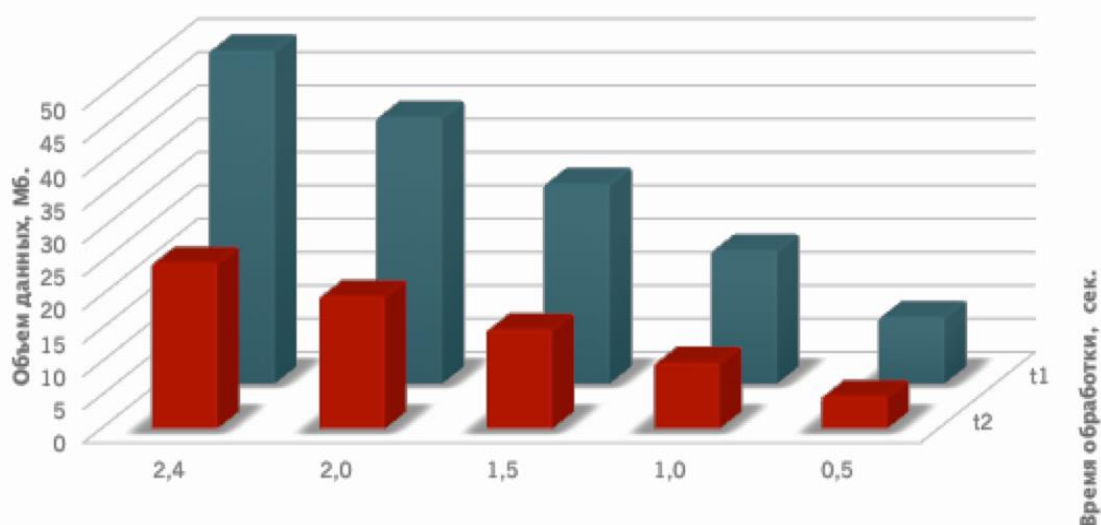


Рисунок 1. Сокращение объема обрабатываемой информации

В результате проведенного исследования по сокращению объема обрабатываемой информации, был сформирован алгоритм обработки с учетом фильтрации данных (рисунок 2).

После завершения выполнения алгоритма интегрированные данные становятся доступными пользователю системы для дальнейшего комплексного анализа информации.

На основе приведенного алгоритма обработки разнородны данных, модель можно разделить на три основные составляющие:

- Планировщик, который получает план выполнения запроса от внешней компоненты системы (оптимизатора, или же непосредственно от языковых инструментов). На основе полученного плана определяет, какие компоненты ядра исполнителя

необходимы для выполнения данного запроса, составляет для каждой из них задание, в которое входит подзапрос для данной конкретной компоненты, выделенный из общего плана выполнения запроса и некоторая метаянформация.

- Исполнители операций расширенной реляционной алгебры. Каждый исполнитель может поддерживать различные операции, алгоритмы их выполнения, используя различные технологии. Следует отметить, что для добавления новых операций, достаточно лишь реализовать специальный интерфейс исполнителя, таким образом, достигается масштабируемость относительно поддержки новых операций и различных алгоритмов их выполнения.

- Механизмы доступа к данным, которые, в свою очередь предоставляют интерфейс для извлечения данных из различных источников. Таким образом, достигается масштабируемость в отношении поддержки новых источников данных (для извлечения данных из новой базы, или же типа документов, достаточно реализовать для него адаптер).

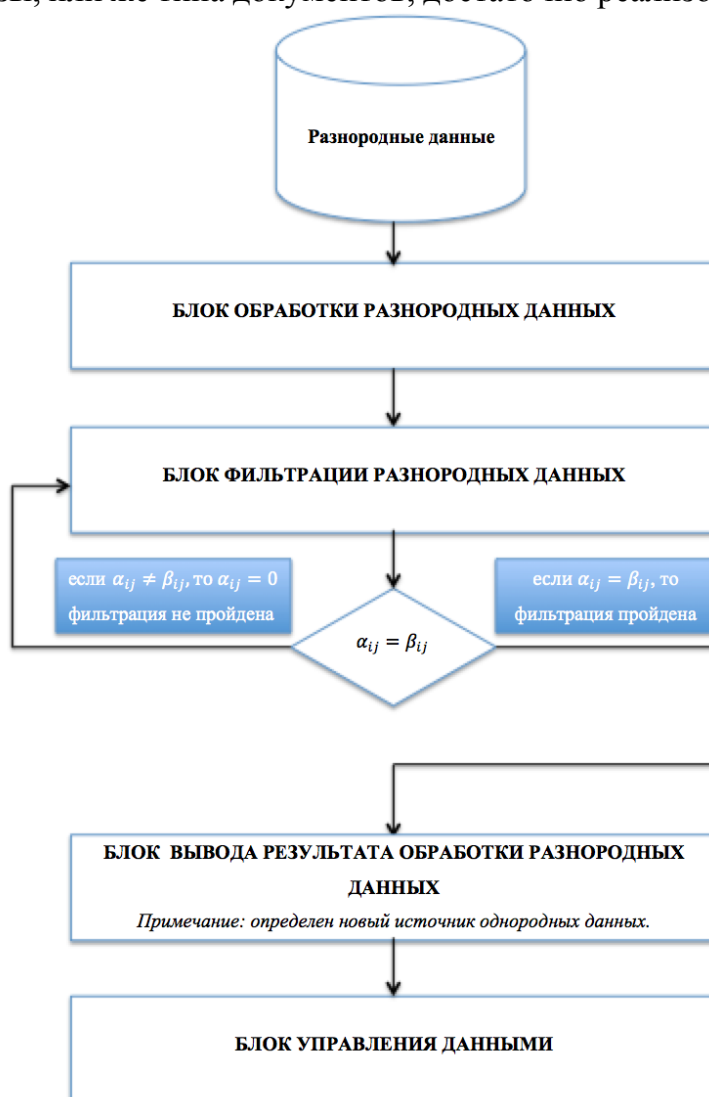


Рисунок 2. Алгоритм обработки разнородных данных

Для реализации концепций, касающихся представления информации и операций для их обработки, требуется детальное построение инструментов для обработки разнородной информации.

Выполнение запроса начинается, когда планировщику поступает план выполнения запросов. Планировщик формирует задания для каждого нового источника и рассылает данные задания по модулям системы. Далее, происходит процесс обработки информации согласно полученному заданию. Ниже представлены схемы модуля запросов и обработки

разнородных данных, а также некоторые алгоритмы оптимизации определенных операций, которые были использованы в рамках данной научной работы. На рисунке 3 представлена схема модуля запросов.

В новой архитектуре модуль запросов представляет собой взаимосвязь базы метаданных, которая хранит драйверы доступа к разнородным данным с модулем интеграции разнородных данных. Для обеспечения доступа к базам данных используются различные технологии, набор библиотек, посредством которых происходит взаимодействие с базой данных.

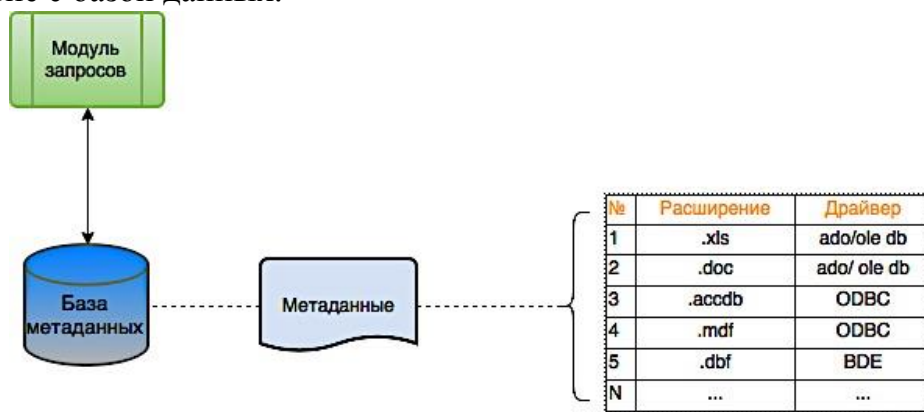


Рисунок 3. Архитектура модуля запроса

Процедура подключения нового источника выполняется экспертом. Вся дальнейшая работа системы (запросы, загрузка данных в хранилище) производится с учетом алгоритма обработки данных. Ниже представлена схема модели обработки разнородных данных (рисунок 4).

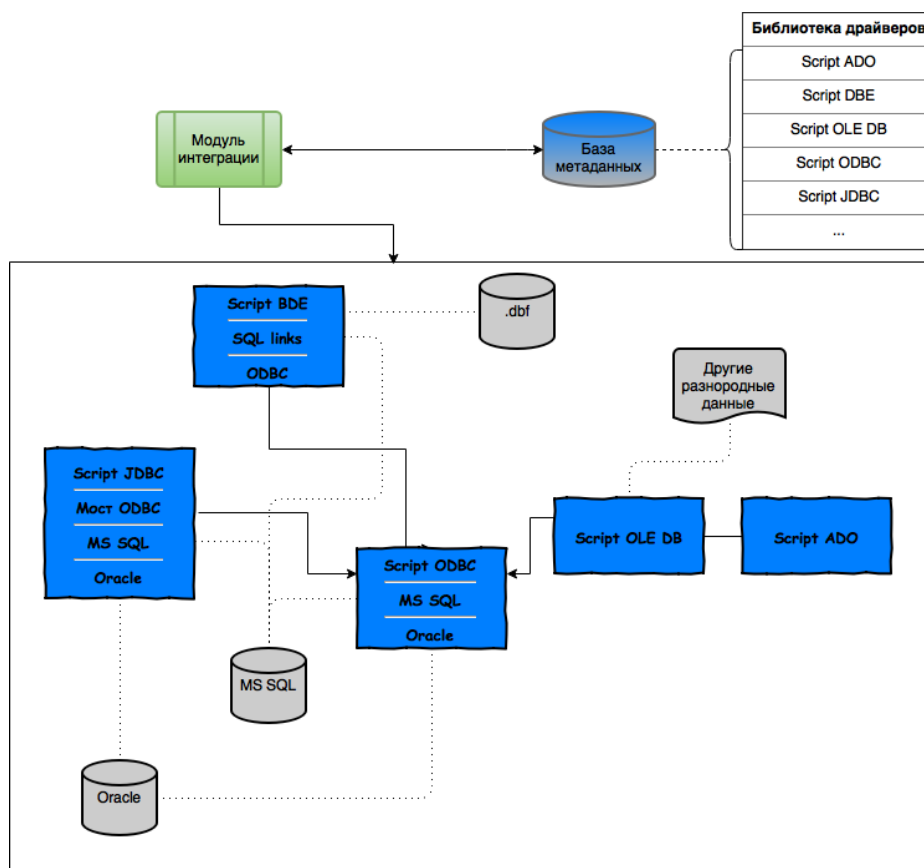


Рисунок 4. Архитектура модуля интеграции

Особенность модуля интеграции заключается в сведении известных драйверов доступа к базам данных в единую автоматизированную информационную систему интегрирования разнородных источников данных. Основная идея такого подхода

позволяет минимизировать участие человека в процедуре интеграции разнородных данных. Каждому расширению соответствует свой интерфейс обработки данных.

