

На правах рукописи



Пястунович Ольга Леоновна

**СОЗДАНИЕ ИНТЕГРИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ
ДЛЯ РЕШЕНИЯ ГОРНОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ
(НА ПРИМЕРЕ УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ КУЗБАССА)**

05.25.05 – информационные системы и процессы,
правовые аспекты информатики

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Кемерово 2009

Работа выполнена в учреждении Российской академии наук Институте угля и углехимии Сибирского отделения РАН.

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Потапов Вадим Петрович

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Потатуркин Олег Иосифович

кандидат технических наук
Ружников Геннадий Михайлович

Ведущая организация: Институт вычислительного моделирования
СО РАН

Защита состоится «5» февраля 2010 года в 15.00 на заседании диссертационного совета ДМ003.046.01 при Институте вычислительных технологий СО РАН по адресу:

630090, г. Новосибирск, пр. ак. Лаврентьева, 6, факс (383) 330-63-42

С диссертацией можно ознакомиться в специализированном читальном зале вычислительной математики и информатики ГПНТБ СО РАН.

Автореферат разослан 30 декабря 2009 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
доктор физ.-мат. наук,
профессор



Л.Б. Чубаров

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. В настоящее время пространственная информация используется для решения широкого круга задач горного производства. Горнотехнологические задачи, использующие подобную информацию, являются уникальным объектом исследования и имеют междисциплинарный характер (находятся на стыке таких наук как физика, химия, геология, математика и др.). Кроме того горнотехнологические задачи тесно взаимодействуют друг с другом по принципу «вход/выход», т.е. часто результаты решения одного класса задач являются исходными данными для решения задач другого класса. Следовательно, можно говорить о необходимости решения нескольких различных классов задач по заданной схеме (или в режиме конвейера). Необходимые атрибутивные данные для решения любой задачи, как правило, соотносятся с некоторым горным объектом, например, шахтой, разрезом, пластом, населенным пунктом или географическим объектом, которые, как правило, не пересекаются в задачах разных классов. В этом случае единственным способом привязки атрибутивных данных оказывается их положение в пространстве. Ситуация осложняется также случайным характером процессов сбора и хранения разнородной информации при решении горнотехнологических задач. Существует необходимость регламентированного получения данных и их настройка для последующей интеграции в различных вычислительных модулях.

В последние десятилетия коллективами ученых (Институт угля и углекислоты СО РАН, Институт горного дела СО РАН, Институт динамики систем и теории управления СО РАН и др.) созданы большие базы данных и разработаны программные комплексы для решения прикладных задач горного производства и в смежных отраслях знаний. Однако в настоящее время практически отсутствуют системы, позволяющие интегрировать вычислительные модули и организовывать посредством их конвейерную обработку различных типов пространственной информации.

В связи с этим актуальной является задача разработки интегрированной информационной системы, обеспечивающей объединение разных типов пространственных данных (векторные, растровые форматы, данные дистанционного зондирования), наборов прикладных программ и математических моделей.

Целью диссертационной работы является создание интегрированной информационной системы (ИИС) и специализированных приложений решения горнотехнологических задач.

Для достижения поставленной цели были решены следующие **задачи**:

1. Построить модель интегрированной информационной системы (ИИС) решения горнотехнологических задач основанную на применение современных ГИС-методов, систем обработки данных дистанционного зондирования (ДДЗ) и прикладных методов анализа пространственных данных.

2. Регламентировать и разработать методы подготовки различных типов пространственной горнотехнологической информации для ввода в ИИС.
3. Осуществить программную реализацию решения конкретных горнотехнологических задач с использованием различных типов геоданных.
4. Разработать алгоритм актуализации горно-геологической пространственной информации.

Научная новизна работы заключается в следующем:

- Предложена модель ИИС, отличающаяся возможностью комплексно решать вопросы сбора, хранения и анализа пространственной информации по угольной тематике для последующего решения горнотехнологических задач, при их определенном взаимодействии друг с другом;
- Создана новая современная программная среда, основанная на информационном объединении вычислительных модулей между собой, и обеспечивающая конвейерную обработку геоданных из хранилища пространственных данных согласно заданной технологической последовательности;
- Разработан алгоритм актуализации горнотехнологических данных на основе ДДЗ; отработана методика получения границ угольных предприятий и др. геологических объектов.

Достоверность и обоснованность полученных результатов обеспечивается использованием проверенных методов и теорий объектно-ориентированного анализа и проектирования, а также построения реляционных баз данных; подтверждается тестовой проверкой конкретных расчетных методов. Полученные результаты сравнивались как с натурными данными, так и с данными, полученными при помощи других программных систем.

Практическая значимость:

Созданная интегрированная информационная система относится к предметно-ориентированным системам, предназначена для решения задач горного производства. Система эффективна для решения горнотехнологических задач, связанных с необходимостью обработки больших массивов разнородной пространственной информации. Может служить основой для создания систем динамического мониторинга угольной отрасли. ИИС используется для разработки стратегии развития Кузбасса.

На защиту выносятся:

1. Информационная модель ИИС обеспечивающая сбор, хранение и анализ разнородной пространственной информации.
2. Методика подготовки геоданных, обеспечивающая ускорение процессов ввода и доступа к ним в прикладных задачах.
3. Программная среда для взаимодействия специализированных вычислительных модулей между собой и с хранилищем данных по Кузнецкому угольному бассейну, обеспечивающая решение широкого класса горнотехнологических задач в ИИС.

4. Технология использования ДДЗ, позволяющая актуализировать пространственную информацию, обеспечивая ее достоверность, и решать специальные горнотехнологические задачи, связанные со сложно и трудно получаемыми исходными данными.

Представление работы. Основные результаты диссертации докладывались на следующих научных мероприятиях:

– X Всероссийская научно-практическая конференция (г. Анжеро-Судженск, 2006);

– научная сессия ИУУ СО РАН (молодежная секция) (г. Кемерово, 2006);

– областная научно-практическая конференция молодых ученых Кузбасса «Исследовательская и инновационная деятельность учащейся молодежи: проблемы, поиски, решения» (г. Кемерово, 2006);

– международная конференция «Геоинформатика: технологии, научные проекты» (г. Иркутск, 2008);

– X всероссийская конференция молодых ученых по математическому моделированию и вычислительным технологиям (г. Иркутск (Россия) - п. Ханх (Монголия), 2009).

Результаты работы использовались при выполнении следующих исследовательских проектов:

Программа 28.4. Разработка месторождений полезных ископаемых и комплексная переработка минерального сырья на основе ресурсо- и энергосберегающих экологически безопасных технологий; горное и строительное машиноведение. Проект 28.4.3. Научное обоснование процессов ресурсосберегающих и экологически безопасных технологий высокоэффективной разработки угольных месторождений (2005).

