

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО ИНТЕРНЕТ-СЕРВЕРА*

А. А. КАДОЧНИКОВ

Институт вычислительного моделирования СО РАН,

Красноярск, Россия

e-mail: scorant@torins.ru

Internet seems to be a powerful environment for cartography information dissimulation for digital maps. Accessibility of resources to the Internet users urges the implementation of solutions based on the GIS and Internet integration. Spatially distributed data are rather abundant. Here the visualization of topical information becomes of a great value. Analysis of the up-to-date situation unambiguously allows developing an information system. Such system must incorporate the technology of complex processing, storage and representation of cartography data in the Internet. Generalization, analysis and classification of data make the first stage in cartography server development. The original material is provided by various researches, industry, etc. The second stage consists of the representation of the gathered information into GIS. GIS is based on the issues of spatial objects and relations among them. The tools of graphical presentation are also an important part of GIS core. A presentation of this information in the Internet in a form of table, charts, digital maps, etc. is the third stage. Special GIS Internet-atlas must be implemented for these purposes.

Сегодня уже ни у кого не вызывают сомнения важность и актуальность географической информации. По мере развития информационных сетей, увеличения скорости и объема передаваемых данных востребованность ГИС-решений растет. Важнейшей отличительной чертой современных ГИС является возможность аналитической обработки пространственных данных, которая находит применение в задачах мониторинга и анализа состояния природных ресурсов, региональной инфраструктуры, социально-экономических и природных процессов. В таких задачах использование Интернет-технологий имеет ряд преимуществ по сравнению с настольными ГИС; важнейшими из них являются доступность созданных проектов большому числу пользователей, а также отсутствие необходимости установки дорогостоящего программного обеспечения и навыков работы с ним.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Междисциплинарного интеграционного проекта СО РАН (грант № 2006-86).

© Институт вычислительных технологий Сибирского отделения Российской академии наук, 2007.

Большинство ведущих разработчиков ГИС имеют в линейках своих продуктов решения для создания web-серверов, работающих с пространственной информацией. Среди западных компаний прежде всего следует отметить ESRI, MapInfo, Autodesk и Intergraph, из российских — Netlogic, Резидент, Центр геоинформационных исследований Института географии РАН. Однако данное программное обеспечение — это, как правило, лишь базовые инструментальные средства для публикации пространственных данных в сети Интернет. Потребности сегодняшнего дня в многопользовательских многофункциональных Интернет-ГИС-приложениях ставят проблему разработки новых эффективных программных средств на основе интеграции ГИС и Интернет-технологий для решения задач анализа состояния объектов и ресурсов региональной инфраструктуры для органов власти, управления и бизнеса. Сегодня необходимо совершенствование информационной системы, которая включает в себя технологию комплексной обработки, хранения и представления картографических данных в Интернет.

В основу построения электронной информационной картографической системы положен принцип послышной организации картографической информации. Система является информационным справочником о состоянии и характеристиках использования данных той или иной тематики. Поскольку сведения постоянно обновляются, должны быть предусмотрены инструментальные средства автоматизации для обновления картографических данных и атрибутивной информации без изменения цифрового графического слоя.

Первый этап разработки картографического сервера — обобщение, анализ и классификация материала. В процессе подготовки данных должна быть проделана значительная работа по преобразованию содержимого исходной информации в вид, наглядно отображающий внутреннюю структуру данных и взаимосвязи отдельных информационных объектов. Исходный материал может быть получен на основе данных научно-исследовательских работ, производственной деятельности.

Второй этап заключается в представлении накопленной информации в ГИС. В основе ГИС лежат понятия пространственных объектов и отношений между ними, средства их представления в графическом виде. ГИС обеспечивает комплексное отображение текущей ситуации за счет визуализации различной информации на географической карте, что значительно облегчает восприятие, интерпретацию данных, повышает эффективность принятия решений.

Третий этап заключается в представлении этой информации в сети Интернет в виде таблиц, графиков, диаграмм, электронных карт и т. д. Для решения этой задачи разрабатывается геоинформационный Интернет-атлас, который представляет собой Интернет-систему (или сайт) со специальными средствами хранения, обработки и визуализации цифровых карт и результатов пространственных запросов и анализа данных.

