

Л.В. Гурьянова

ВВЕДЕНИЕ В ГИС

**Г.Минск
БГУ
2008**

УДК 91:004.9(07)
ББК 26.8ф.я7
Г95

Рецензенты:
кандидат физико-математических наук *В. В. Видякин*;
кандидат технических наук *Л. В. Атоян*

*Печатается по решению
Редакционно-издательского совета
Белорусского государственного университета*

Гурьянова Л.В.

Г 95 Введение в ГИС: ... / Л.В.Гурьянова.- Мн.: БГУ, 2008.- 135 с.

ISBN

В учебном пособии рассматривается основной круг вопросов по географическим информационным системам (ГИС), как в форме теоретического материала, вопросов для самопроверки, так и ГИС-практикума. Приводятся основные опорные понятия по ГИС-технологиям, рассматриваются вопросы организации информации, пространственного анализа, источников данных, аппаратно-программных средств, ГИС-приложений.

Для студентов географических специальностей БГУ.

УДК 91:004.9(07)
ББК 26.8ф.я7

ISBN

© Гурьянова Л.В., 2008
© БГУ, 2008

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
ГЛАВА 1 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИС	7
1.1. Что такое ГИС?	7
1.2. Функции ГИС	8
1.3. Классификация ГИС	11
ГЛАВА 2. ОРГАНИЗАЦИЯ ИНФОРМАЦИИ В ГИС	13
2.1. Пространственные данные в ГИС	13
2.2. Атрибутивные данные в ГИС	15
2.3. Модели данных ГИС	19
2.3.1. Геореляционная модель данных ГИС	20
2.3.2. Объектно-ориентированная модель данных ГИС	22
2.4. Векторная модель географических данных	24
2.5. Растровая модель географических данных	26
ГЛАВА 3. ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ В ГИС	29
3.1. Типовые ГИС-задачи	29
3.2. Векторный анализ в ГИС	31
3.2.1. Пространственные взаимоотношения между векторными примитивами	33
3.2.2. Построение буферов	35
3.2.3. Оверлеи	36
3.3. Растровый анализ в ГИС	39
3.4. Цифровая модель рельефа	41
3.5. Цифровая модель местности	45
3.6. Трехмерное моделирование	48
3.7. Примеры выполнения пространственного ГИС-анализа	50
3.8. Географическая связка в ГИС	55
3.8.1. Координаты пространственных данных	56
ГЛАВА 4. ИСТОЧНИКИ ДАННЫХ ДЛЯ ГИС	59
4.1. Аэросъемка	60
4.2. Аэрофотограмметрия	61
4.3. Оптико-электронные космические системы наблюдения	64
4.4. Лидары	66
4.5. Системы спутникового позиционирования	67
4.5.1. GPS (США)	68
4.5.2. ГЛОНАСС (Россия)	69
4.5.3. GALILEO (Европейский Союз)	71
ГЛАВА 5. АППАРАТНО- ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА ГИС	72

5.1. Ввод данных в ГИС	74
5.1.1. Дигитайзерный ввод векторных данных	74
5.1.2. Сканирование	76
5.1.3. Векторизация сканированного изображения	77
5.1.4. Растеризация	78
5.2. Вывод данных из ГИС	80
5.2.1. Принтеры и плоттеры	80
ГЛАВА 6. ГИС-ПРИЛОЖЕНИЯ	83
6.1. Примеры успешных ГИС	83
6.2. Земельные информационные системы	85
6.3. Корпоративные ГИС	86
6.4. Мобильные ГИС	88
6.5. Навигационные карты и ГИС	89
6.6. Мобильные географические службы	90
6.7. ГИС и Интернет	91
6.8. Инфраструктура пространственных данных	93
ГЛАВА 7. ГИС-ПРАКТИКУМ	95
7.1. Геопривязка растровых изображений	95
7.2. Векторизация растрового изображения (оцифровка полигональных, линейных и точечных объектов)	101
7.3. Построение грид-модели рельефа	105
7.4. Создание и анализ поверхностных данных	110
7.5. Установление «горячих связей»	112
7.6. Составление комплексного атласа территории	114
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	117
ЛИТЕРАТУРА	119

ВВЕДЕНИЕ

Информационные компьютерные технологии вносят большие изменения в традиционную работу географов как по составлению картографических материалов, так их анализу и использованию. Традиционные бумажные карты из основного носителя информации о территории становятся дополнительным и второстепенным.

Вместо карт основная информация о территории в настоящее время содержится в цифровом виде в форме пространственных баз данных, которые поддерживаются в актуальном состоянии с помощью новейших высоких технологий. Например, в режиме реального времени данные о координатах географических объектов поступают со спутниковой системы позиционирования, распознавание и уточнение границ объектов подтверждается материалами космической съемки высокого разрешения и полевыми измерениями с помощью высокоточных лазерных технологий и т.д. Хранителями огромных массивов цифровых пространственных данных в границах государства являются суперкомпьютеры, а по высокоскоростным компьютерным сетям цифровая информация поступает к многочисленным распределенным пользователям геоданных для решения задач территориального планирования и управления.

Управление базами пространственных данных выполняется с помощью специализированного компьютерного программного обеспечения, так называемых технологий географических информационных систем (ГИС). Для работы с ГИС необходимо не только в совершенстве работать с вычислительными машинами (персональными компьютерами, серверами, мейнфреймами, суперкомпьютерами), компьютерной периферией – сканерами, дигитайзерами, принтерами, плоттерами, мультимедийными проекторами, компьютерной графикой (растровой и векторной), базами данных, но и иметь качественную географическую подготовку, чтобы грамотно интерпретировать и анализировать пространственную информацию.

В использовании высокоточных пространственных данных заинтересованы специалисты разных профессий – от инженеров и строителей, военных, геологов, менеджеров предприятий, архитекторов, землеустроителей, до биологов и экологов, медицинских работников др. специалистов. Знания ГИС-технологий на разном уровне детальности необходимы как специалистам высшего звена для принятия обоснованных решений по управлению территориями и ресурсами, так и среднего и основного рабочего звена, обеспечивающих функционирование инфраструктуры пространственных данных в масштабах всей страны.

Данное учебное пособие предназначается для студентов-географов 1 курса для изучения основных опорных понятий по ГИС-технологиям, которые более углубленно они будут изучать на старших курсах.

Данное пособие дополняет уже имеющуюся к настоящему времени группу пособий по ГИС (Основы геоинформатики: В 2 кн. Учебное пособие для студ. вузов. Под ред. В.С.Тикунова.-М.:Издательский центр «Академия», 2004; Журавков М.А., Видякин В.В. ГИС-технологии в прикладной механике.- Мн.: БГУ, 2000; Гурьянова Л.В. Аппаратно-программные средства ГИС.-Мн.:БГУ, 2004; Атоян Л.В. Компьютерная картография.-Мн.:БГУ, 2004 и др.), доступных русскоязычному читателю, но имеет свои отличительные особенности.

В пособии приводятся иллюстрации, которые представляют собой фрагменты из выполненных автором ГИС-проектов: ГИС БГУ и ГИС Дзержинского района Минской области с использованием программных продуктов ESRI Inc., поскольку автор является их сертифицированным пользователем. Разработанные в учебном пособии вопросы для самопроверки и ГИС-практикум позволяют выполнять обучение и тренировочные упражнения как в специально оборудованных ГИС-классах, так и в форме самостоятельной работы.

ГЛАВА 1 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИС

1.1. Что такое ГИС?

Согласно современным представлениям, принятым в русскоязычной литературе, **географическая информационная система (ГИС)** или **Geographic Information System (GIS)** – это совокупность технических, программных и информационных средств, обеспечивающих ввод, хранение, обработку, математико—картографическое моделирование и образное интегрированное представление географических и соотнесенных с ними атрибутивных данных для решения проблем территориального планирования и управления [23].

Основными компонентами ГИС являются компьютер и компьютерная периферия со специальным программным обеспечением, геопространственные данные и ГИС—специалисты, рис.1.



Рис.1. Основные компоненты ГИС

Географические информационные системы (ГИС) весьма требовательны к объему жесткого диска, оперативной памяти, частоте процессора компьютера, разрешающей способности сканера и принтера. Специальное программное обеспечение должно выполнять поддержку работы с географическими координатами, географическими проекциями, сложную

сопряженную обработку компьютерной графики и табличной информации.

Источниками данных для ГИС могут являться карты, схемы, чертежи, материалы наземных изысканий, дистанционного зондирования, в том числе аэрофотосъемки и космосъемки, данные систем спутникового позиционирования, статистические таблицы и текстовые документы.

Все данные в ГИС разделяются на две большие группы – графику (пространственные данные) и атрибуты (тематические данные). ГИС поддерживают векторную и растровую графику.

Роль ГИС-специалистов заключается в разработке дизайна будущей геоинформационной системы, сборе геопространственной информации, ее оцифровке и принятии обоснованных решений по территориальному планированию на основе анализа геопространственных данных.

Вопросы для самопроверки:

1. *Дайте определение географической информационной системы.*
2. *Перечислите основные компоненты ГИС.*
3. *Какие требования предъявляет ГИС к аппаратно-программным средствам?*
4. *Перечислите источники данных для ГИС.*
5. *На какие большие группы делятся данные в ГИС?*
6. *В чем заключается роль ГИС-специалистов?*

1.2. Функции ГИС

ГИС должны выполнять следующие основные функции [23]:

- функции автоматизированного картографирования;
- функции пространственного анализа;
- функции управления данными.

Функции автоматизированного картографирования должны обеспечивать работу с картографическими данными ГИС с целью их отбора, обновления и преобразования для производства высококачественных карт и рисунков, табл.1.

Функции пространственного анализа должны обеспечивать совместное использование и обработку картографических и атрибутивных данных в интересах создания производных картографических данных и выполнения пространственного анализа.

Функции управления данными должны обеспечивать работу с атрибутивными (неграфическими) данными ГИС с целью их отбора, обновления и преобразования для производства стандартных и рабочих отчетов.

Основные функции ГИС

Основные функции	Содержание функций (выполняемые операции)
Автоматизированного картографирования	Векторно—растровые преобразования
	Преобразования координатной системы
	Преобразования картографических проекций и масштабов
	«Склейка» отдельных листов
	Осуществление картометрических измерений (вычисления площадей, расстояний)
Функции пространственного анализа	Размещение текстовых надписей и внемасштабных картографических знаков
	Формирование макета печати
	Анализ географической близости
Функции управления данными	Анализ сетей
	Топологическое наложение полигонов
	Интерполяция и изолинейное картографирование полей
Функции управления данными	Вычисление буферных зон
	Пользовательские запросы
	Генерация пользовательских документов
	Статистические вычисления
	Логические операции
Функции управления данными	Поддержание информационной безопасности
	Стандартные формы запросов
Функции управления данными	Стандартные формы представления результатов запросов

Типовыми вопросами, на которые должна отвечать ГИС являются:

- Что это? Т.е. какой географический объект изображен на цифровой карте.
- Где это? Какие другие объекты его окружают?
- Как изменяется географический объект во времени, в пространстве?
- Что произойдет если ...? и др.

В целом перечень наиболее общих вопросов, на которые отвечает ГИС, можно показать в виде рис.2.



Рис.2 Типичные вопросы к ГИС

Вопросы для самопроверки:

1. Назовите основные функции ГИС.
2. Какие операции выполняет ГИС в процессе автоматизированного картографирования?
3. Какие операции выполняет ГИС в процессе пространственного анализа?
4. Какие операции выполняет ГИС в процессе управления данными?
5. Перечислите наиболее общие типичные вопросы, на которые должна отвечать ГИС.