Следует отметить, что некоторые источники (использующие базы данных), имеют возможности для выполнения операций из плана выполнения, своими средствами, и могут так же реализовывать интерфейс исполнителя запросов. Архитектура модуля обработки данных показана на рисунке 5.

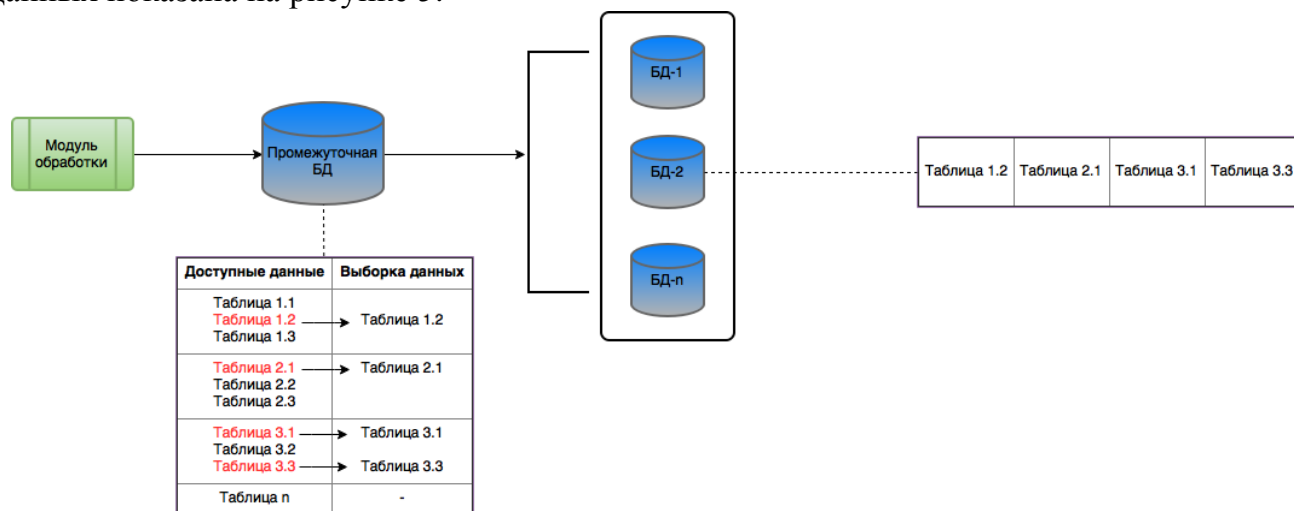


Рисунок 5. Архитектура модуля обработки данных

Модуль обработки позволяет выбрать из всех имеющихся разнородных массивов данных только необходимые для дальнейшей обработки поля таблицы данных. Автоматизация процесса обработки разнородных данных позволяет получить новую базу данных. Выборка данных осуществляется по заранее заданным оператором признакам.

В результате интерактивного взаимодействия с системой, осуществляется подключение новых данных, модуль определяет процедуру обработки разнородных данных, которая лучше всего отвечает характеру конкретной задачи интегрирования и типам используемых данных. В результате интегрирования информация передается в канал обработки данных, вызываются необходимые для его реализации сервисы и выполняется процедура интегрирования. Общая схема модели обработки разнородных данных представлена на рисунке 6.

Решение задач интегрирования разнородной геопространственной информации в различных предметных областях потребует адаптации предложенной модели, как с точки зрения используемых данных, так и с точки зрения функциональности сервисов интегрирования. Предложенная в данной работе общая структура модели интегрирования может быть взята за основу при создании подобных моделей в других областях применения пространственных данных, а также позволит упростить доступ к разнородной геопространственной информации.

Модель обработки разнородных данных предоставит пользователям следующие преимущества:

- Модель позволяет поддерживать широко известные и часто используемые интерфейсы доступа к данным, такой подход позволит обрабатывать данные не только из структурированных источников, поддерживающих свой собственный язык запросов и определённые модели представления данных, но и из неструктурированных источников.
- Модель обработки разнородных данных, позволит сократить время обработки геоданных, за счет сокращения обрабатываемой информации путем встроенных процедур поиска критериев искомым данным.

- Модель позволит эффективно использовать доступ к пространственным геоданным в различных форматах без непосредственного участия всех данных.
- Предложенные в работе методы и модели позволили автоматизировать обработку разнородных данных, что способствовало минимизации участия человека в данном процессе.
- Предложенные автором научные решения позволяют обрабатывать большое количество разнородных источников информации.
- Исследования показали, что обработка разнородных данных позволит проводить комплексный анализ различных массивов информации.

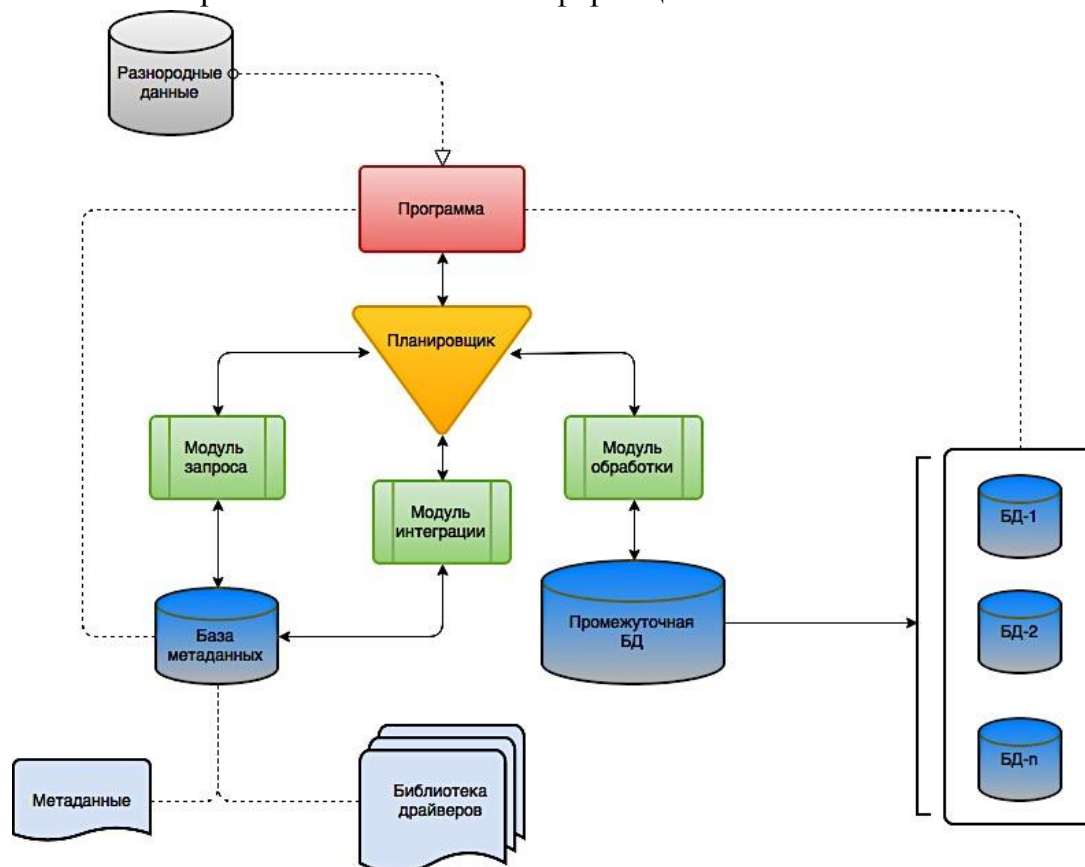


Рисунок 6. Общая схема модели обработки разнородных данных

Данная модель использует разнородную геоинформацию на основе распределенных баз данных, что является областью исследования п. 9 паспорта специальности 25.00.35 «Геоинформатика».

Положение 2 - Методика управления разнородными данными для автоматизации подготовки варианта управленческого решения.

В настоящее время прогностическая гидрометеорологическая информация может и должна применяться в процессах оперативного предупреждения, управления и предотвращения метеорологических потерь. Несмотря на то, что гидрометеорологическая служба имеет возможность предоставлять потребителям (лицам, принимающим экономические решения на основе информации об ожидаемом состоянии атмосферы) прогностическую информацию в виде любого числа градаций, отражающих влияние метеорологических условий на хозяйственную (производственную) деятельность, большинство из них игнорируют сложную погодозависимость и используют прогнозы в виде простой альтернативы действий: «применять меры защиты, если ожидается опасная погода» или «выполнять производственные операции, если ожидается благоприятная погода». Данный (альтернативный) регламент хотя и позволяет получить некоторые

экономические результаты, но соответствует нижнему пределу потенциальной полезности краткосрочных гидрометеорологических прогнозов.