Междисциплинарный интеграционный проект «Разработка информационной геодинамической модели строения Кузнецкого угольного бассейна для целей прогнозирования катастрофических природных и техногенных явлений» (2005)

Междисциплинарный интеграционный проект «Создание средств спутникового экологического мониторинга Сибири и Дальнего Востока на основе новых информационных и телекоммуникационных методов и технологий» (2006-2008)

Программа 7.7.2. Разработка месторождений полезных ископаемых и комплексная переработка минерального сырья на основе ресурсо- и энергосберегающих экологически безопасных технологий. Проект 7.7.2.1. Разработка современных основ создания высокоэффективных, безопасных и экологически сбалансированных геотехнологий освоения угольных месторождений. (2007-2009 гг.)

Публикации. По теме диссертации опубликовано 14 печатных работы, куда входят (в скобках в числителе указан общий объем этого типа публикаций, в знаменателе – объем, принадлежащий автору): 1 статья в издании, рекомендованном ВАК (0.44/0.22 печ. л.), 7 – в спец. выпусках и других журналах ВАК (3.32/2.05 печ. л.), 5– в трудах международных и российских

конференций и рабочих групп (1.49/1.27 печ. л.), 1 – в тезисах международных и российских конференций (0.13/0.13 печ. л.). Получено 1 свидетельство о государственной регистрации базы данных.

Реализация работы.

На сервере ИУУ СО РАН установлено хранилище пространственных данных по Кузнецкому угольному бассейну, включающее примерно 1263000 записей. Программный комплекс интегрированной информационной системы, включающий 5 расчетных модулей для решения горнотехнологических задач согласно их классам, размещен на серверной площадке и апробирован в рамках локальной сети института. Решены задачи по геотехнологии, геомеханики, подземной газификации. Проведен ряд работ по актуализации и получению новых пространственных данных средствами современной картографии и использовании обработки ДДЗ. Выполнены конкретные расчеты.

Личный вклад автора состоит в следующем [в скобках указаны ссылки на статьи, где опубликован результат]:

– в системе реализованы традиционные алгоритмы сбора и подготовки пространственных данных с учетом специфики задач горного производства [1,3,4];

– собраны уникальные ДДЗ территории Кемеровской области и загружены в хранилище данных [1,5,6,7];

– отработана и реализована схема объединения вычислительных модулей для решения горнотехнологических задач с хранилищем пространственных данных и друг с другом [11,12,13,14];

– разработан метод актуализации пространственной информации на основе ДДЗ [1,5,7,8,13,11]; решена задача выделения границ пространственных объектов на космоснимках [1,7,8,13];

– проверена и протестирована работоспособность интегрированной информационной системы для ряда конкретных задач горного производства [2,3,4,5,9,10].

Объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы, содержащего 53 наименований и приложения. Общий объем работы 145 страниц, в том числе 42 рисунка и 8 таблиц.

Автор выражает благодарность всем сотрудникам Института угля и углехимии СО РАН за знания, полученные на лекциях, семинарах и практических занятиях, а также за полезные научные дискуссии в ходе выполнения работы. Также автор благодарен коллегам к.т.н. Замараеву Р.Ю., к.т.н. Попову С.Е. за успешное и плодотворное сотрудничество. Автор выражает искреннюю и глубокую благодарность доктору техн. наук, профессору В.П. Потапову за бесценный опыт и знания, полученные в ходе выполнения работы, за руководство и всестороннюю поддержку, постоянное внимание и многочисленные обсуждения, способствовавшие успешному написанию диссертации.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность темы диссертационной работы, представляются цели и идея работы, задачи и методы исследования, определяется научная новизна и практическая значимость работы, формулируются научные положения, выносимые на защиту.

Первая глава посвящена моделям пространственных данных и содержит обзор существующих технологий создания и ведения электронных карт как одного из основных средств решения горнотехнологических задач. Проанализированы существующие на настоящий момент модели пространственных данных, охарактеризованы их недостатки. Выделено принципиальное отличие пространственных данных от других видов информации, которое заключается в наличии трех взаимосвязанных частей: географического множества (координаты типа X , Y), схематического множества (геометрия) и атрибутивного множества (некоторый набор характеристик). Наличие трехмерных данных обуславливает применение специальных моделей при создании проблемно-ориентированных информационных систем.

Для объектов хранилища, как основного ядра системы, выявлены модели геоданных, которые могут быть использованы при создании многофункционального хранилища пространственных данных угольной тематики: картографическая модель для создания системы цифровых основ различных масштабов; модель САПР для поддержки графических схем объектов горного производства; атрибутивная модель для учета параметров и характеристик объектов.

Кроме того, предложена схема, претендующая на полноту представления пространственных данных горной тематики в рамках специализированного их хранения (рис. 1). Выявлены возможные связи между различными их типами, при этом сплошной линией представлены связи с основными классами объектов для решения задач, пунктирными – дополнительные данные. Данная схема позволяет определить, какие типы обработки информации необходимы для решения конкретного класса горнотехнологических задач с учетом используемых геоданных.

Пространственные данные, которые необходимы для решения горнотехнологических задач, условно можно разделить на три основных класса (карты, аналитические данные, космо- и аэроснимки). При этом между первым и вторым классом существует тесная взаимосвязь, т.к. любые аналитические пространственные данные либо могут генерироваться за счет использования карт, либо отображаются на них. Третий класс (данные дистанционного зондирования Земли) является элементом контроля вышестоящих классов. С помощью данных этого класса осуществляется мониторинг точности и достоверности данных первых двух классов.

Также в данной главе определены метаданные для классов объектов хранилища. Для объектов электронные карты и космоснимки метаданные представляются следующей совокупностью:

1. идентификационные данные - код номенклатуры; вид электронной карты; наименование главного населенного пункта;
2. наиболее существенные признаки электронных карт - назначение; содержание; форма представления;
3. данные о математических элементах, физических характеристиках, геодезической основе и точностных параметрах - масштаб; номенклатура; проекция; компоновка; частота картографической и прямоугольной сетки; название геометрического столбца; тип данных геометрического столбца.

