

УДК. 681.3.06  
На правах рукописи



**МИХАИЛИДИ ИРИНА МИХАЙЛОВНА**

**СОЗДАНИЕ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ  
СИСТЕМ НА БАЗЕ СЕРВЕРА ПРИКЛАДНЫХ ГИС-СЛУЖБ**

25.00.35 — «Геоинформатика»

**АВТОРЕФЕРАТ**

**Диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук**

**Барнаул — 2007**

Работа выполнена на кафедре ЮНЕСКО ГОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор  
Цхай Александр Андреевич

Официальные оппоненты: † доктор технических наук, профессор †  
Пяткин Валерий Павлович  
кандидат физико-математических наук,  
доцент  
Кантор Семен Аврамович

Ведущая организация: Институт водных и экологических  
проблем СО РАН

Защита диссертации состоится 02 марта 2007 года в 14.00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.005.04 в ГОУ ВПО «Алтайский государственный университет» по адресу: 656049, г. Барнаул, пр. Ленина, 61, конференц-зал.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Алтайского государственного университета по адресу: 656049, г. Барнаул, пр. Ленина, 61.

Автореферат разослан « 30 » января 2007 г.

Ученый секретарь диссертационного совета  
доктор физико-математических наук  
профессор



С.А. Безносюк

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность.** Несмотря на большую востребованность, применение геоинформационных технологий в различных прикладных областях часто сдерживается по очень простой причине – экономической нецелесообразности Программное обеспечение геоинформационных систем (ГИС) до сих пор является весьма дорогостоящим, а используется во многих задачах лишь на 10-20 процентов. Еще одна причина — это необходимость интеграции ГИС с другими технологиями и программными системами, что, в результате, приводит к достаточно сложным конфигурациям, к завышенным требованиям к ресурсам компьютеров и неудобствам в работе из-за отсутствия единого понятного конечному пользователю интерфейса.

Одной из «невыгодных» с точки зрения затрат и конечного результата областей применения ГИС являются, например, территориальные информационные системы с картографическим интерфейсом, рассчитанные на массового пользователя. Здесь можно назвать региональные информационно-справочные системы с возможностью построения тематических карт региона, предназначенных для целей управления и образования; городские информационно-поисковые картографические системы с адресным планом города; автоматизированные системы учета природных ресурсов; туристические информационные системы; информационные системы особо охраняемых природных территорий (ООПТ). Сюда же можно отнести и более сложные информационные системы мониторинга земельных ресурсов и управления недвижимостью, а именно те их компоненты, которые выполняют информационно-аналитические функции и могут отображать соответствующие карты землепользования, землевладений и размещения недвижимости.

Как видно из приведенных примеров, территориальные информационные системы — это достаточно представительный класс информационных систем. Их объединяет одно общее свойство — все они работают с территориально-распределенными объектами и, следовательно, должны иметь картографическую функциональность. Эта функциональность обеспечивается использованием ГИС-технологий.

В литературе, посвященной проблемам геоинформатики, зачастую территориальные информационные системы отождествляют с геоинформационными системами. Так же, как и в случае с базами данных, под аббревиатурой ГИС понимают и общие технологические пакеты программ, и конкретные прикладные разработки, основанные на ГИС-технологиях, то есть ГИС-приложения. При этом часто возникает ситуация, когда геоинформационной системой называют систему, большая часть функциональности которой не относится к обработке пространственной информации.

Чтобы избежать этой двойственности, целесообразно ввести разграничение понятий, согласно которому геоинформационные системы (ГИС) — это набор технологий и программных средств, обеспечивающих общие методы организации, хранения, обработки, анализа и вывода пространственной и связанной с ней атрибутивной информации, а территориальные информацион-

**ные системы (ТИС)** — это интегрированные информационные системы по территориально-распределенным объектам, основной функциональностью которых является предметно-ориентированная обработка данных, в том числе и пространственных. Как интегрированные системы, ТИС используют различные технологии. В частности, в состав ТИС, имеющей картографический интерфейс, должен входить блок обработки и анализа пространственных данных, построенный на базе геоинформационных технологий. И в этом смысле территориальные информационные системы являются прикладными ГИС или ГИС-приложениями.

Совокупность программных модулей, реализующих картографическую функциональность в ТИС, будем называть **геоинформационным компонентом** территориальной информационной системы.

По отношению к использованию ГИС-технологий, территориальные информационные системы обладают следующими важными свойствами. 1) они рассчитаны на массового пользователя-непрофессионала в области ГИС и картосоставления; 2) они обеспечивают интерфейс не на уровне отдельных картографических слоев, а на уровне готовых карт. При этом карты в ТИС связаны общностью территориального охвата, общностью тематики, общностью математической основы, а также общностью и согласованностью системы условных обозначений, т. е. представляют собой тематический атлас или, в более общем случае, набор тематических атласов.

Обобщая эти свойства, можно считать, что картографическая функциональность ТИС предоставляется пользователю в виде одного или нескольких тематических электронных атласов. Каждый такой атлас можно реализовать в виде прикладной ГИС-службы, обеспечивающей набор базовых операций ГИС и набор специальных операций пространственного поиска и анализа, соответствующий предметной области (теме атласа).

Набор используемых базовых операций ГИС в территориальных информационных системах достаточно ограничен и чаще всего сводится к следующим.

- операции послышной визуализации карт,
- функции масштабирования и навигации,
- операции картографического поиска

В состав специализированных операций могут входить:

- обслуживание фиксированных пространственно-логических запросов,
- создание и вывод фиксированного набора тематических карт по заданному набору параметров;
- агрегирование показателей или характеристик пространственно распределенных объектов по территории

С электронным тематическим атласом территории пользователь может работать совершенно так же, как с обычным атласом, с той лишь только разницей, что информация в электронных атласах постоянно обновляется, и, кроме того, функциональность электронного атласа гораздо шире и многообразнее, чем печатного.