Конкретные задачи, которые должны решаться информационной системой, зависят от той прикладной области, для которой предназначена система. Области применения информационных приложений разнообразны: банковское дело, страхование, медицина, транспорт, образование и т. д. Трудно найти область деловой активности, в которой сегодня можно обойтись без использования информационных систем. С другой стороны, очевидно, что, например, конкретные задачи, решаемые банковскими информационными системами, отличаются от тех, которые решаются медицинскими информационными системами.

Следующей задачей, которую должно выполнять большинство информационных систем, — это хранение данных, обладающих разными структурами. Трудно представить

себе более или менее развитую информационную систему, которая работает с одним однородным файлом данных. Более того, разумным требованием к информационной системе является то, чтобы она могла развиваться. Могут появиться новые функции, для выполнения которых потребуются дополнительные данные с новой структурой. При этом вся накопленная ранее информация должна остаться сохранной. Теоретически можно решить эту задачу путем использования нескольких файлов внешней памяти, каждый из которых хранит данные с фиксированной структурой. В зависимости от способа организации используемой системы управления файлами эта структура может быть структурой записи файла или поддерживаться отдельной библиотечной функцией, написанной специально для данной информационной системы (если, конечно, не удастся найти подходящую функцию в одной из существующих библиотек).

Сегодня на рынке появилось множество продуктов для web-картографирования. ESRI, например, предлагает несколько продуктов для создания web-приложений: ArcView Internet Map Server, MapObjects и ArcIMS [1]. Компания MapInfo предлагает MapXsite, MapXtreme, Discovery и др. [2]; Autodesk — систему MapGuide [3], Intergraph — GeoMedia WebMap [4] и т. д. Из российских разработок следует отметить ЦГИ ИГ РАН — Geoconstructor-Web, Резидент — WebMap, Netlogic — Internet-Atlas, программы и сервисы компаний КСИ Интернейшнл Софтвр Лтд., НаКарте.Ру, МирКарт.Ру и пр. [5].

Сдерживающим фактором является высокая стоимость коммерческих продуктов данного типа. Кроме того, с функциональной точки зрения современные системы web-картографирования оставляют желать лучшего: качество карт, как правило, невысокое (из-за небольших размеров изображения с картой), интерактивные возможности современных браузеров ограничены, обычно используются лишь самые простые запросы к базе данных. Большинство современных ГИС в сети Интернет использует растровую графику, в то время как настольные ГИС — преимущественно векторную.

Для разделения доступа к пространственной информации между пользователями в распределенных информационных сетях разрабатываются стандарты. И хотя работа в этом направлении в последние годы заметно активизировалась, большинство документов в настоящее время находится на стадии рабочих проектов. Особое положение занимают инициативы Консорциума OpenGIS (OGC) [6], основными задачами которого являются создание спецификаций интерфейсов для работы с пространственными данными и предоставление их всем заинтересованным лицам. Продукты и услуги, созданные с учетом спецификаций OGC, предусматривают возможность свободно обмениваться пространственной информацией независимо от типа сети, характера приложений или платформы. Необходимо отметить, что в конце 2005 г. комитет ISO по геоинформации и геоматике (ISO/TC211) утвердил предложенный организацией OGC стандарт на интерфейсы картографических Интернет-серверов. Стандарты, разрабатываемые организацией OGC, сегодня внедряются в популярные ГИС-пакеты (ESRI ArcGIS, MapInfo, Autodesk MapGuide и др.).

Предметом анализа в настоящей работе стали исследования в области разработки программных средств и технологий, которые позволили бы снять ограничения, присущие традиционным однопользовательским настольным ГИС. Речь прежде всего идет о создании гетерогенной компьютерной среды, в которой может сосуществовать и взаимодействовать различное аппаратное и программное обеспечение. В этой компьютерной среде пользователи не должны быть связаны обязательствами использования конкретных прикладных программ или форматов. Логика организации системы предполагает

открытость и возможность функционального расширения, использования различных новых методов и средств обработки данных.

