

*На правах рукописи*



**Зельков Константин Михайлович**

**РАЗРАБОТКА АРХИТЕКТУРЫ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ  
ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ И МЕТОДИК РАСПРЕДЕЛЕННОЙ  
РАБОТЫ С МАССИВАМИ ПЛАНЕТАРНЫХ ДАННЫХ**

Специальность 25.00.35 – геоинформатика

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Москва – 2012

Работа выполнена в ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет геодезии и картографии (МИИГАиК)» на кафедре информационно-измерительных систем

**Научный руководитель:** доктор физико-математических наук, профессор  
**Шингарева Кира Борисовна**

**Официальные оппоненты: Соловьев Игорь Владимирович**  
доктор технических наук, профессор  
МИИГАиК, зав. кафедрой прикладной информатики  
**Тихонов Александр Дмитриевич**  
кандидат технических наук, ООО «Геосервис-прибор», начальник отдела геодезии;  
доцент кафедры геодезии, геоинформатики и навигации МИИТ

**Ведущая организация: Институт космических исследований РАН (ИКИ РАН)**

Защита состоится «30» мая 2012 г. в 10:00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.143.03 при Московском государственном университете геодезии и картографии (МИИГАиК) по адресу: 105064, Москва, Гороховский пер., 4, зал заседаний ученого совета.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Московского государственного университета геодезии и картографии (МИИГАиК).

Автореферат разослан «28» апреля 2012 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета



Климков Ю.М.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** Возврат к космическим исследованиям, в том числе в России, и их активизация в начале XXI века привели к интенсивному развитию планетной картографии, которая будет играть все более важную роль в процессе освоения внеземных территорий. Неотъемлемой частью космических исследований являются съемки поверхности различных тел и дальнейшая фотограмметрическая обработка полученных результатов. Учитывая, что значительные успехи в области космических программ, освоении внеземных территорий и развитии космонавтики дали большое количество постоянно пополняющегося материала, научным коллективам, производящим как предварительную, так и полную обработку снимков, необходимы комплексные инструменты, позволяющие производить эффективную распределенную работу с подобными массивами данных. Актуальность диссертационного исследования определяется необходимостью разработки в рамках единой информационной системы (ИС) эффективных методик интеграции различных видов и форматов изображений, их метаданных, а также их интерактивного анализа, управления и обмена.

**Целью исследования** является разработка архитектуры специализированной информационной системы и исследование её организационно-технологических особенностей, позволяющих создать новые методики и повысить эффективность интерактивной распределенной работы с массивами данных.

Для достижения данной цели необходимо было решить следующие **задачи**:

- изучить существующие информационные системы и базы данных, что должно включать в себя рассмотрение их структур, способов и форматов хранения данных;
- изучить существующие методики и алгоритмы получения, анализа и представления данных;

- решить задачу стандартизации различных форматов данных, разработав методику и алгоритмы преобразования моделей данных, а также методы доступа, предварительной обработки и анализа данных с учетом различных объемов;
- разработать архитектуру специализированной информационной системы и баз данных (БД) с учетом необходимости распределенной работы с большими массивами планетарных данных и различного числа пользователей;
- на примере разработки отдельных модулей информационной системы произвести экспериментальную проверку разработанной архитектуры, алгоритмов и методик.

**Объект и предмет исследования.** Объектом исследования являются информационные процессы обмена систематизированной информацией, информационная система, ее архитектура и инфраструктура. Предметом исследования являются геоинформационные технологии и методы, позволяющие повысить эффективность распределенной работы с массивами данных.

**Научная новизна.** В рамках разработки архитектуры специализированной ИС, позволяющей реализовать новые эффективные методики работы с массивами планетарных данных, была разработана модель распределенной ИС. В отличие от существующих на данный момент систем, разработанная ИС позволяет производить интерактивный анализ, управление и эффективную распределенную работу с полученной систематизированной информацией из неограниченного числа источников, а также имеет высокую степень масштабируемости. Кроме того, предусмотренные в системе динамические коэффициенты приоритета доступа к различным компонентам системы позволяют управлять нагрузкой на различные модули ИС. Таким образом, были разработаны новые методики, позволившие организовать систематизацию, интерактивный анализ и обмен информацией

неограниченного числа пользователей и научных коллективов в рамках единой ИС.

С целью решения поставленной задачи, была сформирована распределенная комплексная ИС, а также описаны методики и алгоритмы оптимизации работы с данными. В процессе создания ИС и базы метаданных была изучена информация на конкретном объекте, систематизации которой прежде не уделялось должного внимания. Положительные результаты экспериментальных исследований в полной мере доказывают перспективность использования новых идей в науке.

На защиту выносятся следующие **основные результаты**:

1. Архитектура специализированной информационной системы, позволяющая объединить и стандартизировать планетарные данные из различных источников и реализовать методики распределенной работы неограниченного числа исполнителей, используя динамические коэффициенты приоритета доступа к различным модулям системы;
2. Методики и алгоритмы предварительного анализа, корректировки, систематизации, вычислений, импорта и экспорта данных;
3. Инфологическая и даталогическая модели и структура базы метаданных информационной системы, позволяющая проводить распределенную обработку массивов данных;
4. Результаты экспериментальных исследований, полученные путем разработки модуля анализа, импорта и экспорта изображений и метаданных из Planetary Data System.