Для реализации картографической функциональности в ТИС можно использовать существующие коммерческие ГИС-продукты. Однако в настоящее время настольные ГИС (desktop-продукты) становятся все сложнее и все неохватнее по своей функциональности, а серверные решения для ГИС часто жестко связаны с базовой ГИС по подготовке карт для публикации. К тому же, они оказываются слишком сложными для использования в тех организациях, где нет большого опыта работы с пространственными данными. В любом случае, решения, основанные на использовании коммерческих ГИС-продуктов, будут весьма затратными и явно избыточными по функциональности.

Кроме того, большинство территориальных информационных систем являются некоммерческими по своей природе: они предназначены для широкого круга пользователей — прежде всего для населения и государственных структур. Информация, которая циркулирует в этих системах, должна быть общедоступной и, сама по себе, не может служить источником больших доходов. Следовательно, их стоимость должна быть приведена в соответствие их содержанию.

Таким образом, объективно существует несколько причин, мешающих внедрению ГИС-технологий в территориальных информационных системах, это:

- высокая стоимость программного обеспечения;
- избыточность предлагаемых решений;
- необходимость интеграции с другими технологиями;
- сложность работы с пространственной информацией;
- непонимание выгод, которые дает ГИС

Отсюда следует вывод, что в настоящее время существует проблема выбора наиболее адекватного по стоимости и предлагаемой функциональности технологического и архитектурного решения для создания геоинформационного компонента ТИС, что делает выбранную тему исследования актуальной.

В данной работе предпринята попытка найти рациональный подход к созданию многопользовательских распределенных территориальных информационных систем с ограниченной ГИС-функциональностью, доступных для организаций с различным уровнем финансирования.

**Цель исследования** состоит в разработке и реализации принципов и методов создания геоинформационного компонента распределенной территориальной информационной системы на базе прикладных ГИС-служб, реализующих функциональность тематического атласа.

**Объект исследования** настоящей работы — использование геоинформационных технологий в распределенных системах.

**Предметом исследования** являются прикладные ГИС-службы и архитектура геоинформационного компонента распределенной территориальной информационной системы на базе сервера прикладных ГИС-служб.

**Основные задачи исследования:**

1. Определить роль геоинформационных технологий в создании территориальных информационных систем.

- 2 Проанализировать существующие подходы, обеспечивающие геоинформационную функциональность в распределенных территориальных информационных системах.
- 3 Разработать концепцию и структуру прикладной ГИС-службы.
- 4 Разработать архитектуру геоинформационного компонента территориальной информационной системы на базе сервера прикладных ГИС-служб.
- 5 Реализовать примеры прикладных ГИС-служб для выбранных предметных областей.
- 6 Реализовать сервер прикладных ГИС-служб и разработать на его базе пример территориальной информационной системы.
- 7 Дать оценку эффективности создания территориальных информационных систем на базе сервера прикладных ГИС-служб.

Для достижения поставленной цели и решения определенного выше круга задач применялись следующие методы исследования: объектно-ориентированный подход при проектировании компонентов сервера прикладных ГИС-служб, составление тестовых заданий и экспериментальные исследования при тестировании и апробации разработанных технологий и программных средств

В процессе работы были проанализированы и использованы труды следующих авторов: Капралова Е.Г., Полякова Ю.А., Скатерщикова С., Пяткина В.П., Тикунова В.С., В.Я Цветкова, Черкашина А.К. и других, а также технические руководства по различным ГИС-продуктам фирмы ESRI, лидера в области разработки программного обеспечения геоинформационных систем.

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

1. Введено разграничение понятий «геоинформационная система» и «территориальная информационная система», устраняющее двойственность трактовки этих терминов и ведущее к более конструктивному их использованию
2. Разработана универсальная модель прикладной ГИС-службы как тематического электронного атласа, что обеспечивает более высокий уровень автоматизации при проектировании геоинформационного компонента территориальных информационных систем, упрощение разработки и повышение скорости работы системы за счет уменьшения объема передаваемых данных между частями приложения.
3. Разработаны архитектура и технология создания сервера прикладных ГИС-служб для территориальной информационной системы.
4. Выполнена реализация предложенного подхода для создания электронного атласа Алтайского края и Республики Алтай

**Научные положения, выносимые на защиту:**

- 1 Предложенная концепция тематического электронного атласа, реализуемая прикладной геоинформационной службой, обеспечивает более высокий уровень моделирования объектов предметной области

- по сравнению с традиционным представлением пространственной информации для пользователя в виде слоев или отдельных карт
2. Прикладные ГИС-службы, реализующие тематические атласы, легко интегрируются в территориальные информационные системы, обеспечивая более понятный пользователю интерфейс и более эффективную реализацию за счет уменьшения числа передаваемых параметров между клиентскими и серверными частями приложения
  3. Предложенная архитектура геоинформационного компонента территориальной информационной системы в целом способствует упрощению проектирования и разработки распределенной ТИС, уменьшению временных и стоимостных затрат проектов

**Обоснованность и достоверность** научных положений и выводов, содержащихся в диссертационной работе, обеспечивается использованием современных теоретических и практических методов исследования, проведением сравнительного анализа применения геоинформационных технологий в многопользовательских территориальных информационных системах. В своей работе автор диссертации использует обобщение своего практического опыта по проектированию и разработке ГИС-приложений для различных предметных областей, выполненных в различных средах разработки.

