

Глава 6

ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ ВЕКТОРНЫХ КАРТ

Рассматриваются технологии создания цифровых векторных карт на основе исходных бумажных карт и с использованием данных дистанционного зондирования Земли. Указаны способы получения карт по данным наземных измерений и по данным, полученным с помощью спутниковых навигационных систем.

6.1. Получение цифровых карт по исходным бумажным картам

Исходной элементарной единицей для векторизации является лист карты или плана на бумажном, лавсановом или ином (твердом) носителе. Обычно используется следующий алгоритм получения векторных цифровых карт. На первом шаге ведется сканирование исходного листа карты или плана. Полученное с помощью сканера растровое изображение листа карты на втором шаге подготавливается к векторизации. На третьем шаге осуществляется собственно векторизация растрового изображения. На четвертом шаге идентифицируются или уточняются пространственные объекты. Пятый шаг используется для связи пространственных объектов с заполняемой на этом же шаге базой атрибутивных данных по этим объектам. На шестом шаге выполняются комплексные проверки полученной векторной карты и ведется редактирование ошибок.

Очень удобная *исходная установка для векторизации* – принять, что каждый лист карты внутри себя однороден (объекты, их пространственные отношения, точность их положения зафиксированы на момент создания карты или плана в полном соответствии с их действительным положением на местности).

К сожалению, как правило, исходные карты и планы на бумажных и иных носителях неоднородны внутри каждого листа, в смысле, что их состояние зафиксировано на разные моменты времени. Соответственно, пространственные отношения между объектами вследствие указанной разнородности на исходном материале могут быть зафиксированы неверно. Следует всегда иметь в виду, что ситуация на исходном картматериале при цифровании автоматически фиксируется в цифровой карте в виде формализованной структуры отношений (например, топологических отношений).

Поэтому исходная установка на адекватную передачу в цифровой карте объектов и отношений между ними, *зафиксированных* на исходной карте, не гарантирует адекватную фиксацию действительной ситуации на местности.

Структура затрат на создание векторной карты для ГИС включает затраты на подготовку карты, ее векторизацию, идентификацию пространственных объектов и связь их с базой атрибутивных данных, а также необходимые проверки и редактирование. В полном технологическом цикле подготовки векторной карты наиболее часто выделяемые стадии – как векторизация, так и идентификация объектов и связь с базой атрибутивных данных – могут на практике занимать от 20 до 50 процентов каждой (совместно занимая обычно не более 80 процентов от всего технологического цикла). Соответственно, экономия времени за счет ускорения работ на этих стадиях имеет важнейшее значение.

Экономия времени за счет векторизации применительно к обеспечению данными ГИС вопрос достаточно сложный. Самый надежный вариант – повышение скорости за счет подготовки и отбора операторов с высокими профессиональными качествами и создание цифровых карт вручную. В этом случае качество карт гарантировано. При использовании технологии автоматической и/или полуавтоматической векторизации (например, с помощью полуавтоматических программ-векторизаторов EasyTrace и MarEdit) возникает несколько существенных проблем. Во-первых, векторизаторы должны обеспечивать качество, сопоставимое с качеством цифрования вручную хорошо подготовленным оператором. Во-вторых, при низком качестве цифрования встает проблема редактирования созданных цифровых карт, которая может «съесть» значительную часть выигрыша во времени, полученного за счет ускорения цифрования с помощью векторизатора, или даже потребует дополнительного времени. При этом нет гарантии, что все ошибки будут выявлены и корректно исправлены.

Кроме того, для большинства традиционных карт процесс создания по ним цифровой карты во многом представляет собой интерпретацию исходного картматериала в связи с тем, что традиционные карты создавались без расчета на их цифрование и вообще использование в среде ГИС. Интерпретация возникает в случаях цифрования объектов, зафиксированных условными знаками, а также объектов, на которые наложены сверху условные знаки или надписи. Интерпретация необходима и в случае полигональных объектов, границы которых четко не указаны на исходной карте, неверного с точки зрения здравого смысла взаиморасположения объектов на исходной карте (кварталы, лежащие в реке, дорога, идущая через край озера и др.). С увеличением масштаба исходной карты число ситуаций, требующих такой интерпретации, имеет

тенденцию к уменьшению, но вместе с тем затраты на разборку таких ситуаций требуют обычно значительного времени. Иногда используются технологии цифрования, в которых такая интерпретация вообще не проводится – все цифруется как есть на исходной карте, либо когда конкретные решения относятся целиком к компетенции оператора.

Другим методом, альтернативным методу векторизации на основе отсканированного изображения, является метод создания векторных цифровых карт с бумажных носителей, называемый методом дигитализации (сколки). Суть метода заключается в использовании специального устройства – дигитайзера и специального программного обеспечения для поддержки интерактивного режима работы с этим устройством. Этот метод реализован также в некоторых современных ГИС (при этом оператор использует «мышку» при проходе по контурам объектов).

В целом по вопросам цифрования исходных бумажных карт следует сказать, что для создания по ним цифровых карт, учитывающих требования ГИС, необходимы достаточно **высокий уровень затрат, высокий уровень профессиональной картографической подготовки операторов и редакторов** именно в области ГИС.

6.2. Получение карт по данным дистанционного зондирования Земли

Использование данных дистанционного зондирования (ДЗЗ) – аэро- и космоснимков – в качестве входных данных для ГИС является безусловно перспективным направлением. Материалы съемок могут быть представлены в виде единого набора растровых изображений, привязанных к нужной координатной системе, и, в отличие от бумажных картографических материалов, действительно могут отражать практически одномоментную фиксацию всех пространственных объектов и отношений между ними.

Следует отметить, что при дешифрировании материалов дистанционного зондирования существует достаточно много подводных камней, и не всегда точность выделения различных объектов будет одинакова, что требует обычно дополнительных измерительных работ на местности.

Как показали исследования, космические методы и средства в настоящее время не являются конкурирующими методам аэрофотосъемки. Вернее, аэро съемка переходит в ранг дополняющих заверочных средств исследования земной поверхности. Суть экономичного и иерархического сбора данных заключается в максимальном получении информации космическими средствами, восполнении и детализации недостающих данных космической съемкой лучшего разрешения и аэро съемкой и, наконец, в заверке на местности полученных данных (вместо дорогих и трудоемких тотальных обследований на местности).

Использование ДДЗ при мониторинге территорий города и региона выглядит следующим образом.

1. Использование мелко- и среднемасштабных (1:1000 000–1:500 000) космоснимков для анализа общего состояния урбанизации региона, коммуникационного (по транспортным путям) взаимодействия крупных промышленных центров и т. д.
Этот уровень обеспечивается космическими съемками с отечественных и зарубежных спутников серии «Ресурс-0» (камера МСУ-Э, разрешение 45–50 м), Landsat (ТМ, разрешение 28–30 м), SPOT (ХМ, разрешение 20 м), «Ресурс-Ф» (камеры КА-20, КА-200, разрешение 15–30 м), «Алмаз-1» (используется радиолокационная синтезированная апертура, разрешение 18–20 м). Объектная генерализация таких данных 100–500 м, что соответствует картографическим масштабам 1:50000–1:200000.
2. Хорошими детализующими данными для предыдущего уровня являются снимки близких масштабов (1:100 000–1:300 000), но высокого разрешения, с космических систем типа SPOT (Рап, разрешение 10 м), «Ресурс-Ф» (камеры МК-4, КФА-1000, КФА-3000, разрешение 8–12, 5–10, 2–3 м). Их совмещение с данными меньшего разрешения позволяет выявить объектную структуру и детали городской застройки на фоне зональных и синтезированных снимков большей генерализации: кроме того, на спектрональных цветных фотоснимках камер МК-4 и КФА-1000 фотогеничнее выглядят лесные массивы и другие растительные компоненты, что важно при изучении зеленых зон городов, дачных и коттеджных застроек, различные нарушения различной природы, но плохо выделяются зоны загрязнений по прямым признакам. Объектная генерализация этого уровня 10–100 м, что соответствует картографическим масштабам 1:10000–1:50000.
3. Для более детального анализа городской застройки, проведения инженерных изысканий, ведения градостроительного кадастра, обеспечения мунципальных ГИС и уточнения нецелифруемых деталей по ДДЗ предыдущих уровней целесообразно использовать специальную космическую съемку с разрешением 1–10 м или аэро съемку. По этим данным обычно строятся цифровые модели рельефа и создаются объектные карты, совмещаемые с картами зонирования, получаемыми на предыдущих уровнях, что позволяет более точно учесть особенности местности, рельеф, влияние экспозиции, ландшафтные закономерности и т. д. Детальную информацию получают со спутников типа SPOT, «Ресурс-Ф» (камеры ТК-350, КВР-1000) и перспективных спутниковых систем типа QuickBird или системы компании Space Imaging с разрешением 1 м.

4. Выборочное уточнение урбанизированных территорий, обновление планов городской застройки, выявление аварийных ситуаций в тепловых, транспортных и электрических сетях, проведение предпроектных работ и архитектурного дизайна с учетом природных факторов осуществляется на основе аэросъемки; она, как и космосъемка, может проводиться цифровыми сканерами (типа МСУ-Э), фотокамерами (АФА, МКФ-6 и т. п.) и специальными средствами (тепловизоры типа «Вулкан», радиолокаторы и др.). Детальность съемки может достигать десятых долей метра.

Следует считать, что с возрастанием объемов ДДЗ ключевой проблемой становится проблема автоматизированной интерпретации (дешифрации) аэрокосмических снимков. Решение этой проблемы в настоящее время ведется, в основном, с использованием теории распознавания образов. Изучение методов решения проблемы продолжается и остается крайне актуальным направлением научных исследований.

6.3. Получение карт по данным наземных измерений и по данным спутниковых систем

Использование данных спутниковых навигационных систем GPS или ГЛОНАСС о координатах движущихся объектов, получаемых с помощью наземных приемников и данных электронных тахеометров – измерителей пройденных расстояний – позволяет накапливать пространственные данные в цифровой форме и использовать их непосредственно в среде ГИС, минуя промежуточные материалы на бумажной основе. Хранение материалов непосредственно в цифровой форме снимает проблему создания твердых копий и проблеме использования уже снятых границ смежных объектов при новых съемках. Опыт показывает, что использование указанных приборов при достаточно больших объемах работ (тысячи объектов, тысячи погонных километров автодорог и т. п.) позволяет *снизить стоимость* съемок в сравнении с традиционными бумажными технологиями в 3–4 раза и более. Существенно также значительно увеличение скорости съемок (в 3–4 раза). При традиционной съемке с помощью геодезических приборов работы, например, по территории достаточно крупного города могут занять 5–10 и более лет, в результате чего степень актуальности проведенных измерений будет существенно различаться. Увеличение скорости съемок с помощью GPS-приемников с завершением их в 1–2 года позволит получить значительно более однородный цифровой картографический материал.

Пользовательские приемники GPS могут быть разделены на кодовые с точностью позиционирования 30–100 м, кодово-фазовые – 0,5–3 м и фазовые с точностью позиционирования 5–50 мм. Кодовая аппаратура работает

в автономном режиме, но может работать и в дифференциальном режиме позиционирования (DGPS). Последний режим заключается в том, что по радиоканалу от базовой станции на удалении до 100–150 км могут приниматься дифференциальные поправки двухуровневой точности – до 10 м и до 1 м.

Современные приемники имеют внутреннюю память и тогда разовые определения местоположения можно осреднить в течение определенного промежутка времени, получая точность позиционирования 7–10 м даже без DGPS.

6.4. Вопросы и задания для самопроверки

1. Какой метод получения векторных цифровых карт по картам на бумажном носителе в настоящее время является наиболее популярным?
2. Какие сложности могут возникнуть при сканировании бумажной карты?
3. Назовите варианты повышения качества векторизации. Дайте их сравнительный анализ.
4. В чем преимущество использования GPS-приемников при создании карты в отличие от использования метода векторизации?
5. В чем суть иерархического способа сбора пространственных данных?
6. Докажите, почему четырех уровней детализации при использовании ДЗЗ достаточно для получения карт практически значимых масштабов.
7. В каких случаях можно считать, что проведение съемок на местности с помощью GPS-приемников позволяет получать однородный картографический материал?