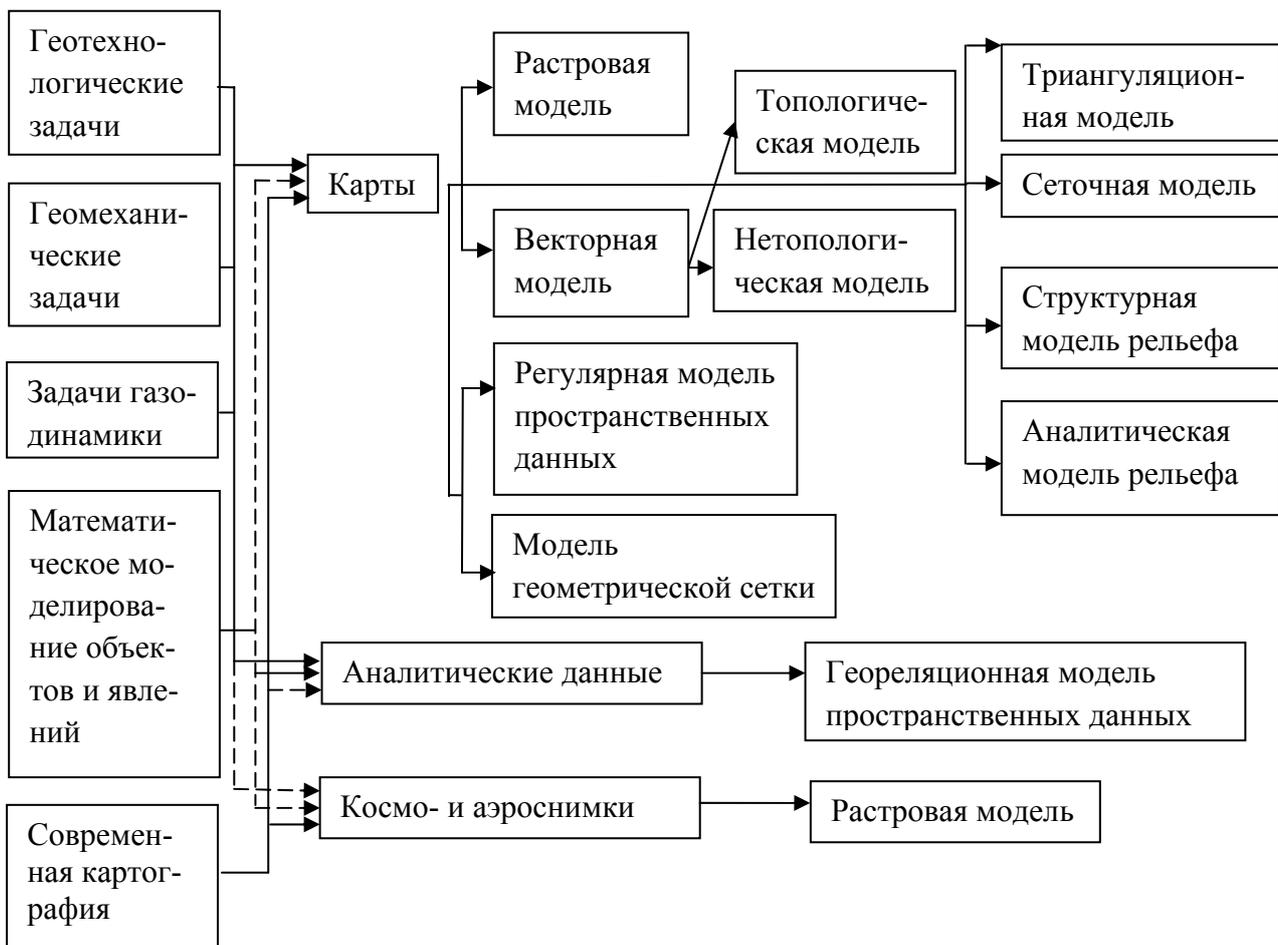


Рисунок 1 - Схема преобразования пространственных данных для решения горно-технологических задач

С учетом специфики данных и моделей данных, используемых в решении горнотехнологических задач, а также предложений выдвигаемых конечными пользователями, сформулированы требования к интегрированной информационной системе предметной тематики (угольное производство). Суть этих требований заключается в следующем:

1. **Качество информации.** Пространственная информация, обрабатываемая в системе, должна соответствовать требованиям ГОСТ Р ИСО 19113-2003 «Географическая информация. Принципы оценки качества»

2. **Возможность адаптации.** Имеется в виду гибкость настройки программного обеспечения системы под специфику деятельности конкретного предприятия.
3. **Комплексность.** Программное обеспечение должно охватывать все аспекты деятельности предприятия и соответствовать масштабу решаемых актуальных задач. При этом важное значение имеет не только количество решаемых задач, но и удобство решения для конечного пользователя. С учетом специфики разрабатываемой системы комплексность также заключается в возможности объединения различных типов пространственных данных и наборов программных модулей, методов, задач и технологий, а также в реализации механизма решения специализированных задач горного производства адаптированных для непрофессиональных пользователей.
4. **Открытость.** Свободное взаимодействие программного обеспечения системы с другими приложениями как на уровне обмена данными, так и на уровне обмена различного рода управляющими воздействиями (например, запуск приложения и т.п.)
5. **Эргономичность интерфейса.** По возможности в системе должны применяться стандартизированные средства интерфейса пользователя, соответствующие характеру выполняемых человеком операций.
6. **Защищенность данных.** Особое внимание следует уделить порядку назначения и реализации прав доступа к информации.
7. **Технология пространственной организации и обработки данных.** В системе обеспечивается наиболее полная работа с пространственными данными, предоставляются инструменты и классические методы обработки данного типа информации.

Во **второй главе** представлена разработанная автором технология создания хранилища пространственных данных угольной тематики. За основу принят подход по построению информационно-вычислительных систем с ядром в виде хранилища данных. Архитектура системы описывается трехслойной моделью. 1-ый слой - извлечение, преобразование и загрузка данных. 2-ой слой - организация хранения данных. 3-ий слой - анализ данных (организация рабочих мест пользователя) (см. рис. 2).

Главным условием при создании хранилища является специфика хранимых данных, выраженная в их трехмерной структуре. Согласно анализу пространственных данных угольной тематики (параграф 1.2) и теории построения хранилищ предложена следующая схема его организации (рис. 2).

Сбор данных для хранилища данных горной тематики представляет собой низовой уровень аккумуляции в одном месте «сырой» информации. В качестве источников информации выступают традиционные карты разных масштабов, ДДЗ, данные мониторинга и наблюдений.

Первичная обработка предполагает согласование данных для обеспечения их целостности и непротиворечивости, т.е. приведение к единому формату представления, системе координат и т.п. В данном случае, при создании

хранилища главным требованием для загрузки цифровых карт и ДДЗ являлось наличие единой проекции. Поэтому на этом этапе осуществляется перевод материалов в цифровую форму (векторизация традиционных карт, сканирование ДДЗ и т.п.), привязка их к конкретной системе координат. В итоге формируются базы данных векторных материалов и ДДЗ, а также базы атрибутивных данных.