1.3. Классификация ГИС

ГИС могут быть классифицированы по следующим признакам [23]: по назначению в зависимости от целевого использования и характера решаемых задач; по проблемно-тематической ориентации в зависимости от области применения; по территориальному охвату в зависимости от масштабного ряда цифровых картографических данных, составляющих базу данных ГИС; по способу организации географических данных в зависимости от форматов ввода, хранения, обработки и представления картографической информации, рис.3-6.

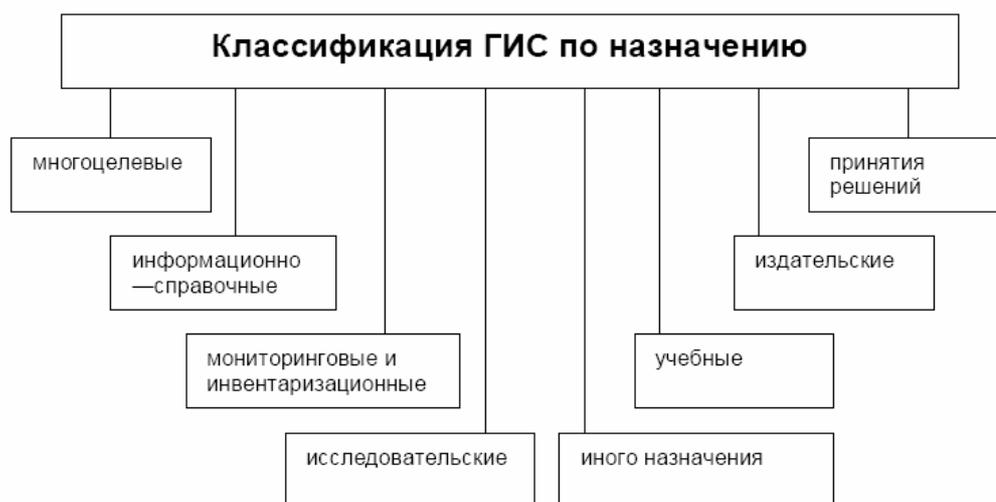


Рис.3. Классификация ГИС по назначению

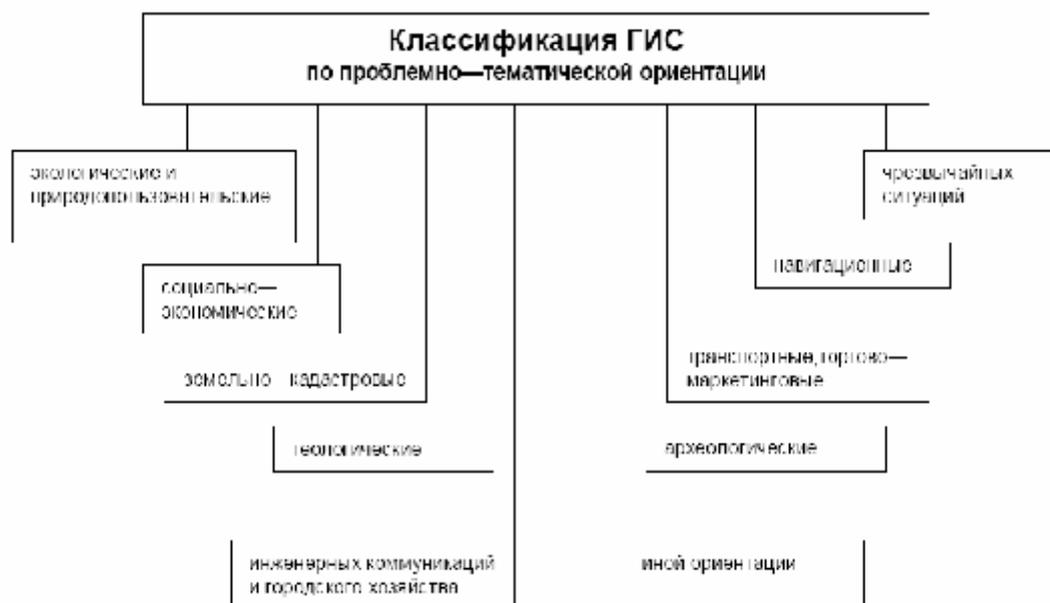


Рис.4. Классификация ГИС по проблемно-тематической ориентации



Рис.5. Классификация ГИС по территориальному охвату

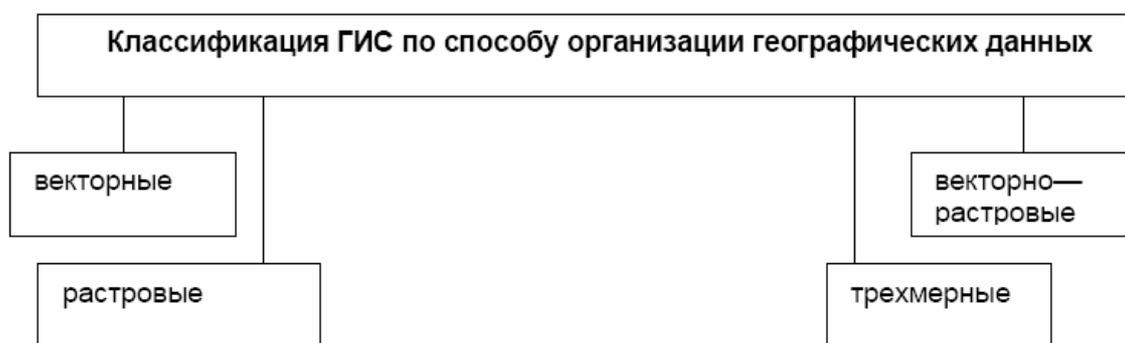


Рис.6. Классификация ГИС по способу организации географических данных

Вопросы для самопроверки:

1. По каким признакам классифицируются ГИС?
2. По каким признакам классифицированы земельно-кадастровые ГИС?
3. По каким признакам классифицированы инвентаризационные ГИС?
4. По каким признакам классифицированы региональные ГИС?
5. По каким признакам классифицированы растровые ГИС?

ГЛАВА 2. ОРГАНИЗАЦИЯ ИНФОРМАЦИИ В ГИС

2.1. Пространственные данные в ГИС

Согласно существующей терминологии в ГИС любой конкретный или абстрактный объект реального мира, который может быть определен однозначным содержанием и границами и описан в ГИС в виде набора геоданных, носит название **реального пространственного объекта (Spatial Entity Object)** или **географического объекта (Geographic Entity)** [23].

Географические объекты в ГИС представляются в виде набора пространственных и атрибутивных данных с общим названием **географические данные (Geographic data)**.

Географические данные содержат четыре интегрированных компонента:

§Географическое положение (размещение) пространственных объектов представляется 2—х, 3—х или 4—х мерными координатами в географически соотнесенной системе координат (широта/долгота).

§Атрибуты – свойство, качественный или количественный признак, характеризующий пространственный объект (но не связанный с его местоуказанием).

§Пространственные отношения определяют внутренние взаимоотношения между пространственными объектами (например, направление объекта А в отношении объекта В, расстояние между объектами А и В, вложенность объекта А в объект В).

§Временные характеристики представляются в виде сроков получения данных, они определяют их жизненный цикл, изменение местоположения или свойств пространственных объектов во времени.

Для представления пространственных данных в ГИС используются формализованные системы представления географических данных, т. е. определенные способы цифрового описания пространственных объектов.

Наиболее распространенными способами цифрового описания пространственных объектов являются:

§векторное представление (точки, линии, полигоны);

§растровое представление (ячейки, сетки), рис.7.

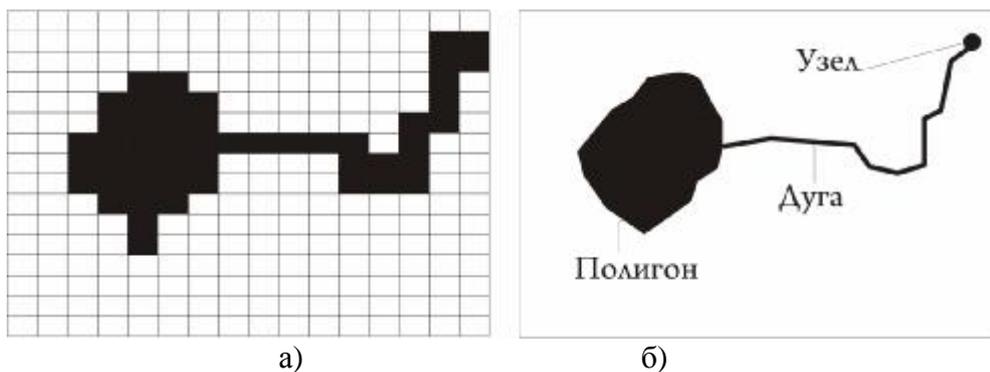


Рис.7. Растровая (а) и векторная (б) модели данных

Дополнительно в ГИС используется **грид—модель**, в которой растровые геообъекты имеют атрибутивную таблицу и **векторная модель TIN (Triangulated Irregular Network)**, которые используются для построения и анализа поверхностей. Например, TIN-модель рельефа представляет собой многогранную поверхность - нерегулярную сеть треугольников, вершинами которых являются исходные опорные точки, а также точки метрики структурных линий (хребты, линии водотока, автомагистрали и т.п.) и площадей заполнения постоянным значением (водные поверхности с постоянной высотой). Исходные точки для построения TIN-модели могут располагаться с переменной плотностью в зависимости от изменений формы моделируемой поверхности, что позволяет создать эффективную и точную модель, рис.8.

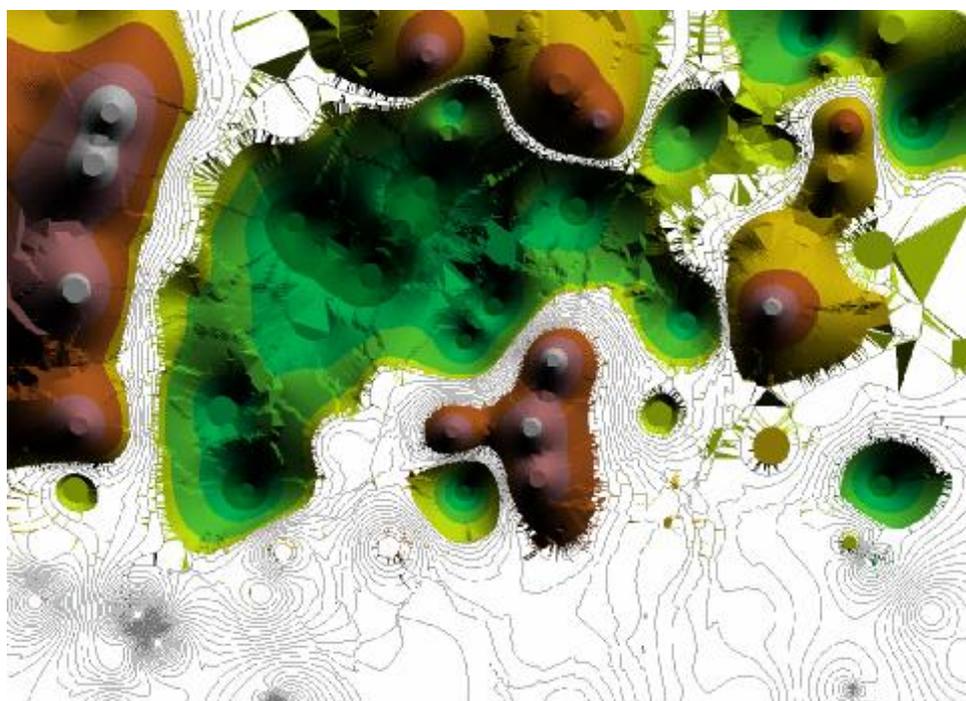


Рис.8. Построение TIN-модели местности

Существуют способы и технологии перехода от одних способов цифрового описания к другим (например, растрово-векторное преобразование, векторно-растровое преобразование, создание грид-моделей по векторным точкам, построение TIN по гридам и т. д.).