Интернет часто называют гетерогенной средой из-за широкого разнообразия используемых аппаратных, программных средств и данных, которые его составляют. Благодаря используемым стандартам, таким как язык гипертекстовой разметки HTML и протокол TCP/IP, удастся связывать разнообразные элементы в единое целое, визуализировать их через приложение-браузер. Именно в таком подходе сегодня остро нуждаются пользователи ГИС. Его главными достоинствами являются возможности распространения геоинформации и создания новых комбинированных наборов данных, состоящих из отдельных, рассредоточенных по сети фрагментов независимо от их исходного формата. Такой подход будет способствовать развитию информационного обмена между организациями.

Использование web-технологий для обеспечения доступа к информационным ресурсам подразумевает существование следующих компонентов:

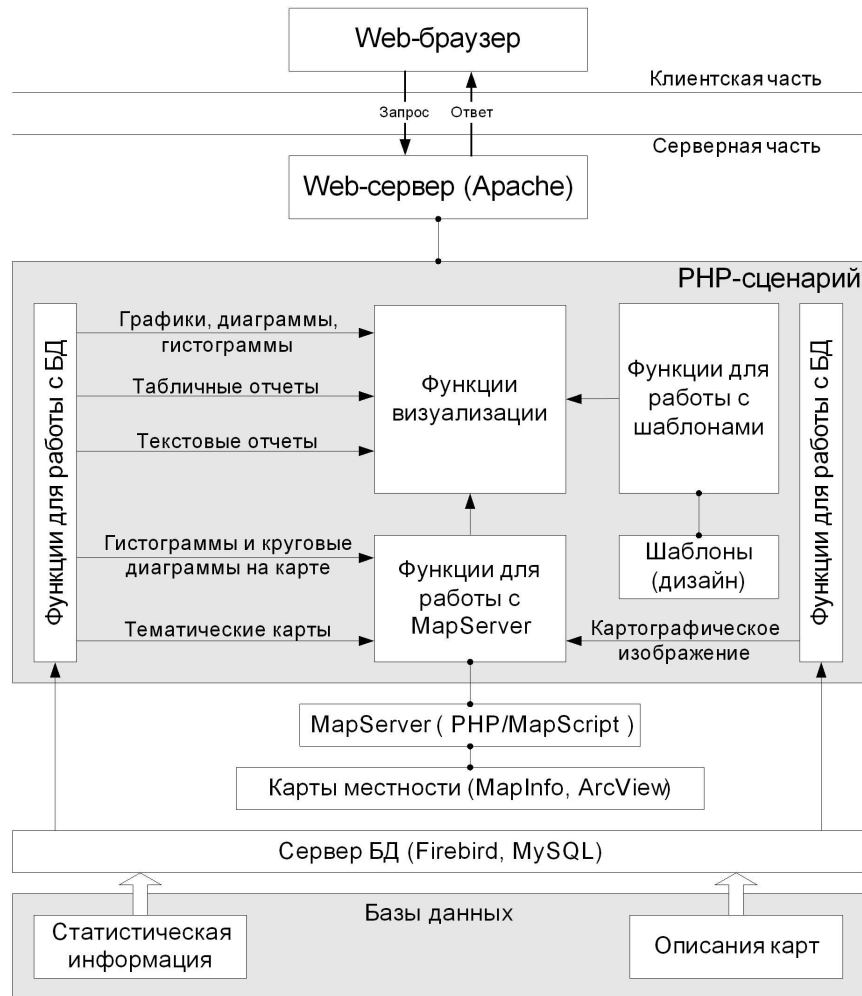
- TCP/IP-сети с поддержкой базового набора услуг по передаче данных с единой политикой нумерации и маршрутизации, работающим сервисом имен DNS;
- выделенного информационного сервера — web-сервера, обеспечивающего предоставление гипертекстовых документов через TCP/IP-сеть в ответ на запросы web-клиентов.