Кроме того, выдвинутые в диссертации положения подтверждаются успешностью их применения для реализации электронных атласов Алтайского края и Республики Алтай.

**Практическая значимость.** Результаты, полученные в ходе исследования, могут применяться при создании геоинформационного компонента распределенных территориальных информационных систем. Обеспечивая более высокий уровень автоматизации, предложенный подход ведет к существенному упрощению проектирования и разработки ТИС и, соответственно, к уменьшению временных и стоимостных затрат. При этом подход имеет достаточную степень общности, что позволяет использовать его во множестве прикладных областей самой различной направленности.

Результаты данной работы можно использовать в качестве материала при подготовке студентов, специализирующихся в области проектирования информационных систем и разработки специализированных ГИС-приложений.

**Внедрение результатов работы** Результаты работы использовались при создании электронных атласов Алтайского края и Республики Алтай. Были созданы социально-экономический и туристический атласы Алтайского края, атлас «Недропользование» Алтайского края, а также туристический атлас Республики Алтай. Все эти атласы установлены в настоящее время на внутреннем информационном сервере в Алтайском краевом общественном фонде «Алтай — 21 век»

Диссертационное исследование выполнялось на кафедре ЮНЕСКО Алтайского государственного технического университета

Все разработки тестировались в Барнаульском центре новых информационных технологий Алтайского государственного университета и были доступны в период тестирования с Web-сервера АлтГУ

**Апробация результатов исследования.** Основные положения работы докладывались на региональных, всероссийских и международных конференциях, в том числе: международной конференции «Интеркарто 4: ГИС для оптимизации природопользования в целях устойчивого развития территорий» (Барнаул, 1998); международной научно-практической конференции «Геоинформатика 2000» (Томск, 2000), научно-практической конференции «ГИС в управлении и природопользовании» (Иркутск, 2002); международной конференции «GeoInfo 2002» (Бурленге, Швеция, 2002), Всемирной конференции пользователей ESRI, 2004 (Сан Диего, Калифорния, США, 2004).

**Публикации.** По теме диссертации опубликованы 10 научных работ.

**Структура диссертации.** Работа состоит из введения, 3-х глав, заключения, двух приложений и списка литературы из 85 наименований. Диссертация изложена на 105 листах машинописного текста и содержит 4 таблицы и 30 рисунков.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** дана краткая характеристика исследуемой проблематики, обоснована актуальность выбранной темы, сформулированы цель и основные задачи исследования. Здесь же дана общая характеристика направления исследований и приведены основные положения, защищаемые в диссертационной работе

**В первой главе** детально рассмотрена проблемная область исследования – построение территориальных информационных систем на базе ГИС-технологий. Определено содержание основных используемых понятий. Дан сравнительный анализ существующих подходов к разработке многопользовательских ТИС.

Территориальные информационные системы функционально разбиваются на две отдельно работающих подсистемы: подсистему обработки и анализа данных и подсистему ввода данных. При этом первая подсистема очевидно играет определяющую роль, так как именно она реализует главную функциональность, то есть то, ради чего исходная система создавалась. Подсистема же ввода рассматривается как вспомогательная. В настоящей работе не затрагиваются проблемы ввода информации в ТИС, и под территориальной информационной системой в узком смысле понимается только подсистема обработки и анализа данных.

Таким образом, здесь рассматриваются проблемы создания многопользовательских ТИС, которые могут обслуживать пространственные информационно-аналитические запросы, то есть, по сути, являются ГИС-приложениями.

В настоящее время существует 2 основных подхода к построению многопользовательских ТИС, работающих с территориально-распределенной информацией систем, предлагаемых ведущими фирмами-разработчиками программного обеспечения ГИС

Первый подход реализует распределенность данных – это классическое клиент-серверное решение, когда в качестве сервера используется особый вид



программного обеспечения - сервер пространственных данных (специализированное расширение существующих промышленных баз данных) - а в качестве клиента используются либо профессиональные ГИС настольного типа, либо прикладные системы с ГИС-функциональностью. Например, в линии программного обеспечения фирмы ESRI эта технология представлена сервером пространственных данных SDE (Spatial Data Engine), клиентами к которому могут выступать ArcView 3.x, ArcInfo, семейство продуктов ArcGIS или любые приложения, разработанные с использованием библиотек конструкторов MapObjects и ArcObjects

Второй подход реализует распределенность вычислений и опирается на трехуровневую (в общем случае --- многоуровневую) архитектуру клиент --- сервер приложений --- сервер данных с использованием серверов функциональности ГИС (серверов приложений ГИС), которые могут работать с клиентскими приложениями разного класса от профессиональных ГИС до стандартных интернет-браузеров и приложений для карманных компьютеров. Именно этот подход сейчас активно применяется для создания многопользовательских ГИС-приложений, работающих в среде Интернет. В этом случае архитектура распределенного ГИС-приложения выглядит следующим образом: клиент --- Web-сервер --- сервер приложений ГИС --- сервер пространственных данных

Примером могут служить сервера приложений ГИС ArcIMS и ArcGIS Server той же фирмы ESRI, обеспечивающие доступ клиентских приложений к общей функциональности ГИС через Интернет. А также продукты других фирм: MapXtreme MapInfo Corp., MapGuide Web Map фирмы AutoDesk

Оба приведенных подхода имеют свои недостатки.