Вопросы для самопроверки:

- 1. Дайте определение географического объекта в ГИС.*
- 2. В каком виде представляются географические объекты в ГИС?*
- 3. Назовите четыре интегрированных компонента географических данных ГИС.*
- 4. Перечислите способы цифрового описания пространственных объектов в ГИС.*

2.2. Атрибутивные данные в ГИС

Состояние реального географического объекта характеризуется позицией, атрибутами и временем.

Соответственно в ГИС каждый географический объект имеет один или более атрибутов, которые определяют, что собой представляет объект, описывают его, или представляют некоторые величины, связанные с этим объектом.

Вид анализа, который выполняется в ГИС, в значительной мере определяется типом атрибутов.

Объекты, имеющие сходные значения атрибутов можно объединить в группы объектов по определенному признаку, что хорошо прослеживается на примере выполнения классификаций геообъектов. Например, классификация дорог по типу дорожного покрытия (асфальтовые, грунтовые и др.), классификация населенных пунктов по численности населения, структуре промышленного производства, административному статусу, распределение видов растительности, виды водных объектов, категории землепользования и т.д., рис.9.

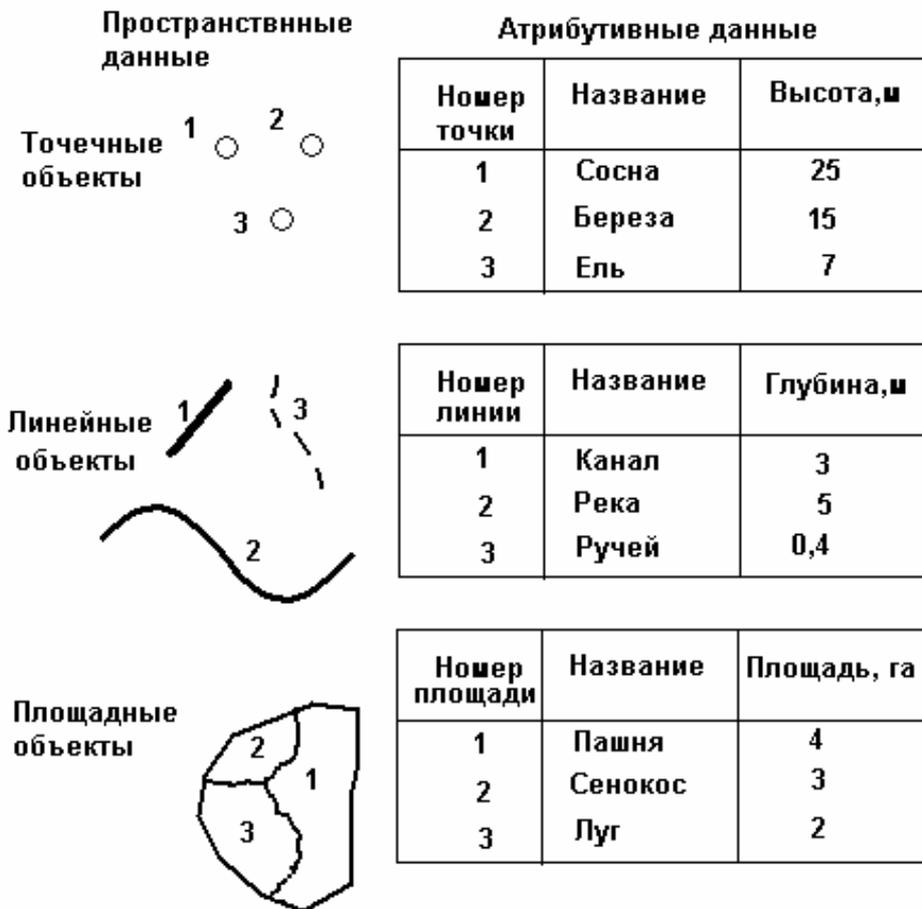


Рис.9. Классификация объектов по атрибутам

В этой связи в ГИС качественные или количественные (неграфические) данные, представленные в виде свойств или характеристик, относящихся к определенному пространственному объекту базы данных ГИС, носят название атрибутивных данных (Attribute Data) [23].

Значения атрибутов подразделяются на следующие типы [20]:

§ Категории

§ Ранги

§ Численность

§ Абсолютные величины

§ Относительные значения

Категории представляют собой группы схожих объектов. Все объекты с одинаковым значением для категории ведут себя одинаково, и отличаются от объектов других категорий. Например, можно разделить на категории дороги по типам: автострады, шоссе, второстепенные местные дороги. Значения категорий можно представить, используя числовые коды или текстовый идентификатор.

Ранги используются для сортировки объектов по порядку от большего к меньшему и устанавливают относительный порядок для объектов. Ранги используют часто в тех случаях, когда произвести непосредственные измерения затруднительно, или, если количественная мера характеризуется комбинацией нескольких факторов. Например, трудно количественно охарактеризовать живописность ландшафта. В этом случае можно просто установить, что живописность ландшафта с озером и сосновым лесом на берегу имеет более высокий ранг, нежели живописность ландшафта около промышленного предприятия.

Численность и абсолютные величины дают представление о некоторых суммарных количественных характеристиках объектов. Численность характеризует реальное число объектов на карте. Абсолютная величина представляет собой некоторую суммарную величину, связанную с каждым объектом. Использование этих количественных характеристик позволяет лучше понять значение каждого объекта, а также количественно сравнивать объекты друг с другом.

Относительные значения показывают взаимные отношения между двумя количественными величинами, и находятся делением одной количественной величины на другую для каждого объекта. Наиболее часто применяются такие относительные значения, как средние значения, пропорции и плотности.

Средние значения используются для сравнения областей, содержащих небольшое число объектов, с областями, в которых таких объектов много.

Соответственно, деление числа жителей в возрасте от 18 до 30 лет в каждом участке переписи на общее число жителей каждого участка переписи даст в ГИС значение **пропорции** жителей в возрасте от 18 до 30 лет в каждом из указанных участков. Пропорции часто выражаются в процентах (значение пропорции, умноженное на сто). Плотность, в свою очередь, показывает распределение объектов или величин, отнесенных к единице площади.

В качестве характеристик атрибутов геообъектов могут выступать буквы, числа, индексы, абсолютные, относительные, условные (баллы, индексы) показатели.

В ГИС атрибутивные данные географических объектов представляются в форме специальных атрибутивных таблиц, состоящих из строк и столбцов. Таблица атрибутов векторных объектов – это особый тип файла данных, хранящий информацию о каждой точке, дуге или полигоне.

В зависимости от содержания атрибутивных данных создается одно из возможных типов полей:

§Символьное (Character) – любая комбинация алфавитно-цифровых символов.

§Числовое (Number) – любые символы, которые составляют допустимое целое или вещественное число.

§Дата (Date) – занимает 8 байт.

Для оперативной и корректной обработки данных ГИС принято, что каждая запись в таблице атрибутов объектов содержит описание только одного объекта карты, рис. 10.

↓ Столбец данных		↑ Названия атрибутов			
Строка данных →	Объект	Площадь	Периметр	Вид угодий	Балл
	Участок 1	0.645	13.457	Пашня	1
	Участок 2	0.276	12.654	Сенокос	3
	Участок 3	3.298	11.543	Пашня	2
	Участок 4	2.900	10.867	Пашня	3
	Участок 5	1.730	8.764	Сенокос	2
	Участок 6	8.578	3.478	Пастбище	1

↑ Значения атрибутов

Рис. 10. Атрибутивная таблица площадного объекта в ГИС

Каждая запись атрибутивной таблицы также содержит уникальный идентификатор объекта (ID), и эти идентификаторы должны иметь уникальные значения для каждой точки, дуги и полигона.

Атрибутивные данные являются важнейшими элементами аналитических возможностей ГИС. По атрибутам в ГИС можно оперативно построить картограммы, на которых будет показано пространственное размещение геообъектов по заданному атрибуту (например, географические задачи отображения на карте городов по численности населения, административному статусу, половому-возрастной структуре, национальности и т.д.).

Вопросы для самопроверки:

1. *Какими показателями характеризуется состояние реального географического объекта?*
2. *Что определяют атрибуты географического объекта в ГИС?*
3. *Можно ли выполнять классификацию объектов в ГИС по атрибутам?*
4. *Приведите определение атрибутивных данных в ГИС.*
5. *На какие типы можно подразделить значения атрибутов?*
6. *Что представляют собой категории атрибутов объектов в ГИС? Приведите примеры категорий геообъектов.*
7. *В каких случаях устанавливаются ранги атрибутов в ГИС? Приведите примеры рангов геообъектов.*
8. *Приведите примеры численности и абсолютных значений геообъектов в ГИС.*
9. *Приведите примеры расчетов средних значений, пропорций и плотности для геообъектов в ГИС.*
10. *Что представляет собой файл атрибутов в ГИС?*
11. *Перечислите возможные типы атрибутивных полей в ГИС.*
12. *Какое значение имеет уникальный идентификатор геообъектов в атрибутивной таблице?*

2.3. Модели данных ГИС

Считается, что модели данных ГИС представляют в цифровом виде географические объекты и их взаимосвязи. Модель данных является логическим описанием выбранных объектов реального мира. При построении модели данных описывается процесс отбора и представления этих объектов в компьютере.

В течение последних тридцати лет в ГИС с разной степенью успеха использовались несколько различных моделей данных. Множество моделей (например, растровые модели данных, TIN модели, САД модели) ориентировано на определенные области применения, табл.2.

В ориентированных на работу с базами данных ГИС уже свыше десяти лет широко и успешно применяется геореляционная модель данных. В этой модели геометрия и топология географических объектов хранятся в файлах, а атрибуты - в системе управления базами данных. Связь между файлами и базой данных устанавливается и управляется при помощи ГИС. Эта модель основана на геометрическом типе объекта и отображает мир в виде наборов точек, линий и полигонов, а операции с геометрическими свойствами организованы как отдельные процедуры. Геореляционная модель данных служит пользователям ГИС верой и правдой многие годы благодаря своей гибкости, расширяемости и хорошей производительности.

Поступательное развитие моделей данных ГИС

Модель данных	Применение
САПР	Инженерное проектирование
Графическая (нетопологическая)	Простое картирование
Растровые изображения	Обработка изображений
Растровая/Грид	Пространственный анализ и моделирование
TIN	Анализ и моделирование местности/поверхности
Геореляционная	Обработка геоданных по геометрическим объектам
Объектная	Обработка геоданных по настроенным объектам с «поведением»
Объектно-компонентная	Расширяемые средства обработки геоданных по настроенным объектам с «поведением»

Однако, такой подход имеет определенные ограничения при моделировании всего разнообразия географических объектов реального мира, он не может быть легко расширен для поддержки специфических для определенной области или для конкретного пользователя объектов. Для решения этих проблем были предложены объектно-ориентированные модели данных. Они позволяют одновременно моделировать в ГИС состояние и «поведение» объектов. Состояние объекта можно характеризовать свойствами или атрибутивными данными объекта (например, для объекта «лес» это могут быть тип деревьев, их возраст, кислотность почвы). «Поведение» определяется методами или операциями, которые могут быть выполнены над этим объектом (для того же объекта «лес» это могут быть операции создания, удаления, рисования, разбиения и слияния).

Вопросы для самопроверки:

1. Раскройте содержание понятия «модели данных в ГИС».
2. Перечислите модели данных ГИС, используемые в течение последних 30 лет.
3. Назовите области применения геореляционной модели данных.
4. Назовите области применения моделей данных САПР.
5. Назовите области применения объектной модели данных.

2.3.1. Геореляционная модель данных ГИС

Геореляционная модель данных в ГИС используется для хранения географической информации.