**Источниковая база.** При создании информационной системы использовались метаданные и кадровые снимки Фобоса и сопроводительная информация к ним, полученные из открытых источников, также рассмотренных в работе, в частности, Planetary Data System. Экспериментальная часть работы выполнялась с помощью системы управления базами данных Microsoft Access,

средства разработки программного обеспечения Microsoft Visual Basic, системы управления реляционными базами данных Microsoft SQL Server, архитектуры компонентов базы данных OLE DB (включая дополнительные провайдеры Microsoft OLE DB Provider for SQL Server и Microsoft Office 12.0 Access Database Engine OLE DB Provider), программного обеспечения SPICE, ISIS, а также программы по распознаванию текстов Abbyy FineReader, графического редактора Adobe Photoshop CS2. При выполнении работы были использованы и проанализированы различные литературные источники, информационные системы по планетной тематике, геоинформационные системы.

**Практическое значение.** Разработанная архитектура специализированной информационной системы и базы данных, методики, алгоритмы и программное обеспечение предоставляют пользователям, обрабатывающим массивы изображений и метаданных, способы эффективной и интерактивной работы. Кроме того, разработанная методика локального хранения обрабатываемых данных позволяет пользователям работать с материалами независимо от наличия доступа к удаленным хранилищам, а использование интерфейсов доступа позволяет работать с БД, используя различное программное обеспечение в качестве клиентского приложения.

Сформированные в процессе разработки архитектуры ИС и БД позволят сократить затраты на создание подобных систем в будущем.

**Методы исследования.** В процессе исследований использовались системный анализ, теория геоинформатики, теория построения алгоритмов, абстрактно-логический, расчетно-конструктивный методы исследования, а также методы теории принятия решений. При разработке методики и моделей применялись методы теории множеств. Экспериментальные исследования осуществлены с помощью систем управления базами данных Microsoft Access, Microsoft SQL Server, средства разработки программного обеспечения Microsoft Visual Basic, с использованием материалов космических съемок.

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы, включающего 50 наименований источников и

3 приложения. Общий объем диссертации: 93 страницы текста и 15 страниц приложения, в том числе 10 таблиц и 32 рисунков в тексте.

**Апробация работы и публикации.** По теме диссертации опубликовано 2 статьи в журналах, рекомендованных ВАК России, промежуточные и окончательные результаты работы доложены на 3 международных конференциях и опубликованы в соответствующих сборниках.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

Во **введении** раскрыты актуальность темы, цель и задачи, научная новизна и практическая ценность работы.

### **Глава 1. Космические исследования тел Солнечной системы.**

#### **Информационные системы и данные по космическим исследованиям**

Малые тела Солнечной системы исследуются уже на протяжении десятков лет, но по настоящему глубокие исследования стали возможны лишь в эпоху космических полетов. Рассмотренные в первой главе миссии, такие как «Вега-1, 2», «Deep Space 1», «Stardust», «Mars Express» и другие внесли существенный вклад в исследования малых тел и предоставили значительные объемы информации.

В первой главе проведен анализ текущего состояния распределенных информационных систем (ИС) планетарной тематики. Кроме того, были проанализированы их характеристики, архитектуры, виды и методы предоставления информации пользователям. В настоящее время существует ряд информационных систем планетной тематики. Наиболее крупные из них приведены в таблице 1.

<b>Информационные системы (ИС)</b>	<b>Предоставляемые данные</b>
Planetary Data System (PDS)	Изображения планет, малых тел. Метаданные, собственная система каталогизации

JPL Photojournal	Изображения планет, малых тел. Является частью PDS
Map-a-Planet	Изображения планет, спутников. Является частью PDS
United State Geological Survey (USGS)	База данных карт
The SAO/NASA Astrophysics Data System (ADS)	База данных астрофизических публикаций
NASA/IPAC Extragalactic Database	Астрономическая база данных космических тел
SIMBAD (the Set of Identifications, Measurements, and Bibliography for Astronomical Data)	База данных астрономических объектов
The Planetary Society	База данных научных публикаций о космических исследованиях
Malin Space Science Systems	Изображения, база данных съемочных камер космических аппаратов, публикации о космических исследованиях
Center for Mars Exploration (CMEX)	Изображения, база данных публикаций о космических исследованиях Марс
<b>Таблица 1.</b> Крупнейшие информационные системы планетной тематики	

На сегодняшний день наиболее актуальным хранилищем информации по космическим телам является Planetary Data System (PDS). Однако даже такая объемная база как PDS не содержит исчерпывающей информации, порой необходимой специалистам при решении поставленных задач. В этом случае используется стороннее программное обеспечение.

Как показал проведенный анализ, рассмотренные в главе информационные системы хранения изображений тел Солнечной системы и



дополнительные источники данных предоставляют пользователям существенные массивы информации. Более того, работая над определенной задачей, у исполнителя могут возникать некоторые промежуточные данные (например, уточненные параметры орбиты, исправленные снимки, и т.д.). В данном случае, результативность работы коллектива исполнителей напрямую зависит от эффективной организации их распределенной работы.

Рассмотренные выше информационные системы – прежде всего хранилища информации, не предоставляющие пользователям возможности интерактивной работы с данными.

Оптимальным решением поставленной задачи систематизации и обмена данными является организация распределенной информационной системы, позволяющей производить интерактивный обмен данными коллектива пользователей, в том числе архивы данных различных уровней.

В рамках данной разработки были проанализированы два различных подхода к организации хранилища информации: локальный и удаленный (таблица 2).