Современная теория принятия индивидуальных решений построена на модели ожидаемой полезности, в которой одним из ключевых компонентов является присутствие случайного фактора (неопределенности относительно будущих событий). Погодо-хозяйственное решение, учитывающее влияние погодных факторов на экономическую деятельность, содержит неопределенность в отношении реализации состояния погоды, на которую оно было ориентировано. Потребитель должен располагать набором погодо-хозяйственных решений (действий), дифференцированных в зависимости от интенсивности I и продолжительности μ воздействующего метеорологического фактора.

Анализ погодных условий, оказывающих влияние на производственную деятельность, позволяет ранжировать степень их опасности и определить пороговые значения метеорологических величин, при которых необходима дифференциация защитных мер. Полагается, что в случае правильного прогноза ожидаемого уровня опасности погодных условий и применения мер защиты, размер предотвращаемого ущерба должен быть больше издержек на проведение защитных мероприятий. Применение многофазового погодо-хозяйственного регламента позволит пользователю гидрометеорологической информации эффективно управлять экономико-метеорологическими рисками и предоставит выбор оперативных решений с учетом вероятности осуществления ожидаемых погодных условий.

На рисунке 7 изображена общая схема управления метеорологическими данными для выбора оптимального управленческого решения.

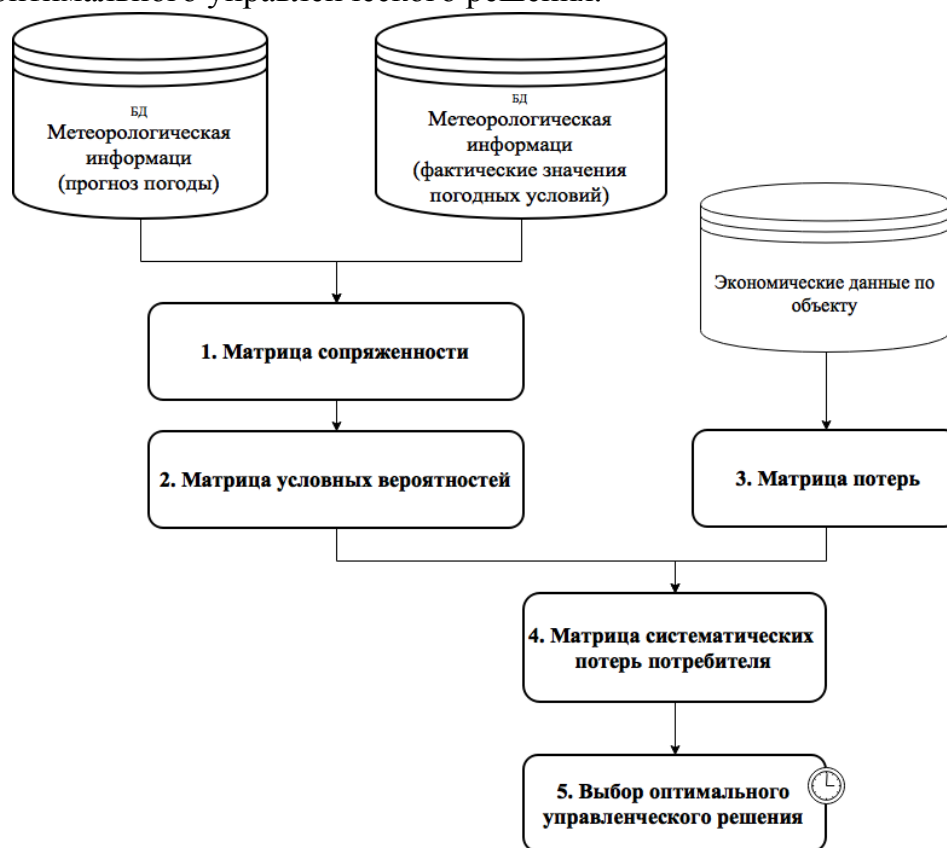


Рисунок 7. Схема управления разнородными метеорологическими данными

Данный регламент требует привлечения двух видов информации: экономической и метеорологической (прогноз погоды и фактические значения погодных условий). Прогностическая и фактическая метеорологическая информация зачастую хранится в

различных базах данных, что затрудняет обработку и проведение комплексного анализа данных. Схема выбора оптимального управленческого решения основана на использовании разнородных пространственно-распределённых метеорологических данных.

В ходе исследования была поставлена задача разработки методики автоматизации подготовки варианта управленческого решения на основе управления разнородными пространственно-распределёнными метеорологическими данными.

ШАГ 1: Описание погодозависимости

В соответствии со спецификой погодозависимости экономической деятельности, пользователем выбираются значения погодных условий, при которых производственные процессы отличаются от процессов, проводимых при благоприятных условиях погоды.

1.1 Пользователем выбирается вид влияющих метеорологических условий (осадки, температура воздуха, ветер, видимость и т.д.)

1.2 Пользователем задается дискретность метеорологической информации, используемой при принятии решений :

- количество градаций метеорологических условий (n);
- минимальные и максимальные значения метеорологического параметра в пределах каждой градации (ширина градации).

1.3 Пользователем вводятся значения издержек (доходов), обусловленных ожиданием и реализацией погодных условий. (примечание: возможно подключение отдельных модулей, позволяющих определить функцию погодозависимости пользователя - информацию для п. 1.1, 1.2, 1.3). Введенные значения преобразуются в матрицу потерь (доходов) $\|s_{ij}\|$.

По главной диагонали расположены потери потребителя при правильном прогнозе (прогнозируемая интенсивность и продолжительность гидрометеорологических условий совпадает с фактически осуществившейся). По обе стороны от главной диагонали находятся ошибки пропусков и ошибки страховок, их расположение зависит от того, в какую сторону увеличивается интенсивность неблагоприятных погодных условий, справа налево, или наоборот.

ШАГ 2: Составление матрицы сопряженности метеорологических прогнозов

Примечание: программа содержит 2 базы данных с метеорологической информацией.

- База данных «Фактические значения гидрометеорологических величин и явлений погоды» - массив фактических значений гидрометеорологических условий, с привязкой к территории и времени.
- База данных «Методические прогнозы гидрометеорологических условий» - содержит информацию о прогнозируемых значениях гидрометеорологических величин

2.1 Пользователь выбирает:

- населенный пункт, в котором расположен производственный объект;
- период, за который оценивается качество прогностической информации (с... по...).

2.2 По параметрам, указанным в пункте 1.2 (выбранное количество и заданная ширина градаций метеорологических условий) из элементов баз данных «Прогнозы гидрометеорологических условий» и «Методические прогнозы

гидрометеорологических условий» составляется матрица сопряженности метеорологических прогнозов (методических прогнозов).

2.3 На основании результатов матрицы сопряженности в пункте 2.2 проводится проверка наличия связи между исследуемыми признаками с использованием *критерия независимости Пирсона* (формула 2.1):

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \frac{(n_{ij} - n_{ij}^{сл})^2}{n_{ij}^{сл}}, \quad (2.1)$$

где χ^2 - критерий независимости Пирсона;

n_{ij} - частоты матрицы сопряженности прогнозов;

$n_{ij}^{сл} = \frac{n_{i0} \cdot n_{0j}}{N}$ - распределение частот случайного прогноза, характеризующее

независимость случайных величин, принятых в качестве нулевой гипотезы h_0 (независимость Π_j и Φ_i).

Этот критерий позволяет дать оценку статистической значимости выводов, получаемых по выборочным таблицам сопряженности.

Примечание:

- при положительном исходе проверки, проведенной в пункте 2.3, пользователь переходит к следующему этапу;
- при отрицательном исходе проверки, проведенной в пункте 2.3, пользователь направляется к пункту 2.1 для уточнения выбранных данных.

ШАГ 3 : Выбор оптимального управленческого решения

3.1 На основании пункта 2.2. (матрица сопряженности метеорологических прогнозов) рассчитываются условные вероятности q_{ij} осуществления фазы погоды Φ_i при известном тексте прогноза Π_j (т.е. вероятность, с которой можно ожидать неблагоприятное явление (условие) погоды, если об этом явлении уже имеется предварительная информация в виде прогноза):

$$q_{ij} = \frac{\left(\frac{n_{i0} \cdot n_{ij}}{N \cdot n_{i0}}\right)}{\frac{n_{0j}}{N}} = \frac{n_{ij}}{n_{0j}}, \quad (2.2)$$

где n_{ij} , n_{i0} , n_{0j} , N - частоты матрицы сопряженности прогнозов.

3.2 На основании матрицы потерь $\|s_{ij}\|$ и матрицы условных вероятностей $\|q_{ij}\|$ разрабатывается матрица систематических потерь $\|R_{kj}\|$, элементы которой представляют собой средние потери потребителя, при условии, что получив данный текст прогноза Π_j , он вправе выбирать ориентацию d_k на любую иную погоду Φ_i . Элементы матрицы систематических потерь $\|R_{kj}\|$ определяются согласно формуле:

$$\bar{R}kj = \sum_{k=1}^{n=m} S_{kj} \cdot q_{ij}, \quad (2.3)$$

где s_{ki} – элементы матрицы потерь $\|s_{ij}\|$, отвечающие k - му решению (действию потребителя) в ожидании погоды Φ_i . Величина $\bar{R}kj$ рассматривается как критерий выбора оптимального решения. *Матрица систематических потерь* позволяет пользователю осуществлять выбор оперативных решений с учетом вероятности осуществления ожидаемых погодных условий.