Глава 7

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГИС

Ниже кратко рассматривается программное обеспечение наиболее популярных векторных и растровых ГИС, описываются информационно-поисковые Интернет-ГИС. Дается понятие ГИС-приложений, приводится их классификация, а также подробно описываются методы и подходы к их разработке.

7.1. Программное обеспечение универсальных векторных ГИС

Среди универсальных векторных ГИС особое место занимает линейка ГИС компании ESRI (США).

7.1.1. Семейство программных продуктов ArcGIS 9

Компания ESRI, признанный лидер в области ГИС, предлагает семейство программных продуктов ArcGIS 9. Платформа ArcGIS 9 является оптимальным решением для построения корпоративной ГИС, фундамента информационной системы эффективного управления крупными государственными и коммерческими организациями.

ArcGIS 9 построена на основе стандартов компьютерной отрасли, включая объектную архитектуру COM, .NET, Java, XML, SOAP, что обеспечивает поддержку общепринятых стандартов, гибкость предлагаемых решений, широкие возможности взаимодействия. Фундаментальная архитектура ArcGIS 9 обеспечивает ее использование во многих прикладных сферах и на разных уровнях организации работы пользователей ГИС.

База геоданных – это созданная компанией ESRI модель, определяющая структуру и правила хранения различных видов данных – векторных и растровых, адресных точек, данных геодезических измерений и многих других. Данная модель позволяет эффективно хранить разнородные данные и с легкостью использовать их в сложных проектах и системах. В базе геоданных пользователи могут задавать правила и отношения внутри хранилища, которые определяют поведение пространственно взаимосвязанных объектов и объектных классов и обеспечивают целостность данных. Модель можно редактировать как в многопользовательском режиме, так и в автономном режиме, с возможностью синхронизации версий.

АrcGIS 9 содержит более 450 инструментов: для проведения пространственного анализа данных, конвертации, управления данными, геокодирования, динамической сегментации, картографии, работы с растрами; от средств выполнения оверлейных операций, построения буферных зон, инструментов для выявления пространственных закономерностей и управления данными до расширенных возможностей обработки растров, от методов интерполяции и оценки качества данных, зональной фильтрации, многофакторного анализа, растровой алгебры, построения и проверки топологии, до построения графических схем.

В этой системе именуются развитые средства для производства качественных картографических продуктов со всеми необходимыми элементами зарамочного оформления, с использованием способа прозрачности, собственных или уже готовых стандартных условных знаков, штриховок, радиурованных символов, картограмм и диаграмм. Имеется также автоматическая генерация схем сетевых объектов, представление данных, изменяющихся во времени, а также возможность 3D-визуализации, расширяющая области применения ГИС.

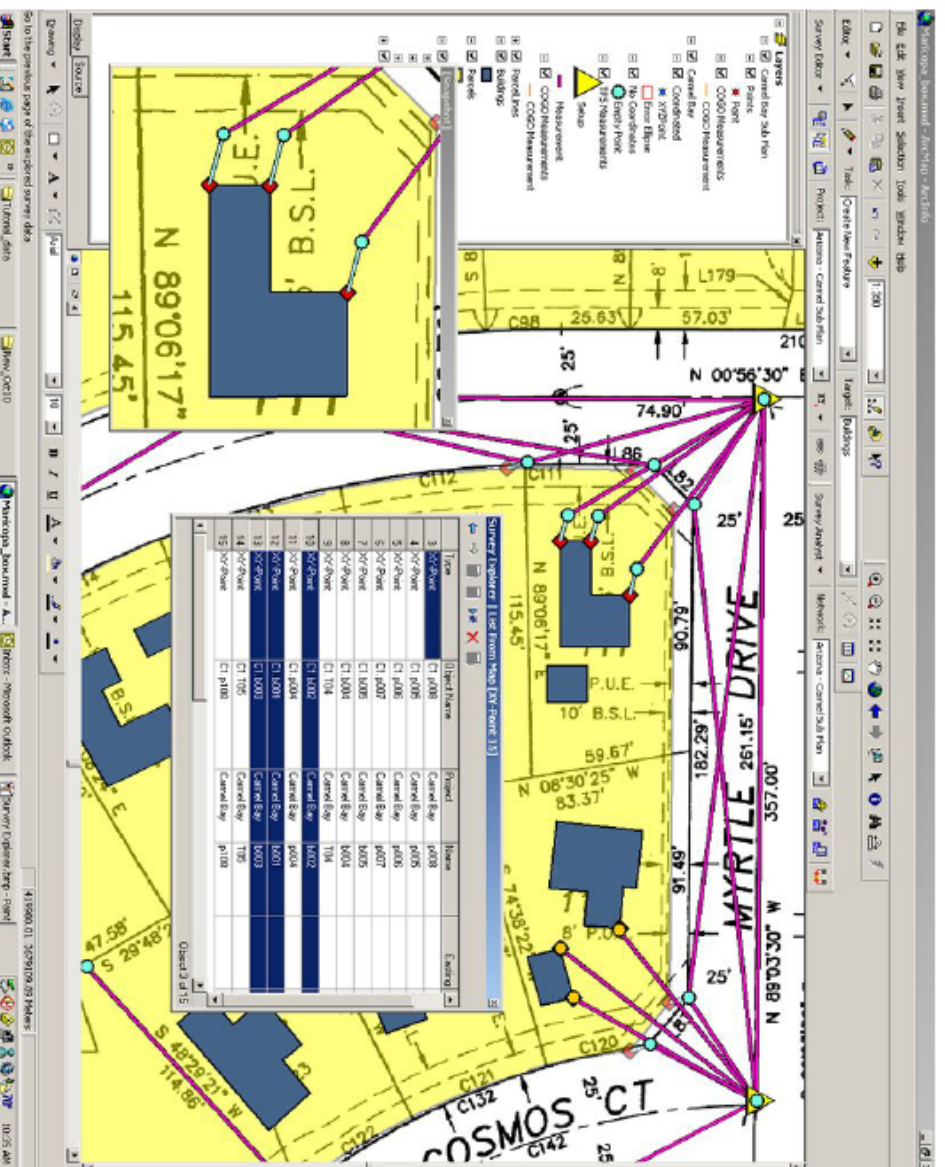


Рис. 7.1. Внешний вид ГИС ArcGIS 9

В ArcGIS можно быстро создать реалистичную виртуальную 3D-сцену на основе пространственных данных как локального уровня, так и в масштабе всей Земли, с использованием цифровых моделей рельефа, космических и аэроснимков, любых векторных данных и фотореалистичных моделей объектов.

В линейке программных продуктов семейства ArcGIS 9 особое место занимают настольные ГИС. Эти геоинформационные системы решают ряд задач локального и корпоративного уровня. Настольные продукты компании ESR! семейства ArcGIS 9 (ArcView, ArcEditor, ArcInfo) объединяет общая архитектура и интерфейс. Кроме того, у них используются единые базовые приложения ArcMap (решение картографических задач), ArcCatalog (доступ и управление пространственными данными в локальной сети или через Интернет) и ArcToolbox (геообработка пространственных данных), но продукты различаются по функциональности, количеству инструментов геообработки и пространственного анализа. Рассмотрим это программное обеспечение подробнее.

ArcGIS ArcView – базовый продукт семейства ArcGIS 9, полнофункциональная ГИС с набором мощных инструментов для создания, управления, анализа и визуализации пространственных данных.

ArcGIS ArcEditor – сочетает функциональность ArcView с возможностями создания и моделирования баз геоданных (БГД). Уникальный механизм обеспечивает поддержку целостности и многопользовательского редактирования БГД, управление версиями, построение топологии и геометрических сетей.

ArcGIS ArcInfo – расширяет функциональность вышеперечисленных продуктов (ArcView, ArcEditor) набором мощных инструментов для пространственного анализа и геообработки данных.

В семействе ArcGIS 9 имеются также и программные средства серверных ГИС.

ArcGIS Server предназначен для создания корпоративной ГИС с неограниченным числом полнофункциональных рабочих мест: клиентом может быть как настольное, так и веб-приложение. ArcGIS Server предоставляет инструментарий для создания веб-приложений, веб-служб и других корпоративных приложений, работающих под управлением стандартных NET и J2EE веб-серверов, обеспечивает централизованное управление ресурсами: картами, службами геокодирования и программными объектами, задействованными в приложениях.

ArcIMS – продукт для публикации пространственных данных и картографической продукции в сетях интранет/интернет с возможностью геокодирования, анализа и поиска данных по различным критериям. Служит основой для создания порталных решений, работает под управлением стандартных веб-серверов.

ArcSDE – обеспечивает хранение пространственных данных под управлением внешней СУБД (Oracle, Microsoft SQL Server, IBM DB2 и Informix). Для представления и хранения информации используется объектно-реляционная модель – база геоданных, позволяющая описывать не только геометрию объектов, но и их поведение, правила, взаимосвязи с другими классами объектов и объектами базы геоданных. Поддерживается работа с различными версиями данных, длительные сеансы редактирования и автономное редактирование. ArcSDE обеспечивает интеграцию ArcGIS с другими ГИС и САПР.

Для разработчиков предлагается **ArcGIS Engine** – набор библиотек встраиваемых программных компонентов и инструментов для создания пользовательских ГИС-приложений. ArcGIS Engine позволяет реализовать все функции настольных ГИС в разрабатываемых приложениях.

Для пользователей мобильных устройства предлагаются программные средства мобильной ГИС **ArcRad**. ArcRad позволяет проводить оперативный сбор, автономное редактирование пространственных данных в полевых условиях с использованием GPS-приемников, цифровых фотокамер и других устройств. ArcRAD интегрирован с настольными продуктами ArcGIS (ArcView, ArcEditor, ArcInfo), работает на мобильных устройствах под управлением операционных систем Windows CE и Pocket PC.

Стоит также отметить, что для семейства ArcGIS компанией ESRI предлагается широкий спектр дополнительных модулей, предназначенных для решения различных прикладных задач.

7.1.2. Программные средства ГИС *MarInfo Professional 8.5*

Универсальная ГИС MarInfo Professional 8.5 разработана компанией MarInfo Corp. (США). По многочисленным оценкам она занимает второе место в России по распространенности. Являясь настольной ГИС, эта система ориентирована на широкий круг пользователей.

Система обладает большим набор функций для работы с нетопологическими пространственными данными. Для хранения данных в системе используются таблицы. *Таблица* представляет собой реляционную базу данных, в которой хранятся как атрибутивные, так и пространственные данные. Каждая такая таблица может быть представлена как слой карты. В ГИС MarInfo Professional поддерживается несколько типов таблиц: обычные векторные, растровые, шпильные, внешние, временные. Для хранения данных можно также использовать БД, управляемые внешними СУБД, например, Oracle и Microsoft SQL-сервер.

ГИС MarInfo Professional имеет развитые средства визуализации и редактирования картографических данных (рис. 7.2), средства темати-

ческого картирования (диапазоны, диаграммы, размерные символы, плотность точек, индивидуальные значения).

Для работы с растровыми изображениями в системе предусмотрено два режима: с регистрацией и без него. Первый используется для совмещения координатно-привязанных растров с векторными данными, а второй – только для их просмотра. MarInfo Professional поддерживает большое число графических форматов, в том числе используемых для хранения данных ДЦЗ.

В системе имеются развитые средства деловой графики, позволяющие формировать различные графики (линейные, столбчатые, круговые, площади, трехмерные и др.). Все графики строятся по данным, хранящимся в таблицах. Все сформированные в ГИС данные (картографические, табличные, деловая графика и др.) могут быть выведены на печать. Для этого в системе предусмотрен механизм создания макета печати.