<b>Характеристика</b>	<b>Локальный</b>	<b>Удаленный</b>
Зависимость от внешней сети	нет	да
Максимальная скорость передачи данных	до 100 Мбит/с	зависит от внешнего канала
Создание дополнительной нагрузки на внешний канал передачи данных	нет	да
Возможность синхронизации с удаленными пользователями	нет	да
Защищенность данных от внешнего доступа	да	нет

**Таблица 2.** Сравнение локальной и удаленной информационной (распределенной) системы

Как видно из таблицы, каждый из подходов имеет свои достоинства и недостатки. Тогда как локальный инструментальный информационный системы подходит для организации работы коллектива одного предприятия, института и т.п., распределенная ИС позволяет производить удаленную работу большего числа исполнителей.

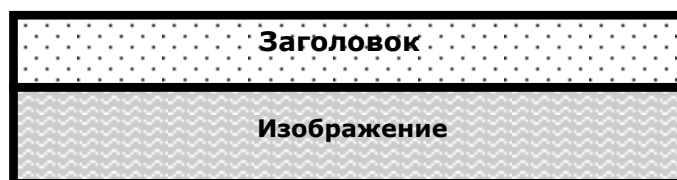
Учитывая тот факт, что изображения имеют значительные размеры (в среднем от 0.5 до 300 Мб), особо остро встает вопрос обмена большими массивами изображений между исполнителями. В следующих главах в рамках единой ИС были использованы оба подхода для получения возможности эффективной и интерактивной работы с подобными массивами данных: локальный (оперативный) и распределенный инструментариий.

## **Глава 2. Способы и форматы хранения и получения данных.**

### **Требования к специализированной информационной системе для работы с массивами планетарных данных**

Вторая глава посвящена анализу имеющихся материалов, способов их получения, хранения и совместного использования. Также сформулированы основные этапы разработки и требования к специализированной ИС для эффективной распределенной работы с массивами данных.

Анализ материала показал разрозненность форматов и типов хранения данных. Зачастую метаданные хранятся в виде структурированного кода (XML) кода или заголовка файла (header) (рис. 1).



**Рис. 1.** Структура файла космического снимка с заголовком

Особенностью такого подхода является то, что подобная информация предназначена для автоматизированного считывания программным

обеспечением. Однако в том случае, если в программном обеспечении не предусмотрена функция считывания подобной информации, пользователь вынужден просматривать ее вручную, что сказывается на скорости, а зачастую и невозможности поиска для неподготовленного пользователя. Это, в свою очередь, также требует разработки алгоритмов и инструментов их чтения и предварительного представления в удобном для пользователя виде.

Существующие на сегодняшний день ИС имеют ряд существенных недостатков, не позволяющих организовать эффективную работу с данными:

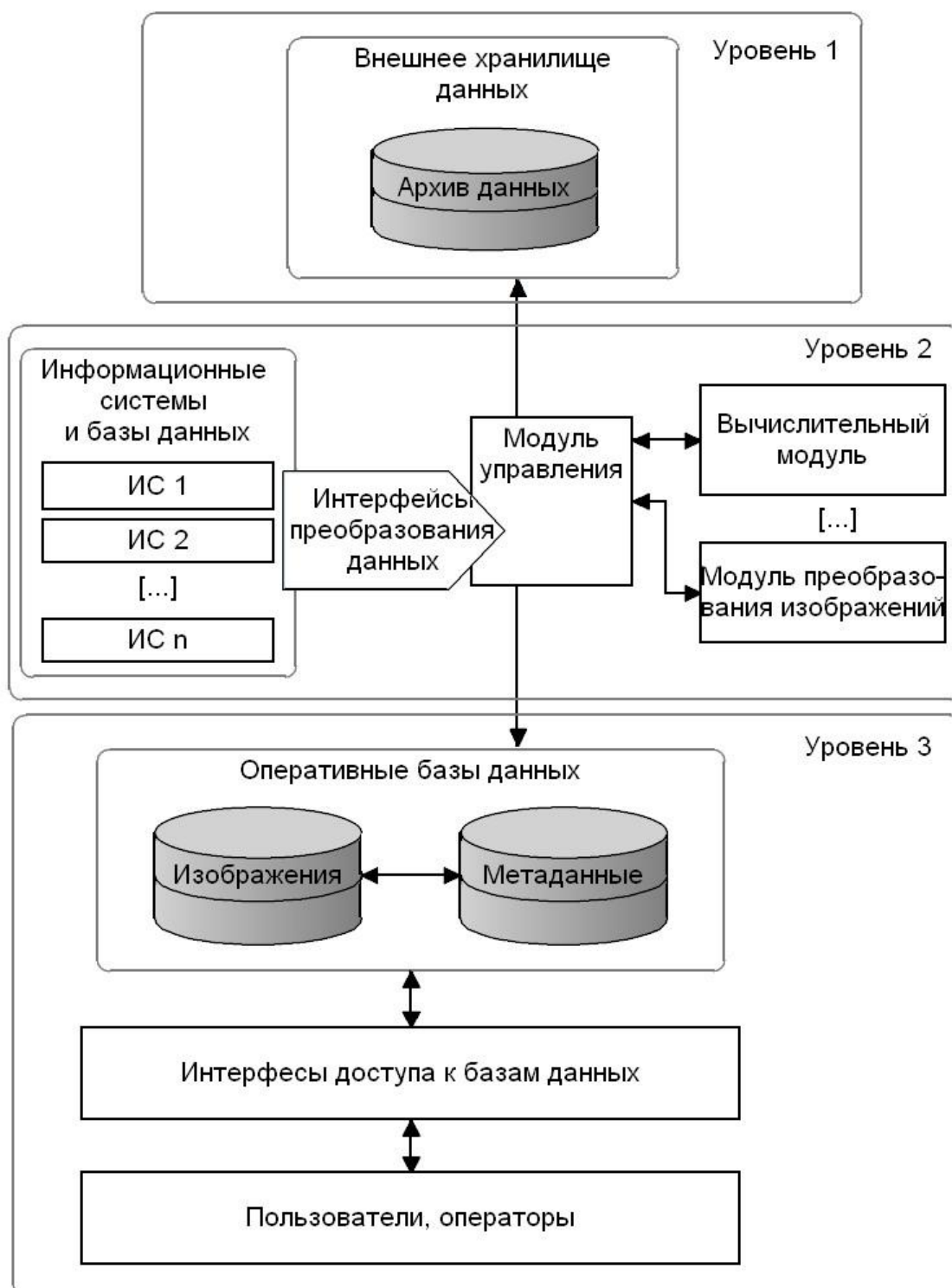
1. Зависимость от наличия доступа к удаленному хранилищу данных;
2. Необходимость установки специализированного программного обеспечения на рабочие станции пользователей для получения полного доступа ко всей доступной информации (XML, header);
3. Отсутствие единого подхода к форматам хранения данных.