Использование двухуровневой клиент-серверной архитектуры для построения многопользовательских прикладных ГИС является тем самым дорогостоящим решением, которое оправдывает себя лишь в том случае, если пользователям действительно требуется значительная часть функциональности ГИС: например, создание и ведение пространственных данных, проведение сложного пространственного анализа, построение уникальных карт. В этом случае все вычисления производятся на стороне клиента, что требует установки на каждом клиентском компьютере либо профессиональных настольных ГИС, либо ГИС-приложений, сравнимых с ними по функциональности. Если же пользователь работает с фиксированным набором карт заданной тематики и заданного оформления и из всех функций ГИС ему требуются, в основном, просмотр и поиск по карте, то установка профессиональных ГИС на каждый клиентский компьютер действительно невыгодное и крайне избыточное решение.

Второй подход, базирующийся на многоуровневой архитектуре, имеет неоспоримые преимущества: максимальная облегченность клиентских приложений и, как следствие, простота сопровождения, более сбалансированная нагрузка сети за счет уменьшения объема передаваемых данных между клиентом и сервером, повышение отказоустойчивости системы, масштабируемость. Этот подход позволяет использовать на клиентских компьютерах достаточно про-

стые приложения, в том числе и стандартные Интернет-браузеры, сосредоточив основную массу вычислений на сервере. Именно за счет того, что вычисления выполняются на сервере, значительно уменьшается объем передаваемых данных, так как пользователю передается только конечный результат обработки его запроса, а не все данные, необходимые для его исполнения. Для ГИС это очень важное свойство, так как реализация многих пространственных запросов требует анализа достаточно большого объема геоданных. И, наконец, Интернет-приложения, построенные по такой технологии, являются хорошо масштабируемыми, так как сервера приложений можно распределить по нескольким узлам сети и с увеличением числа пользователей можно просто добавлять новые узлы сети.

В настоящее время разработкой интернет-платформ для создания геоинформационных служб занимаются практически все ведущие фирмы-разработчики программного обеспечения ГИС. И, надо сказать, что в этой области достигнуты огромные успехи. ГИС-службы для Интернет работают достаточно быстро и позволяют создавать все более сложные карты, а также осуществлять все более развитый пространственный поиск и пространственный анализ. Примером является завоевавший невероятную популярность проект Google Map.

Однако проблемы все же остаются. Это, во-первых, опять же, с одной стороны, высокая стоимость, а с другой — функциональная избыточность стандартных серверов ГИС-приложений, которые, по сути, по набору базовых ГИС-сервисов (экспорт в клиентские приложения векторных и растровых слоев, обработка запросов на выполнение процедур пространственного анализа и геокодирования), уже сравнимы с ГИС настольного типа. Во-вторых, стандартные серверы ГИС-приложений, как и профессиональные ГИС, ориентированы на создание произвольных карт, что требует передачи большого количества параметров от клиента к серверу или накладывает ограничения на создание сложных карт.

В-третьих, стандартные браузеры, Microsoft Internet Explorer и Netscape Navigator, до сих пор не поддерживают напрямую прием графических данных в векторных форматах. Это ведет к тому, что Интернет-решения от разных разработчиков используют разные способы передачи векторной графической информации и отображения ее на стороне клиента и потому не совместимы друг с другом. Международная общественная организация Открытый Консорциум по пространственной информации Open Geospatial Consortium (ранее называвшийся OpenGIS Consortium) ведет разработку стандарта языка для передачи и отображения пространственных данных — GML. Однако для интерпретации данных на языке GML на стороне клиента приходится обращаться к услугам разработчиков для написания достаточно объемных клиентских приложений, либо приобретать для этих целей специальные модули расширения сторонних разработчиков. В то же время, уже сейчас существуют несколько широко используемых стандартов для передачи и отображения векторной графики, например, SVG (Scalable Vector Graphics — масштабируемая векторная графика), предложенный Всемирным Web-Консорциумом (W3C), которые поддержи-

ваются некоторыми браузерами и имеют бесплатные подключаемые модули к Internet Explorer.

В настоящее время формат SVG не может использоваться напрямую в ArcIms, вследствие того, что ArcIms — это готовое решение. То есть, при всех своих достоинствах ArcIms не обладает достаточной гибкостью, что в такой развивающейся области, как интернет-технологии, представляется достаточно важным.

Что касается ArcGIS Server — то это еще более дорогое решение, обеспечивающее практически всю функциональность современных профессиональных настольных ГИС-продуктов. Таким образом, поиск недорогих и оптимальных по функциональности серверных решений для ГИС является действительно актуальным.

**Во второй главе** рассматривается сущность предлагаемого подхода к построению геоинформационного компонента территориальных информационных систем на базе сервера прикладных ГИС-служб. Здесь описаны объектные модели основных компонентов, приведены функциональные схемы

**Прикладные ГИС-службы.** С точки зрения пользователя каждая прикладная ГИС-служба в ГИС представляет собой тематический электронный атлас, позволяющий создавать различные карты, а также выполнять операции картографического поиска и анализа.

Содержание и структура каждого атласа определяется его темой. В простейшем случае атлас имеет одноуровневую структуру и представляется серией карт. Например, структура атласа «Недропользование» может содержать общую карту месторождений и рудопоявлений всех полезных ископаемых и серию карт по выделенным группам полезных ископаемых. В общем же случае структура атласа должна отражать структуру предметной области. Например, экономический атлас территории имеет разделы: «Промышленность», «Сельское хозяйство», «Капитальное строительство», где раздел «Промышленность», в свою очередь, может быть разбит по отраслям промышленности.

Атласы природных ресурсов содержат карты состояния каждого ресурса в различных временных срезах. Атласы особо охраняемых природных территорий содержат карты ландшафтов, памятников природы, исторических и культурных достопримечательностей, карты современного использования территории, карты антропогенных нагрузок, изменений природной среды, и, наконец, карту функционального зонирования. Атлас может содержать крупно масштабные врезки на отдельные районы изображаемой территории.