В ГИС выделяют два типа данных. В одной группе файлов данные содержатся в виде простых записей с пространственной информацией (координаты x и y), топологией и уникальным идентификатором для связи с табличными записями, хранящимися в другой группе файлов. Эта первая группа файлов часто называется **файлами пространственных данных**.

Вторая группа файлов хранит **атрибуты** пространственных данных в форме таблиц, состоящих из строк и столбцов. Т. е. в геореляционной модели данных ГИС реализуется принцип содержания в одном тематическом слое ГИС как пространственной (т. е. положение географических объектов), так и атрибутивной (описательной) информации о географических объектах, рис. 11.



Рис. 11. Геореляционная модель данных в ГИС

Примерами векторных геореляционных моделей, используемых в ГИС, являются шейп-файлы (shapefiles), используемые в продуктах компании ESRI Inc. или обменный формат MIF/MID компании MapInfo.

Вопросы для самопроверки:

1. Для чего используется в ГИС геореляционная модель данных?
2. Какой принцип содержания данных реализуется в геореляционной модели данных ГИС?
3. Приведите примеры векторных геореляционных моделей.

2.3.2. Объектно-ориентированная модель данных ГИС

ГИС последнего поколения (например, ArcGIS 9 ESRI Inc. и ее более поздние версии) наряду с геореляционной моделью данных работают с так называемой объект-ориентированной моделью данных.

В объект-ориентированной модели используются функции, которые моделируют пространственную и не-пространственную связь географических объектов и атрибутов. Объект характеризуется атрибутами, положением и правилами, рис.12.



Рис.12. Представление дорожной сети в объект-ориентированной модели данных ГИС

Т.е. в основе данного цифрового представления географической действительности лежит геообъект, который обладает не только свойствами для него атрибутами, но и поведением. Поведение геообъекта может быть реализовано в ГИС через определенную последовательность операций, характерных для данного геообъекта.

Геообъекты могут принадлежать к соответствующим классам, которые могут иметь свои собственные переменные и эти классы могут принадлежать супер-классам, рис.13.

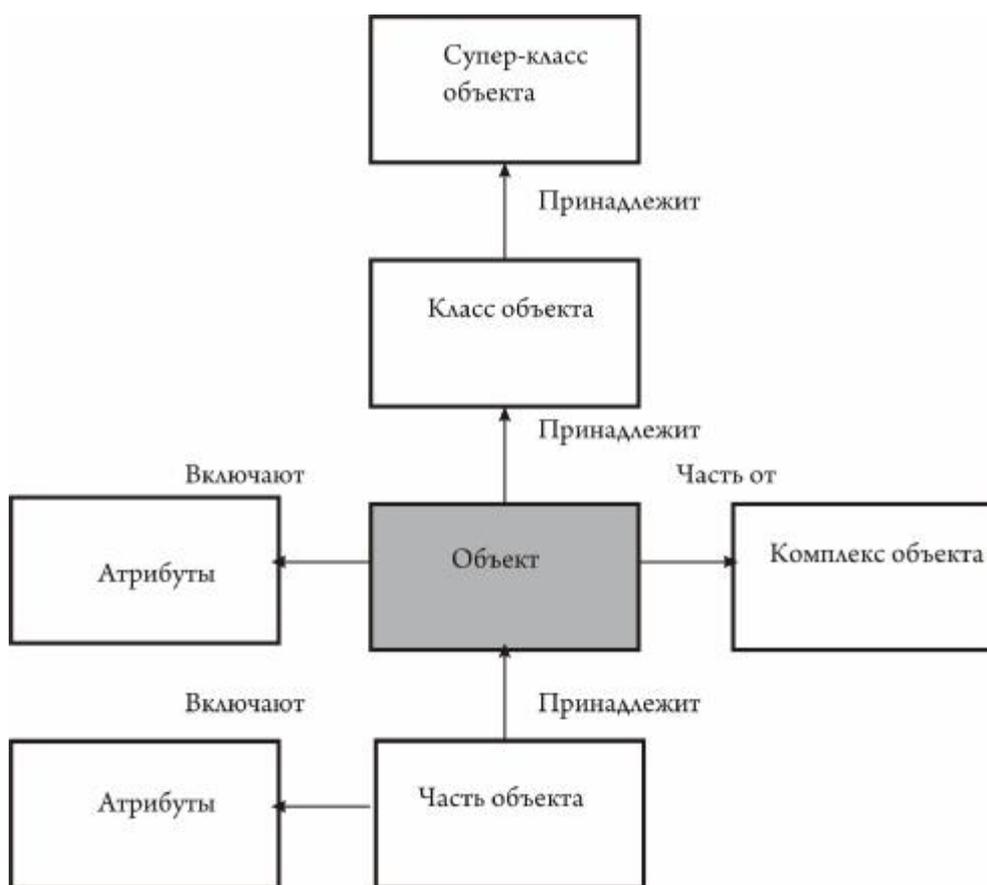


Рис.13. Семантическая модель объект-ориентированной базы данных

В настоящее время в профессиональной ГИС ArcGIS компании ESRI используется новая модель организации информации – **База геоданных**, которая имеет ряд преимуществ. Вся цифровая карта – включая легенду, описания систем координат, взаимосвязи слоев и другая информация – помещаются в одном файле Базы геоданных Microsoft Access или же на сервере, все равно реализующем идею единого хранилища [2]. Серверный вариант поддерживает также возможность многопользовательского доступа и редактирования геоданных, т.е. когда множество пользователей могут одновременно работать в едином информационном пространстве.

Продукты ArcGIS могут работать с данными нескольких серверов сразу, причем в одной карте можно объединять данные из разных источников – различных серверов, собственных (локальных) баз геоданных, а также из файлов на локальном диске. Это позволяет строить не только централизованную систему, но и распределенную, рис.14.



Рис.14. Распределенная ГИС

Вопросы для самопроверки:

1. Назовите ГИС, в которых используется объект-ориентированная модель данных?
2. Какое цифровое представление лежит в объект-ориентированной модели данных ГИС?
3. Какими характеристиками обладают геообъекты в объект-ориентированной модели данных ГИС?

2.4. Векторная модель географических данных

Векторная модель географических данных (Vector Geographic Data Model) – это способ представления географических данных в базе данных ГИС в виде задания пар прямоугольных координат точек (X,Y), которые определяют начало и направление вектора (элементарную дугу). Последовательность дуг образует линейный пространственный объект базы данных ГИС. Каждый линейный объект определяется упорядоченным набором пар координат точек. В свою очередь, набор замкнутых линейных объектов образует полигон – площадной пространственный объект базы данных ГИС [23].

В векторной модели данных ГИС реальные географические объекты представляются в виде графических примитивов. Например, определенные географические объекты могут быть представлены точками - колодец, водонапорная башня, линиями – шоссе, река, полигонами – дома, земельные участки и т.д.

В русскоязычной литературе по ГИС—технологиям **точка (Point)** – это элементарный геометрический объект географической базы данных

ГИС нулевой размерности, который определяет местоположение соответствующего точечного реального пространственного объекта [23], рис.15.

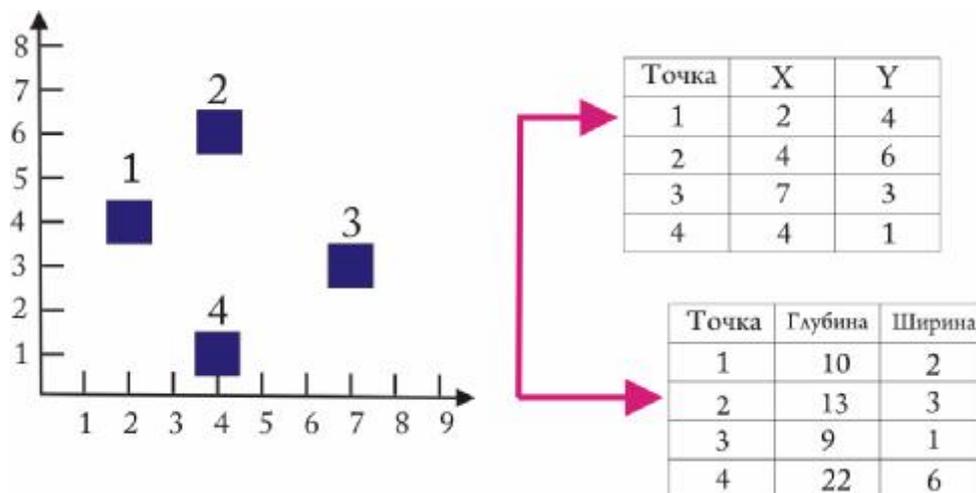


Рис.15. Представление точечных геообъектов в ГИС

Соответственно, реальные географические объекты линейной протяженности (дороги, реки, трубопроводы и др.) моделируются в ГИС виде дуг. **Дуга (Arc)** – это элементарный геометрический объект географической базы данных ГИС, который определяет местоположение соответствующего линейного реального пространственного объекта или его части, а также границы полигона или ее фрагмента, рис.16.

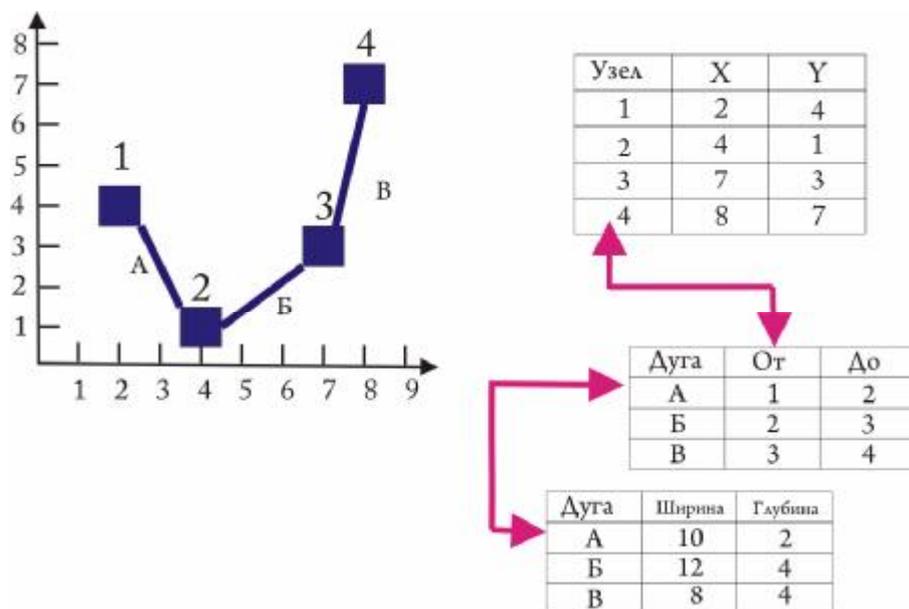


Рис.16. Представление линейных геообъектов в ГИС

Площадные географические объекты (земельные участки, озеро, постройка и др.) представляются полигонами. **Полигон (Polygon)** – это

элементарный геометрический объект географической базы данных ГИС, который определяет местоположение соответствующего площадного реального пространственного объекта. В развитых полнофункциональных ГИС основные виды векторных графических примитивов дополняются секциями, маршрутами, регионами и др., рис.17.