Таким образом, можно сформулировать основные требования к разрабатываемой ИС:

1. Возможность получения информации из различных источников без необходимости использования большого количества дополнительного программного обеспечения;
2. Различные способы доступа к данным: локальный, удаленный и комбинированный;
3. Стандартизация получаемых и обрабатываемых данных.

### **Глава 3. Разработка архитектуры информационной системы, базы данных и методик работы с массивами космических снимков**

Первая часть главы посвящена разработке архитектуры ИС для эффективной работы коллектива исполнителей. Основными требованиями к такой системе является возможность быстрого обмена большими объемами систематизированной информации. Архитектура разработанной ИС приведена на рис. 2.



**Рис. 2.** Архитектура информационной системы интерактивной работы с массивами данных

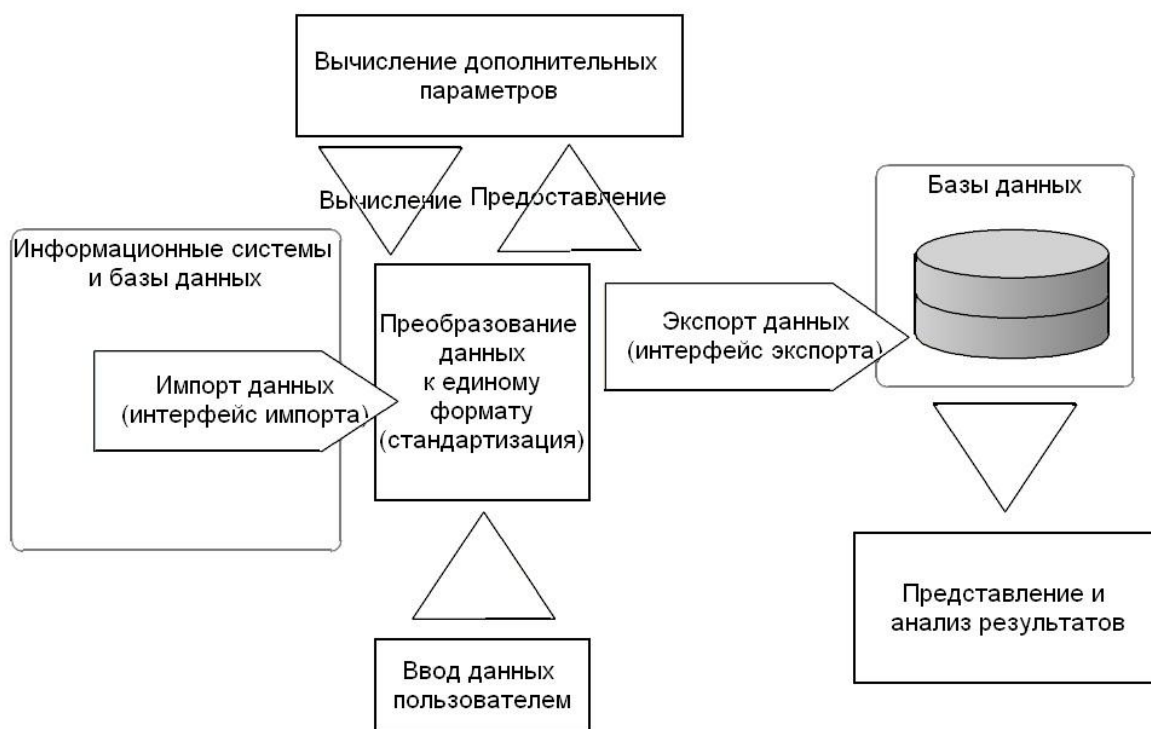
Среди подсистем разработанной архитектуры ИС можно выделить две основные группы: системы оперативной обработки и системы поддержки и анализа. К первой группе относятся системы преобразования данных, системы

математических вычислений и оперативные базы данных. Эта группа рассчитана на интенсивную и оперативную обработку (поиск, относительно простые запросы, свод данных и т.п.) и хранение массивов обрабатываемой информации (уровень 2-3). Данные в этой группе актуальны в течение решения поставленной задачи. Оперативные БД ИС располагается локально, позволяя тем самым получить надежный и оперативный доступ к обрабатываемой информации коллективу исполнителей (уровень 3).

Кто второй группе относятся хранилище данных (уровень 1), системы анализа и преобразования данных (уровень 2). Внешнее хранилище рассчитано на хранение и обработку больших объемов информации из различных источников за большой период времени.