Основные элементы взаимодействия — клиент и сервер. Клиент представляет собой персональную ЭВМ, на которой выполняется программа-браузер. Эта программа позволяет осуществлять связь с сервером, запрашивать определенные документы и отображать информацию, поступившую от сервера. На сервере выполняется программа — web-сервер, которая обрабатывает запросы клиента и возвращает запрашиваемую информацию. С помощью технологий расширения возможностей web-сервера, например CGI, можно организовать доступ клиента к содержимому баз данных, картографической информации и т. д.

Программное обеспечение геоинформационных Интернет-систем реализовано в архитектуре клиент — сервер для операционной системы Unix с использованием набора стандартных и специализированных инструментальных программных средств. В качестве формата данных картографических систем используется стандартный формат SHP-файлов ГИС ArcView, TAB-файлов ГИС MapInfo и ряд других широко известных форматов. Разработка серверной части выполнялась преимущественно на языке программирования PHP, а клиентской — на языках JavaScript и Java.

Серверная часть состоит из собственно находящегося в сети физического сервера, где расположены физические файлы электронных карт, их описания для программного обеспечения UMN MapServer [7], шаблоны отображения выходных данных, а также гипертекстовые документы в формате HTML. MapServe — это программное обеспечение, которое представляет собой открытую и свободно распространяемую среду разработки Интернет-приложений для работы с электронными картами популярных форматов ГИС. Использование этого программного продукта обеспечивает соответствие разработки международным стандартам Консорциума OpenGIS.

Рассмотрим схему взаимодействия клиента и сервера (см. рисунок). Клиент представляет собой ПЭВМ со стандартным Интернет-браузером, с которой осуществляется связь с web-сервером и в которой отображается информация, поступившая с этого сервера. На стороне сервера работают серверные приложения, которые обрабатывают запросы браузера, считывают и записывают статические текстовые и HTML-документы,



Общая архитектура геоинформационного Интернет-сервера

получают и при необходимости модифицируют расположенные на сервере пространственные (картографические) данные, обмениваются информацией с СУБД и другими специализированными прикладными программами.

Непосредственная реализация геоинформационного Интернет-сервера выглядит следующим образом. Серверная часть состоит из собственно находящегося в сети физического сервера, на котором расположены физические файлы электронных карт, их описания для программного обеспечения MapServer, базы данных, шаблонов отображения выходных данных, а также гипертекстовых документов в формате HTML. В качестве программного обеспечения серверной части выступают web-сервер Apache, сервер баз данных Firebird (Interbase) или MySQL и взаимодействующее с ними PHP-приложение, которое построено на основе программного обеспечения MapServer и Proj4, а также реализующее дополнительные функциональные возможности с применением сценариев на языке PHP. Логически серверную часть можно разделить на три части.

- **Web-сервер и Java-сервлеты.** Web-сервер обеспечивает взаимодействие программного обеспечения серверной части с клиентской. Java-сервлет необходим для “оживления” страницы. С помощью сервлетов обеспечивается диалог с пользователем без обновления страницы, что иногда необходимо для удобной работы и быстрого получения постоянно изменяющейся информации.

• *PHP-сценарий*. Эта часть обеспечивает обработку пользовательских запросов и подготовку страницы. В ней реализованы работа с базой данных, функциями MapServer и шаблонами, а также визуализация страницы пользователя. В результате взаимодействия всех блоков с помощью языка PHP создается страница, которая отправляется пользователю.

• *Данные (базы данных, шаблоны и картографическая информация)*. Эта часть обеспечивает подготовку баз данных, картографической информации и шаблонов. Вся эта информация подготавливается и выкладывается на сервер, где потом используется PHP-сценарием. PHP-сценарий и данные могут разрабатываться и подготавливаться независимо друг от друга.

В зависимости от запроса пользователя на основе статистической информации базы данных может быть построено несколько видов отчетов: различные диаграммы, графики, гистограммы и пр.; текстовые отчеты; табличные отчеты. С использованием картографического материала в совокупности со статистическими данными можно построить: тематические карты; круговые диаграммы и гистограммы на карте, аннотации на карте. Все эти отчеты позволяют легко анализировать данные.