Кроме того, с каждым тематическим атласом обычно связана своя структура описательной информации по территориальным объектам, а также фиксированные процедуры ее обработки.

Являясь объектом верхнего уровня, в модели предметной области, применяемой для создания ГИС, тематический атлас представляется следующим набором свойств

- структура атласа (список разделов и подразделов),
- список тематических карт каждого раздела и/или набор параметров, однозначно определяющих карту раздела

- общая система условных обозначений (легенда) в целом для атласа и методы получения частных легенд для отдельных разделов и карт атласа,
- правила генерализации;
- набор территориальных объектов, представляющих интерес для данной темы, и, следовательно, являющихся информационными объектами;
- правила оформления карт для вывода

Набор создаваемых атласом карт фактически может варьироваться неограниченно, в зависимости от разработанной структуры атласа и системы параметров, идентифицирующих отдельные карты

Введение такого объекта как тематический атлас позволяет пользователю оперировать с геоданными на более высоком уровне по сравнению со стандартными ГИС. Это, в свою очередь, способствует упрощению интерфейса, избавляя пользователей от необходимости управлять последовательностью и визуальным изображением слоев, а также устанавливать правила генерализации при переходе от одного масштаба к другому. То есть, большая часть работы по созданию карты атласа выполняется автоматически. В тоже время, число передаваемых параметров запроса для формирования изображений будет уменьшено, что увеличит скорость его обработки и обеспечит уменьшение сетевого трафика

Тематический атлас и карта тематического атласа будут являться главными объектами автоматизации в прикладных ГИС-службах территориальных информационных систем.

**Сервер прикладных ГИС-служб.** Проведенный анализ существующих подходов к построению распределенных ГИС-приложений показывает, что предлагаемые решения не лишены недостатков и требуют дальнейшего развития.

В настоящей работе рассматривается развитие многоуровневого подхода в применении к созданию геоинформационного компонента распределенных территориальных информационных систем, включающих ограниченную функциональность ГИС. Центральной идеей предлагаемого подхода является использование на среднем уровне вместо сервера базовых ГИС-служб сервера прикладных ГИС-служб

Основными критериями при разработке данного подхода являлись экономичность и гибкость системы. Более конкретно, преследовались следующие цели

- максимальная облегченность клиентских приложений;
- минимизация набора необходимых функций ГИС.
- минимизация числа параметров, для обмена информацией между клиентом и сервером,
- относительная независимость от используемой технологии передачи данных между клиентом и сервером,

- возможность работы с ГИС-службами, реализованными в разных ГИС-продуктах,
- легкость модификации системы при изменении стандартов передачи пространственных данных

Первая цель, очевидно, достигается использованием многоуровневой архитектуры при разработке прикладной ГИС и полным переносом необходимой функциональности ГИС из клиентской части системы в серверную

Многоуровневая архитектура дает возможность сосредоточить основные операции, производимые ГИС, на среднем уровне, оставив на долю клиента только интерфейс, что способствует удешевлению внедрения, повышению отказоустойчивости системы, а также обеспечению ее масштабируемости, адаптивности к изменениям и более рациональному использованию ресурсов компьютерной сети.

При традиционном подходе сервер ГИС-приложений поставляет в клиентские приложения стандартные ГИС-сервисы, такие, как формирование векторных и растровых слоев, обработка запросов на выполнение процедур пространственного поиска и анализа, процедур геокодирования и др. При этом обычно реализуется одна из следующих схем: 1) клиентские запросы представляют собой непосредственные вызовы стандартных ГИС-служб; 2) клиентские запросы должны переводиться в некоторую промежуточную форму, из которой уже и осуществляется вызов стандартных ГИС-служб. В первом случае, интерфейс пользователя, скорее всего, будет повторять интерфейс инструментальных ГИС и не будет предметно-ориентированным, во втором же случае, при разработке конкретной ГИС разработчику понадобится создавать модули перевода предметно-ориентированных запросов пользователя в запросы на промежуточном языке. Так, например, работает ArcIMS: пользовательские запросы переводятся в стандартные запросы на языке ArcXML, которые далее обрабатываются стандартными ГИС-службами. И в том и в другом случае имеются неудобства либо на уровне пользователей, либо на уровне разработчиков в виде дополнительных затрат на кодирование модулей перевода запросов при расширении системы.

Введение на среднем уровне в структуру сервера ГИС-приложений вместо стандартных — прикладных ГИС-служб помогает избавиться от этих недостатков. В настоящем подходе ГИС-служба реализует общую объектную модель предметной области и территории, для которых создается территориальная информационная система. Объектом верхнего уровня в этой модели является тематический атлас территории, предоставляющий пользователю возможность оперативно создавать нужные карты по заданному набору параметров. То есть, пользователь работает с системой не на уровне отдельных слоев и даже не на уровне отдельных карт, а на уровне атласа, с разработанными правилами оформления карт, подобранной проекцией и определенным набором сервисных функций. Большая часть работы по созданию карт, таким образом, выполняется автоматически, освобождая пользователя от излишних рутинных операций.

Прикладные ГИС-службы разрабатываются как объектные компоненты, каждый из которых является сервером автоматизации и может предоставлять свои объекты, их свойства и методы другим компонентам системы. Часть этих объектов реализует подмножество общих операций ГИС, другая же часть реализует собственно прикладную функциональность. При этом объекты, реализующие общую функциональность ГИС в разных службах, используют единый интерфейс.