3.3 Пользователь вводит прогноз метеорологических условий, и получает рекомендацию по выбору оптимального оперативного решения $d_{конт}$ с учетом

неопределенности реализации текста прогноза. При известном прогнозе уровня опасности погодных условий Π_j оптимальное решение $d_{\text{копт}}$ обеспечивает минимум $\bar{R}kj$:

$$d_{\text{копт}} \Leftrightarrow \min \bar{R}kj (\Pi_j), \quad (2.4)$$

Шаг 4 : Оценка экономической полезности метеорологических прогнозов

1.1 Пользователь выбирает:

- период, за который необходимо оценить экономическую полезность метеорологической информации;
- вводит величину стоимости единицы прогностической информации ($Z_{\text{пп}}$ или C).

1.2 За выбранный период разрабатываются матрицы сопряженности методических и инерционных прогнозов погоды (согласно пункту 2.2, для разработки матрицы сопряженности инерционных прогнозов используется только база данных фактических значений метеорологических условий).

1.3 Разрабатываются матрицы систематических потерь потребителя при использовании методических и инерционных прогнозов (выполняются операции, предусмотренные пунктами 3.1, 3.2)

1.4 Определяются средние байесовские потери при условии доверия текстам методических и инерционных прогнозов (формула 2.5):

$$\bar{R} = \sum_{j=1}^m p_{0j} \bar{R}_{k=j} (\Pi_j), \quad (2.5)$$

1.5 Определяются средние байесовские потери при условии выбора оптимальных решений (только по данным методического прогноза), (формула 2.6):

$$\bar{R}_{\text{опт}} = \sum_{j=1}^m p_{0j} \min \bar{R}_{kj} (\Pi_j), \quad (2.6)$$

1.6 Оценка экономического эффекта пользователя проводится по следующим формулам:

- Экономический эффект, получаемый за счет преимущества методических прогнозов относительно инерционных (формула 2.7):

$$\mathcal{E} = N(\bar{R}_{\text{ин}} - \bar{R}_{\text{мет}} - Z_{\text{пп}}), \quad (2.7)$$

- Прирост экономического эффекта, получаемый за счет оптимального использования методических прогнозов (формула 2.8):

$$\mathcal{E} = N(\bar{R}_{\text{мет}} - \bar{R}_{\text{опт}} - Z_{\text{пп}}), \quad (2.8)$$

- Народохозяйственный экономический эффект (формула 2.9):

$$\mathcal{E} = \beta \cdot N(\bar{R}_{\text{ин}} - \bar{R}_{\text{мет}} - C), \quad (2.9)$$

где \mathcal{E} - экономический эффект;

β - коэффициент долевого участия прогностического подразделения в получении экономического эффекта использования прогнозов;

$Z_{\text{пп}}$ - стоимость единицы прогностической информации;

N - общее число прогнозов за период;

$\bar{R}_{\text{ин}} - \bar{R}_{\text{м}}$ - снижение потерь потребителя за счет использования методических прогнозов.

На основе этапов оптимизации использования метеорологической информации разработан алгоритм автоматизации подготовки варианта управленческого решения с использованием модели обработки разнородных пространственно-распределенных данных (рисунок 8).

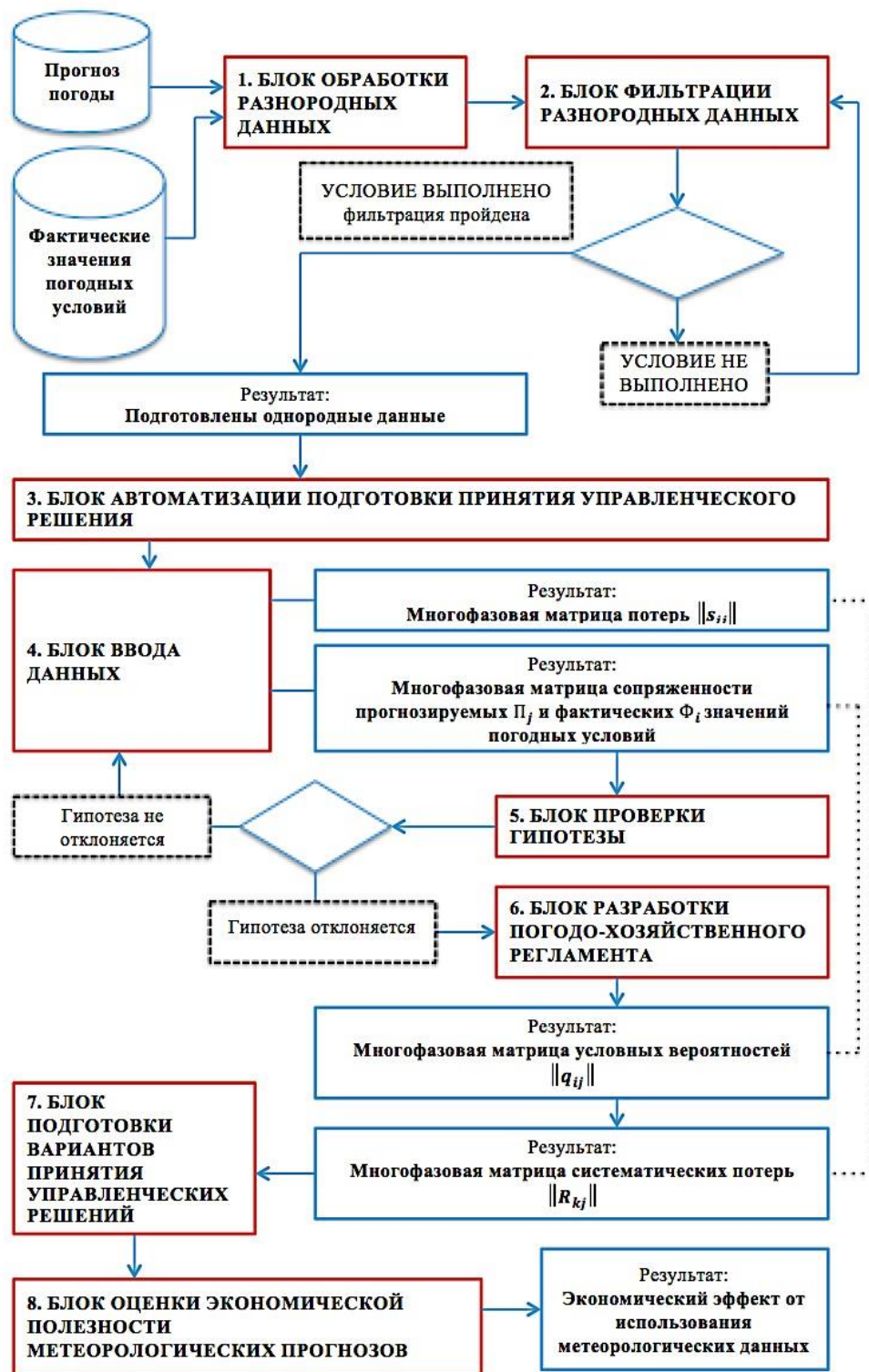


Рисунок 8. Алгоритм автоматизации управления данными для поддержки принятия решений

Алгоритм позволяет использовать автоматизацию обработки разнородных метеорологических данных для подготовки варианта управленческого решения по управлению территорией.

Прогностическая информация, как и фактические значения погодных условий зачастую не доступны потребителю в единообразном виде, данные могут быть представлены в различных форматах, использовать различные структуры построения данных, содержать различные наборы данных.

Исходя из определенных проблем при обработке разнородных данных целесообразно использовать представленный алгоритм решений для поддержки потребителей гидрометеорологической информации в доступном виде, оптимальным вариантом использования данного алгоритма является его включение в разработку геоинформационной системы поддержки принятия управленческих решений, что позволит автоматизировать подготовку варианта оптимального управленческого решения с учетом обработки разнородных пространственно-распределенных метеорологических данных. Данный алгоритм можно применять к различным прикладным задачам, требующим учет метеорологической информации.

Для верификации методики была рассмотрена задача по регулированию отпуска тепла теплоисточником (ТЭЦ) в зависимости от ожидаемой температуры наружного воздуха.

В процессе исследований был решен ряд некоторых технических проблем касающихся непосредственно интеграции разнородных источников. Данные для выполнения поставленной задачи были получены из различных источников:

1. База данных (массив данных) по фактической температуре воздуха (ВНИИГМИ-МЦД). Формат данных – txt.
2. База данных прогнозов (Северо-Западное УГМС). Формат – xls.
3. Теплотехническая информация (частично структурированные данные). Формат – xml.

Данная методика позволяет оптимизировать и ускорить процесс принятия управленческих решений, а так же позволяет:

- Проводить систематизацию разнородных данных;
- Преобразовывать исходную информацию в заданные форматы с учетом выбранной специфики производственной деятельности;
- Выполнять оценку возможных последствий ожидания и реализации гидрометеорологических условий;
- Автоматизировать процесс подготовки вариантов управленческого решения;
- Реализовать процесс принятия оптимальных управленческих решений с заданной периодичностью.

В работе была проведена автоматизация многофазового погодо-хозяйственного регламента с использованием метеорологических разнородных данных, что позволит потребителям гидрометеорологической информации оптимально подстраиваться под ожидаемые погодные условия, а так же предоставит возможность адаптации хозяйственной деятельности к неблагоприятным проявлениям гидрометеорологической среды, используя учет неопределенности реализации метеорологического прогноза.

Предложенная в работе методика управления разнородными данными для автоматизации подготовки варианта управленческого решения, позволяет проводить анализ разнородной геоинформации, что является областью исследования п. 7 паспорта специальности 25.00.35 «Геоинформатика», так же методика позволяет обеспечить поддержку принятия управленческого решения, что отражает формулу данной специальности.

Положение 3 - Методика проектирования геоинформационной системы с использованием модели обработки разнородной геопространственной информации, модифицированная с учетом требований к системе поддержки принятия решений.