Разработанная модель геоинформационного Интернет-сервера соответствует спецификациям интерфейса картографического web-сервера (WMS), предложенного Консорциумом OpenGIS [6]. Она описывает интерфейс простого картографического сервера, который может генерировать картографическое изображение, выдавать информацию об объектах, расположенных в указанной точке, сообщать информацию о наборе слоев, поддерживаемых сервером.

Стандарт WMS предполагает работу картографического сервера по протоколу HTTP с использованием CGI-интерфейса. Работа такого сервера выглядит так: web-сервер принимает пользовательские запросы, которые передаются CGI-процессу. Часть запроса содержит параметры, в зависимости от которых формируется ответ. Таким образом, исполняющий механизм работает под управлением сервера, его задачи — формирование ответа по пользовательскому запросу и передача сформированного ответа серверу, который берет на себя функции приема запроса и передачи ответа. Ответ сервера должен быть в одном из двух форматов: информационном — информация о самом сервере и о слоях (в формате XML), предоставляемых сервером, и графическом — изображение карты, построенной согласно запросу (в растровом виде). Система запрос — ответ также стандартизирована.

Использование стандарта WMS — один из способов построения распределенной геоинформационной Интернет-системы.

На основе разработанной технологии представления картографических и статистических данных в Интернет был разработан ряд проектов.

Государственный градостроительный кадастр — государственная информационная система сведений, необходимых для осуществления градостроительной деятельности, в том числе для осуществления изменений объектов недвижимости.

Целью государственного градостроительного кадастра и мониторинга объектов градостроительной деятельности на территории Красноярского края является обеспечение заинтересованных органов государственной власти, органов местного самоуправления, физических и юридических лиц достоверной информацией о среде жизнедеятельности, ее предполагаемых изменениях, в том числе об ограничениях использования территорий и объектов недвижимости в градостроительстве, а также другой информацией,

необходимой для градостроительной, инвестиционной, землеустроительной и иной хозяйственной деятельности, оценки и налогообложения объектов недвижимости.

Информация подразделяется на графическую (картографическую) и текстовую (атрибутивную). Графическая информация представляет собой картографическое изображение объектов учета градостроительного кадастра. Текстовая информация является тематическим описанием объектов учета. Объекты учета — территориальные объекты федерального и краевого подчинения. В состав территориальных объектов могут входить градостроительные зоны, объекты недвижимости, объекты инженерной, транспортной и социальной инфраструктуры.

Информационная система “Земельные ресурсы Красноярского края”. Эта информационная система создается в первую очередь для информационно-аналитического обслуживания задач органов государственной и муниципальной власти в части управления земельно-имущественными ресурсами. И на ее информационных ресурсах развиваются сервисы, предназначенные для информационно-аналитического обеспечения деятельности субъектов деловой и хозяйственной активности.

Информационная система “Земельные ресурсы Красноярского края” служит для автоматизации работ по оперативному геоинформационному обслуживанию специалистов органов государственной власти, в которые входят обработка аналитических запросов, формирование отчетов по ее разделам, подготовка и визуализация тематических карт, а также для информационной поддержки развития рынка земли и недвижимости в Красноярском крае [8].

Геоинформационная Интернет-система “Природные ресурсы Красноярского края”. Создание геоинформационной Интернет-системы “Природные ресурсы Красноярского края” позволило собрать в единое целое, систематизировать и классифицировать фактический материал, имеющийся в монографиях, статьях и компьютерных базах данных, представить его в доступной форме — в виде гипертекстовой географической информационной системы в сети Интернет, тесно взаимосвязанной с тематическими картами в единой ГИС. Эта система включает следующие разделы: минеральные ископаемые ресурсы (минералы, горные породы, полезные ископаемые, топливные ресурсы, черные, цветные и редкие металлы, неметаллическое сырье, камнесамоцветное сырье), водные ресурсы (поверхностные и подземные воды), почвенные ресурсы, растительные ресурсы, ресурсы животного мира, климатические ресурсы, рекреационные, ландшафтные ресурсы, общие природно-ресурсные понятия, персоналии [9].