Такой подход первоначально кажется не совсем рациональным, так как каждая прикладная служба должна содержать собственную реализацию общих ГИС-сервисов. Однако, во-первых, следует учесть, что в территориальных информационных системах требуется ограниченный набор ГИС-сервисов, а, во-вторых, прикладные ГИС-службы могут, в свою очередь, строиться на базе облегченных компонентов, реализующих ограниченную функциональность ГИС, что и будет способствовать созданию оптимальной архитектуры. Кроме того, такой подход дает возможность интеграции прикладных ГИС-служб, использующих различные методы доступа к данным или различные компоненты, реализующие общие функции ГИС. Архитектура геоинформационного компонента ТИС представлена на Рис. 1.

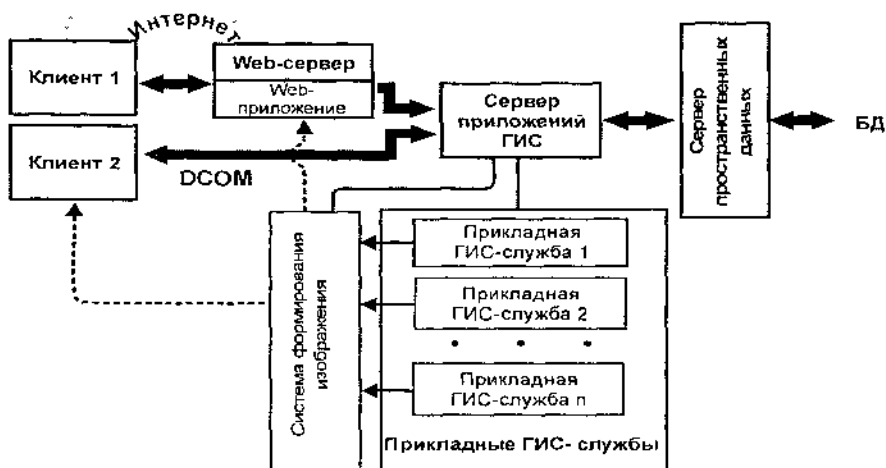


Рис. 1 Архитектура геоинформационного компонента распределенной территориальной информационной системы

Еще одной важной чертой предлагаемого подхода является система формирования картографического изображения, внешняя по отношению ко всем прикладным ГИС-службам. В задачи этой системы входит подготовка картографического изображения для разных клиентов. Это могут быть и интернет-клиенты различного типа, связывающиеся с сервером приложений через Web-сервер, и интранет-клиенты, использующие другие технологии связи с ГИС-сервером, например DCOM (Distributed Component Object Model). Выделение операций формирования изображения в отдельную систему не только позво-

ляег добиться еще большей экономичности при создании ГИС-служб, но и делает территориальную информационную систему более адаптируемой к различным клиентам и изменениям стандартов передачи изображений.

Таким образом, сервер прикладных ГИС-служб состоит из собственно сервера (управляющей программы), набора прикладных ГИС-служб, каждая из которых реализует функциональность тематического атласа территории, и системы формирования картографического изображения. В функции сервера входит простая загрузка вызываемой клиентом прикладной ГИС-службы и ее инициация. Все остальные операции выполняют сами службы. Такая архитектура существенно упрощает и ускоряет процесс проектирования и разработки.

По сравнению со схемой стандартного сервера ГИС-приложений здесь предлагается следующее:

- замена общих ГИС-служб прикладными ГИС-службами, что фактически еще более упрощает клиентские приложения, оставляя на их долю лишь функции передачи параметров и отрисовки изображения;
- декомпозиция сервера ГИС-приложений на простой модуль запуска ГИС-служб, прикладные ГИС-службы и систему формирования изображения;
- открытость сервера ГИС-приложений для подключения новых прикладных ГИС-служб.

**Система формирования картографического изображения** Одним из камней преткновения на пути создания распределенных прикладных геоинформационных систем являются вопросы формирования картографического изображения в клиентском приложении. Если графические данные передаются клиентам в векторном формате, то перед разработчиками неминуемо ставится задача, как выделить средства визуализации из состава ГИС и переместить их на сторону клиента, учитывая, что средства визуализации — это один из базовых и весьма объемных компонентов любой ГИС.

В данном подходе предлагается следующее решение. Визуализация объектов в системе распределена по двум уровням. серверная система формирования изображения и клиентская система визуализации.

Серверная часть системы выделяется из прикладных ГИС-служб в отдельный компонент, объектами которого являются библиотеки условных знаков. Задача серверной части разбить изображение, выполненное согласно определенной легенде, на простые геометрические типы и сформировать простейшие команды рисования, которые затем осуществляют отрисовку этих типов в клиентской системе. При этом клиентские системы визуализации существенным образом зависят от среды реализации клиентских приложений (интернет-приложения, DCOM-приложения, приложения для карманных компьютеров) и, естественно, могут быть весьма различными.

Клиентская система визуализации — это объектный компонент, подключаемый к клиентскому приложению, в состав которого входит объект «Система рисования», имеющий в своем арсенале методы рисования простых геомет-

рических фигур точки, ломаной линии, окружности, полигона, прямоугольника и эллипса

Для DCOM-приложений этот объект передается из клиентского приложения в серверную систему формирования картографического изображения в качестве одного из параметров.

В процессе работы системы формирования изображения на сервере, осуществляется разложение графических объектов карты, соответствующих какой-то легенде, на простые геометрические типы клиентской системы визуализации. Далее через механизм обратной связи управление передается непосредственно объектам клиентской системы визуализации, которые и отрисовывают карту в окне клиентского приложения.