В условиях необходимости стандартизации получаемой и обрабатываемой информации, необходимо наличие модуля преобразования данных, выполняющего функцию предварительного анализа и приведения данных к единому формату. Совместно с вычислительным модулем данный узел занимается импортом получаемой информации из различных источников, ее преобразованием и дополнением. Для решения поставленной задачи используются интерфейсы экспорта, уникальные для каждой ИС (1, 2...n), обеспечивая возможность подключения неограниченного числа внешних источников данных. Более подробно функциональная схема ИС представлена на рис. 3.

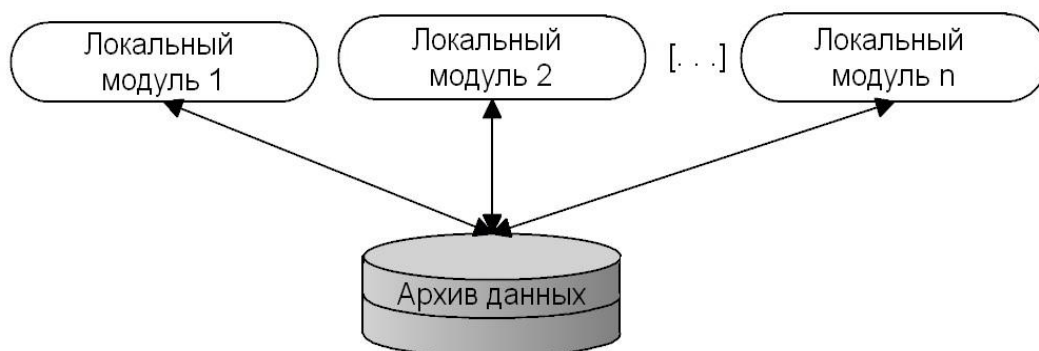
Особенность отдельного хранения метаданных и изображений позволяет решить проблему чрезмерно высокой нагрузки на сеть, передавая пользователям только необходимые данные. Кроме того, использование оперативных баз данных позволяет организовать полную поддержку версии изменений, не создавая при этом дополнительной нагрузки на централизованное хранилище.



**Рис. 3.** Функциональная схема информационной системы интерактивной работы с массивами данных

Немаловажной особенностью такого подхода является возможность использования практически неограниченного количества локальных модулей ИС (одного или нескольких предприятий) в рамках общего архива данных (рис. 4), обеспечивая возможность работы с данными в нескольких режимах:

1. Онлайн работа оперативных баз данных с синхронизацией в реальном времени;
2. Офлайн работа с полной синхронизацией по запросу пользователя;
3. Комбинированный режим: интерактивная синхронизация отдельных данных по запросу пользователя.



**Рис. 4.** Схематичное отображение организации удаленной работы нескольких локальных модулей с общим архивом данных

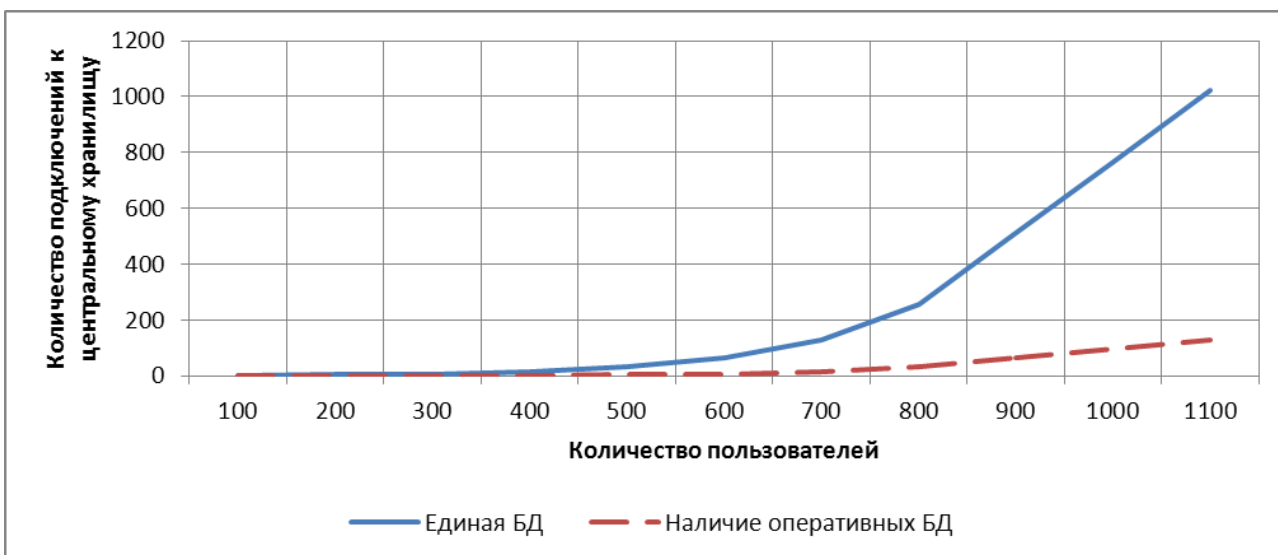
Подобная организация позволяет устанавливать динамический приоритет доступа к централизованному хранилищу для определенных пользователей или групп пользователей, который вычисляется по формуле:

$$C = Q/n + P,$$

где  $C$  - коэффициент приоритета,  $Q$  – текущее количество подключений к центральной БД,  $n$  – количество обновляемых за данный сеанс данных,  $P$  – личный приоритет пользователя (группы).

Кроме того, подобная архитектура ИС позволяет в дальнейшем реализовать для отдельных модулей технологию облачных вычислений различных уровней.