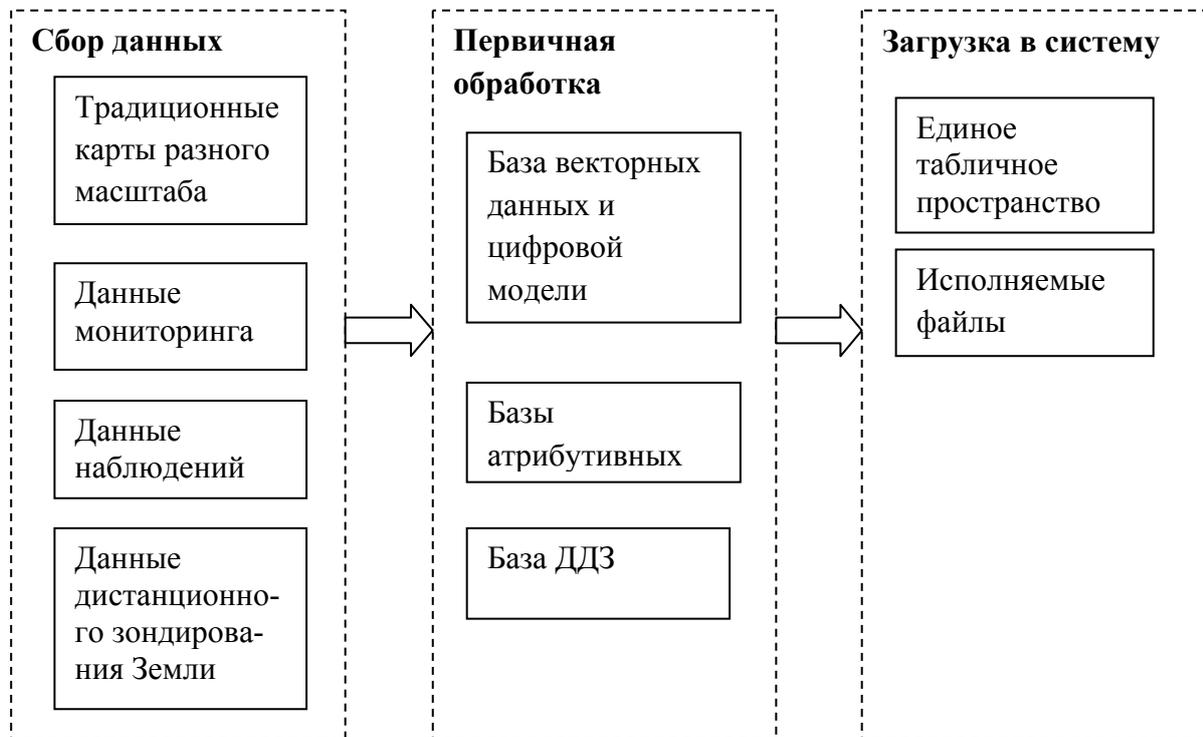


Рисунок 2 - Этапы создания хранилища пространственных данных

На этапе *загрузки в систему* подготовленных пространственных данных происходит отслеживание повторяемости материалов, связка таблиц данных по первичным и вторичным ключам, т.е. формирование некоторого «куба» пространственных данных, их хранилища.

Разработанная структура хранилища накладывает определенные требования на реализующее его программное обеспечение. Так как основой построения информационно-вычислительной системы является хранилище, то его программное обеспечение должно обеспечивать поддержку форматов пространственных данных, например, формат shp-файла. Кроме этого безусловным требованием является обеспечение возможности подключения к хранилищу других систем, поддерживающих идеологию открытых систем. Этим и другим не менее важным требованиям отвечает пакет Oracle, как наиболее развитое программное средство, обеспечивающее обработку пространственных данных, их интеграцию с традиционными форматами хранения информации (текстовые документы, реляционные БД), и предоставляющее встроенные методы обработки информации, типа стандартного механизма построения отчетов и DataMining.

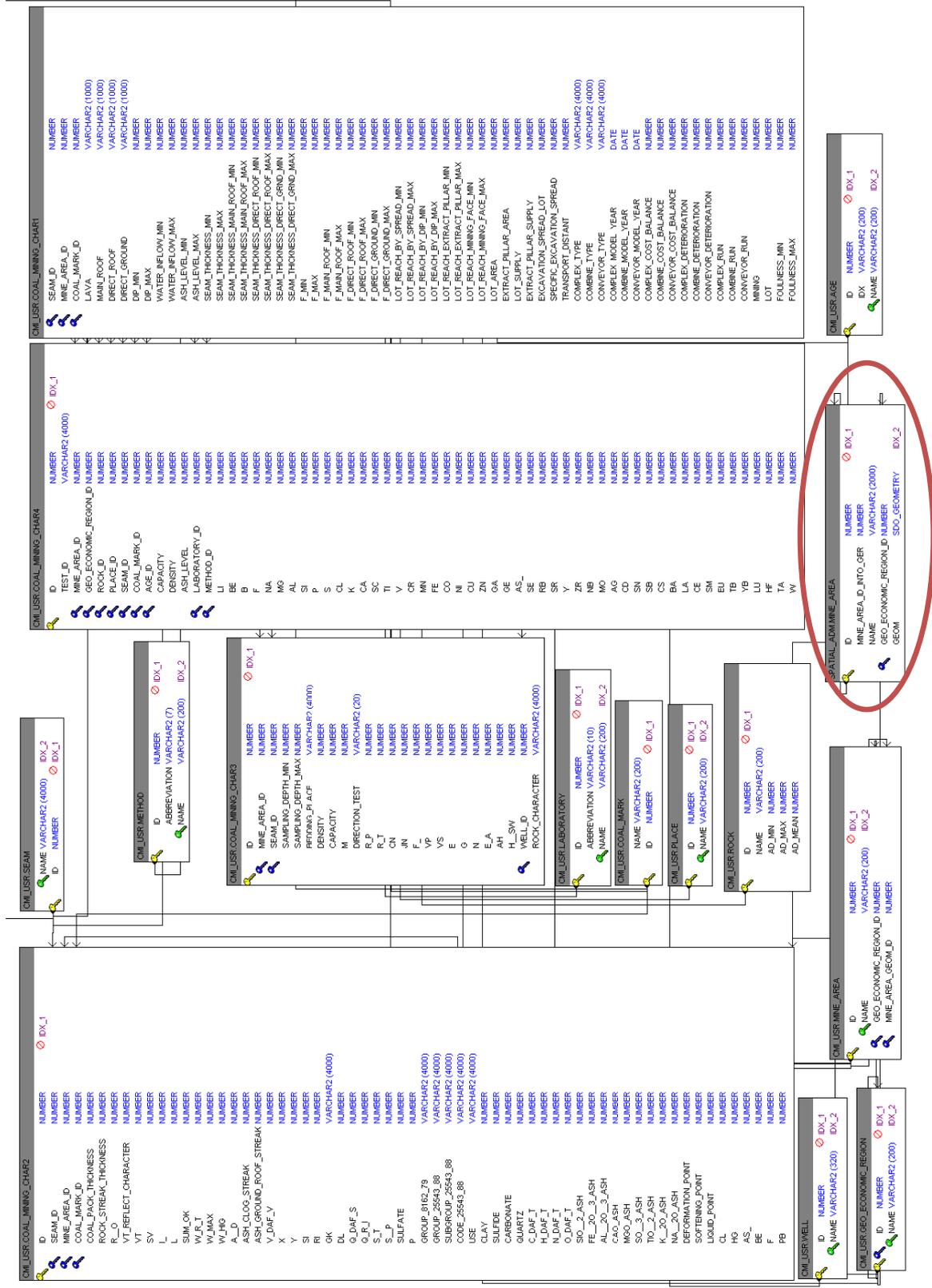


Рисунок 3 – Фрагмент структуры хранения пространственных данных угольной тематики