Для интернет-приложений связь между клиентской и серверной частями распределенной системы осуществляется через Web-сервер посредством обмена данными в гипертекстовом формате, что делает невозможным непосредственную передачу объектов между различными частями системы. В этом случае клиентская система визуализации реализуется, например, каким-либо plug-in-компонентом к браузеру, а Web-сервер должен иметь расширение (Web-приложение), позволяющее сформировать поток графических данных так, чтобы соответствующий plug-in-компонент смог его распознать. Это расширение будет служить промежуточной системой формирования изображения, состоящей из объектов, каждый из которых записывает в формируемую HTML-страницу XML-код, соответствующий одному из базовых геометрических типов.

Преимуществом описанного архитектурного решения является обеспечение независимости прикладных ГИС-служб от конкретных особенностей визуализации графических данных в клиентских приложениях и возможность настройки системы практически на любого клиента.

В частности, для использования каких-то новых стандартов передачи векторной графики в среде Интернет достаточно всего лишь переписать объекты промежуточной системы формирования изображений так, чтобы они записывали в HTML-страницу необходимый код. При этом прикладные ГИС-службы, реализующие логику формирования карты и работу с ней, не меняются

В третьей главе рассматривается реализация предложенного подхода к созданию геонформационного компонента территориальной информационной системы. Описанный подход реализован в виде программной системы, предоставляющей распределенную среду для разработки ГИС-приложений с включением нескольких готовых к использованию ГИС-служб и нескольких элементов управления для Windows- и Web-приложений для отображения связанных с картой информационных объектов. В главе описаны общие принципы и среда реализации системы, приведены ее основные компоненты

В состав серверной части системы входят сервер прикладных ГИС-служб и Web-приложение, осуществляющее связь клиентских приложений с Web-сервером. Сервер прикладных ГИС-служб, в свою очередь, состоит из управляющей программы, прикладных ГИС-служб и системы формирования изображений



Для реализации ГИС-служб на нижнем уровне система использует компонент ShapeObjects, предоставляющий набор базовых функций ГИС. Этот компонент является авторским развитием открытой библиотеки доступа к пространственным данным в формате шейп-файлов (открытый формат, разработанный фирмой ESRI, для хранения нетопологических векторных данных).

В состав системы в настоящей версии входят 4 готовых к использованию прикладные ГИС-службы «Общегеографический атлас», «Социально-экономический атлас», атлас «Недропользование» и «Туристический атлас». Все эти атласы предназначены для работы на средних и мелких масштабах. Отображаемая территория может быть административным районом, регионом, страной.

Прикладная ГИС-служба «Общегеографический атлас» в настоящей версии предоставляет только карты административного деления территории.

Прикладная ГИС-служба «Социально-экономический атлас» реализует атлас, карты которого отображают социально-экономическую информацию о территории. Атлас имеет достаточно разветвленную иерархическую структуру, отражающую структуру социально-экономических показателей, и позволяет пользователю динамически получать карты по выбранным показателям в нужном временном разрезе. Для визуализации показателей атлас использует несколько типов легенд, допуская выбор легенды нужного типа. Базовые общегеографические слои имеют фиксированные условные обозначения, основанные на картографических стандартах. Основными информационными объектами атласа являются регионы, административные районы и города. По каждому из этих объектов можно запрашивать значения любых социально-экономических показателей, которые будут представлены в табличном виде. Кроме того, можно выполнять поиск этих объектов на карте и позиционировать карты к выбранным объектам. Атлас имеет два уровня генерализации карт.

Прикладная ГИС-служба «Недропользование» реализует минералогический атлас регионального уровня, в состав которого входят карты фонда недр по разным группам полезных ископаемых. Атлас использует разработанную для карт фонда недр систему условных обозначений. Основными информационными объектами атласа являются рудные районы, месторождения и рудопроявления, лицензионные участки. С этими объектами связаны некартографические информационные объекты, такие как лицензии и недропользователи. Как и в предыдущем случае, атлас может обслуживать запросы на получение информации по объектам карты, осуществлять поиск нужных объектов и позиционировать карты к выбранным объектам. Атлас «Недропользование» также имеет 2 уровня генерализации.

Прикладная ГИС-служба «Туристический атлас» предоставляет карты достопримечательностей, туристических зон и предприятий туристического обслуживания Алтайского края и Республики Алтай.

При разработке сервера ГИС-приложений использовался объектно-ориентированный подход. Каждая прикладная ГИС-служба реализована как программный компонент, содержащий единственный объект верхнего уровня,

который представляет соответствующий тематический атлас и структуру описания географических слоев, формирующих карты атласа. Связанные с картами атласов информационные объекты также группируются в отдельные программные компоненты.

Управляющая программа сервера ГИС-приложений управляет обработкой клиентских запросов, передавая в клиентское приложение или в серверную часть web-приложения, запрашиваемые объекты ГИС-служб и информационные объекты.

Сервер ГИС-приложений системы обеспечивает интеграцию частей распределенного приложения в единую систему как с использованием технологии DCOM — для небольших сетей, так и с использованием Web-технологий.

Благодаря включению в созданный программный продукт готовых к использованию прикладных ГИС-служб, он может применяться и как готовое решение, не требующее дополнительного программирования, и как среда высокоуровневой разработки геоинформационного компонента территориальных информационных систем.