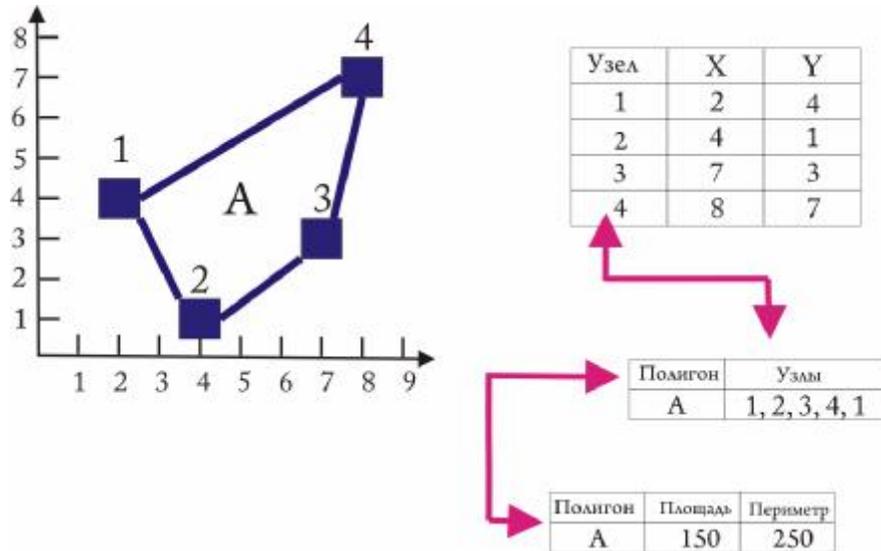


Рис.17. Представление полигональных геообъектов в ГИС

Векторная графика обрабатывается компьютером как идеальные геометрические фигуры, которые можно масштабировать, вращать и производить другие действия, при этом изменяются лишь координаты вершин отрезков и параметры кривых. К числу преимуществ представления пространственных объектов ГИС векторными моделями относятся компактная структура, качественная графика, топология.

Вопросы для самопроверки:

1. Дайте определение векторной модели географических данных.
2. Перечислите основные виды векторных графических примитивов.
3. Дайте определение точки, линии и полигона в ГИС.
4. Перечислите преимущества векторной графики.

2.5. Растровая модель географических данных

Растровая модель географических данных (Raster Geographic Data Model) – это способ представления географических данных в базе данных ГИС в виде равномерной ячеистой структуры, формирующей прямоугольную матрицу, в которой каждый элемент принимает определенное значение, присущее реальному пространственному объекту [23].

Например, на рис.18 показано, как для реальной территории (слой 1) в векторной модели оцифрованы границы землепользователей (слой 2) и на нижнем слое (слой 3) эти категории землепользователей представлены

в виде ячеистой структуры (растровой модели). Каждая ячейка растровой модели имеет соответствующие координаты и соответствует атрибуту землепользования.

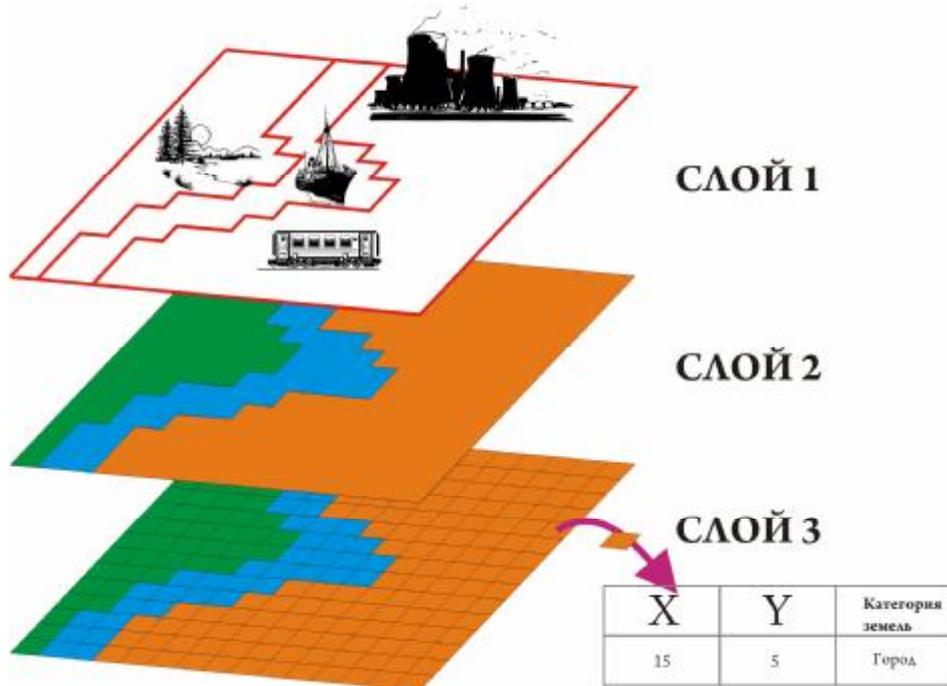


Рис.18. Комбинация векторной и растровой моделей территории в ГИС

Таким образом, для растровой модели характерно то, что она разбивает всю территорию на элементы регулярной сетки, или ячейки, при этом каждая ячейка содержит только одно значение. Эта величина может, например, выражать яркость земной поверхности (для снимков дистанционного зондирования) или быть признаком принадлежности к тому или иному типу объектов (для растровых карт).

К достоинствам растровой графики относятся: техническая готовность внешних устройств для ввода изображений (к ним относятся сканеры, видеокамеры, цифровые фотокамеры, размещенные как наземно, так и на летательных платформах); фотореалистичность (можно получать живописные эффекты, например, туман или дымку, добиваться тончайшей нюансировки цвета, создавать перспективную глубину и нерезкость, размытость и т. д.); простая структура данных; эффективные моделирующие функции при использовании в ГИС. К недостаткам растровой графики можно отнести то, что при трансформации изображения (повороты, наклоны и др.) в графике наблюдаются существенные искажения. В растровой графике также отмечается невозможность увеличения изображений для рассмотрения деталей, т. е. увеличение точек растра визуально искажает иллюстрацию и делает ее грубой (пикселизация).

Учитывая, что в настоящее время ГИС все чаще используются как средство серьезного анализа и моделирования, а также активное использование космоснимков в ГИС – интерес к растровой модели данных ГИС возрастает. Например, растровые модели в ГИС являются основным способом представления непрерывно распределенных признаков (поля загрязнений, климатические характеристики, почвенно—растительный покров, геоморфологические особенности местности и т. д.) для выполнения анализа и моделирования.

Геометрические особенности растровых данных позволяют моделировать в ГИС как точечные, так и линейные и площадные объекты, рис.19. При этом точка имеет номер, координаты и атрибуты. Линия имеет порядковый номер, серию координат, формирующих линию и атрибуты. Полигон также имеет номер, группу координат, формирующих площадь и атрибуты.



Рис.19. Растровое моделирование точечных, линейных и площадных объектов в ГИС

Вопросы для самопроверки:

1. Дайте определение растровой модели данных ГИС.
2. Какие величины может отражать ячейка растровой модели?
3. Назовите достоинства растровой графики.
4. Опишите способы представления точки, линии и полигона в растровой графике.

ГЛАВА 3. ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ В ГИС

При создании карты ГИС интегрируют самую различную информацию – данные многих форматов, включая шейп-файлы, покрытия, таблицы, файлы форматов САПР, рисунки, изображения.

Типовой набор ГИС-инструментов включает создание слоев пространственной информации по исследуемой территории, визуализацию, редактирование, комбинирование и анализ слоев информации, создание и редактирование легенд и таблиц атрибутивных данных (например, высота зданий, тип дорожного покрытия, вид растительности и т.д.), построение диаграмм, оформление компоновок карт. Использование ГИС также обеспечивает традиционный анализ таблиц: запросы, сортировки, выборки. В целом пользователь получает мощный инструмент по визуализации результатов и выполнению пространственных запросов. Очень удобно, перемещаясь по записям в таблице, сразу отображать на карте объект, соответствующий текущей записи. Используя механизм создания тематических карт можно составлять любые картограммы – типов почв, видов растительности и т.д. Выделение цветом по тем или иным параметрам позволяет сразу увидеть критические места на изучаемой территории, например, выброс загрязняющих веществ, свалки отходов и т.д.

Пространственный анализ включает базовые функции пространственного анализа, такие как построение буферных зон, определение близости, запрос на отображение области и расчет ее площади по координатам, измерение расстояний.

3.1. Типовые ГИС-задачи

В отличие от систем автоматизированного картографирования ГИС обладают развитыми возможностями выполнения пространственного компьютерного анализа территории.

Типовые компьютерные задачи по анализу территории, решаемые ГИС, можно сгруппировать следующим образом:

1. Автоматизированное отображение позиции геообъекта на местности. ГИС размещает заданный географический объект на местности согласно введенным в компьютер данным по географическим координатам — географической широте и долготе с учетом географической проекции. Например, карта пунсонов населенных пунктов по административным областям Республики Беларусь.
2. Автоматизированное построение тематических ГИС-картограмм по значениям атрибутов геообъектов. ГИС выполняет автоматизированное построение тематических картограмм по любым значениям как всех, так и выбранных геообъектов. Например, автоматизи-

зированной построение масштабируемых пунсонов городов в зависимости от общей численности населения в них.

3. Автоматизированное построение тематических ГИС-карт характеристик плотности в виде изолиний или непрерывных грид-поверхностей. Например, построение карт плотности населения по административным районам.
4. Автоматизированный расчет расстояний, площадей, периметров, буферных зон геообъектов. Например, расчет площадей земельных участков, их периметров.
5. Автоматизированный поиск места по критериям для размещения любого техногенного объекта. ГИС выполняет автоматизированное сложение и вычитание полигонов, позволяющее «шаг за шагом» оценивать по установленному списку критериев условия местности. Например, поиск места для размещения кирпичного завода или электростанции.
6. Автоматизированное построение моделей рельефа с выделением водосборных территорий, расчетов уклонов, экспозиций, отмывок.
7. Автоматизированные расчеты маршрутов передвижения всех видов транспортных средств с отлеживанием позиции в режиме реального времени.
8. Классификация состояния территории по поверхностям, например по растровым моделям, космоснимкам.

Обобщая, можно сказать, что создание ГИС позволяет решать несколько классов задач. Первым, наиболее распространенным классом задач являются информационно-справочные задачи, которые позволяют осуществлять поиск и уточнение местоположения и характеристик интересующих геообъектов [22].

Второй класс — это задачи анализа, моделирования и прогнозирования природных и техногенных процессов. Решение этих задач позволит в удобной и наглядной картографической форме (на мониторе или на бумажном носителе) получать обобщенную или детализированную информацию. Примерами компьютерного моделирования могут быть карты зонирования (например, урожайности сельскохозяйственных культур или др.) или моделирование зон затопления при очень высоком уровне воды в реке, моделирование аварийных разливов и их влияние на объекты инженерно-транспортной инфраструктуры в зоне возможного затопления и многие другие, рис.20.