На рисунке 5 изображен график, наглядно иллюстрирующий достоинства использования оперативных баз данных с целью снижения нагрузки на центральное хранилище с ростом числа пользователей ИС (из расчета использования одной оперативной БД на 10 рабочих мест):



**Рис. 5.** Зависимость максимального количества подключений к центральному хранилищу с ростом числа пользователей при наличии оперативных БД и при их отсутствии

Вторая часть главы посвящена разработке архитектуры БД, а также практической реализации отдельных узлов разработанной информационной системы. Для решения поставленной задачи работы с систематизированной информацией была разработана реляционная модель БД для хранения метаданных. С учетом специфики работы с изображениями, каждому набору метаданных соответствует единственное уникальное изображение.

Учитывая данные понятия, была разработана инфологическая модель базы данных (рис. 6).



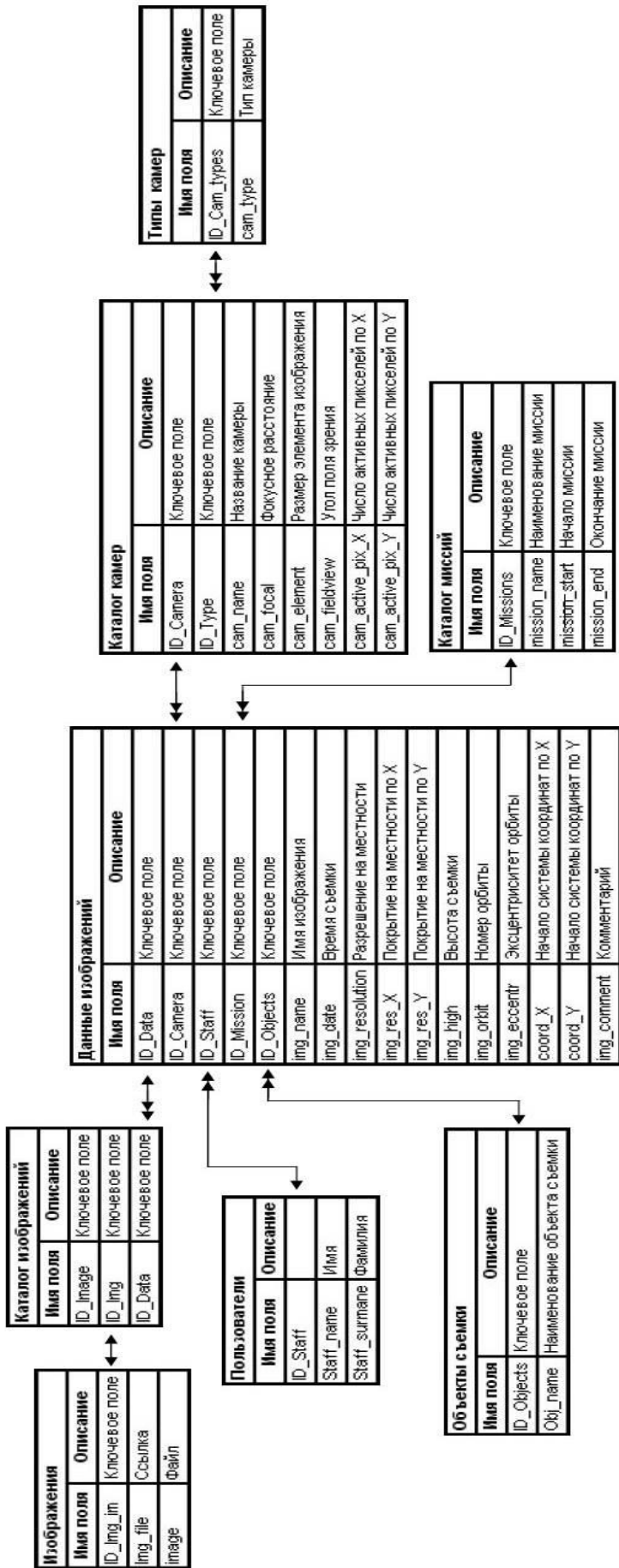
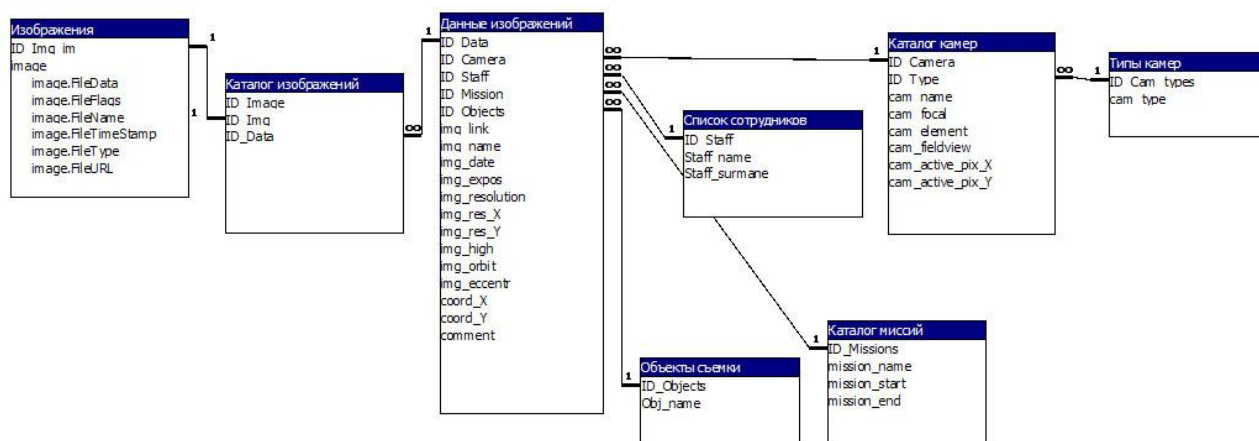


Рис. 6. Инфологическая модель оперативной базы данных космических снимков локального модуля

Заключительная часть главы посвящена реализации концепции базы данных снимков малых тел Солнечной системы на примере Фобоса на основе выбранной СУБД – Microsoft Access. В результате эксперимента была создана БД, содержащая основную информацию об изображениях и миссии: данные изображений (в том числе результаты первичной и последующих обработок), каталог камер (в том числе все возможные параметры и типы камер), каталог миссий и объектов съемки (рис. 7).