**Среда функционирования системы** Сервер прикладных ГИС-служб может работать в среде ОС Windows следующих версий Windows 2000 -- Windows XP

1. Web-сервер — Microsoft Internet Information Server 5.0
2. Поддерживаемые сетевые технологии создания распределенных приложений: — DCOM, ASP.NET
3. Технология отображения данных в Web-браузере — SVG. Отображение осуществляется с помощью SVG-вьюера — подключаемого модуля от фирмы Adobe

Для реализации ГИС-служб на нижнем уровне первоначально использовались средства разработчика от фирмы ESRI — MapObjects 2.2. В дальнейшем реализация была перенесена на платформу с использованием свободно распространяемой библиотеки по работе с шейп-файлами. На базе этой библиотеки и был создан оригинальный ГИС-конструктор для реализации ограниченной функциональности ГИС. Переход на новую платформу в рамках описанной архитектуры был совершен за сравнительно короткий промежуток времени, что является дополнительным аргументом в пользу описанного подхода.

Разработанная программная система использовалась для создания геоинформационного компонента территориальной информационной системы «Алтай», предназначенной для целей управления и общей информации широких слоев населения.

Для территориальной информационной системы «Алтайский край» были опробованы оба решения для интеграции частей распределенного приложения в единую систему с использованием технологии DCOM и с использованием Web-технологий.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

### Основные выводы и результаты

В ходе исследования были решены все поставленные задачи, а именно:

1. Введено разграничение понятий геоинформационной системы и территориальной информационной системы. Дано определение территориальной информационной системы и геоинформационного компонента территориальной информационной системы.
2. При анализе существующих подходов, обеспечивающих геоинформационную функциональность в распределенных территориальных информационных системах, выявлены их слабые стороны, стимулировавшие поиск новых решений.
3. Разработана универсальная модель прикладной ГИС-службы как тематического электронного атласа, обеспечивающая более высокий уровень автоматизации при проектировании геоинформационного компонента территориальных информационных систем, упрощение разработки и повышение скорости работы системы за счет уменьшения объема передаваемых данных между частями приложения.
4. Разработаны архитектура и технология создания сервера прикладных ГИС-служб, для территориальной информационной системы. Ключевые характеристики предложенного подхода:
  - многоуровневая архитектура;
  - использование на среднем уровне сервера прикладных ГИС-служб вместо сервера базовых ГИС-служб;
  - отделение системы формирования картографического изображения от ГИС-служб;
  - разделение функций визуализации между серверной и клиентской частями приложений;
  - использование компонентно-объектного подхода при проектировании всех компонентов сервера прикладных ГИС-служб;
  - применимость для разработки распределенных территориальных информационных систем, использующих различные сетевые технологии для связи частей приложения.
5. Реализованы четыре прикладные ГИС-службы, реализующие следующие тематические атласы: «Общегеографический атлас», «Социально-экономический атлас», атлас «Недропользование» и «Туристический атлас».
6. Выполнена реализация предложенного подхода для создания территориальной информационной системы для Алтайского края и Республики Алтай.
7. Использование предлагаемого подхода на практике показало, что он существенно упрощает разработку распределенных территориальных информационных систем, позволяя создавать гибкие и экономичные решения для каждого конкретного случая.

## СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Михайлиди И.М. Территориальные информационные системы в природопользовании / И.М. Михайлиди, Е.Д. Кошелева, А.А. Цхай // Ползуновский вестник. — Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2006. — №4. — С. 285–291.
2. Михайлиди И.М. Проект создания ГИС для органов государственной власти — ГИС «Алтайский край» // Интеркарто 4: ГИС для оптимизации природопользования в целях устойчивого развития территорий : труды Международной конференции. — Барнаул : АГУ, 1998. — С. 485–487.
3. Барчан Г.Н. ГИС для управления фондом недр Алтайского края / Г.Н. Барчан, И.М. Михайлиди // Геоинформатика 2000 : труды междунаучно-практической конференции. — Томск : Изд-во Томского университета, 2000. — С. 153–154.
4. Михайлиди И.М. Применение WEB-технологий для создания распределенных ГИС // Известия АГУ.— Барнаул : Изд-во АГУ, 2002. — № 1 (23). — С. 89–91
5. Михайлиди И.М. Региональная ГИС «Недропользование» Алтайского края. / И.М. Михайлиди, Г.Н. Барчан // Тезисы докладов Сибирской региональной ГИС-конференции / ГИС-Ассоциация. — Иркутск, 2002. — С. 38–40.
6. Михайлиди И.М. Геоинформационное обеспечение организации природных парков.// Социально-культурные туристические ресурсы Алтайского региона. Проблемы и перспективы использования : материалы международной научно-практической конференции. — Барнаул, 2004. — С. 143–150.
7. Михайлиди И. Геоинформационные технологии в сфере туризма // Arcreview / Совместное издание ООО ДАТА+, ESRI, Leica Geosystems. — 2004. — №1 (28). — С. 22–23.
8. Михайлиди И. Использование геоинформационных технологий для распределения туристских потоков // ГеоИнфо 2002. — Бурленге, Швеция. — С. 24-25 (на англ.).
9. Красноярова Б.А. Агроэкономический анализ Алтайского края на базе ландшафтных карт в среде PC ARC/INFO. 10-я Европейская конференции пользователей ESRI. / Б.А. Красноярова, И.М. Михайлиди // — Прага, 1995. — С. IV-26-IV-29 (на англ.).
10. Красноярова Б.А. Применение ГИС-технологий для оценки природного и экономического потенциала территории. / Б.А. Красноярова, Н.А. Леонова, И.М. Михайлиди // ИнтерКарто 2: ГИС для устойчивого развития окружающей среды. — Иркутск, 1996. — С. 151-155 (на англ.).

Подписано в печать 22.01.2007г. Объем 1.5 п.л.

Печать — ризография. Тираж 100 экз. Заказ 59

Типография АКОФ «Алтай — 21 век», ул.Матросова 120, тел: 75-72-00