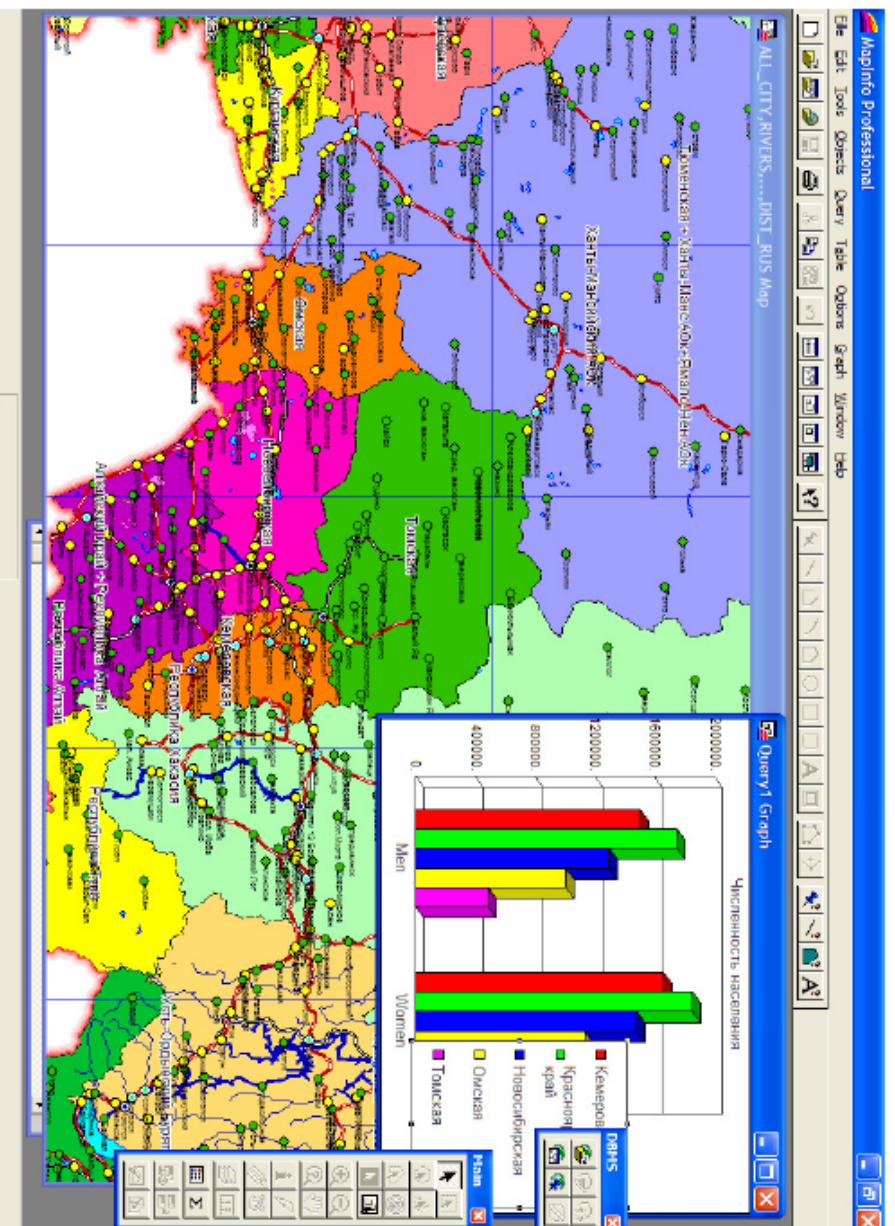


Рис. 7.2. Средства визуализации в ГИС MarInfo Professional 8.5

Для расширения возможностей этой системы используется специальный язык программирования MarBasic. С помощью этого языка можно модифицировать интерфейс пользователя, добавлять к ГИС новые функции, управлять картами и т. д. В языке также предусмотрена возможность подключения динамических библиотек (DLL). Компания

MapInfo Corp. и сторонние разработчики предлагают дополнительные модули, предназначенные для решения различных прикладных задач.

7.2. Программное обеспечение универсальных растровых ГИС

7.2.1 ГИС ERDAS Imagine 8.7

Программное обеспечение растровой ГИС ERDAS Imagine 8.7 представляет собой комплекс программных продуктов для обработки данных дистанционного зондирования Земли и работы с пространственными данными. Среди растровых ГИС на сегодняшний день эта система является наиболее распространенной.

ГИС ERDAS Imagine 8.7 используется, в первую очередь, для работы с растрами, полученными в результате аэро- или космосъемки. Система предлагается в трех версиях: Imagine Essentials, Imagine Advantage и Imagine Professional.

Несмотря на то, что эта система является растровой, она поддерживает многие модели и форматы векторных данных. По архитектурному принципу построения эта ГИС является открытой программной системой.

7.2.2. ГИС ER Mapper 6.4

Разработанная компанией Earth Resource Mapper (Австралия), растровая ГИС ER Mapper является одной из мощнейших в мире систем для обработки ДДЗ и их последующего пространственного анализа. Как и ГИС ERDAS Imagine, эта система не является чисто растровой, а поддерживает многочисленные векторные форматы данных. Основной функционал системы ориентирован на обработку аэро- и космоснимков.

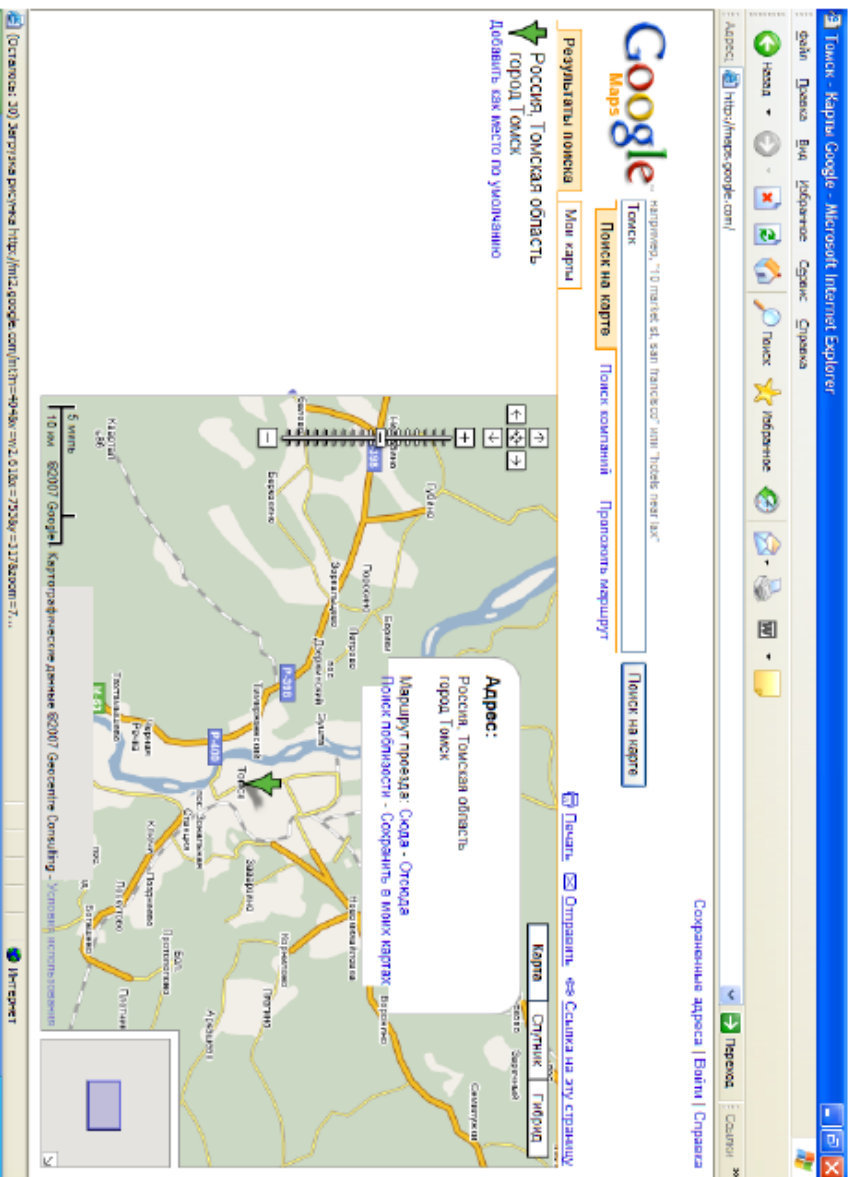
Ключевое понятие системы «алгоритм» – последовательность действий, выполняемых системой над исходными изображениями. Это позволяет автоматизировать однотипные задачи обработки ДДЗ, исключая сохранение на диске промежуточных результатов обработки.

Программные средства ER Mapper представляют собой комплекс программных библиотек.

7.3. Системы Интернет-ГИС

7.3.1. Информационно-поисковый веб-сервис Google Maps

Информационно-поисковый веб-сервис Google Maps (<http://maps.google.com>), появившийся в 2005 году, стал поистине знаковым событием в области Интернет-ГИС. Во-первых, компания Google сделала общедоступным огромный объем картографического материала для пользователей сети Интернет в режиме онлайн (причем объем



а

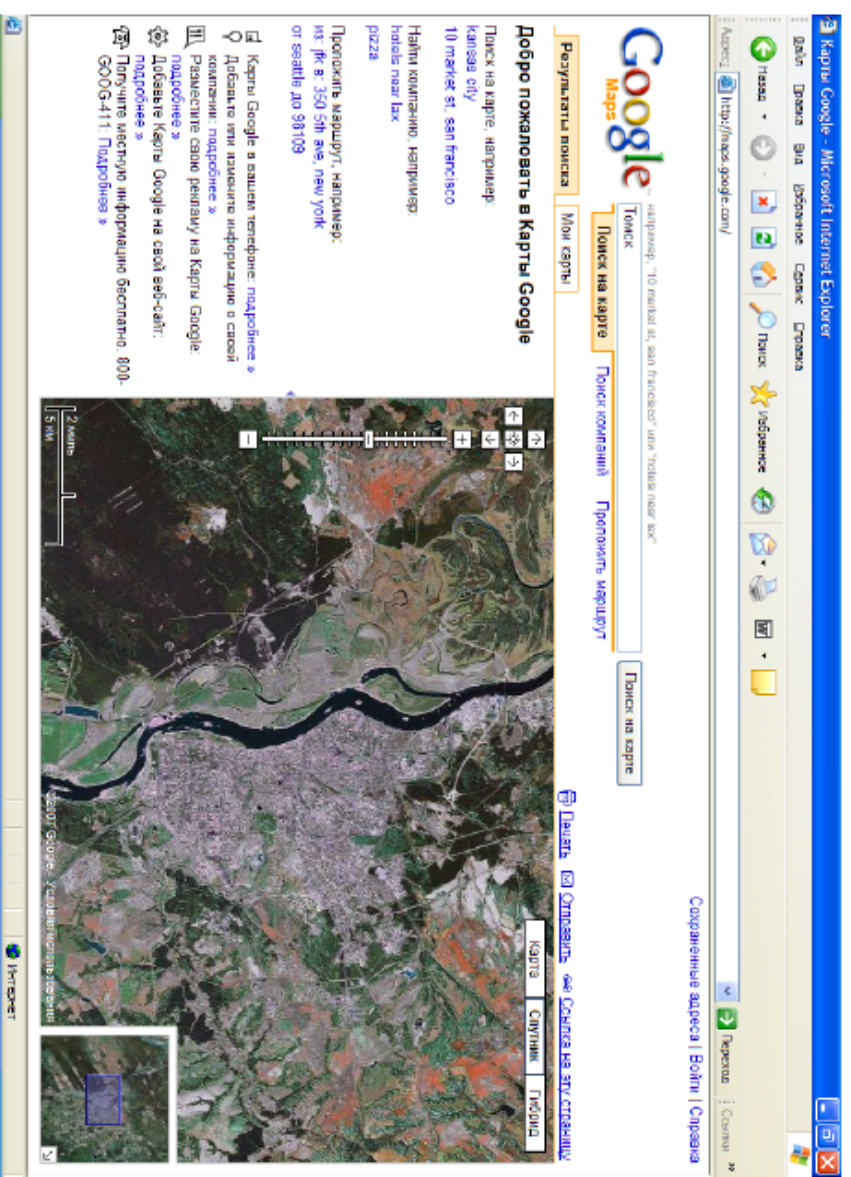


Рис. 7.3. Информационно-поисковый веб-сервис Google Maps
а – в режиме «карта», б – в режиме «спутник»

картографического материала продолжает увеличиваться и материалы обновляются). Во-вторых, для доступа к картографическим данным используется обычный браузер (Internet Explorer, Firefox, Opera и др.), а операции по работе с картой просты и интуитивно понятны. В-третьих, для просмотра данных можно использовать три режима: «карта» (векторный), «спутник» (растровый) и гибридный (рис. 7.3). В-четвертых, сервис тесно интегрирован с поисковой системой Google, позволяя выполнять поиск городов, улиц, достопримечательностей, компаний и др. с визуализацией результатов поиска на карте.