Каждый объект в хранилище имеет позиционные и семантические характеристики, представленные в атрибутивных таблицах. Между таблицами существует связь на уровне уникальных адресов объектов.

Для создания единого хранилища пространственных данных горной тематики были использованы две схемы данных: SPATIAL_ADM, CMI_USR. Схема SPATIAL_ADM содержит таблицы, связанные между собой в большинстве случаев только системой координат. В схеме SPATIAL_ADM хранятся векторные слои пространственных данных и космо- и аэроснимки, для этого используется специальная структура GEORASTER.

Схема CMI_USR содержит связанные между собой таблицы пространственных данных по различным направлениям горной деятельности. На рисунке 3 представлен фрагмент структуры хранилища пространственных данных по угольной промышленности. Показана связь реляционных таблиц характеристик пространственных объектов схемы CMI_USR с таблицей векторной информации из схемы SPATIAL_ADM (обозначена выделением).

Информационное наполнение хранилища осуществлялось на основе файловых источников. Для подготовки пространственных данных, например, формата ESRI Shape File, ERDAS Imagine использовались специальные утилиты. Пример представления таблицы геолого-экономических районов Кузбасса представлен на рисунке 4. Подобным образом осуществляется загрузка пространственных данных и их представление в хранилище.

Этот подход к подготовке пространственных данных угольной тематики был апробирован на данных другой отрасли знания - медицине. В итоге отклонений в подготовке данных выявлено не было, что говорит об универсальности предложенного подхода.

Таблица GEO_ECONOMIC_REGION:

Название поля	Тип данных	Описание
ID	NUMBER	Код района
NAME	VARCHAR2	Наименование района

Информационное наполнение:

ID	NAME
1	Анжерский
2	Кемеровский
3	Барзасский
4	Завьяловский
5	Дорнинский

Графическое представление пространственных объектов:

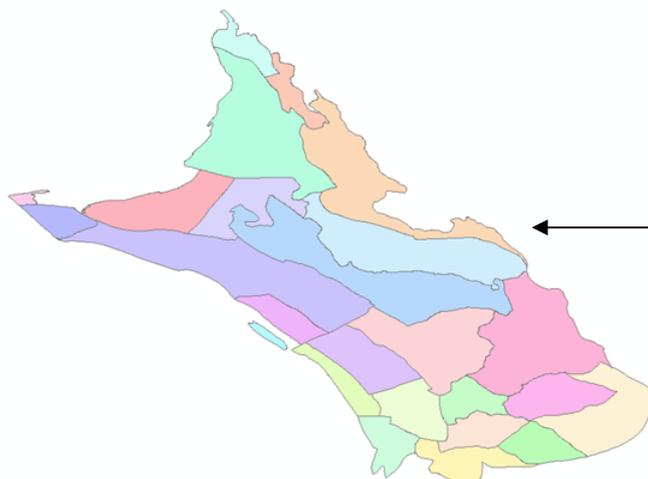


Рисунок 4 - Представление слоя пространственных данных схеме данных SPATIAL_ADM

В третьей главе представлено описание программной реализации информационной системы и ее инструментальных средств разработки специализированных приложений.

Информационная система предназначена для решения горнотехнологических задач на основе интеграции математических вычислений и пространственных данных, представленных электронными картами и космическими аэроснимками.

Математические расчеты могут представляться или интерпретироваться с использованием других пространственных данных, которые также хранятся в хранилище. Возможности по интеграции знаний определяются совокупностью заданных критериев из имеющегося их набора в хранилище. Общий принцип работы системы представлен на DFD-диаграмме (рис. 5).

В ответ на запрос пользователя производится выбор некоторого шаблона вычислительного модуля (ВС) горно-технологической задачи. Решение предполагает наличие перечня необходимых параметров, которые “вытягиваются” из хранилища с помощью SQL-запросов.

Для правильного задания исходных данных разработана разветвленная сеть справочников к конкретным вычислительным модулям. Это обеспечивает целостность исходных данных и гарантию от ошибочного использования пространственных данных в вычислениях. Полученные пространственные данные передаются в соответствующий вычислительный модуль.

После работы модуля проводится анализ результатов, в ходе которого определяется необходимость использования дополнительных данных из хранилища. Инструмент построения отчетов позволяет создать традиционный отчет (вывод полученных числовых показателей), либо генерировать новые пространственные данные в виде карт, схем, анимации.

Информационная система представляет собой панель, построенную по принципу многослойной структуры индикаторов, позволяющих пользователю переходить от общего к детальному представлению информации.

Все горно-технологические задачи, решаемые в информационной системе, разделены на следующие классы:

1. Геотехнология
2. Геомеханика, газодинамика
3. Техника безопасности
4. Подземная газификация
5. Математическое моделирование (Энтропийный анализ)
6. Карты

Каждый раздел интегрированной информационной системы содержит список горно-технологических задач, для решения которых в свою очередь, может потребоваться решение дополнительных более мелких задач, которые необходимы для получения итогового результата.

С учетом требований, сформулированных в главе 1, разработка основной части программного обеспечения системы проводилась в среде NET.Frameworking, в среде пакета Microsoft Visual Studio 2005.