**Рис. 7.** Функциональная схема БД информационной системы интерактивной работы с массивами данных

В качестве информационной системы была выбрана крупнейшая Planetary Data System, для которой был разработан интерфейс импорта метаданных, а также их предварительного анализа. На заключительном этапе происходит экспорт полученной информации в БД (рис. 8).

<pre> PDS_VERSION_ID          = PDS3  /* TIME DATA ELEMENTS */  SPACECRAFT_CLOCK_START_COUNT  = "1.0032949031.56195" SPACECRAFT_CLOCK_STOP_COUNT   = "1.0032949472.43393" IMAGE_TIME                  = 2004-05-18T08:34:17.052Z START_TIME                   = 2004-05-18T08:34:17.047Z STOP_TIME                    = 2004-05-18T08:34:17.057Z  /* ORBITAL DATA ELEMENTS */  ASCENDING_NODE_LONGITUDE     = 220.44 MAXIMUM_RESOLUTION           = 17.1 &lt;m/pixel&gt; </pre>	<p>Оригинал тестового заголовка снимка</p>
---	--

<table border="1"> <tr><td>Версия PDS</td><td>PDS3</td></tr> <tr><td>Имя файла</td><td>"H0413_0002_SR2.IMG"</td></tr> <tr><td>Время по КА на начало съемки</td><td>1/0032949031.56195</td></tr> <tr><td>Время по КА на конец съемки</td><td>1/0032949472.43393</td></tr> <tr><td>Время съемки (среднее-начало-конец)</td><td>2004-05-18T08:34:17.052</td></tr> <tr><td></td><td>2004-05-18T08:34:17.047</td></tr> <tr><td></td><td>2004-05-18T08:34:17.057</td></tr> <tr><td>Время экспонирования м с</td><td>10</td></tr> <tr><td>Разрешение (м/пикс) - выс. съемки (км)</td><td>17.1      190      439,054</td></tr> </table>	Версия PDS	PDS3	Имя файла	"H0413_0002_SR2.IMG"	Время по КА на начало съемки	1/0032949031.56195	Время по КА на конец съемки	1/0032949472.43393	Время съемки (среднее-начало-конец)	2004-05-18T08:34:17.052		2004-05-18T08:34:17.047		2004-05-18T08:34:17.057	Время экспонирования м с	10	Разрешение (м/пикс) - выс. съемки (км)	17.1      190      439,054	Считанный заголовок с рассчитанными дополнительными параметрами
Версия PDS	PDS3																		
Имя файла	"H0413_0002_SR2.IMG"																		
Время по КА на начало съемки	1/0032949031.56195																		
Время по КА на конец съемки	1/0032949472.43393																		
Время съемки (среднее-начало-конец)	2004-05-18T08:34:17.052																		
	2004-05-18T08:34:17.047																		
	2004-05-18T08:34:17.057																		
Время экспонирования м с	10																		
Разрешение (м/пикс) - выс. съемки (км)	17.1      190      439,054																		
SQL Update / Insert	Экспорт считанной информации																		

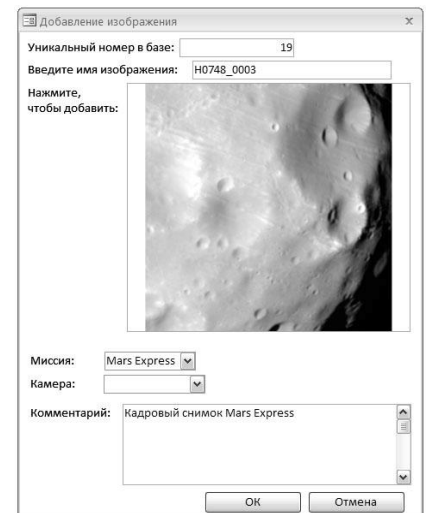
**Рис. 8.** Этапы работы с заголовком изображения

Структурированная БД позволяет пользователям производить добавление, поиск, сортировку и выборку информации в базе данных, а пользователям с соответствующими правами - добавлять, удалять и изменять записи в БД.

Кроме того, был разработан интерфейс работы с созданной БД: добавление изображений, данных, поиск и редактирование (рис. 9).

Несмотря на то, что существует множество СУБД, большинство из них опираются на единый комплекс основных понятий. Это дает возможность рассмотреть одну систему и обобщить ее понятия, что, в свою очередь, означает возможность в будущем реализации предложенной логической модели на любой из существующих СУБД, учитывая лишь ее специфику.