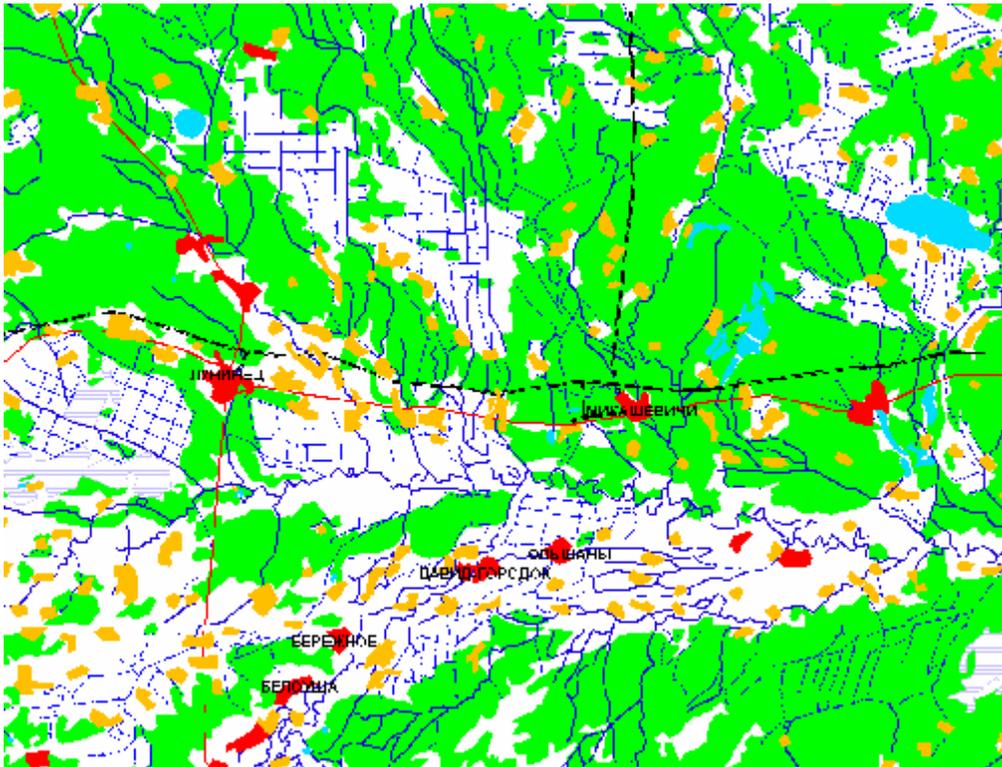


Рис.20. Автомобильные и железные дороги, расположенные в зоне возможного затопления

Вопросы для самопроверки:

1. Перечислите базовые функции пространственного анализа.
2. Назовите основной признак отличия ГИС от систем автоматизированного картографирования.
3. Перечислите основные группы типовых компьютерных задач по анализу территории, решаемых ГИС.
4. Какие задачи решают информационно-справочные ГИС?
5. Приведите примеры моделирования и прогнозирования природных и техногенных процессов.

3.2. Векторный анализ в ГИС

Векторный анализ в ГИС используется при обработке цифровых векторных слоев с учетом атрибутов геообъектов. Наиболее оправдан векторный анализ в ГИС при работе с дискретными географическими объектами (земельные участки, постройки, техногенные объекты) [20], т.е. которые имеют четкие координатные границы в пространстве.

Основные виды векторного анализа в ГИС можно представить в виде четырех основных направлений.

1. Просмотр данных по векторным геообъектам и работа с атрибутами геообъектов. Основными задачами являются: анализ атрибутов,

составление тематических картограмм по атрибутам, статистическая обработка атрибутов, рис.21.

2. Пространственный анализ. Основными задачами являются: классификация геообъектов, метрические измерения (расстояния, длины, площади), оверлейные операции (наложение и вычитание векторных слоев), построение буферов, картографическое моделирование.
3. Пространственная статистика. Основными задачами являются: описательная статистика выборки, геообъекта.
4. Сетевой анализ. Основными задачами являются: построение сетевой модели, атрибуты сети, маршрутизация сети.

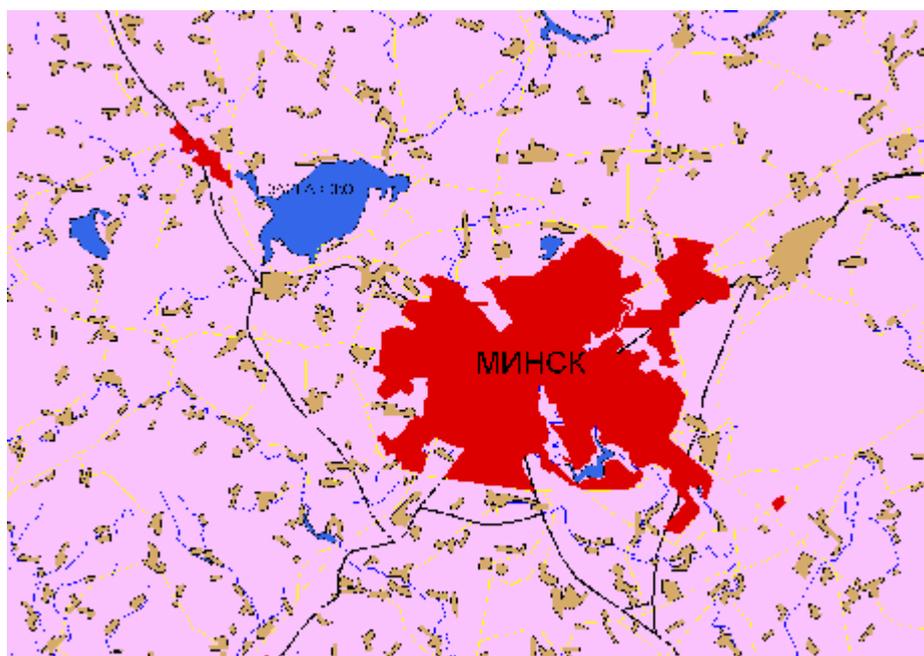


Рис.21. Пример составления векторной тематической картограммы в ГИС

При выполнении векторного пространственного анализа используются инструменты для построения буферных зон, определения близости, запросы на отображение областей или объектов по запросам, расчет площадей геообъектов по координатам, измерение расстояний.

Вопросы для самопроверки:

1. Для каких типов географических объектов наиболее применим векторный анализ в ГИС?
2. Перечислите основные направления векторного анализа в ГИС.
3. Назовите ГИС-инструменты, используемые при выполнении векторного пространственного анализа.

3.2.1. Пространственные взаимоотношения между векторными примитивами

Созданная прикладная географическая информационная система обычно включает серию тематических цифровых векторных слоев на исследуемую территорию. Для выполнения анализа территории при решении конкретных географических задач, например, выбора места для размещения и строительства рекреационного комплекса, школы, промышленного объекта и т.д., необходимо оперативно выполнять сопряженный анализ множества цифровых слоев с точечными, линейными и площадными (полигональными) моделями геобъектов. В этой связи программное обеспечение ГИС позволяет выполнять аналитические операции, используя следующие типовые классы задач обработки моделей объектов.

1 тип обработки данных ГИС – «Связь: Точка-Точка». В данном случае выполняется обработка нескольких точечных цифровых слоев для решения типа задач «определения дистанции от одного точечного объекта до другого» (например, расстояния от точки города (точечная тема «Города») до точки скважины по забору воды (точечная тема «Скважины воды» и др.) или решения типа задач «определения ближайших точек одной темы по отношению к точкам другой темы» (например, задача поиска ближайших точек розничной продажи от местонахождения заданного объекта и т.д.).

2 тип обработки данных ГИС – «Связь: Точка-Линия». В данном случае выполняется обработка точечной и линейной тем для решения класса задач типа «точка на линии» (например, точки отбора проб воды на гидрохимический анализ на линейной теме «Реки и др.») или решения типа задач «поиск ближайших точек от заданной линии» (например, определить точки расположения аптек на расстоянии 30 м от линии улицы и т.д.).

3 тип обработки данных ГИС – «Связь: Точка-Площадь». В данном случае выполняется обработка точечной и площадной тем для решения класса задач типа «точка внутри площади» (например, точки отбора проб воды на гидрохимический анализ на площадной теме «Озеро» и др.) или решения типа задач «поиск ближайших точек от границ площадного объекта» (например, найти ближайшие точечные населенные пункты от границы республики на расстоянии 5 км и т.д.).

4 тип обработки данных ГИС – «Связь: Линия-Линия». В данном случае выполняется обработка двух линейных тем для решения класса задач типа «пересечение двух линий» (например, найти на карте места пересечения линий дорог и линий речной сети и др.) или решения типа задач «перекрещивание двух линий без разрывов» (например, найти

места пересечения железных и автомобильных дорог и т.д.), или задач типа «поток в ...» (например, найти место впадения притока в основное русло реки или основная улица и тупиковый переулок т.д.).

5 тип обработки данных ГИС – «Связь: Линия-Площадь». В данном случае выполняется обработка линейной и площадной тем для решения класса задач типа «сечение двух линий» (например, найти на карте места пересечения линий дорог и линий речной сети и др.) или решения типа задач «пересечение линией полигона» (например, найти протяженность автомагистрали на территории административного района и т.д.), или задач типа «прилежать», когда линия является частью границы полигона (например, найти участки государственной границы, проходящей по реке т.д.).

6 тип обработки данных ГИС – «Связь: Площадь-Площадь». В данном случае выполняется обработка двух площадных тем для решения класса задач типа «наложение двух полигонов» (например, указать в границах административного района зоны незавершенного строительства и др.) или решения типа задач «анклав» (например, острова на озере т.д.), или задач типа «общая смежная граница» (например, найти смежные участки государственной границы двух стран т.д.), рис.22.

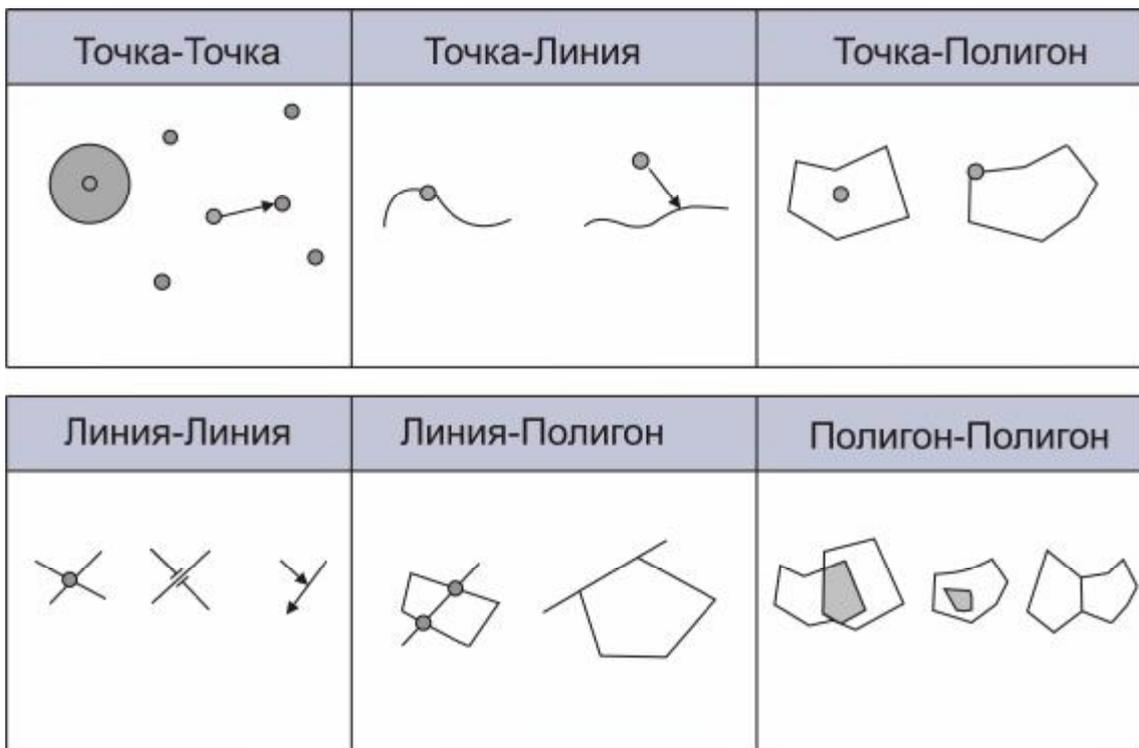


Рис.22. Топологические отношения между геообъектами

Вопросы для самопроверки:

1. Перечислите типовые классы задач обработки моделей объектов.

2. *Приведите примеры задач для типа обработки данных ГИС – «Связь: Точка-Точка».*
3. *Приведите примеры задач для типа обработки данных ГИС – «Связь: Точка-Линия».*
4. *Приведите примеры задач для типа обработки данных ГИС – «Связь: Точка-Площадь».*
5. *Приведите примеры задач для типа обработки данных ГИС – «Связь: Линия-Линия».*
6. *Приведите примеры задач для типа обработки данных ГИС – «Связь: Линия-Площадь».*
7. *Приведите примеры задач для типа обработки данных ГИС – «Связь: Площадь-Площадь».*

3.2.2. Построение буферов

ГИС-поддержка решения таких типов географических задач, как проектирование санитарно-защитных зон предприятий, водоохранных зон водных объектов и др. выполняется с использованием функции построения **буферной зоны (Buffer)**. Построение буферных зон выполняется для точки, линии и полигона. В ГИС можно задавать расстояния буферных зон в разных единицах измерения, например, метрах, километрах, единицах стоимости и др. Предполагается, что зона влияния характеристик геообъекта распространяется в пределах буферной зоны.