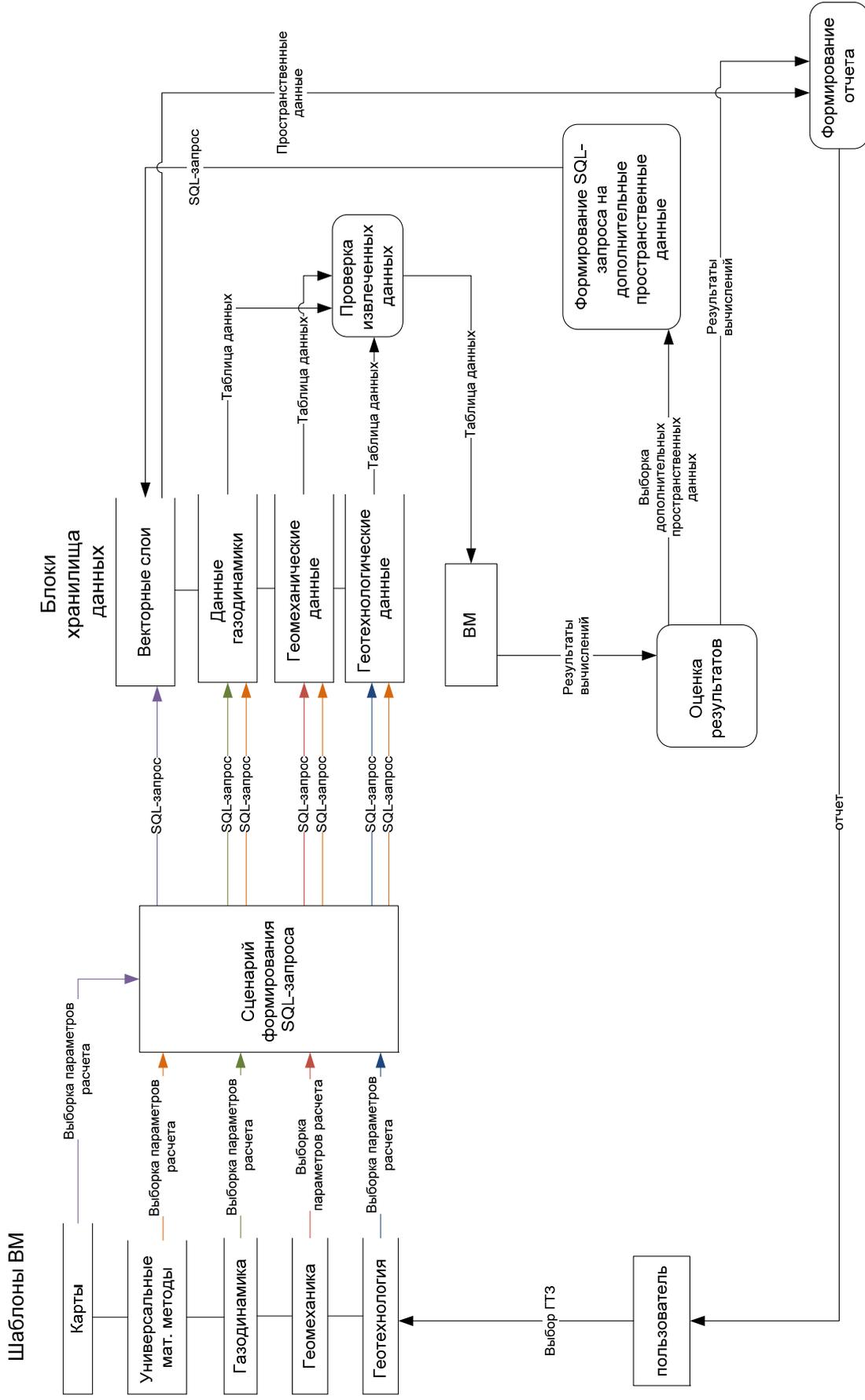


Рисунок 5 - Диаграмма потоков данных в интегрированной информационной системе решения горнотехнологических задач

Интерфейс программы и механизм построения отчетов реализован в среде С++ данного пакета. Для написания некоторых модулей системы использовался пакет Delphy.

Информационно-вычислительная система по Кузнецкому угольному бассейну это приложение, интерфейс которого представляет панель, свободно размещаемую в любом месте экрана. Индикатор программы после ее запуска помещается в область уведомлений рабочего стола. Выбор модуля задачи производится посредством перемещения по выпадающему списку конкретного класса задач. Выбор модуля завершается его загрузкой.

В общем виде система представляет собой совокупность трех базовых подсистем: подсистемы пользовательского интерфейса, графическая и математического моделирования (рис. 6).

Подсистема пользовательского интерфейса предоставляет пользователю инструмент для работы с вычислительными модулями и хранилищем данных. Главное назначение данной подсистемы – формирование SQL-запроса к хранилищу пространственных данных, запуск модуля и формирование отчетности. При этом для создания простых отчетов по результатам вычислений данные передаются непосредственно из подсистемы математического моделирования. Если необходима интерпретация результатов вычислений дополнительной пространственной информацией и ее визуализация, то запускает графическая подсистема.

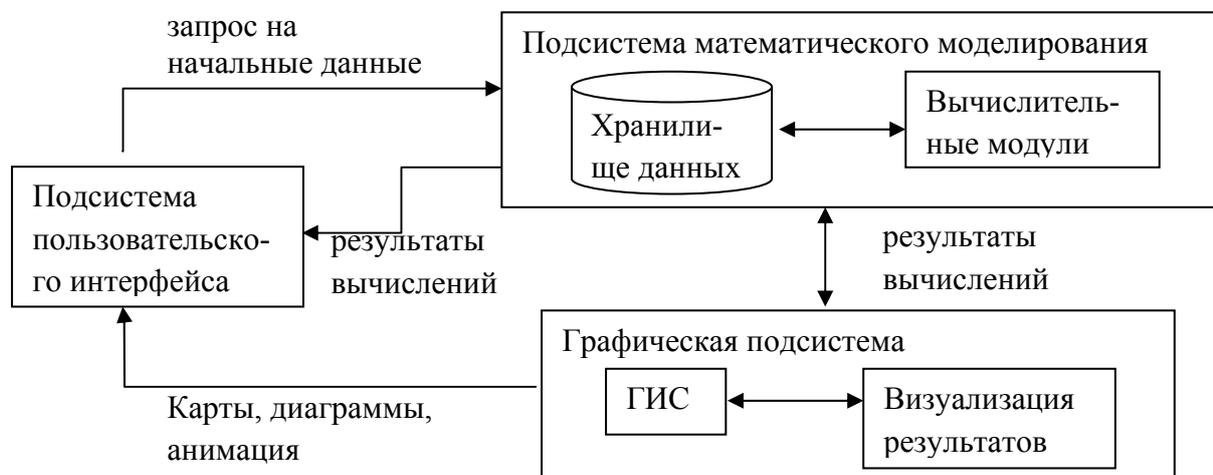


Рисунок 6 - Взаимодействие подсистем в интегрированной информационной системе

Подсистема математического моделирования представлена блоком вычислительных модулей и хранилища пространственных данных. Она получает запрос на работу вычислительного модуля и на исходные данные от подсистемы пользовательского интерфейса. Именно в данной подсистеме происходит обработка пространственной информации. В графическую подсистему входят блоки ГИС и визуализации материала, которые позволяют

представлять полученные результаты расчетов в виде карт, схем, диаграмм, анимации.