Проектирование геоинформационной системы отличается от проектирования информационных систем. Для проектирования геоинформационной системы привлекаются многочисленные коллективы специалистов, вкладывается значительное количество материальных и денежных средств. ГИС создаются различными организациями, реализующими функционал системы под конкретные прикладные задачи. Интерфейс каждой системы индивидуален, системы различаются так же и по набору геоданных, функционалу, назначению системы, картографическим основам, методу анализа и выводу результатов, механизму обработки данных, сервисам системы, архитектуре системы, механизму интеграции данных, целевой установке и другим различным факторам. Несмотря на различия в назначениях и в выполняемых функциях, ГИС имеют и ряд общих свойств и принципов построения, которые являются основополагающими в организации проекторочных работ.

Требования к подобным картографическим системам плохо формализованы и не сформированы в общую концепцию проектирования подобных систем, так же проектирование системы не стандартизировано. Все это доставляет неудобства разработчикам геоинформационных систем. Применение ГИС для решения различных задач обуславливает разные подходы к процессу проектирования. В связи с отсутствием ГОСТ на разработку геоинформационной системы в работе представлена одна из возможных методик проектирования геоинформационной системы поддержки принятия решений на основе модели обработки разнородных данных.

Цель методики - поэтапная разработка геоинформационной системы для поддержки принятия решений с использованием механизмов интеграции разнородных пространственных данных и типовых ГИС-решений.

Проектирование информационной системы в соответствии с государственными стандартами 19-й и 34-й серии можно взять за основу проектирования геоинформационной системы. Стандартизация позволяет не только взаимодействовать с другими информационными системами, но и использовать создаваемые технологические решения в других проектах и информационных системах.

Прежде чем начать проектирование геоинформационной системы необходимо определиться с объектом проектирования. Под объектом проектирования понимают отдельные элементы или комплексы функциональных и обеспечивающих частей. Функциональными элементами принято считать задачи или комплексы задач и функции управления. Обеспечивающая часть состоит из элементов или комплексов информационного, программного, технического и других видов обеспечения системы. Для геоинформационной системы управления территориями, объектом проектирования служат метеорологические, гидрологические и иные параметры, оказывающие влияние на хозяйственную деятельность.

Основу технологии проектирования составляет методология проектирования, она определяется, как набор методов, реализующих некоторые концепции и принципы проектирования информационной системы. В ходе исследования были сформированы новые этапы проектирования геоинформационной системы, которые учитывают использование разнородной информации и типовые ГИС-решения (рисунок 9).

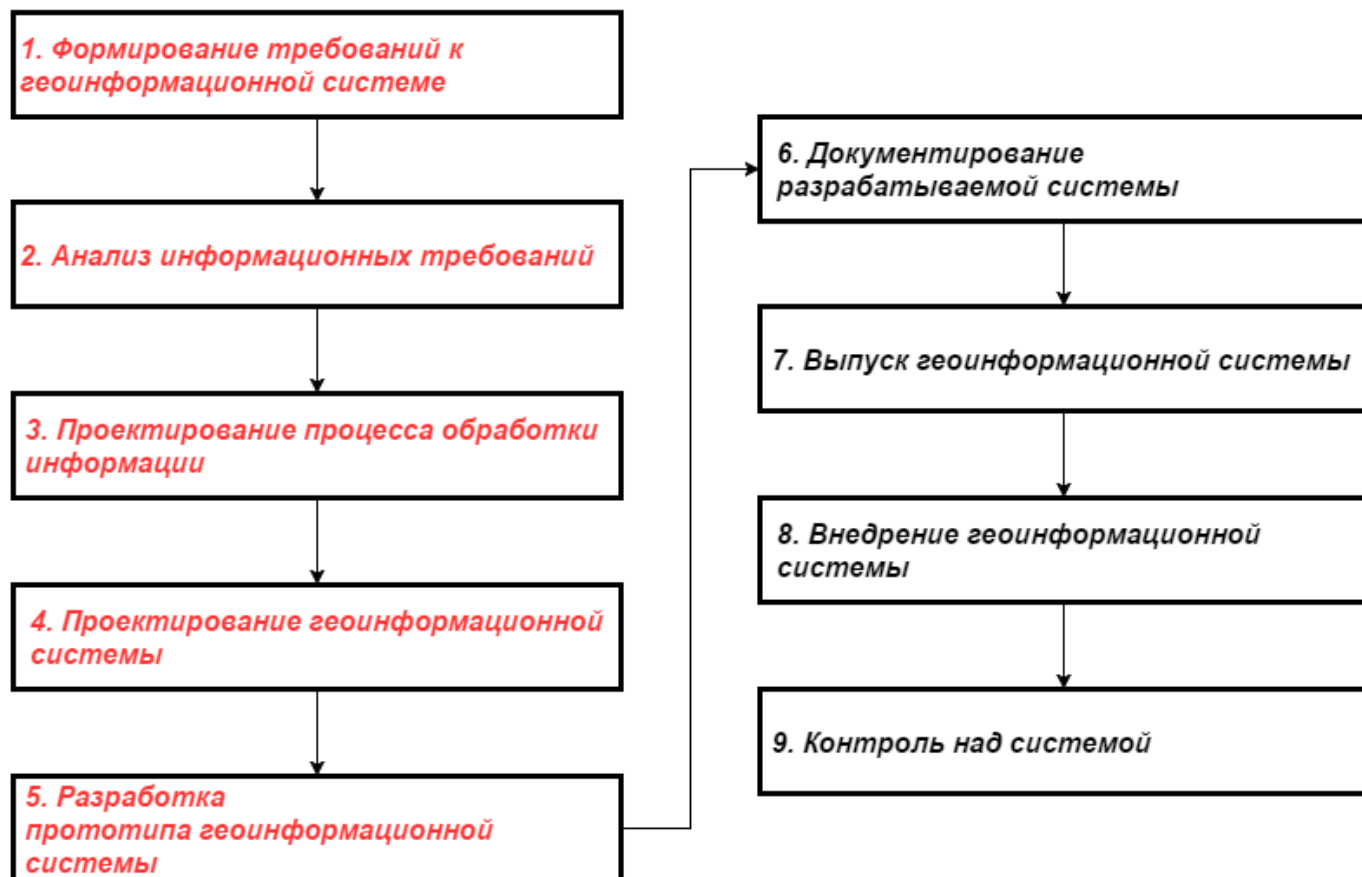


Рисунок 9. Этапы проектирования ГИС

Краткая характеристика каждого этапа проектирования геоинформационной системы представлена на рисунках 10-11.

Методика проектирования геоинформационной системы была модифицирована внедрением в часть основных этапов проектирования системы существенным дополнением - использование разнородной информации. Модифицированная методика проектирования позволяет реализовать методы и подходы создания геоинформационной системы поддержки принятия решений для управления территориями на основе разнородных данных. Данная методика позволит решить задачи построения любой геоинформационной системы на основе разнородных и распределенных баз данных, не зависимо от выбранной территории, что существенно продвигает в развитии управленческую деятельность в регионах.