Например, на рис.23 показано построение серии буферных зон на расстоянии 50 и 100 м вдоль дорожной сети. В данных буферных зонах будут выполнены мероприятия по обустройству дорожной инфраструктуры – размещение зон отдыха, автосервиса.



Рис.23. Буферные зоны вокруг дорожной сети

На рис.24 источники загрязнения воздушной среды представлены как точки. Выполненное построение буферных зон указывает на сильное и слабое загрязнение воздушной среды.

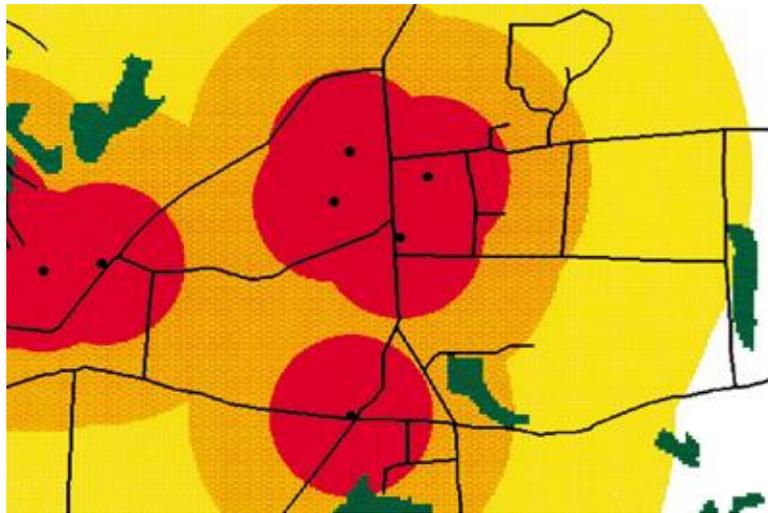


Рис.24. Буферные зоны вокруг точечных источников загрязнения

При решении более сложных географических задач, например для оценки интенсивности лесозаготовок вблизи границ малонарушенных лесных территорий в пределах 2-х километровой буферной зоны), уточнение характера местности в пределах буферных зон может выполняться с использованием космических снимков (например, Landsat ETM+ и Ресурс МСУ-СК).

Вопросы для самопроверки:

1. Перечислите типы географических задач, в которых целесообразно выполнение построения буферных зон.
2. Для каких графических примитивов возможно построение буферов?
3. Имеются ли ГИС-инструменты для построения серии буферов вокруг одного геообъекта?
4. Возможно ли уточнение характеристик местности внутри буферов по данным космоснимков?

3.2.3. Оверлеи

Наиболее активно используемыми ГИС-инструментами при выполнении ГИС-анализа является использование операций так называемых **оверлеев (Overlay)**.

В векторной графике при выполнении оверлеев компьютер выполняет операции сложения и вычитания графических примитивов. Оверлеи могут быть выполнены по схеме – «точка в полигон», т. е выполняется наложение точечного объекта на полигональный объект или «линии в полигон», т.е. когда происходит наложение линейного объекта на поли-

гональный объект, или «полигон в полигон», т.е. когда происходит наложение со сложением или с вычитанием одного полигонального объекта с другим полигональным объектам.

Например, на рис.25 показан результат выполнения полигонального оверлея наложения полигонов леса и населенных пунктов на полигоны административных границ. Решение данной задачи связано с тем обстоятельством, что при решении задач инвентаризации и мониторинга лесных ресурсов необходимо выполнять учет объектов в административных границах или границах юридических лиц (колхозов, совхозов, черте города, района и т.д.).

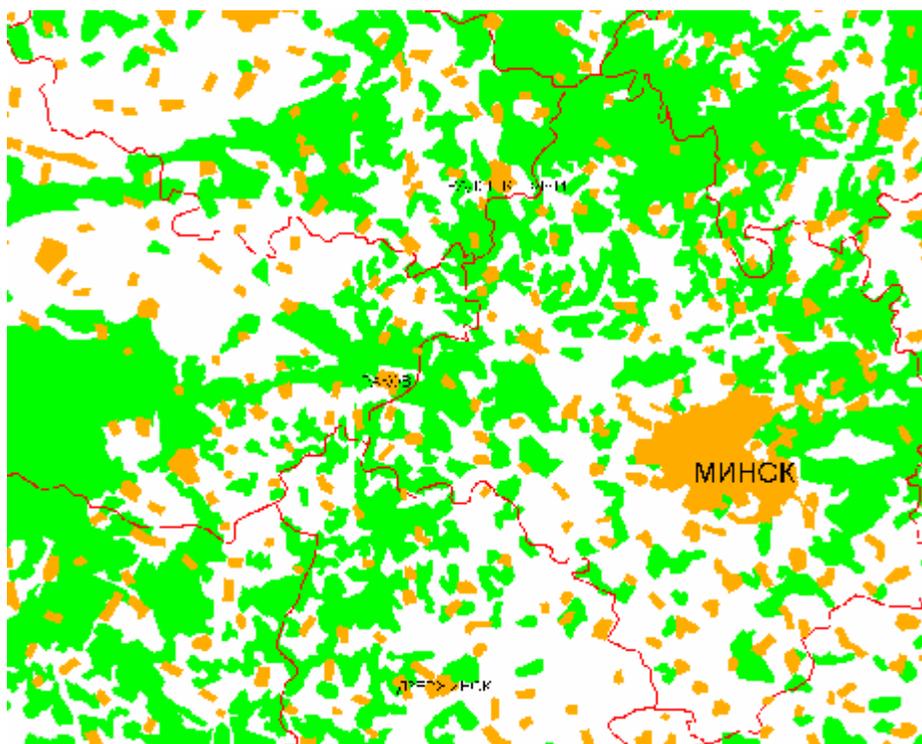


Рис.25.Полигональный оверлей наложения границ землепользования в пределах административных границ

Аналогичные оверлейные операции выполняются при рассмотрении почвенного покрова реки, когда на полигональные объекты разнотипных почв накладываются линейные объекты рек, рис.26.

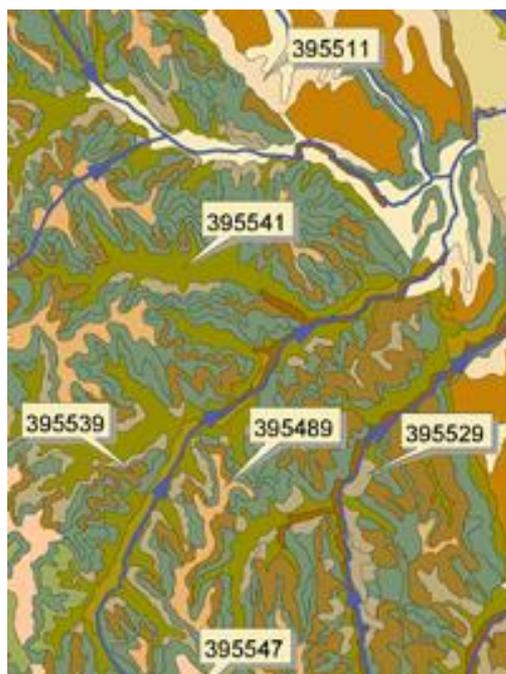


Рис.26. Наложение гидрографической сети на почвенную карту

ГИС-программы также выполняют сложную совместную оверлейную обработку растровой и векторной графики. Пример выполнения оверлея границ земельных участков на цифровую модель рельефа можно увидеть на рис.27. Совместный анализ рельефа и структуры землепользования делает возможным поиск мест потенциального затопления при наводнениях или выбора мест для строительства гидротехнических сооружений и др. задачах.

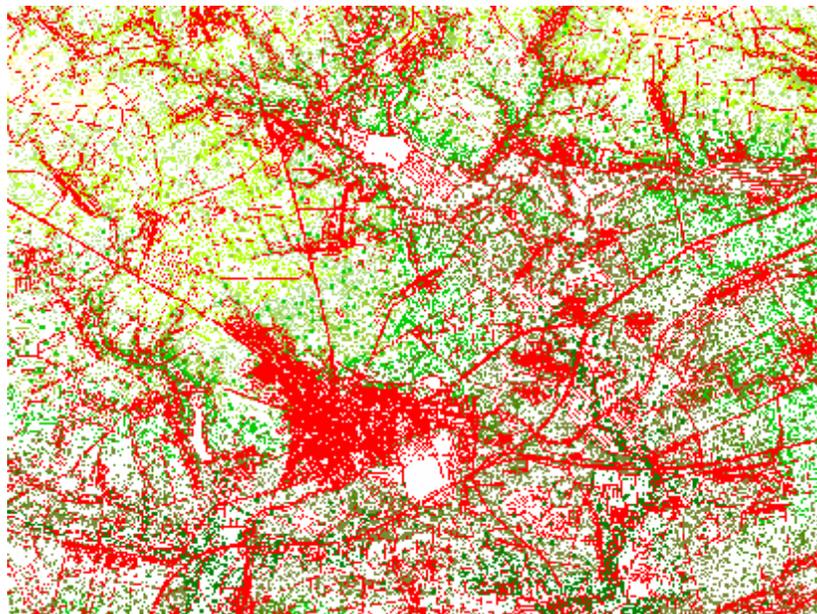


Рис.27. Цифровая модель рельефа с наложением полигональной темы структуры землепользования

Вопросы для самопроверки:

1. Какие операции выполняет компьютер при оверлейных операциях в векторной графике?
2. Перечислите схемы, по которым выполняются оверлеи в векторной графике?
3. Приведите примеры решения географических задач с использованием оверлеев.

3.3. Растровый анализ в ГИС

С помощью растровой модели в ГИС выполняется построение поверхностей географических характеристик, например, рельефа, распределения температуры воздуха, концентрации тяжелых металлов в почвогрунтах и т.д. Поверхности содержат в себе много разнообразной информации. Их можно просто просматривать, чтобы составить общее представление о данных, а можно проводить по ним самый различный анализ, например, построение моделей рельефа, расчет уклонов и экспозиций, скорости изменения каких-либо характеристик, определение видимости и т.д., рис.28.

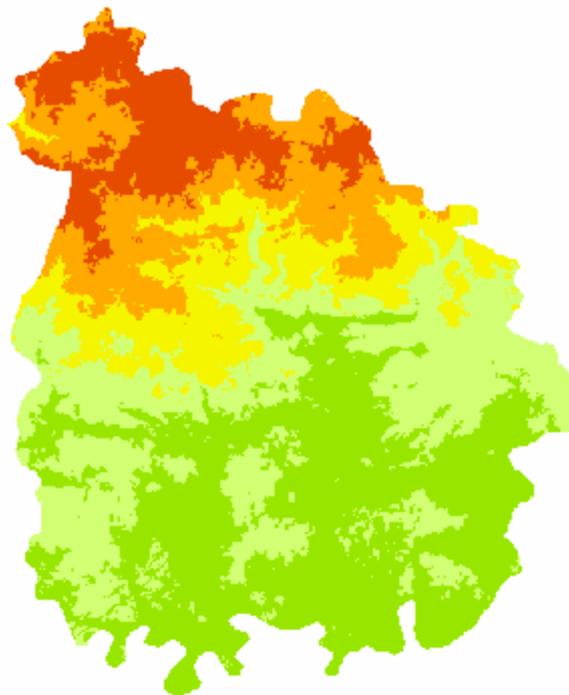


Рис.28. Построение растровой модели рельефа Дзержинского района Минской области

В практике решения географических задач с помощью растровых моделей выполняются следующие виды анализа.