В четвертой главе рассматриваются возможности решения горно-технологических задач с помощью созданной информационно-вычислительной системы. Система обеспечивает полноту работы с данными, посредством использования ГИС-методов для обработки электронных карт и механизма интеграции с вычислительными (рис. 7). Система предоставляет пользователю средства для проведения анализа данных. Они представлены блоком отчетов, которые строятся на одномерном и многомерном анализе пространственных данных, осуществляемом встроенными средствами Oracle Reports, Oracle Discoverer, OLAP, Oracle Data Mining. Для их выполнения система передает управление среде Oracle.

Система позволяет подключить к хранилищу данных специализированные аналитические модули решения горно-технологических задач. При этом не имеет значения язык разработки модуля. Так как обработку пространственных данных аналитическим модулем можно отнести к разновидности Data Mining, то процесс его подзагрузки описывается стандартом CRISP (The Cross Industries Standard Process for Data Mining – стандартный межотраслевой процесс Data Mining). Согласно данному стандарту процесс подключения модуля к хранилищу пространственных данных включает следующие фазы:

1. Определение задачи исследования – выбор соответствующего класса задач.
2. Осмысление данных – определение пространственных данных, необходимых для решения выбранной задачи.
3. Подготовка данных – формирование SQL-запроса, “вытягивающего” необходимые данные из хранилища.
4. Моделирование – работа вычислительного модуля.
5. Оценка результатов – интерпретация полученных данных и при необходимости дополнение их другой пространственной информацией.
6. Внедрение – написание собственно отчета.

Разработанная система обеспечивает полноту работы с данными, посредством использования ГИС-методов для обработки электронных карт и ДДЗ и механизма интеграции с вычислительными модулями сторонних разработчиков. Пользователю предоставляются средства для проведения анализа данных. Имеется блок отчетов, которые строятся с использованием модулей многомерного анализа пространственных данных, осуществляемом средствами Oracle Reports, Oracle Discoverer, OLAP, Oracle Data Mining.

Работоспособность данного подхода подтверждена успешным подключением и функционированием в системе модулей «Энтропийный анализ» (среда Matlab) и «Напряженно-деформированное состояние массива (по В.И. Мурашеву)» (среда Delphy).

Важная особенность системы – интеграция различных видов пространственной информации (электронные карты, космоснимки) с традиционными вычислениями.

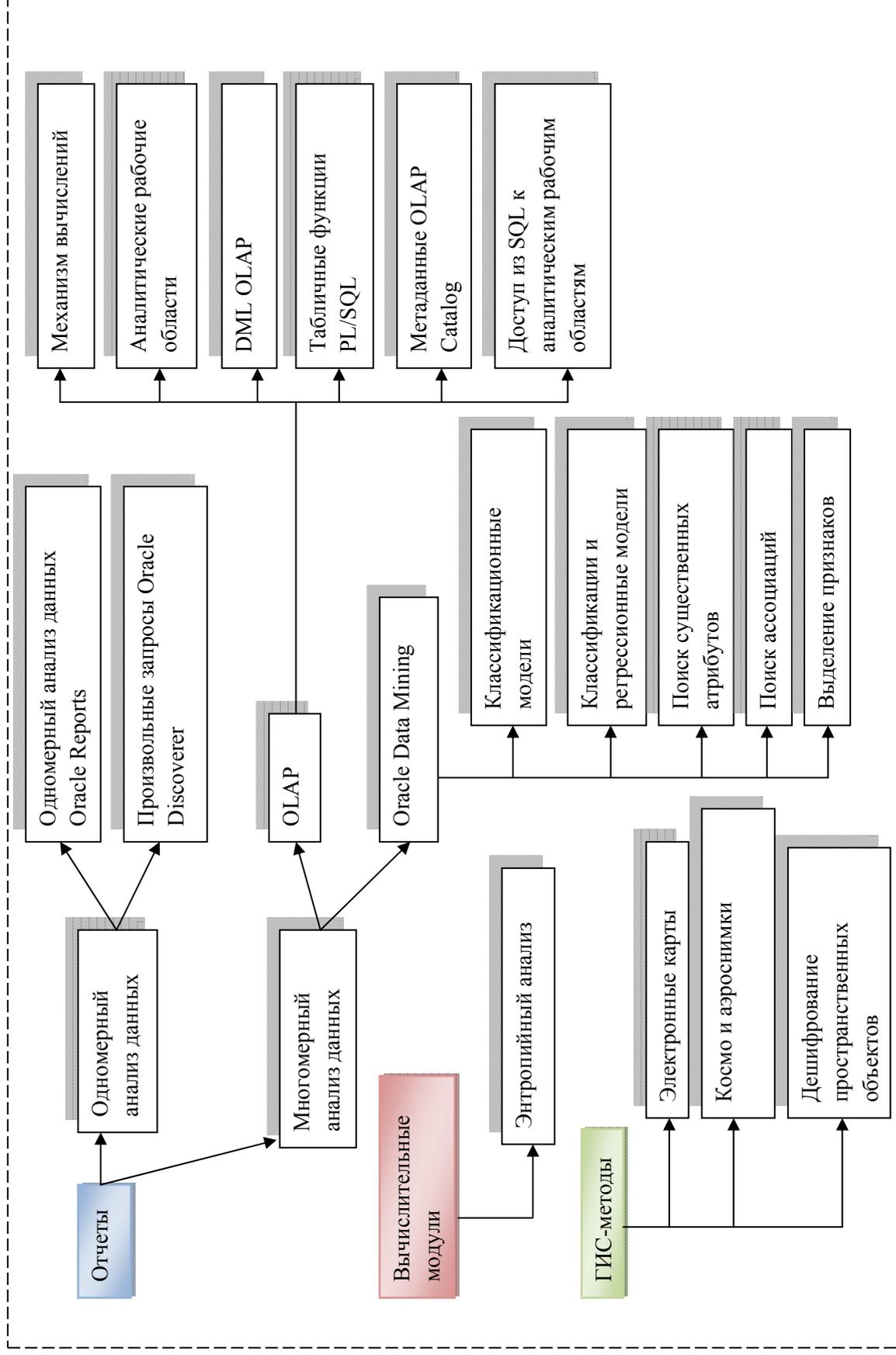


Рисунок 7 - Совокупность вычислительных модулей, подгруженных в информационную систему

Поэтому горно-технологические задачи, решаемые с использованием картографического материала, выделены в отдельный класс.

Для работы с электронными картами пользователю предоставляется перечень карт, находящихся в хранилище, и стандартные методы работы с ними, включая послойное отображение слоев, вывод атрибутов и т.п. Для отображения карт установлена связь с программной средой ArcGIS.