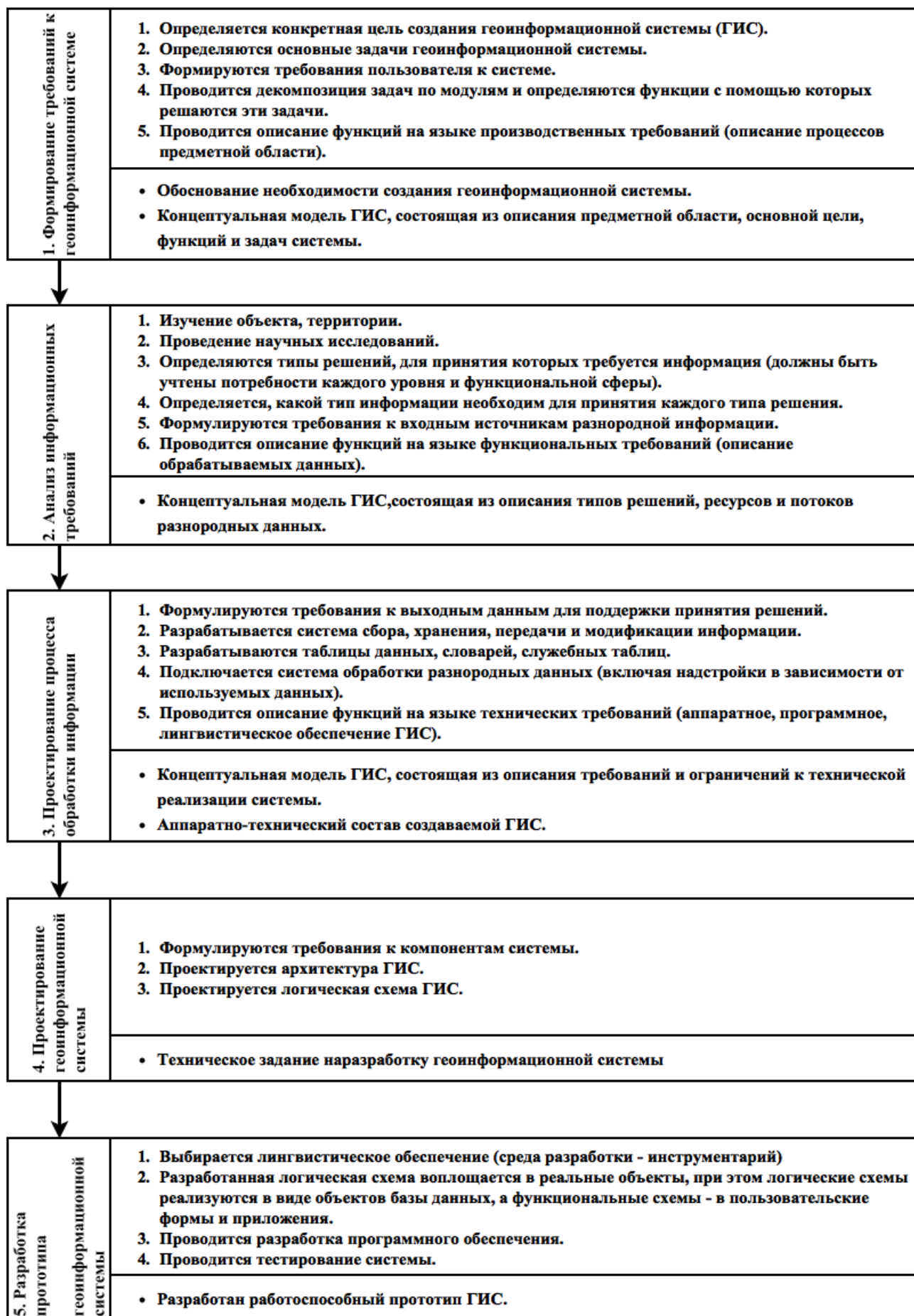


Рисунок 10. Описание этапов проектирования ГИС

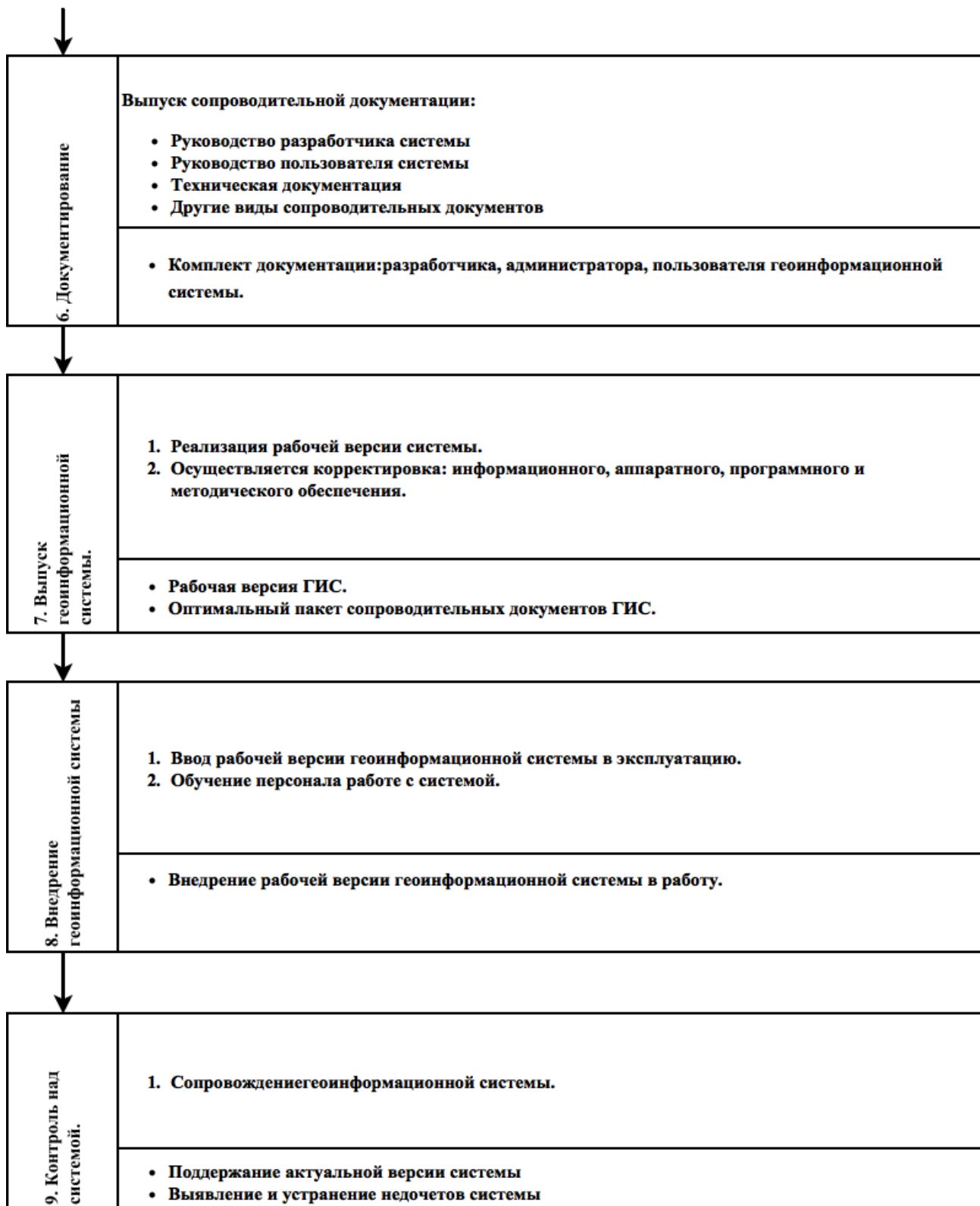


Рисунок 11. Описание этапов проектирования ГИС (продолжение рис. 10)

Положение 4 - Геоинформационная система управления пространственными разнородными данными для поддержки принятия управленческого решения, применительно к задачам управления территориями.

В диссертационной работе была рассмотрена методика оптимизации использования метеорологической информации для предоставления оптимального управленческого варианта решения на примере оптимизации отпуска тепла ТЭЦ. ТЭЦ - объект стратегический, работающий 24 часа в сутки и 365 дней в году. Каждая ТЭЦ снабжает

электричеством и тепловой энергией определенную территорию, на которой находятся промышленные предприятия, жилые и общественные здания.

Автоматизация обработки разнородных пространственно-распределенных данных на основе методики оптимизации использования метеорологической информации позволит решить ряд производственных задач, в частности обеспечить необходимой температурой теплоносители в помещениях на отапливаемых территориях для соответствия санитарным нормам. Решение данной задачи является неотъемлемой частью научной работы и соответствует паспорту специальности.

Для апробации предложенной в работе модели, был осуществлен сбор и обработка разнородной информации по определенным параметрам. Было проведено проектирование системы с использованием методологии объектно-ориентированного анализа, посредством визуального языка проектирования UML и программного продукта STAR UML. В результате были построены концептуальная, статическая и физическая модель системы и представлены в виде диаграмм вариантов использования, компонентов и развертывания. На стадии проектирования были уточнены и скорректированы решения реализации геоинформационной системы, продуманы функциональные возможности системы относительно пользователей и обслуживающего персонала, скорректировано физическое представление систем и размещение отдельных компонентов. На этапе проектирования системы была реализована модель, которая обеспечивает наглядное представление возможных вариантов использования разрабатываемой системы поддержки принятия решений, а также представляет структуру системы, связи между структурными классами и логику действия программы. Конечная модель системы разработана в виде группы диаграмм на унифицированном языке визуального моделирования UML (рисунок 12).

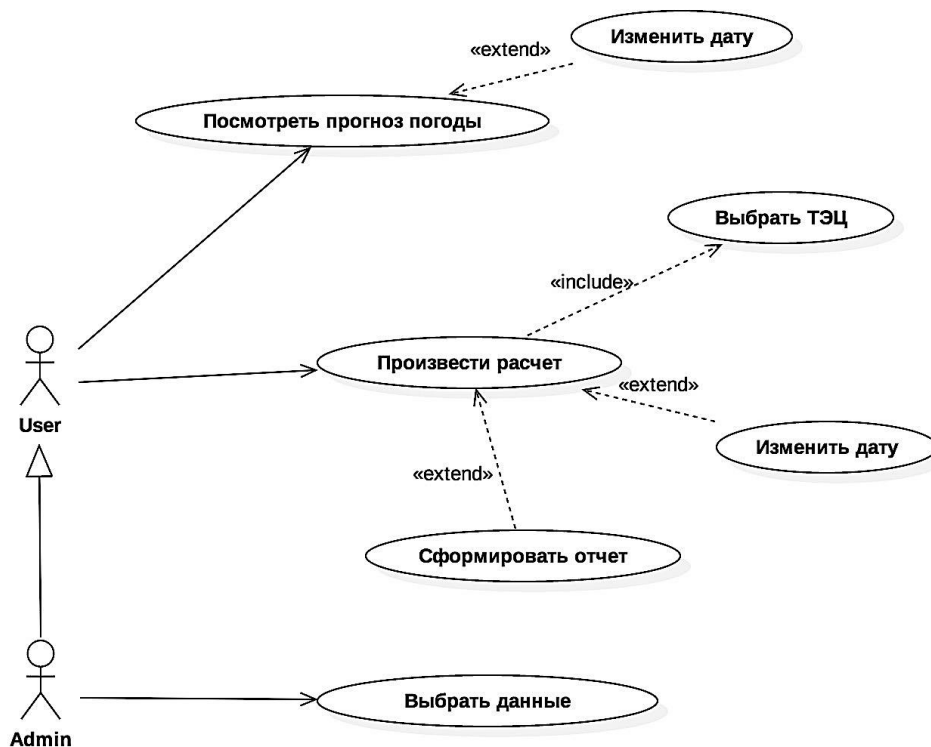


Рисунок 12. Диаграмма вариантов использования системы

Для реального описания системы потребуются более специфические данные, которые отражены в потоке событий. Диаграмма деятельности обеспечивает способ моделирования потока событий и отражает последовательность выполнения операций

(рисунок 13). При интеграции геоданных с использованием модели обработки разнородных данных, результирующие данные могут быть сохранены в единую базу данных, что с легкостью позволяет их использовать для интерпретации в ГИС. Набор диаграмм деятельности является совокупностью алгоритмов реализации выполняемых системой операций.