7.3.2. Информационно-поисковая ГИС Google Earth

Вслед за веб-сервисом Google Maps компания Google выпустила информационно-поисковую ГИС Google Earth. Эта Интернет-ГИС предоставляет такие же возможности, что и веб-сервис Google Maps, но в отличие от него является «толстым клиентом» и представляет собой клиентское Windows-приложение. Как и Google Maps эта система позволяет обращаться к картографическим данным Google в режиме онлайн. Функционал этой ГИС включает средства навигации по карте, механизм управления слоями, механизм поиска объектов на карте, возможность работы с закладками. Пожалуй самая впечатляющая возможность Google Earth – это возможность трехмерной интерактивной визуализации картографических данных. Однако пока для трехмерной визуализации доступны модели только наиболее крупных городов мира.

7.3.3. Другие информационно-поисковые веб-сервисы

Успех компании Google подтолкнул разработчиков поисковых систем к разработке подобных информационно-справочных систем. Так

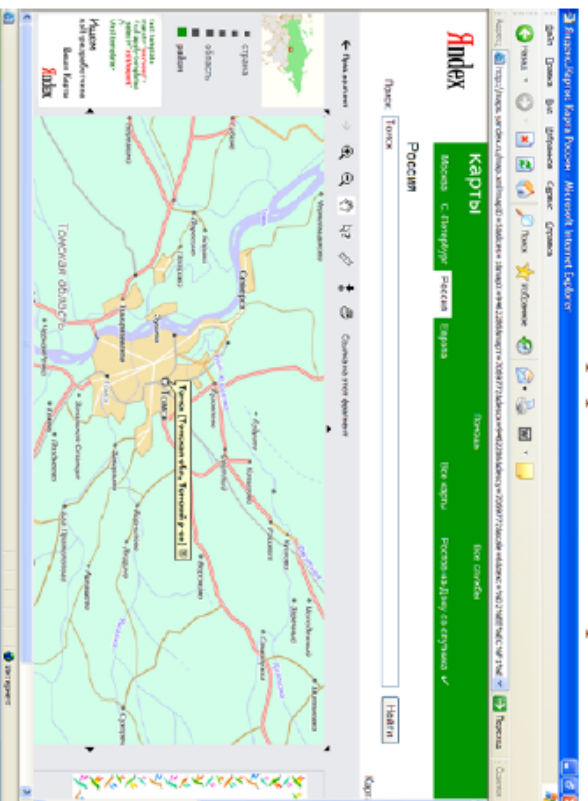


Рис. 7.4. Информационно-поисковый веб-сервис Яндекс Карты

компанией Microsoft был предложен схожий по возможностям сервис MSN Virtual Earth (<http://maps.microsoft.com>). Данный сервис также тесно интегрирован с поисковой системой MSN Search.

Российские разработчики поисковых систем не отстают от зарубежных и предлагают похожие сервисы. На поисковом ресурсе Яндекс (<http://maps.yandex.ru>) появился сервис Карты (рис. 7.4). Интерактивная карта также доступна на другом российском поисковом ресурсе Rambler (<http://nakerate.rambler.ru>).

7.4. Картографические программные модули

Ведущие производители геоинформационных систем предлагают разработчикам *картографические программные модули*, на базе которых можно легко создавать собственные ГИС. Обычно такие компоненты представляют собой объектно-ориентированные библиотеки картографических функций, выполненных на основе СОМ-или .Net-технологий.

Картографический модуль МарХ. Это набор программных компонентов от компании MapInfo Corp., позволяющий создавать собственные ГИС. МарХ поддерживает технологию СОМ и ориентирован на платформу Win32. Важно, что приложения, созданные на основе МарХ, не требуют наличия ГИС MapInfo Professional. В настоящее время компания MapInfo Corp. активно продвигает другой продукт – **MarXstream**. В отличие от МарХ MarXstream позволяет создавать не только независимые приложения, но и разрабатывать серверную часть Интернет-ГИС. Кроме того, MarXstream поддерживает более современную платформу разработки приложений .Net.

Картографический модуль ArcObjects. Это набор компонентов от компании ESRi, включающий более 1200 объектов, которые могут быть использованы для настройки, расширения и построения ГИС-приложений на базе ArcGIS.

ArcObjects – это платформа разработки для таких модулей ArcGIS, как ArcMap, ArcCatalog и ArcScene. Программные компоненты ArcObjects охватывают полный диапазон функциональных возможностей, доступных в ArcInfo и ArcView для разработчиков программ.

7.5. ГИС-приложения

7.5.1. Общие положения

При решении некоторых прикладных задач базовых возможностей ГИС не всегда бывает достаточно. Современные универсальные ГИС имеют модульную структуру и благодаря этому позволяют наращивать их возможности за счет подключения новых внешних модулей. Таким обра-

зом, если для решения той или иной задачи возможностей ГИС недостаточно, то возникает дилемма: либо найти ГИС, у которой возможности предусмотрены, либо расширить возможности имеющейся ГИС. Можно, конечно, идти по пути наименьшего сопротивления: для каждой задачи выбирать наиболее подходящую ГИС. В этом случае вся нагрузка приходится на конечного пользователя. Ведь он для решения своих задач должен неплохо разбираться в нескольких ГИС, причем эта нагрузка будет расти при выборе каждой новой ГИС. Практика показывает, что пользователю свойственен консерватизм. Если человек хорошо освоил одну систему, то ему не хочется сразу осваивать другие, даже более совершенные системы. Более того, происходит привыкание к интерфейсу, стили работы с системой. Пользователь приветствует нововведения, если они не меняют устоявшиеся принципы его работы, а лишь дополняют их. **ГИС-приложения**, созданные в среде универсальной ГИС, как раз и должны вносить такие дополнения и усовершенствования без смены системы.

7.5.2. Классификация ГИС-приложений

С точки зрения степени автоматизации решаемых задач ГИС-приложения можно разделить на два класса: специализированные ГИС и ГИС-средства (рис. 7.5).

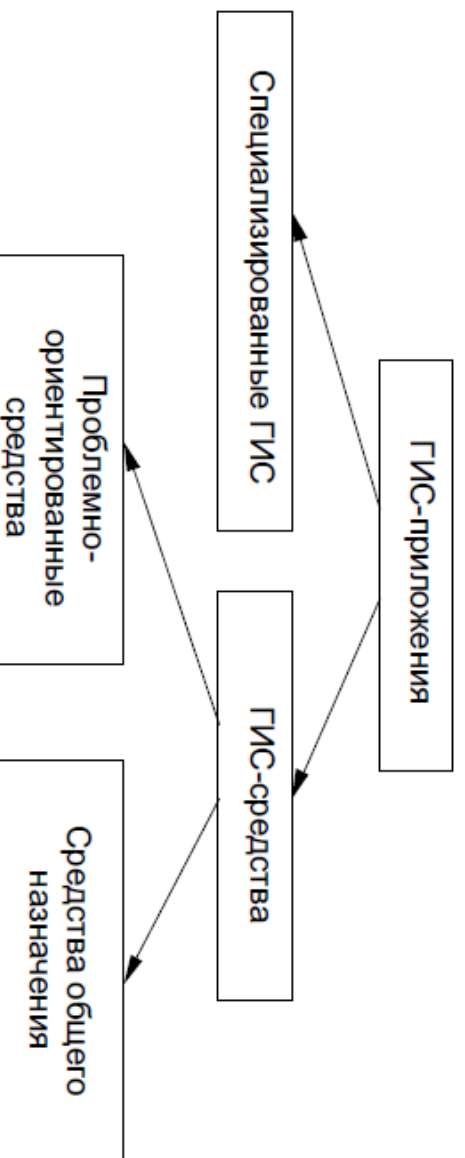


Рис. 7.5. Классификация ГИС-приложений, созданных на основе универсальной ГИС

Главной особенностью **специализированных ГИС**, как и у специализированных систем вообще, является их четкая проблемная ориентация, высокая степень автоматизации труда пользователя и ограниченное (обычно не очень большое) число функций. Часто специализированные ГИС разрабатываются как автоматизированные рабочие места с ограниченными возможностями и предельно простым интерфейсом, например, ГИС для системы мониторинга водных ресурсов, специализированные

картографические выверы и т. п. В некоторых случаях специализированные ГИС являются подсистемами крупных информационных систем.

ГИС-средства представляют собой набор дополнительных инструментальных средств для решения прикладных задач в среде универсальной ГИС. С помощью таких средств можно решать трудно автоматизируемые задачи, где в процессе работы человеческий фактор имеет решающее значение.

К достоинствам ГИС-средств следует отнести их функциональную гибкость. Так как ГИС-средства только добавляют к универсальной ГИС новые возможности, становится возможным использование *одно-временно* нескольких ГИС-средств. По сравнению со специализированными ГИС уровень автоматизации труда пользователя при применении ГИС-средств ниже.

В свою очередь, ГИС-средства можно разделить также на два класса программных средств: проблемно-ориентированные ГИС-средства и ГИС-средства общего назначения (рис. 7.5). Основное отличие **проблемно-ориентированных ГИС-средств** от **ГИС-средств общего назначения** – это наличие проблемной ориентации на определенный круг задач. Напротив, с помощью ГИС-средств общего назначения можно решать достаточно широкий круг задач (классы задач). Более того, ту или иную задачу можно разбить на ряд подзадач, каждую из которых можно решить с помощью ГИС-средств общего назначения. Таким образом, ГИС-средства общего назначения обладают наибольшей функциональной гибкостью. Они рекомендуются достаточно «продвинутым» специалистам, понимающим принципы функционирования таких средств, области их применения и особенности используемого математического аппарата. При этом специалист должен самостоятельно разбить решаемую задачу на этапы, определить методы их решения и выбрать для ее решения необходимые ГИС-средства.

7.5.3. Методы и подходы к созданию ГИС-приложений

В настоящее время существуют несколько основных методов создания специализированных ГИС на основе универсальных систем. Первый метод заключается в создании внешних программных модулей, работающих в среде универсальной ГИС. Такие модули не могут работать без базовой ГИС. Как правило, модули реализуются с помощью специализированных макроязыков, интерпретаторы которых встроены в ядро универсальной ГИС. Часто возможностей макроязыка не достаточно для решения тех или иных задач, поэтому макроязыки должны иметь средства для встраивания программ, написанных на языках другого уровня (механизмы DLL, OLE и др.). Рассмотрим первый метод подробнее.

При создании специализированных ГИС на основе универсальных ГИС практически полностью изменяется интерфейс пользователя. В интерфейс закладываются доступ только к тем функциям ГИС (и, следовательно, к реализующим эти функции программным модулям), которые необходимы для решения задач, определенных областью применения специализированной ГИС. Доступ к остальным функциям (программным модулям) универсальной ГИС блокируется. Таким образом, интерфейс пользователя упрощается, становится более понятным конкретному специалисту. На рис. 7.6 показана обобщенная структура программного обеспечения специализированных ГИС, созданных на основе универсальной ГИС.