Информационно-графическая система анализа региональной инфраструктуры “ТЕРРА” создана по заказу администрации Ханты-Мансийского автономного округа (ХМАО). Ее основное назначение — информационное обеспечение в решении ряда задач органов власти и управления, таких как анализ социально-экономического положения населения, формирование и развитие программ адресной социальной защиты населения, прогнозирование потребности в социальных услугах и средствах реабилитации и пр. В качестве основного пользователя системы рассматривается Комитет по информационным ресурсам администрации губернатора Ханты-Мансийского автономного округа, при этом помимо указанного комитета в качестве пользователей системы будут выступать другие структурные подразделения администрации ХМАО. Система предназначена для мониторинга состояния объектов региональной инфраструктуры, распределенного наполнения информации об объектах управления, пространственно-временного анализа и визуализации территориальных данных [10].

Геоинформационная система “Археологические памятники Красноярского края”. Целями настоящего проекта являются сбор, систематизация и классификация фактического материала по археологическим памятникам Красноярского края, создание единой информационно-аналитической системы на технологической основе ГИС и Интернет. Его выполнение тесно связано с исследованиями, проводимыми красноярскими археологами с исторического факультета Красноярского государственного педагогического университета, из лаборатории археологии и палеогеографии Средней Сибири Института археологии и этнографии СО РАН.

Разработанные технологии и программное обеспечение для web-публикации электронных карт, сочетающие в себе ГИС и Интернет, могут быть с успехом использованы в различных приложениях. Это *метеорология* — карты прогнозируемых суточных температур, областей атмосферного давления, силы и направления ветра, количества и вида осадков и др.; *экология* — карты результатов измерений количества содержащихся различного вида загрязняющих веществ в атмосфере, почве и водных ресурсах, карты пожаров лесных массивов, карты нашествий колоний вредителей и др.; *медицина* — карты статистических данных заболеваемости населения различного рода болезнями и др.; *справочная служба* — карта населенного пункта, где показано расположение его административных, производственных, образовательных, культурных, медицинских и других учреждений с подробной информацией о них и пр.

Разработанное в этой технологии программное обеспечение может использоваться несколькими пользователями одновременно, данные могут храниться на нескольких персональных компьютерах, пользователи могут находиться на большом удалении друг от друга. Эти отличия от традиционной персональной геоинформационной системы являются значительными преимуществами и позволяют использовать ГИС в принципиально новом качестве — из инструмента пространственного анализа ГИС превращается в инструмент управления пространственно распределенными проектами.

Список литературы

- [1] ESRI ArcIMS — GIS for the Internet.
<http://www.esri.com/software/arcims/index.html>
- [2] GIS application development with MapInfo MapX.
<http://www.mapinfo.com/products/Overview.cfm?productid=1041>
- [3] AUTODESK MapGuide: распространение карт и проектной документации по сети.
<http://www.autodesk.ru/adsk/servlet/index?siteID=871736&id=2713624>
- [4] INTERGRAPH GeoMedia WebMap Technology.
<http://imgs.intergraph.com/gmwm/>
- [5] “ГИС и Интернет” на сайте ГИС-Ассоциации.
<http://www.gisa.ru/gisinet.html>
- [6] КОНСОРЦИУМ OpenGIS.
<http://www.opengis.org/>
- [7] ОФИЦИАЛЬНЫЙ САЙТ UMN MapServer.
<http://mapserver.gis.umn.edu/>

- [8] ТОКАРЕВ А.В., КАДОЧНИКОВ А.А. Информационная система “Земельные ресурсы Красноярского края” // Матер. VII науч. сов. по прикл. географии. Иркутск: Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2005. С. 224–225.
- [9] КАДОЧНИКОВ А.А. Разработка картографических интернет-систем природно-ресурсной тематики // Там же. С. 209–210.
- [10] ТОКАРЕВ А.В., КАДОЧНИКОВ А.А., ГЕЛЕТУХА А.М. Архитектура и программные компоненты информационно-графической системы “Терра” // Организационно-правовые аспекты внедрения информационных технологий в Югре: Матер. Межрегион. научно-практ. конф. Екатеринбург: Уральское лит. агентство, 2005. С. 245–259.

Поступила в редакцию 11 мая 2007 г.