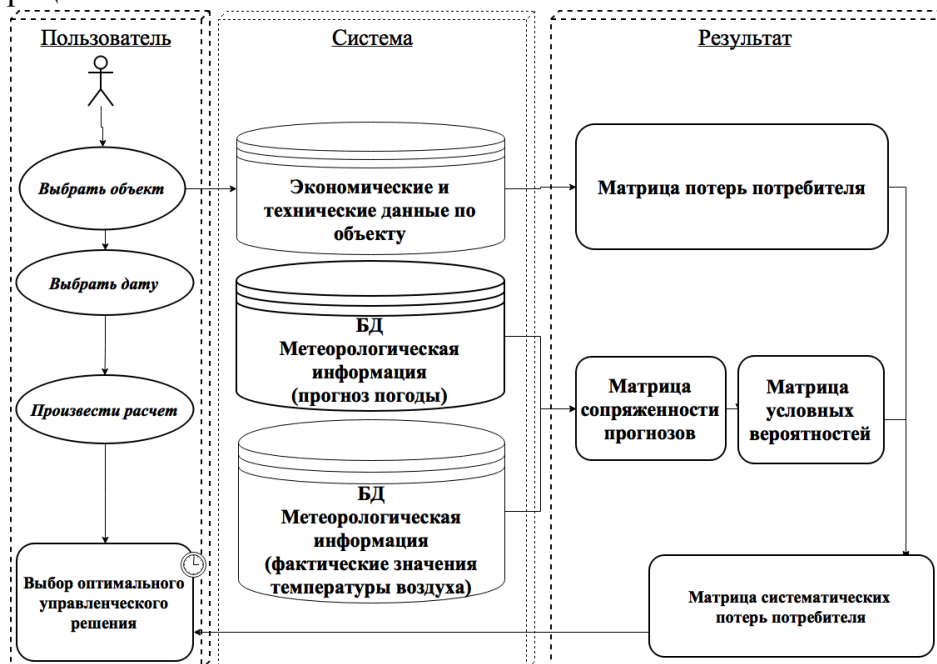


Рисунок 13. Схема обработки разнородных метеорологических данных

На рисунке 14 отражено пространственное размещение всех компонентов, участвующих в процессе работы системы. Проектируемая система имеет клиент-серверную архитектуру, в которой в роли сервера выступает сервер базы данных MySQL.

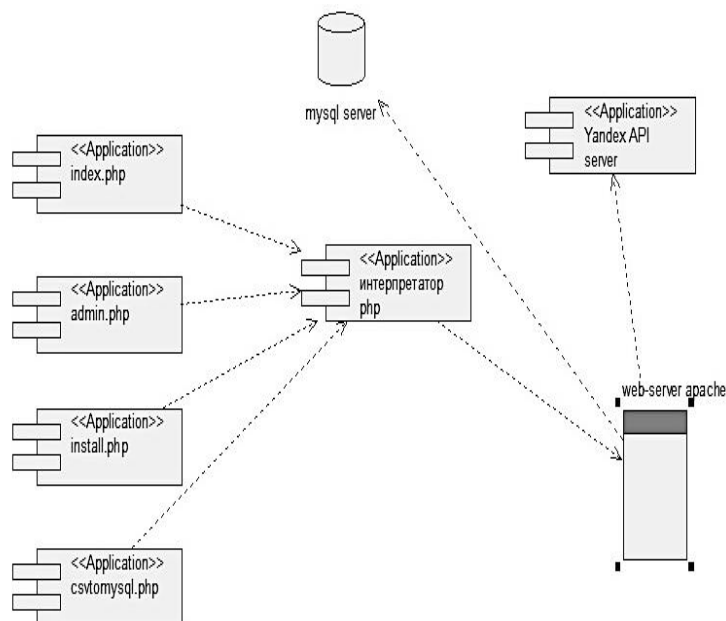


Рисунок 14. Диаграмма компонентов

Для корректной работы клиентской многопользовательской части приложения необходимы интернет-браузер и доступ в интернет. Модульность программной реализации обеспечивается системными средствами PHP, клиентское приложение

является объектной оболочкой над реляционной базой данных. Архитектура системы представлена на рисунке 15.



Рисунок 15. Архитектура системы

В разрабатываемой системе можно выделить пять основных компонентов:

- СУБД. Структурированные архивы пространственно-привязанных картографических и семантических данных, снабженные соответствующими метаданными, хранящиеся в БД.
- Картографическая основа. Отвечает за интерактивное представление картографических данных, используя сервисы API. В качестве подложки к пространственным данным могут выступать сервисы google, yandex, openstreetmap, космоснимки, yahoo, virtualearth.
- CMS. Система управления контентом, реализующая логику приложения, связь с картографическими сервисами API и обеспечивающая работу с хранилищем данных.
- Приложения. Набор программных модулей, реализованных на языке PHP.
- Web-Клиент. Графический интерфейс пользователя, реализованный в виде Web-приложения.

Для взаимодействия с системой на клиентском уровне пользователь оперирует web-браузером, который является «тонким» клиентом, установленным на рабочей станции. Средство отображения данных и инструмент управления ГИС представляют собой интерфейс эксплуатации и администрирования системы, предоставляющий пользователю возможность в интуитивно понятной форме сформировать задание на обработку пространственно-распределенных данных (рисунок 16).

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННЫМИ ДАННЫМИ

The screenshot shows the user interface of the system. At the top, there is a navigation menu with items: Главная, Меню, Карта, О сервисе, Справка. Below the menu, there is an authentication section (Авторизация) with fields for username and password, and a 'Войти' button. The main area displays a map of a territory (Территория исследования) with various locations marked, including Мурино, Северо-Западная ТЭЦ, Всеволожск, and others. Below the map, there is a 'Управление данными' (Data Management) section with a form for selecting meteorological conditions, periods, and other parameters. The form includes dropdown menus for 'Выборите вид влияющих метеорологических условий' (Temperature of air) and 'Выборите период, за который оценивается качество прогностической информации' (Select a period). It also has input fields for 'Дискретность метеорологической информации' (Discreteness of meteorological information), 'Ширина градации' (Width of gradation), and 'Значения издержек' (Cost values). A 'Произвести расчёт' (Calculate) button is at the bottom left of the form.

Рисунок 16. Внешний вид системы

Введенные пользователем системы значения, передаются на сервер приложений в виде запроса к CMS, принимающему и возвращающему sql-запросы. На сервере приложений CMS передает данные в блок приложений, где модули вычислений обрабатывают запрос пользователя, взаимодействуя с модулем доступа к данным. Каждый модуль имеет доступ к архивам данных СУБД через специальную библиотеку функций. Модуль доступа к данным обеспечивает поиск, чтение и выборку данных из архивов.

ГИС позволяет провести комплексный анализ пространственной информации, в исследуемой работе проводится анализ данных прогноза и фактических значений температуры воздуха на территории Санкт-Петербурга (Рисунок 17).

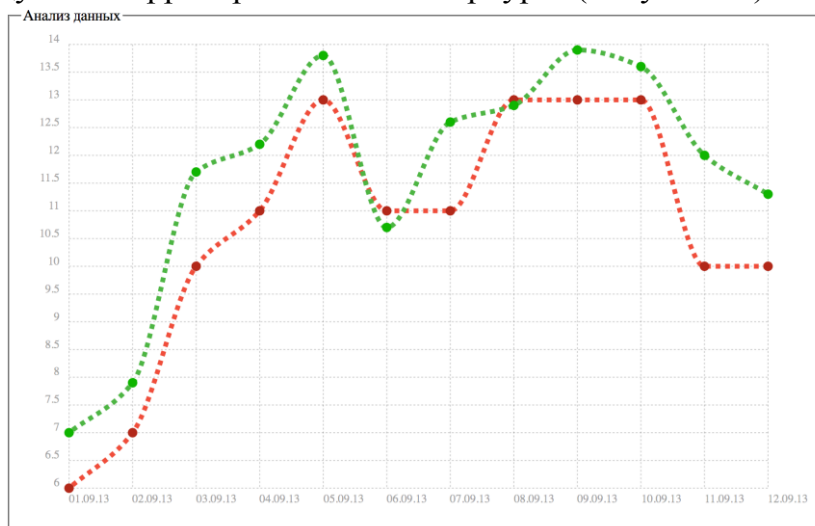


Рисунок 17. Анализ пространственных метеорологических данных

В настоящее время пользователю системы доступна информация по одному тематическому слою – слой объектов теплоэлектроцентралей Санкт-Петербурга. Состав и актуальность информационных данных делает ГИС эффективным инструментом для пользователей при принятии управленческих решений. ГИС позволит решать сложные задачи географического анализа. Для основных потребителей гидрометеорологической информации ГИС поддержки принятия решений по оптимизации отпуска тепла на ТЭЦ станет каждодневным рабочим инструментом.

В ходе исследований была спроектирована геоинформационная система для поддержки принятия управленческого решения по управлению территорией применительно к задаче оптимизации отпуска тепла ТЭЦ, что соответствует области исследования паспорта специальности 25.00.35 «Геоинформатика», п. 3.

Данная система разработана на основе предложенной в работе модели обработки разнородных данных, так же система использует разработанный алгоритм управления метеорологическими данными, что позволяет потребителям гидрометеорологической информации получить сведения, способствующие принятию эффективного управленческого решения, что отвечает формуле специальности 25.00.35 «Геоинформатика» и имеет непосредственное значение для решения научных и технических проблем данной специальности, значение которых состоит в обеспечении информацией, контроле и поддержке принятия управленческих решений в сферах планирования и проектирования, исследований в науках о земле и смежных с ними социально-экономических науках.

Основные результаты и выводы. Личный вклад автора.