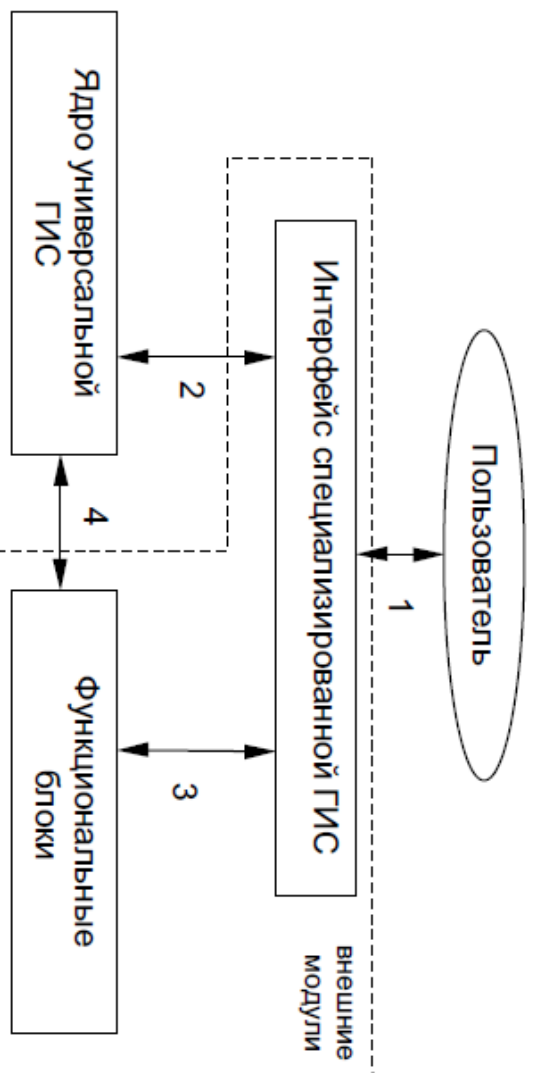


Рис. 7.6. Обобщенная структура программного обеспечения специализированных ГИС, созданных на основе универсальной ГИС

Взаимодействие пользователя с ГИС осуществляется через интерфейс пользователя (связь 1). Все процессы, выполняемые специализированной ГИС, реализуются внешними программными модулями, которые создают проблемно-ориентированный интерфейс пользователя и обеспечивают связь функциональных блоков. Каждый из таких блоков решает определенную задачу по автоматизации процессов и является внешним по отношению к ядру ГИС. При решении задач, требующих пространственного анализа, необходим доступ к функциям ядра универсальной ГИС (связь 4). В редких случаях интерфейс пользователя позволяет обратиться к функциям ядра универсальной ГИС напрямую, минуя функциональные блоки (связь 2). Во всех остальных случаях действуют функциональные блоки (связь 3).

Во втором методе используется технология клиент-сервер. В качестве клиента выступает программа, которая решает производственные

задачи, например, обработки данных. Эта программа делает запросы к другой программе – серверу. В качестве сервера используется программное обеспечение универсальной ГИС. Сервер выполняет запросы клиента и передает ему результаты. Так как такая технология базируется на механизмах DDE и OLE, универсальная ГИС должна иметь возможность работать в режиме сервера и отвечать на внешние запросы. Второй метод получил свое дальнейшее развитие с усовершенствованием СОМ-технологии. Почти все ведущие производители универсальных ГИС выпустили программные продукты, представляющие собой компоненты ActiveX. Каждый из этих продуктов реализует большинство функций ядра универсальной ГИС, разработанной той или иной компанией. С помощью таких компонент, используя интегрированные средства разработки приложений (Visual Studio, Delphi, C++Builder и др.), можно достаточно быстро создавать программное обеспечение специализированных ГИС. Важно, что созданные программы являются исполняемыми (EXE) и не требуют универсальной ГИС¹.

Основными достоинствами специализированных ГИС является высокая степень автоматизации труда специалиста при решении производственных задач и наличие простого проблемно-ориентированного интерфейса пользователя. К недостаткам можно отнести их слабую гибкость и невозможность расширения без изменения программного кода (для этого необходимо наличие исходных текстов программ и их спецификации).

С точки зрения интерфейса пользователя отличие ГИС-средств от специализированных ГИС заключается в том, что к интерфейсу универсальной ГИС *добавляются* новые элементы, реализующие доступ к новым функциям. На рис. 7.7 показана структура ГИС-средств, созданных на основе программного обеспечения универсальной ГИС. Доступ к функциям универсальной ГИС реализуется через интерфейс последней. Интерфейс ГИС-средства реализует доступ к *дополнительным* функциям, позволяющим решать задачи, выполнение которых стандартными средствами универсальной ГИС или невозможно, или затруднительно (связи 2 и 4). В ряде случаев через интерфейс ГИС-средства возможен доступ к функциям ядра универсальной ГИС (связи 2 и 5). Хотя такой подход приводит к тому, что могут дублироваться некоторые функциональные возможности системы, он позволяет создавать ГИС-средства концептуально более понятными и удобными. Функциональные блоки могут использовать функции ядра универсальной ГИС (связь 6).

¹ Вместо этого производители требуют приобретения лицензии на право использования компонент.

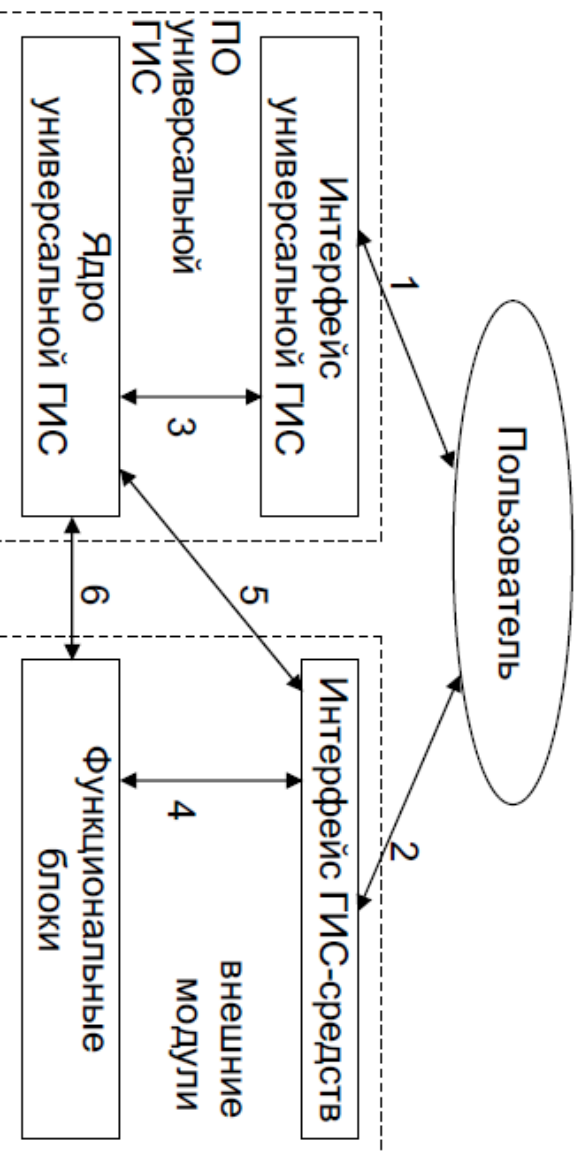


Рис. 7.7. Структура ГИС-средств, созданных на основе программного обеспечения универсальной ГИС

Проблемно-ориентированные ГИС-средства предназначены, прежде всего, специалистам, хорошо представляющим специфику решаемых задач, но слабо разбирающимся в принципах функционирования этих средств и особенностях используемого математического аппарата. Такие ГИС-средства дают средний уровень автоматизации труда пользователя. Приобретение навыков работы у пользователя может достигаться либо с помощью мастеров (wizards), которые «ведут» специалиста от этапа к этапу, либо путем четкого выделения этапов через интерфейс пользователя. В первом случае наличие пояснений, примеров и иллюстраций непосредственно в интерфейсе пользователя позволяет интуитивно понять смысл каждого из этапов. Применение данного подхода целесообразно в тех случаях, когда задачу можно разбить на ряд последовательных подзадач (рис. 7.8).

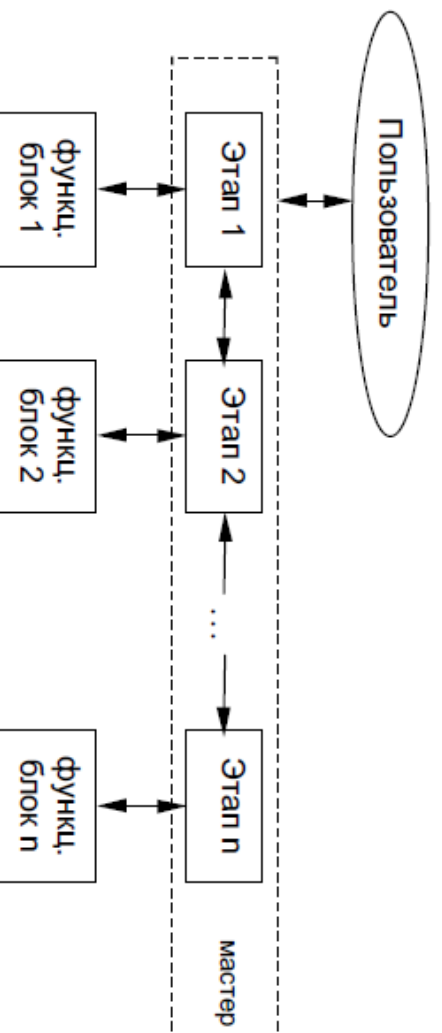


Рис. 7.8. Структура ГИС-средств при использовании мастеров

Если задачу невозможно разбить на ряд последовательных подзадач, то применяют второй подход. В этом случае у пользователя больше возможностей по выбору методов решения задачи (рис. 7.9).

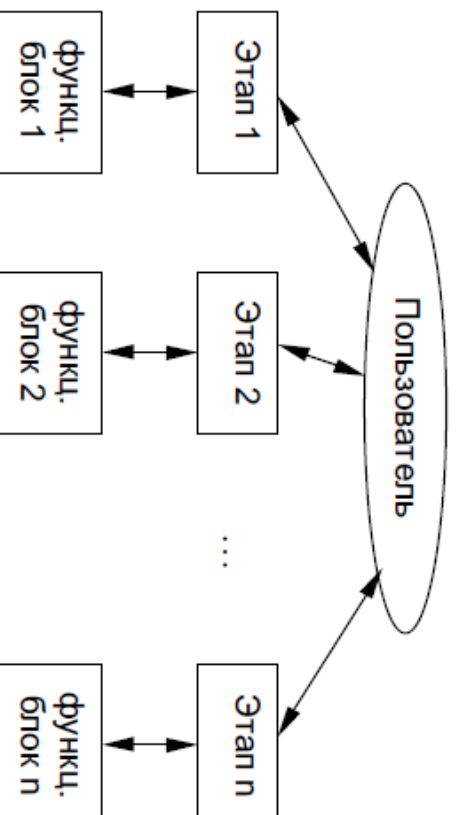


Рис. 7.9. Структура ГИС-средств при разделении этапов

Как видим, второй подход обладает большей гибкостью, но менее автоматизирует труд пользователя. Стоит отметить, что целесообразно использовать *оба* подхода при создании ГИС-средств. В некоторых случаях для решения *одной и той же* задачи используют сразу оба этих подхода, оставляя выбор подхода за специалистом.