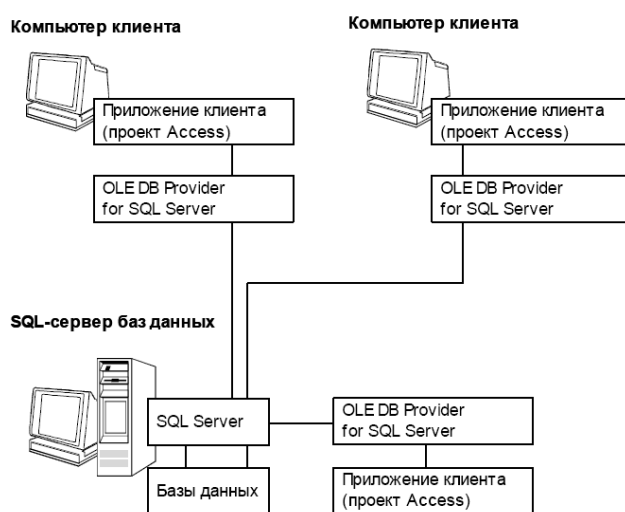
В данном случае, Access является клиентским приложением, которое подключается к Microsoft SQL Server, расположенному в сети или на локальном компьютере, не привлекая к этому ядро базы данных Jet. В Access 2007 ориентированная на Microsoft Office версия ядра Jet названа Access Database Engine. Эффективный доступ к базам данных SQL Server обеспечивается при



**Рис. 9.** Интерфейс добавления изображения в базу данных

этом с помощью интерфейсов OLE DB (архитектуры компонентов базы данных, реализующей эффективный доступ к источникам данных многих типов) (рис. 10).

В рамках статистических исследований корректности исполнения разработанных методик и алгоритмов на примере разработанного модуля, с помощью программного обеспечения было обработано 500 кадровых снимков Фобоса с метаданными, полученных из Planetary Data System. Результаты выполнения алгоритма приведены в таблице 3.



**Рис. 10.** Архитектура «клиент-сервер» на базе MS Access и MS SQL Server с использованием интерфейсов OLE DB

Считанных заголовков	500
Считано с ошибками	18
Ошибок по вине некорректного заполнения заголовка (из считанных с ошибками)	18
Итого ошибок по причине некорректного алгоритма	0
Экспортировано метаданных в оперативную базу данных	482
Ошибки экспорта метаданных	0

**Таблица 3.** Экспериментальные результаты обработки заголовков изображений из Planetary Data System

В заключении диссертационной работы подведены основные итоги исследования и приведены основные выводы и результаты:

1. Определены основные требования и принципы создания ИС для организации распределенной работы с массивами данных.
2. Рассмотрены и проанализированы существующие ИС данной тематики, способы и форматы хранения данных, выявлены достоинства и недостатки.
3. Разработана архитектура ИС и методики интерактивной распределенной работы с массивами данных в условиях неограниченного роста числа пользователей с использованием динамических коэффициентов приоритета доступа к различным модулям. Разработанная архитектура позволяет повысить универсальность и производительность системы в области обработки и хранения данных и существенно снизить нагрузки на каналы связи.
4. Разработаны универсальные методики и алгоритмы стандартизации и интеграции существующих данных, полученных из различных информационных систем, их динамического анализа и синхронизации (как с участием исполнителя, с возможностью интерактивного обновления и корректировки информации, так и полностью автономно), с поддержкой версионности изменений, в рамках единой распределенной ИС.
5. В рамках экспериментальных исследований и внедрения системы, разработаны инфологическая и даталогическая модели базы метаданных изображений, модуль чтения и анализа метаданных из ИС Planetary Data System, алгоритмы импорта и экспорта данных. Кроме того, разработаны методики смены архитектуры доступа к БД, позволяющие продемонстрировать гибкость разработанного подхода к архитектуре ИС, заключающегося в распределении различных модулей.

Разработанная архитектура ИС имеет высокую степень масштабируемости, а централизованное, стандартизированное хранилище позволяет в дальнейшем организовывать авторизованный удаленный доступ к данным любого числа пользователей. Подобная архитектура ИС является

эффективным фундаментом для построения отдельных модулей системы с применением технологии облачных вычислений различных уровней (как частные, так и публичные и гибридные облака).

Кроме того, в дальнейшем возможна разработка интеграции разработанной информационной системы или ее отдельных модулей с прочими сервисами и базами данных.

#### **РАБОТЫ, ОПУБЛИКОВАННЫЕ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

1. Съемки Фобоса космическими аппаратами. Прошлое, настоящее и будущее. «Известия ВУЗов. Геодезия и аэрофотосъемка», №3, 2011. С. 58-63.
2. Комплексные базы данных космических миссий и их использование научными коллективами на примере кадровых снимков Фобоса. «Известия ВУЗов. Геодезия и аэрофотосъемка», № 6, 2011. С. 88-91.
3. Выбор поверхности относимости и системы координат для картографо-геодезического обеспечения посадки на Фобос КА «Фобос-Грунт» (соавт. Шингарева К.Б., Конопихин А.А., Краснопевцева Б.В., Лобанов А.А., Дубов С.С.). Международная научно-техническая конференция, посвященная 230-летию МИИГАиК, Москва, 2009.
4. Анализ имеющихся материалов съемок Фобоса с целью определения возможностей их фотограмметрической обработки. 65-я научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых МИИГАиК, Москва, 2010.
5. Geodetic and Cartographic Aspects of «Phobos-Grunt» Projects on the Base of GIS-technologies (with coauth. S.S. Dubov, A.A. Konopikhin, B.V. Krasnopevtseva, A.A. Lobanov, I. Rozhnev, K.B. Shingareva). 3rd International Conference on Cartography & GIS, Bulgaria 2010. (Геодезические и картографические аспекты проекта «Фобос-Грунт» на базе ГИС-технологий, Болгария, 2010).