1. Разработана модель обработки и управления разнородной геопространственной информацией, основанная на технологиях доступа к данным как локально, так и через глобальную сеть Интернет. Разработаны принципы эффективной синхронизации разнородных пространственных данных. Приведен алгоритм модуля обработки данных, который позволяет получить доступ к любым источникам информации, необходимым для принятия управленческого решения. Представлена схема управления разнородными данными;

2. Разработана методика управления данными на примере регулирования отпуска тепла в зависимости от температуры окружающей среды. Методика применена в новом качестве, её результат может стать новым видом информационного продукта, который учитывает неопределенности реализации текста прогноза и позволяет оптимизировать управление ресурсами. Рассмотренный метод использования метеорологической информации позволяет обеспечить принятие оптимальных управленческих решений в сфере теплоэнергетики, обеспечивающий минимизацию потерь по метеорологическим причинам;

3. Автором предложена модификация методики проектирования геоинформационной системы с использованием модели обработки разнородной геопространственной информации, с учетом требований к системе поддержки принятия решений. Автором были предложены требования к создаваемой системе управления данными;

4. Разработана геоинформационная система поддержки принятия решений на основе модели управления разнородными геоданными применительно к задачам управления территориями с использованием метеорологических данных. Решена научно-техническая задача, имеющая существенное значение для улучшения процесса управления теплоисточниками. Представлена схема обработки разнородной метеорологической информации в геоинформационной системе для получения практического результата. Реализация геоинформационной системы позволяет в автоматическом режиме поддерживать актуальными базы данных, что способствует повышению точности принимаемых решений.

Полученные в ходе работы результаты, позволят эффективно использовать метеорологическую информацию в интересах экономического развития территории, в частности:

1. Обеспечения органов государственной власти актуальной и комплексной информацией для оперативного исследования, оценки и обоснования управленческих решений;

2. Повышения эффективности процедуры принятия решений, обеспечиваемой функциями анализа пространственных данных и использованием результатов научных исследований в наглядном и удобном для восприятия виде.

Основное содержание диссертационной работы опубликовано в 21 печатной работе, из них 3 публикации в журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией при Министерстве образования и науки Российской Федерации:

1. Степанов С.Ю. Разработка модели управления пространственно-распределенными разнородными данными для поддержки принятия решений / Степанов С.Ю., Фокичева А.А. // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета № 45. Научно-теоретический журнал. – СПб.: РГГМУ, 2016. – 264 с.

2. Степанов С.Ю. Методика проектирования геоинформационной системы управления территориями Заполярья на основе распределенных гетерогенных баз данных/ Истомин

Е.П., Колбина О.Н., Степанов С.Ю. // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета № 39. Научно- теоретический журнал. – СПб.: РГГМУ, 2015. – 250 с., ISSN 2074-2762

3. Степанов С.Ю. Сложная информационная система прогнозирования рисков с применением фильтра Калмана – Бьюси / Истомин Е.П., Новиков В.В., Сидоренко А.Ю., Колбина О.Н., Степанов С.Ю. // Ученые записки РГГМУ, выпуск 36, РГГМУ, 2014. – 212 с., ISSN 2074-2762

4. Степанов С.Ю. Сравнительный анализ открытых геоинформационных систем/Информационные технологии системы: управление, экономика, транспорт, право: Сб. науч. тр.// Вып. 10-СПб: ООО «Андреевский издательский дом» - 2013г.,156 с.

5. Степанов С.Ю. Анализ статистических данных космических измерений с приполярной территории для разработки стохастической модели оценки георисков / Истомин Е.П., Сидоренко А.Ю., Степанов С.Ю. // Информационные технологии системы: управление, экономика, транспорт, право: Сб. науч. тр. / Вып. 2 (11) -СПб: ООО «Андреевский издательский дом» - 2013г.,245 с.

6. Степанов С.Ю. Обзор технологических методов доступа к базам данных распределенных ГИС / Зоринова Е.М., Истомин Е.П., Колбина О.Н., Степанов С.Ю. // Информационные технологии и системы: управление, экономика, транспорт, право: Сб. тр. Международной практической конференции «Инфогео-2014» / Вып. 3(14) – СПб: ООО «Андреевский издательский дом» - 2014 г., 116 с.

7. Степанов С.Ю. ГИС. Обзор программного обеспечения / Гришин Н.М., Колбина О.Н., Соловьева А.Д, Степанов С.Ю. // Информационные технологии и системы: управление, экономика, транспорт, право: Сб. тр. Международной практической конференции «Инфогео-2014» / Вып. 3(14) – СПб: ООО «Андреевский издательский дом» - 2014 г., 116 с.

8. Степанов С.Ю. Прогнозирование гидрометеорологической обстановки западного сектора Северного морского пути с применением линейного фильтра Калмана-Бьюси/Сидоренко А.Ю., Новиков В.В., Истомин Е.П., Степанов С.Ю. // Информационные технологии и системы: управление, экономика, транспорт, право: Сб. тр. Международной практической конференции «Инфогео-2014» / Вып. 3(14) – СПб: ООО «Андреевский издательский дом» - 2014 г., 116 с.

9. Степанов С.Ю. Разработка модели доступа и технологий обработки гетерогенных баз данных для использования в прикладных ГИС / Истомин Е.П., Колбина О.Н., Степанов С.Ю. // Информационные технологии и системы: управление, экономика, транспорт, право: Сб. научных трудов./Вып. 1 (15) / Под ред. д.т.н., проф. Истомина Е.П. – СПб: ООО «Андреевский издательский дом» - 2015 г., 66 с.

10.Степанов С.Ю. Технический анализ механизмов доступа к гетерогенным данным для использования в прикладных ГИС / Истомин Е.П., Колбина О.Н., Степанов С.Ю. // Информационные технологии и системы: управление, экономика, транспорт, право: Сб. научных трудов./Вып. 1 (15) / Под ред. д.т.н., проф. Истомина Е.П. – СПб: ООО «Андреевский издательский дом» - 2015 г., 66 с.

11. Степанов С.Ю. Реализация модели подготовки гетерогенных данных в автоматизированной системе / Степанов С.Ю., Петров Я.А. // Информационные технологии и системы: управление, экономика, транспорт, право: Сб. тр. Международной научно-практической конференции «Инфогео 2015»/Вып. 2 (16)/ Под ред. д.т.н., проф. Истомина Е.П., д.т.н. – СПб.: ООО «Андреевский издательский дом» - 2015 г., 214 с.

12. Степанов С.Ю. Геоинформационные системы для предупреждения чрезвычайных ситуаций РФ и США / Степанов С.Ю., Кошкарев Я.А., Пинчук Р.Б. // Информационные технологии и системы: управление, экономика, транспорт, право: Сб. тр. Международной научно-практической конференции «Инфогео 2015»/Вып. 2 (16)/ Под ред. д.т.н., проф. Истомина Е.П., д.т.н. – СПб.: ООО «Андреевский издательский дом» - 2015 г., 214 с.

13. Степанов С.Ю. Механизмы моделей и систем интеграции разнородных геопространственных данных / Истомин Е.П., Колбина О.Н., Степанов С.Ю., Сидоренко А.Ю. // Наука и современность. 2015. N 1(3). с. 89-97 (ISSN 2411-2127, Св-во рег. СМИ ЭЛ № ФС 77-55458)

14. Степанов С.Ю. Модели обработки гетерогенных данных с помощью ГИС программ для решения задач оценки вероятностных событий / Истомин Е.П., Колбина О.Н., Степанов С.Ю., Сидоренко А.Ю. // Наука, образование, общество. 2015. N 4(6). с. 20-27. (ISSN 2411-2224, Св-во рег. СМИ ЭЛ № ФС 77-56325)

15. Степанов С.Ю. Анализ моделей и систем обработки гетерогенных данных для использования в прикладных ГИС / Истомин Е.П., Колбина О.Н., Степанов С.Ю., Сидоренко А.Ю. // Научный вестник. 2015. N 4(6). с. 53-62 (ISSN 2411-1872, Св-во рег. СМИ ЭЛ № ФС 77-55459)

16. Степанов С.Ю. Разработка основ методологии геоинформационного управления объектами и территориями / Бескид П.П., Зоринова Е.М., Истомин Е.П. Колбина О.Н., Крылов А.Г., Слесарева Л.С., Степанов С. Ю., Соколов А.Г., Тимофеева А.Г., Фокичева А.А., Цыбин А.Р. // монография - СПб.: РГГМУ, 2016 – 286 с.

17. Степанов С.Ю. Управление рисками устойчивого развития объектов и территорий в пространственном аспекте: монография / Бескид П.П., Богданов П. А., Зоринова Е.М., Истомин Е.П. Колбина О.Н., Крылов А.Г., Миранков В.А., Слесарева Л.С., Степанов С. Ю., Соколов А.Г., Тимофеева А.Г., Фокичева А.А., Цыбин А.Р., Шишкин А.Д. // монография под общ. ред. Е.П. Истомина. - СПб.: РГГМУ, 2016. – 250 с.

18. Степанов С.Ю. Анализ взаимосвязи систем поддержки принятия решений и геоинформационных систем на основе использования пространственно-распределенной разнородной информации // Информационные технологии и системы: управление, экономика, транспорт, право: Сб. научных трудов./Вып. 2 (18) / Под ред. д.т.н., проф. Истомина Е.П. – СПб: ООО «Андреевский издательский дом» - 2016 г.

19. Степанов С.Ю. Методика проектирования геоинформационной системы для поддержки принятия управленческих решений на основе использования пространственно-распределенной разнородной информации /Степанов С.Ю., Колбина О.Н. // Информационные технологии и системы: управление, экономика, транспорт, право: Сб. научных трудов./Вып. 2 (18) / Под ред. д.т.н., проф. Истомина Е.П. – СПб: ООО «Андреевский издательский дом» - 2016 г.

20. Степанов С.Ю. Разработка алгоритма обработки разнородных данных с использованием метеорологической информации для поддержки принятия управленческих решений /Степанов С.Ю., Фокичева А.А. // Информационные технологии и системы: управление, экономика, транспорт, право: Сб. научных трудов./Вып. 2 (18) / Под ред. д.т.н., проф. Истомина Е.П. – СПб: ООО «Андреевский издательский дом» - 2016 г.

21. Степанов С.Ю. Разработка модели обработки и управления пространственно-распределенной разнородной информацией // Информационные технологии и системы: управление, экономика, транспорт, право: Сб. научных трудов./Вып. 2 (18) / Под ред. д.т.н., проф. Истомина Е.П. – СПб: ООО «Андреевский издательский дом» - 2016 г.