Особенностью, присущей проблемно-ориентированным ГИС-средствам, является замена некоторых численных характеристик (коэффициентов, зависимостей, уравнений и др.) на дискретный и конечный набор понятий и терминов. Например, если некоторая величина варьируется от 0 до 1, то выбирают несколько, наиболее часто используемых значений этой величины: 0, 0.25, 0.5, 0.75 и 1. Далее эти величины заменяют, например, понятиями «низкое», «ниже среднего», «среднее», «выше среднего» и «высокое». В конечном счете, в интерфейс пользователя выносятся именно эти понятия. Существенным недостатком некоторых решений является то, что пользователь не знает, какие именно численные значения или характеристики соответствуют перечисленным понятиям. Необходимо предусмотреть возможность получения этого знания либо через интерфейс пользователя, либо в справочной информации.

7.5.4. Тенденции в области разработки ГИС-приложений

Многолетний опыт авторов в области создания ГИС-приложений, исследование существующих ГИС-приложений, прежде всего коммерческих программных продуктов, позволяет наметить следующие перспективные направления работ при создании таких приложений.

Первое направление касается разработки ГИС-средств общего назначения. Рассмотрим более подробно схему взаимодействия функциональных блоков в ГИС-средствах общего назначения (рис. 7.10). Основная идея новой технологии заключается в том, чтобы создать функциональные блоки максимально независимыми друг от друга и от конкретной универсальной ГИС. Это позволит легко расширять возможности самих ГИС-средств за счет добавления новых блоков. Кроме этого, надежность такого программного обеспечения возрастает, облегчается его тестирование и эксплуатация.

Опыт разработки ГИС-средств свидетельствует, что до 25 % времени уходит на концептуальную проработку создаваемой системы. Ошибки на этом этапе ведут к значительным изменениям на последующих этапах. Если при разработке системы основная идеологическая нагрузка ложится на проектирование интерфейса пользователя, то предлагаемая технология позволяет исправлять ошибки с минимальными затратами. При этом большая часть функциональных блоков должна быть реализована на языке высокого уровня и оформлена в виде программных библиотек. Использование библиотек и наличие спецификации для каждого блока позволяет быстро реализовывать такие же ГИС-средства и на базе других универсальных ГИС.

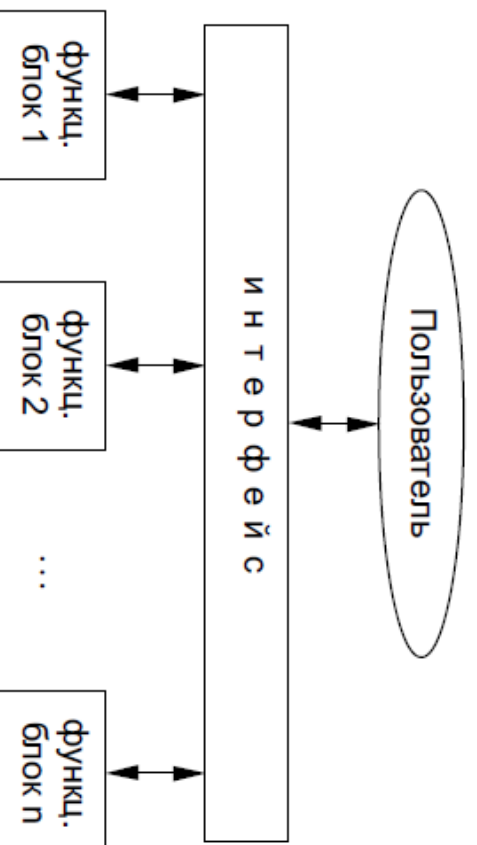


Рис. 7.10. Схема взаимодействия функциональных блоков в ГИС-средствах общего назначения

Дальнейшее развитие описанной идеи привело к созданию новой технологии разработки проблемно-ориентированных ГИС-средств. Суть этой технологии заключается в разработке проблемно-ориентированных ГИС-средств на базе ГИС-средств общего назначения. Из рис. 7.11 видно, что взаимодействие функциональных блоков в проблемно-ориентированных

ГИС-средствах ведется на двух уровнях. Каждый из функциональных блоков верхнего уровня предназначен для решения определенной проблемной задачи. В свою очередь, такой блок может задействовать для решения этой задачи несколько функциональных блоков нижнего уровня. Блоки нижнего уровня не проблемно-ориентированы. Эти блоки могут входить в состав ГИС-средств общего назначения.

Это указывает на возможность создания проблемно-ориентированных ГИС-средств на базе ГИС-средств общего назначения. В этом случае необходимо реализовать лишь функциональные блоки верхнего уровня и интерфейс пользователя. Создание проблемно-ориентированных ГИС-средств представляет собой «сборку из блоков», где «блоками» являются функциональные блоки ГИС-средств общего назначения, образующие «фундамент» системы. Разработчику необходимо реализовать только проблемную надстройку.

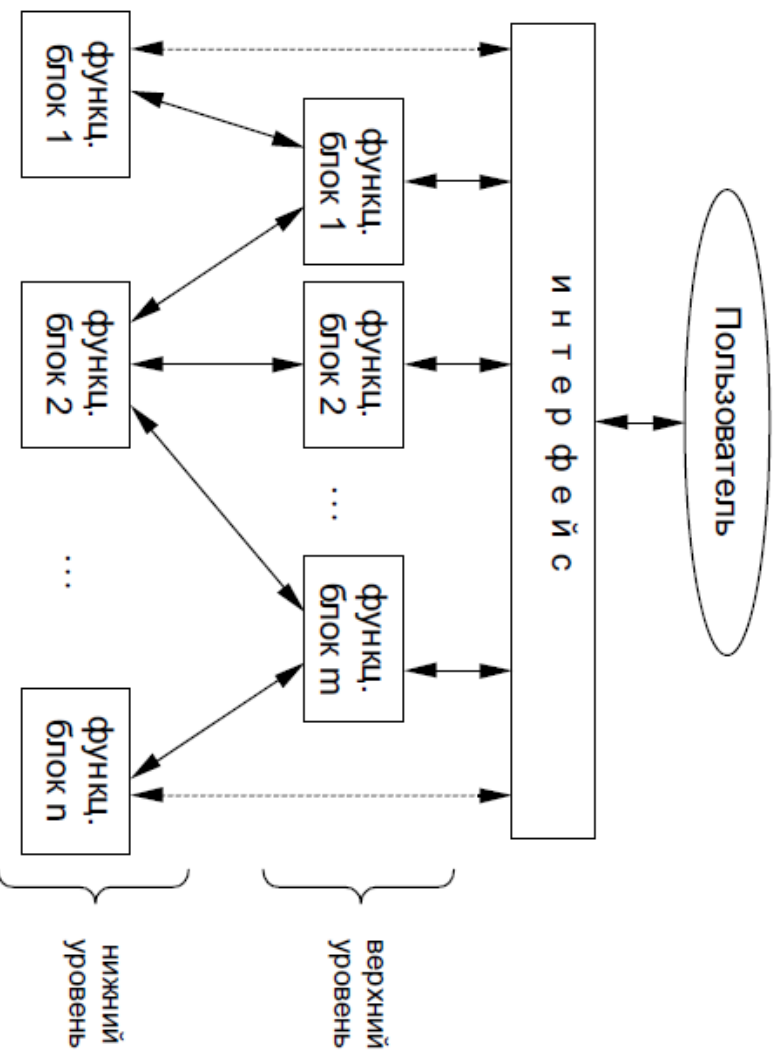
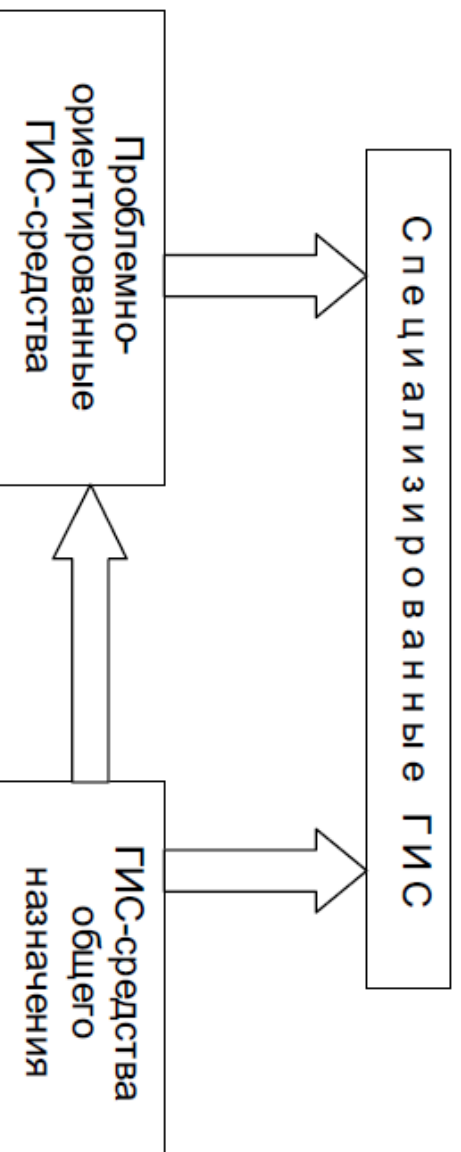


Рис. 7.11. Схема взаимодействия функциональных блоков в проблемно-ориентированных ГИС-средствах

Более того, по этому же принципу можно создавать специализированные ГИС как на основе проблемно-ориентированных ГИС-средств, так и на основе ГИС-средств общего назначения. В общем виде схема разработки ГИС-приложений на ГИС-средств общего назначения представлена на рис. 7.12.



*Рис. 7.12. Схема разработки ГИС-приложений
на базе ГИС-средств общего назначения*

7.6. Вопросы и задания для самопроверки

1. Перечислите основные продукты семейства ArcGIS.
2. Ознакомьтесь с основными функциональными возможностями ArcGIS на примере ГИС ArcView. Докажите, что эта система относится к универсальным ГИС.
3. Ознакомьтесь с основными функциональными возможностями ГИС MapInfo Professional. Докажите, что эта система относится к универсальным ГИС.
4. Поддерживают ли современные растровые ГИС векторные форматы?
5. С помощью информационно-поискового веб-сервиса Google Maps найдите карту своего города или поселка.
6. Сравните функционал российских информационно-поисковых веб-сервисов Яндекс Карты и Рамблер На карте.
7. Что такое картографический модуль?
8. Для чего нужны ГИС-приложения?
9. На кого ориентированы специализированные ГИС?
10. Какие существуют основные методы и подходы к созданию ГИС-приложений?
11. Проведите сравнительный анализ проблемно-ориентированных ГИС-средств и ГИС-средств общего назначения.
12. Для каких групп пользователей предназначены проблемно-ориентированных ГИС-средства?
13. Дайте описание работы мастеров на конкретном примере.
14. Приведите пример, когда используются оба подхода при создании ГИС-средств.

Глава 8

ПРИМЕНЕНИЕ ГИС

В настоящее время ГИС используются в различных областях человеческой деятельности: в промышленности и бизнесе, геологии и недропользовании, в телекоммуникациях и навигации, в государственном и муниципальном управлении и т. д. Ниже в качестве примеров такого применения рассмотрены отдельные ГИС производственного назначения и ГИС, применяемые органами государственного и муниципального управления.

8.1. ГИС производственного назначения

Сферы применения ГИС в производстве очень широки. Сегодня ГИС активно используются в нефтяной и газовой отраслях, в лесной промышленности, в электроэнергетике, в геологии и др.

8.1.1. Применение ГИС в газовой отрасли

Газовая отрасль в России характеризуется ее большой территориальной распределенностью газодобывающих и газотранспортных предприятий. ОАО «Газпром» является крупнейшей газодобывающей и газотранспортной компанией в мире. Компания имеет большое число дочерних предприятий в регионах России. Многие из них наряду с автоматизированными системами управления технологическими процессами (АСУ ТП), позволяющими решать те или иные технологические задачи, и ЕРР-системами, позволяющими решать задачи автоматизации бизнес-процессов, активно используют ГИС.