Для решения отдельных горно-технологических задач пользователю предоставляется встроенные инструменты ERDAS для работы с БД космоснимков территории Кемеровской области (схема RASTER_ADM хранилища), визуализируемые в форме мозаичных картин территории, ее геолого-экономических районов и городов.

Отдельным классом выделены горно-технологические задачи, связанные дешифрованием пространственных объектов с использованием космоснимков. Отработана методика выделения этих объектов на космоснимке, основанная на интеграции снимков и векторных карт. С ее помощью решена задача контроля границ отработки участков полезных ископаемых открытым способом. Для ее решения использовались космоснимки территории Кузнецкого бассейна и специализированная БД «Новые лицензионные участки». Для выделения границ участков и их отрисовки применялись пороговая обработка и специализированные фильтры Фурье (Butterworth с радиусом 100-150, Hanning 20-100, Gaussian 150-200). Путем совмещения выделенных границ и векторного слоя «Новые лицензионные участки» были вычислены области расхождения границ объектов.

Решение данной задачи позволило разработать уникальный инструмент контроля границ отработки полезных ископаемых открытым способом. Данный метод также может быть использован для уточнения границ пространственных объектов по космоснимкам, что позволяет актуализировать устаревшие электронные карты и формировать специализированные БД горных объектов.

В **заключении** приводятся основные результаты, указываются направления дальнейшего развития информационной системы и разработанных инструментальных средств.

Основные научные результаты:

1. Предложенная схема организации информационных потоков для решения горнотехнологических задач позволяет определить требуемые пространственные данные и необходимые модели их преобразования.
2. Для интерактивного формирования и исследования реальных горно-технологических процессов и явлений с учетом их динамики обосновано применение структур хранилища пространственных данных. Разработанные и реализованные схемы данных табличного пространства хранилища, включающие схему для хранения реляционных БД и схему для графически представленной пространственной информации, обеспечивают хранение и совместную обработку больших массивов разнородной пространственной горной информации.

3. Разработанная схема интеграции потоков пространственных данных и вычислительных модулей повышает оперативность и достоверность решения широкого спектра горнотехнологических задач за счет интеграции полученных результатов и геоданных из хранилища.
4. Актуализация пространственной информации посредством ДДЗ позволяет повысить точность и оперативность решения различных задач горного дела таких, как контроль изменения пространственных объектов, границ горных отводов и т.п.

Полученные результаты согласуются с современным состоянием технологии аналитической обработки данных.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Работы, опубликованные в ведущих рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК:

1. Потапов В.П., Пястунович О.Л. Комплексные информационно-вычислительные модели как инструмент исследования сложной техногенной среды // Вестн. НГУ. Сер.: Информационные технологии. 2009. Т. 7, вып.3. С. 105-111

Работы, опубликованные в ведущих рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК. Специальные выпуски:

2. Пястунович О.Л. Публикация специализированных горнотехнологических карт в Интернете // Вестник кузбасского государственного технического университета. 2006. № 6.2 (58). С. 78-81

3. Замараев Р.Ю., Попов С.Е., Пястунович О.Л. Энтропийный анализ пространственно-распределенных систем на примере геоинформационных баз данных Кузнецкого угольного бассейна // Вычислительные технологии. Том 12. Специальный выпуск 3: ГИС- и веб-технологии в междисциплинарных исследованиях. 2007. С. 42-53

4. Замараев Р.Ю., Опарин В.Н., Попов С.Е., Потапов В.П., Пястунович О.Л. Использование ГИС-технологий для комплексной оценки участков отработки запасов полезных ископаемых // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2008. № 3.- С. 91-101

5. Пястунович О.Л. Использование данных дистанционного зондирования земли для решения горно-технологических задач // Вычислительные технологии. Т.13; Вестник КАЗНУ им. Аль-Фараби. Серия математика, механика, информатика. № 4.: Совместный выпуск. Часть 3. Алматы-Новосибирск. 2008. С. 99-104

6. Пястунович О.Л. Применение ГИС-технологий в решении горно-технологических задач // Горный информационно-аналитический бюллетень. Кузбасс. 2008. № 7. С. 288-293

7. Потапов В.П., Пястунович О.Л. Методы решения горно-технологических задач с использованием данных дистанционного зондирования Земли // Журнал Сибирского федерального университета. Техника и технологии. 2008. № 1(4). С. 359-365

8. Пястунович О.Л. Опыт решения горно-технологических задач с использованием данных дистанционного зондирования Земли // Кузбасс-1: Сб.статей. Отдельный выпуск Горного информационно-аналитического бюллетеня (научно-технического журнала). 2009. ОВ7. С. 115-122

Материалы конференций:

9. Пястунович О.Л. Использование Интернет-технологий для обеспечение удаленного доступа к пространственным данным // Научное творчество молодежи: Материалы X Всероссийской научно-практической конференции, 21-22 апреля 2006 г., г. Анжеро-Сужденск Часть 1. Томск: Издательство Томского университета, 2006. С. 90-93

10. Пястунович О.Л. Создание сайта для представления горно-технологических карт // Труды международной конференции «Вычислительные и информационные технологии в науке, технике и образовании». Т. 2, 20-22 сентября 2006, г. Павлодар.-Павлодар: ТОО НПФ «ЭКО», 2006. С.144-147

11. Пястунович О.Л. Интеграция геоинформационных систем и Интернет-технологий // Сборник трудов научной сессии ИУУ СО РАН (молодежная секция). Кемерово: Институт угля и углехимии СО РАН, 2006.-С. 70-73

12. Пястунович О.Л. Создание интерактивной системы для работы с проблемно-ориентированными горно-технологическими картами // VII Всероссийская конференция молодых ученых по математическому моделированию и информационным технологиям (с участием иностранных ученых): программа и тезисы докладов, Красноярск, 1-3 ноября 2006 г. Красноярск, 2006. С. 92-93

13. Пястунович О.Л. Создание интерактивной системы для работы с электронными специализированными картами // Исследовательская и инновационная деятельность учащейся молодежи: проблемы, поиски, решения: Труды областной научно-практической конференции молодых ученых Кузбасса. Т.2. Кемерово, 2006. С. 47-51

14. Потапов В., Пястунович О. Интегрированная информационная система для решения горнотехнологических задач // Труды шестого совещания российско-казахстанской рабочей группы по вычислительным и информационным технологиям, 16-18 марта 2009г. Алматы, 2009. С. 267-273

Свидетельства:

15. Попов С.Е., Пястунович О.Л., Замараев Р.Ю. ГБД ИУУ СО РАН по угольной промышленности Кузбасса. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2008620149. М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2008