Кратко перечислим основные задачи, решаемые ГИС в этой отрасли:

- создание, хранение и визуализация цифровых карт инфраструктуры промыслов и месторождений;
- формирование геологических структурных карт газовых и газоконденсатных месторождений;
- визуализация магистральных газотранспортных сетей и вспомогательной инфраструктуры на цифровых картах;
- оперативная визуализация состояния оборудования;
- анализ переключений запорной арматуры на газопроводах;
- вычисление товаротранспортной работы с использованием измерительных функций ГИС;

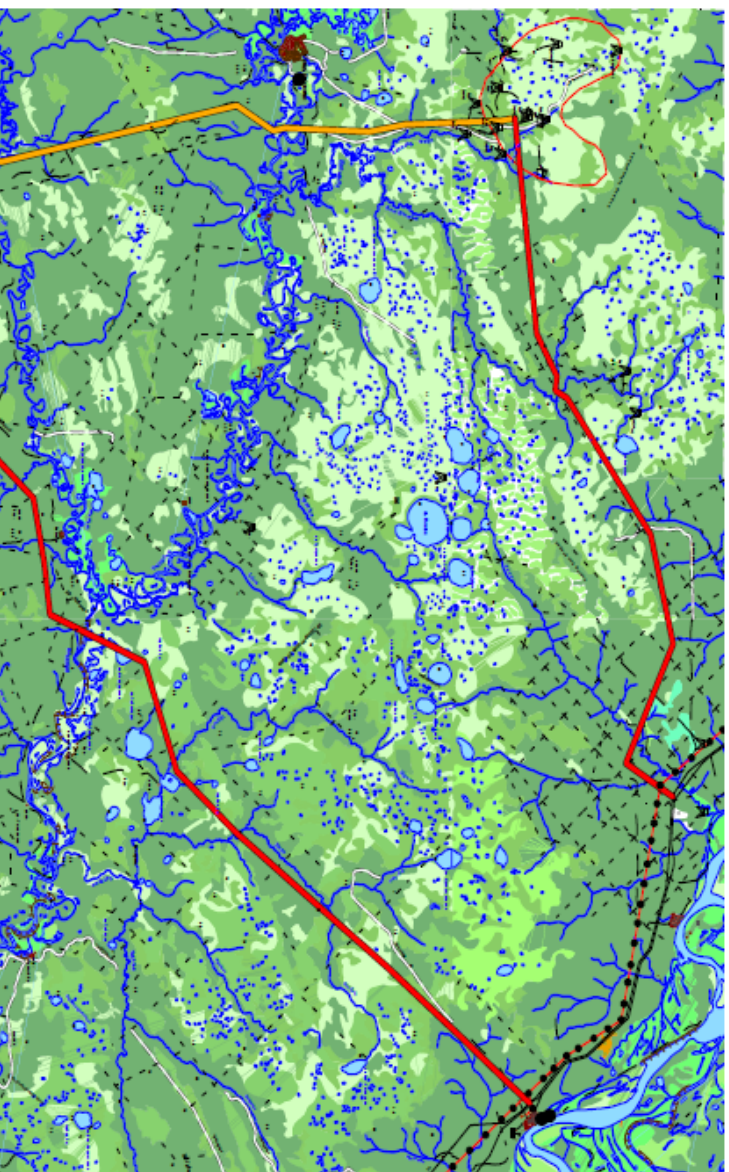


Рис. 8.2. Фрагмент топографической карты с линиями газопроводов

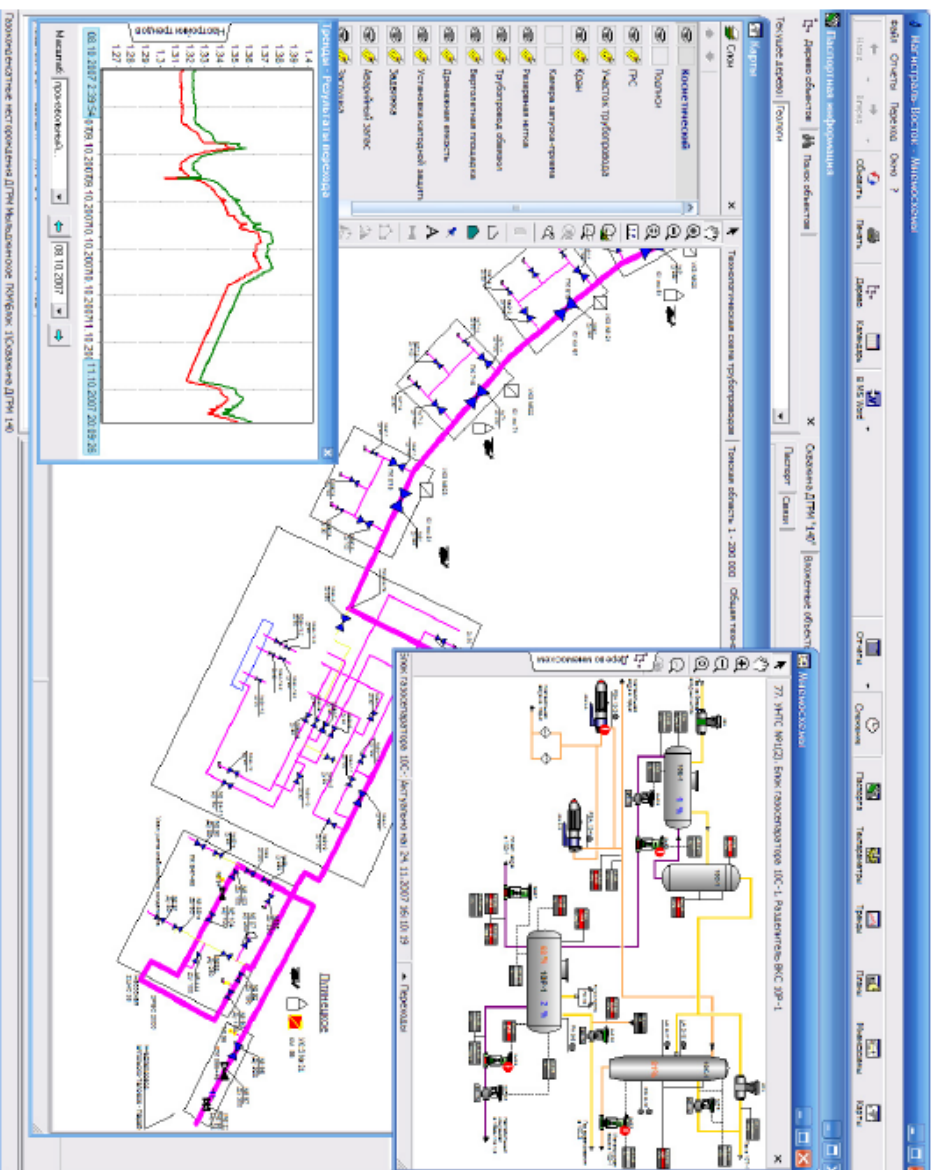


Рис. 8.3. Пример интерфейса базового АРМ системы

Эта система имеет в своем составе подсистему визуализации карт, мнемосхем и технологических схем. В связи со значительной территориальной распределенностью предприятия возникает проблема оперативного доступа к технологическим данным, отражающим текущее состояние процессов добычи, подготовки и транспортировки газа и газового конденсата. Представление данных в виде карт, мнемосхем и технологических схем позволяет осуществлять такой доступ более эффективно.

Подсистема визуализации предназначена для предоставления широкой группе пользователей функций просмотра цифровых векторных и растровых карт различных масштабов и немасштабных мнемосхем и технологических схем, а также функций управления просмотром и навигацией по картам и схемам. В подсистеме предусмотрена возможность автоматического обновления визуализируемой карты или схемы в соответствии с текущей оперативной ситуацией, отображаемой на карте графически.

Подсистема визуализации (специализированная ГИС) разработана с использованием картографической программной компоненты MapInfo MapX компании MapInfo Corp.

Аналогичные ГИС используются в нефтяной отрасли.

8.1.2. Применение ГИС в геологии и недропользовании

Геология и недропользование является одной из первых отраслей, в которых начали широкомасштабно использоваться ГИС. Это объясняется большим объемом разнородных данных, часто имеющих пространственный атрибут и которые необходимо хранить, анализировать и визуализировать. Именно в ГИС можно эффективно решать множество геологических задач.

На рис. 8.4 показан пример геологического разреза по скважинам во дозобора разрабатываемого нефтяного месторождения вблизи г. Кедрового Томской области. В верхнем правом углу показана сеть скважин, в которой четыре отмеченных скважины были использованы для построения разреза. В нижней части показ геологический разрез, построенный по этим четырем скважинам. Различным цветом показаны стратиграфические подразделения, а штриховками – породы. Географическая карта с нанесенными скважинами показана в правой части рисунка. Разрез построен с помощью программного обеспечения системы «Разрез», являющейся проблемно-ориентированной ГИС, созданной на базе ГИС MapInfo Professional.

На рис. 8.5 показан фрагмент структурной карты Останинского месторождения Томской области. Карта включает следующие слои: скважины, линии разломов, изолинии кровли нефтеносного пласта и др. Изолинии кровли нефтеносного пласта построены с помощью программного обеспечения системы SuiMapret, являющейся расширением ГИС MapInfo Professional.

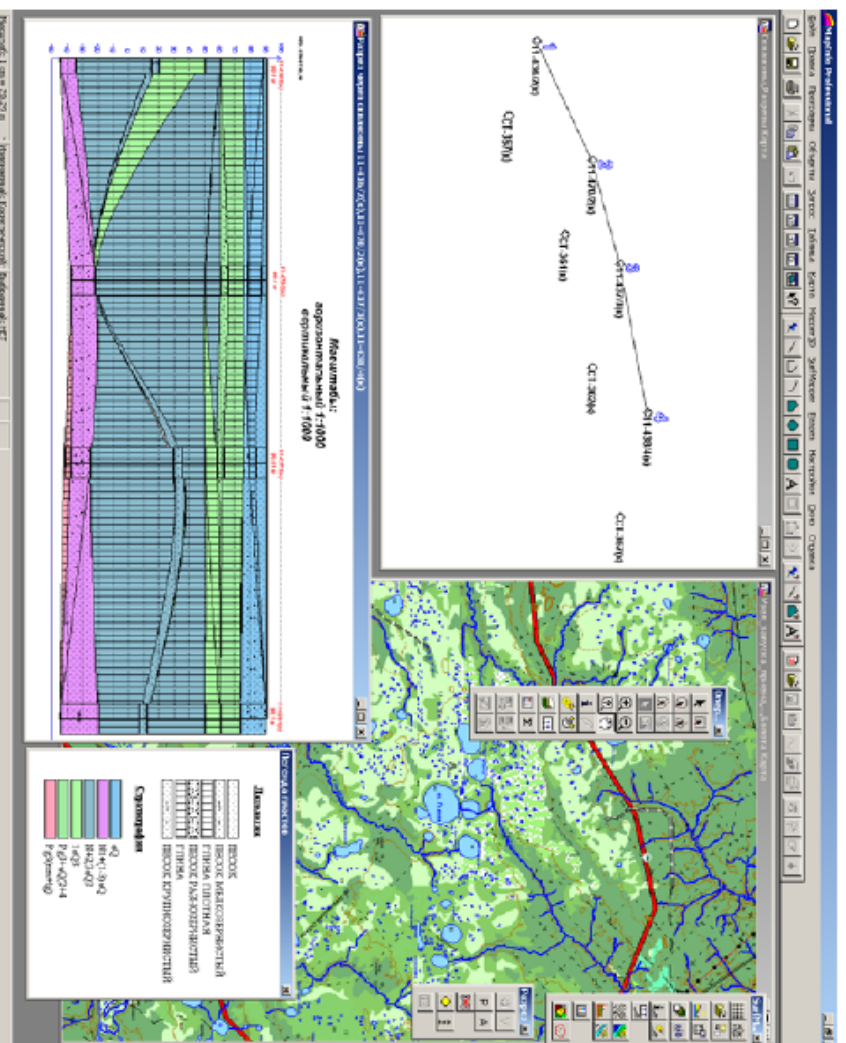


Рис. 8.4. Построение геологического разреза по скважинам

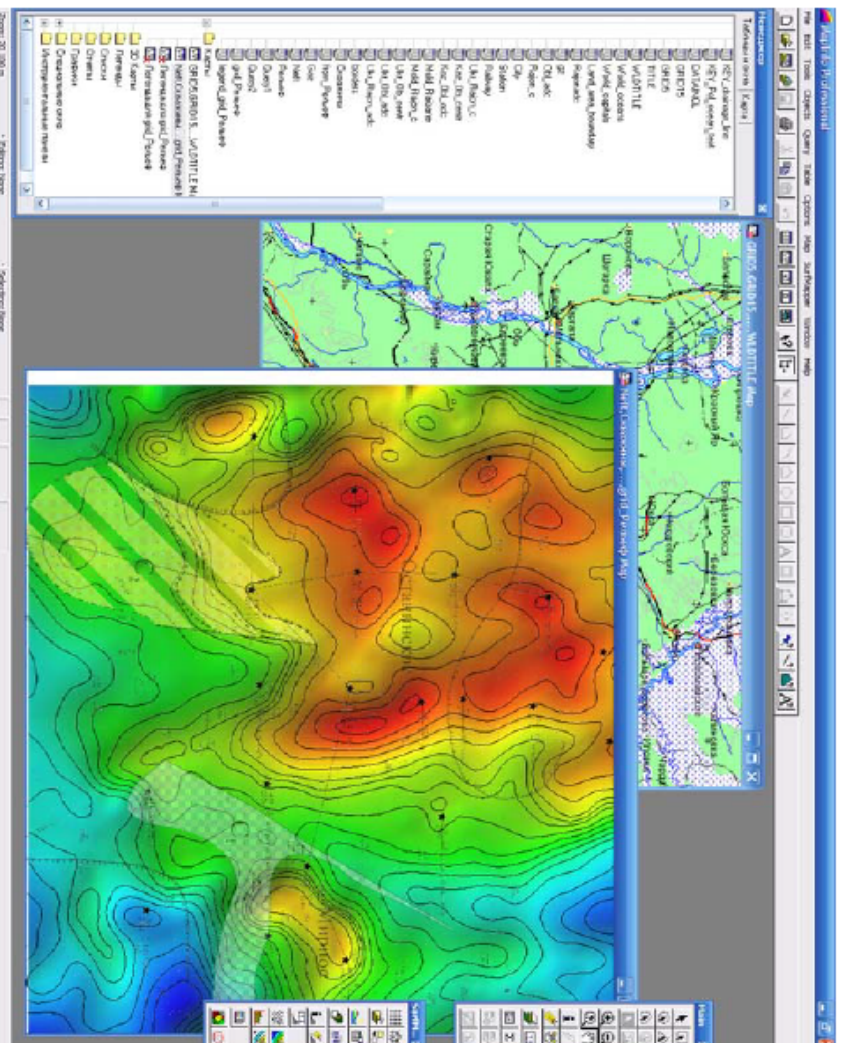


Рис. 8.5. Фрагмент структурной карты Останинского месторождения

При решении задач недропользования для оперирования контурами месторождений, лицензионных и земельных участков используются специализированные ГИС.

8.2. ГИС в органах государственного и муниципального управления

Для эффективного муниципального управления необходимы, в том числе средства, позволяющие обеспечивать все муниципальные службы и органы управления точными и актуальными данными об объектах инфраструктуры города. Большая часть этих данных имеет пространственную привязку. В этой связи использование ГИС позволяет более эффективно решать задачи, связанные с анализом таких данных.

Сегодня для решения задач эффективного муниципального управления используются особый класс ГИС – муниципальные ГИС. Эти системы могут создаваться как на основе универсальных ГИС, так и быть разработанными «с нуля» для решения описанных задач. Наиболее часто такие ГИС используются для ведения всевозможных кадастров (земельного, кадастра недвижимости и т. д.), для централизованного хранения сведений о транспортных сетях и инженерных коммуникациях города (рис. 8.6). ГИС также используются диспетчерскими службами обеспечивающих жизнедеятельность города предприятий для управления транспортными потоками, электрическими, тепловыми и другими сетями.

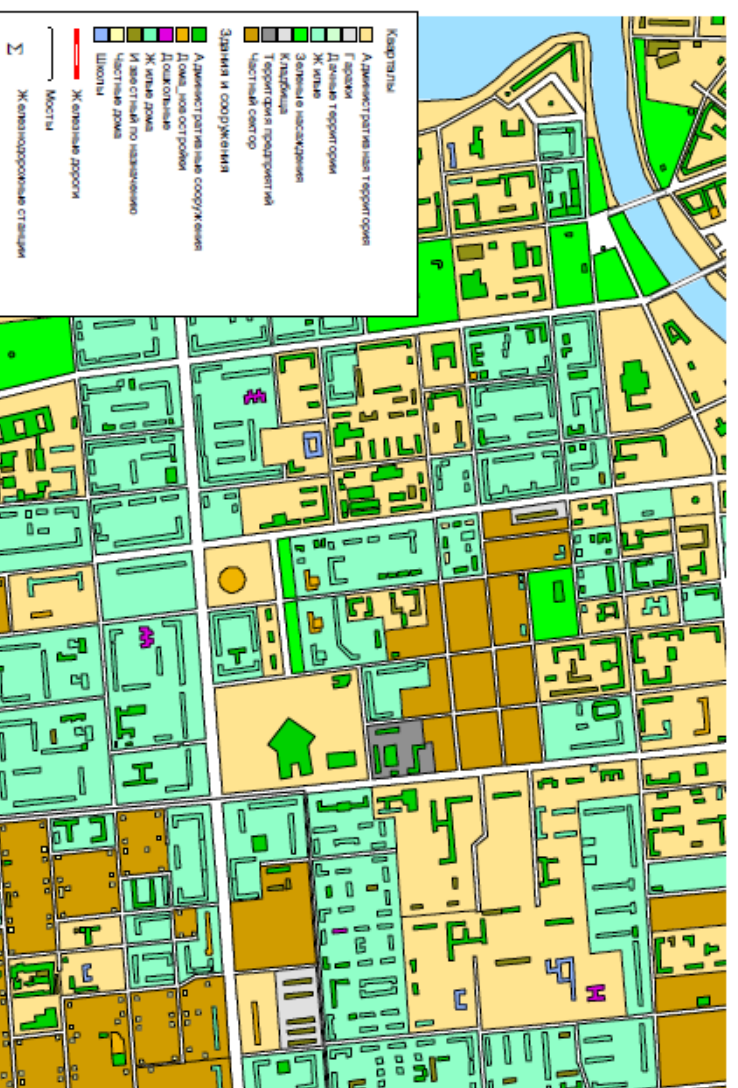


Рис. 8.6. Фрагмент карты города

Среди ГИС, используемых федеральными органами власти, стоит отметить Государственную автоматизированную систему Российской Федерации «Выборы» (далее ГАС «Выборы»).

Программное обеспечение ГАС «Выборы» представляет собой совокупность общесистемных и специальных программных средств. Общее программное обеспечение ГАС «Выборы» используется для построения автоматизированных рабочих мест пользователей, создания и поддержки единой программной и информационной среды. Специальное программное обеспечение ГАС «Выборы» – это разработанный в России пакет многоцелевых и многофункциональных программ, обеспечивающих решение задач, стоящих перед ГАС «Выборы» как во время выборов, так и между ними. В состав специального программного обеспечения включен модуль «Картография», предназначенный для подготовки и анализа картографических данных.

На сегодняшний день эксплуатируются или создаются ГИС для государственных природоохранных органов (федерального агентства по водным ресурсам, федерального лесного агентства, агентства по недропользованию и т. д.), для министерства по чрезвычайным ситуациям и т. п.

8.3. Вопросы и задания для самопроверки

1. Почему применение универсальных ГИС в газовой отрасли считается неэффективным и наблюдается тенденция к использованию специализированных ГИС?
2. Почему ГИС широко используются в геологии и недропользовании?
3. Допустим, что на предприятиях нефтяной и газовой отраслей оди-наковые технологические процессы. Обосновать набор функций у ГИС для предприятий нефтяной отрасли.
4. Приведите примеры, показывающие как с помощью ГИС могут решаться задачи, связанные мониторингом чрезвычайных ситуаций и ликвидаций последствий чрезвычайных ситуаций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная литература

1. Геоинформатика: учеб. для студ. вузов / Е.Г. Капралов, А.В. Кошкарев, В.С. Тикуннов и др.: под редакцией В.С. Тикуннова. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 480 с.
2. Основы геоинформатики: В 2 кн.: учебное пособие для студентов вузов / Е.Г. Капралов, А.В. Кошкарев, В.С. Тикуннов и др.; под редакцией В.С. Тикуннова. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – Кн. 1. – 352 с.
3. Основы геоинформатики: в 2 кн.: учебное пособие для студентов вузов / Е.Г. Капралов, А.В. Кошкарев, В.С. Тикуннов и др.; под редакцией В.С. Тикуннова. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – Кн. 2. – 480 с.

Дополнительная литература

1. Peter A. Vutough and Rachail A. McDonnell. Principles of Geographical Information Systems. – Oxford: Oxford University Press, 1998. – 333 p.
2. Берлянт А.М. Геоиконика. – М.: Изд-во «Астрель», 1996. – 208 с.
3. Вахромеева А.А., Бугаевский Л.М., Казакова З.Л. Математическая картография. – М.: Недра, 1986. – 286 с.
4. ДеМерс М.Н. Географические информационные системы. Основы / пер. с англ. – М.: Дата+, 1999. – 290 с.
5. Замятин А.В., Марков Н.Г. Анализ динамики земной поверхности по данным дистанционного зондирования Земли. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. – 176 с.
6. Ковин Р.В., Марков Н.Г. Геоинформационные технологии для анализа двумерных геополей. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2006. – 176 с.
7. Сковорцов А.В. Геоинформатика: учеб. пособие. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2006. – 336 с.
8. Цветков В.Д. Геоинформационные системы и технологии. – М.: Изд-во Финансы и статистика, 1998. – 288 с.

Интернет-ресурсы по тематике ГИС

1. Официальный сайт ГИС-ассоциации России. – <http://www.gisa.ru>
2. Официальный сайт Центр Геоинформационных Исследований Института Географии Российской Академии Наук. – <http://geospt.geonet.ru/>
3. Официальный сайт компании ESRI Inc., США. – <http://www.esri.com>
4. Официальный сайт компании MapInfo Corp., США. – <http://www.mapinfo.com>

5. Дистрибьютор продуктов ESRI Inc. в России компания «Датат+». – <http://www.datarplus.ru>
6. Дистрибьютор продуктов MapInfo Corp. в России компания «Эсти-Мап». – <http://www.esti-map.ru>
7. Официальный сайт компании Intergraph Corp Inc., США. – <http://www.intergraph.com>
8. Официальный сайт компании ЗАО «Резидент» (г. Москва). – Разработчик векторизатора MapEdit. – <http://www.resident.ru>
9. Официальный сайт компании Easy Trace Group (г. Москва). – Разработчик векторизатора Easy Trace. – <http://www.easytrace.com>
10. Веб-сервис Google Maps компании Google. – <http://maps.google.com>
11. Веб-сервис MSN Maps компании Microsoft. – <http://maps.live.com/>
12. Веб-сервис Яндекс Карты. – <http://maps.yandex.ru>
13. Веб-сервис Рамблер Накарте. – <http://накарте.rambler.ru>
14. Геоинформационный портал GeoPlace. – <http://www.geoplace.com>
15. Официальный сайт компании КБ Панорама. – производитель ГИС «Карта 2005». – <http://www.gisinfo.ru/>
16. Интерактивная карта Москвы с детализацией до дома. – <http://www.moscowmap.ru/>