Анализ поверхности. Для анализа поверхности растровой модели в ГИС включаются: функция построения изолиний, показывающая местоположения с одинаковым значением; функция вычисления уклона, используемая, например, для определения риска эрозионных процессов; функция вычисления экспозиции склонов, полезная, например, при определении участков под конкретные сельскохозяйственные культуры; функция отмывки рельефа, используемая как для реалистичного отображения поверхности рельефа, так и для анализа освещенности местности в различное время дня и др.

Интерполяция растра. Интерполяция позволяет вычислить значения для всех ячеек растра по значениям ограниченного числа точек отбора проб. Может использоваться для предсказания значений любых географических данных – отметок высот, количества осадков, концентраций химических веществ, уровней шума и т.д. Используемые методы интерполяции включают несколько методов, таких как обратно взвешенных расстояний, кригинга, сплайна, которые основаны на различных предположениях о наилучшей оценке.

Реклассификация растра. Целью реклассификации является приведение всех растровых покрытий к единой шкале категорий. Например, категорий пригодности или категорий стоимости или др. В качестве примера можно привести расчеты по проектированию коммуникаций, когда учитывают, что строительство трассы на болотистых грунтах ведет к удорожанию проекта в 1,8 раза, а на песках — в 1,3 раза [14]. Соответственно в ГИС в растровом покрытии типов почв пиксели, расположенные в пределах болотистых грунтов, должны получить значение 1,8, а в пределах песков – 1,3. Такого рода преобразования необходимо провести со всеми растровыми покрытиями, участвующими в определении интегрированной стоимости трассы.

Картирование плотности. Вычисление плотности распределения полезно, когда необходимо показать концентрацию точечных или линейных объектов. Например, имея данные по населению городов какого-либо региона, можно вычислить распределение населения по этому региону.

Картирование расстояний. Обычно растровые наборы данных, полученные в результате работы функции картирования расстояний, используются для вычисления минимального по стоимости (или кратчайшего) пути, например, для прокладки новой дороги или нитки трубопровода, рис.29.

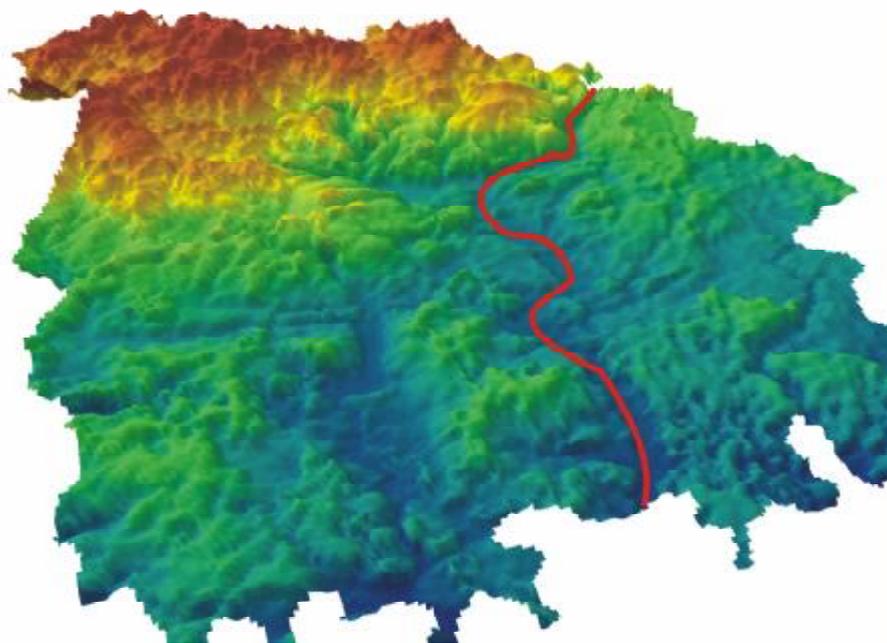


Рис.29. Растровое моделирование для выбора наилучшего пути для трубопровода (Дзержинский район Минской области)

Вопросы для самопроверки:

1. Перечислите примеры поверхностей географических характеристик, построение которых выполняется с помощью растровой модели в ГИС.
2. Какие виды анализа выполняются после построения поверхностей географических характеристик?
3. Перечислите виды анализа, которые выполняются в практике решения географических задач с помощью растровых моделей.
4. Какие функции включаются в ГИС для анализа растровой модели поверхности?
5. Какие географические задачи решаются с помощью интерполяции растра?
6. Какие географические задачи решаются с помощью реклассификации растра?
7. Какие географические задачи решаются с помощью картирования плотности по растру?
8. Какие географические задачи решаются с помощью картирования расстояний по растру?

3.4. Цифровая модель рельефа

Оценка рельефа территории позволяет лучше визуально определить взаимное расположение объектов, оценить их взаимосвязь и проанализировать влияние перепадов высот на объект диагностики. В этой связи в ГИС для более наглядного представления высотных отметок местности выполняется построение **цифровой модели рельефа (ЦМР) (англ. DEM - Digital Elevation Model)**. Основой для построения ЦМР могут

быть: топографическая карта, набор связанных высотных отметок, космический снимок, стереопара, наземная геодезическая съемка.

Однако, использование для получения модели рельефа специально проводимой для этого наземной геодезической съемки, даже с применением самых современных технологий типа GPS, довольно непрактично, и может играть только вспомогательную роль в редких ситуациях. Используемый чаще всего способ цифрования бумажных карт (или приобретения их уже в цифровых векторных форматах) и последующего построения по изолиниям рельефа и отметкам высот регулярной модели рельефа способом интерполяции широко доступен в ГИС. При этом есть возможность построения рельефа достаточно качественного, с учетом всей имеющейся информации, например, положения тальвегов, хребтов, априорно плоских поверхностей типа озер — то есть линий или участков, через которые не нужно интерполировать.

Очень часто для получения цифровых моделей рельефа сегодня применяется цифровая фотограмметрия по стереопарам аэро- или космических снимков. В целом, сегодня этот подход как доступный (при наличии исходных материалов) для широкого диапазона масштабов, так и допускающий высокую степень автоматизации и позволяющий получать высокоточные результаты, можно признать одним из наиболее привлекательных. Еще недавно такие фотограмметрические методики реализовывались исключительно на очень дорогих и мощных компьютерах класса UNIX рабочих станций. Сегодня же вполне эффективные решения доступны на персональном компьютере с Windows NT. Примером мощных систем промышленного уровня на рабочих станциях, рассчитанных на массовое производство ЦМР и ортотрансформированных снимков, является модуль OrthoMAX к системе ERDAS Imagine.

В качестве широко доступных материалов для построения моделей рельефа методами современной цифровой фотограмметрии могут служить обычные аэрофотоснимки, снимки, сделанные кадровой цифровой фотокамерой, некоторые виды космических фотоснимков (например, полученные камерами МК-4 или ТК-350), а также (и это нередко предпочтительнее из-за возможности получения свежих оперативных съемок по цифровым космическим снимкам, образующим стереопары) французские снимки со спутников SPOT. Но особенно хорошие перспективы имеет применение космических цифровых съемок сверхвысокого пространственного разрешения со спутника IKONOS американской компании Space Imaging.

Совершенно особые возможности для построения ЦМР открывает использование радиолокационных космических съемок радаром с синте-

зированной апертурой. Имеются в виду спутники серии ERS (Европа) и RADARSAT (Канада). При обработке данной информации можно использовать стереопары и строить рельеф на основании автоматического нахождения соответствующих точек на снимках и измерении параллакса, подобно тому, как это делается в обычной цифровой фотограмметрии. С другой стороны, можно использовать полные данные съемки с фазой сигнала. Разворачивая эту фазу методами радарной интерферометрии, получается исключительно точная модель рельефа, с принципиально достижимой точностью порядка длины волны сигнала, то есть в единицы – десятки сантиметров.

ЦМР может храниться как в виде растровой (GRID), так и в виде векторной (TIN) модели данных. Выбор типа представления ЦМР определяется задачами ГИС. Далее на модель может быть наложен космический снимок.

Если для отображения рельефа используется регулярная сетка, то описание местности производится с помощью регулярной сетки с равными промежутками между ячейками (растровая ЦМР). При растровом представлении ЦМР для каждой точки растра определяются значения высот. Растровому методу свойственны эффекты усреднения и «размывания», поэтому при работе с крупными масштабами его применение ограничено. Но использование растрово-сетчатого представления местности обеспечивает легкость обработки и хранения данных, применение простых и легко автоматизируемых методов создания уровней детализации, что важно для быстрой визуализации больших объемов данных.

TIN (Triangulated Irregular Network) дает лучшее представление рельефа в случае сильнопересеченной местности. Но TIN-модель трудно обновлять. Каждое изменение рельефа моделируемой территории обычно влечет за собой необходимость заново развить всю сеть. Другая отрицательная черта TIN — чрезмерная сложность создания уровней детализации. Вследствие этого, визуализация в режиме реального времени на основе TIN — представления затруднена, рис.30.

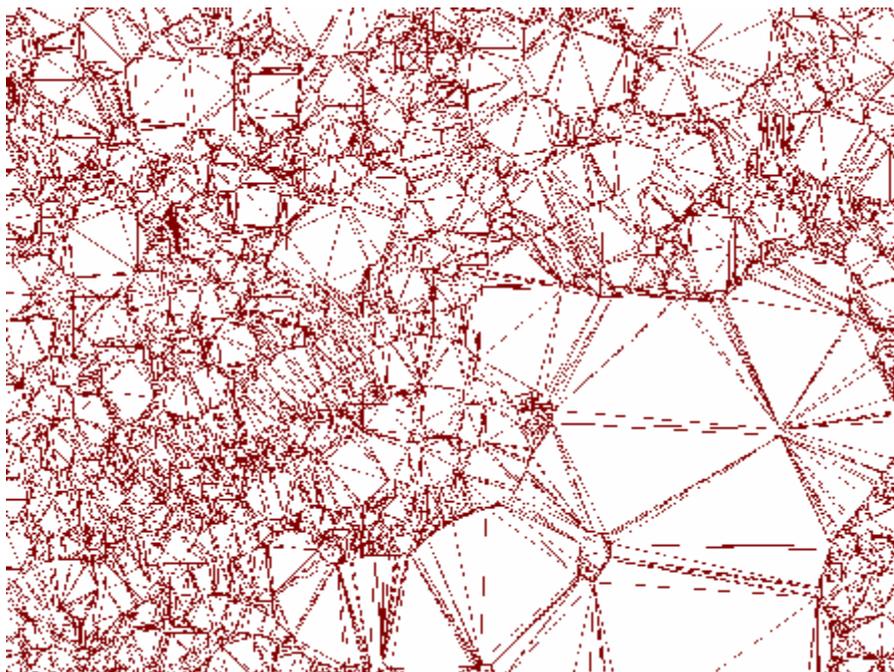


Рис.30. Фрагмент триангуляционной сети поверхности
Дзержинского района Минской области

Знание ЦМР дает возможность учитывать смещение за счет рельефа при съемке и производить ортотрансформирование аэрофотоснимков, выполнять построение трехмерных моделей местности, решать наборы географических задач, связанных с эрозионными процессами, строительством, прокладкой трубопроводов и т.д.

Например, для оценки технического состояния магистрального нефтепровода на о.Сахалин [26] ЦМР была восстановлена из топоосновы на основе метода обратных взвешенных расстояний первоначально с нанесением изолиний, урезов воды и высотных отметок, а затем с нанесением нефтепровода, ЛЭП, дорог, других трубопроводов. На ЦМР был наложен космический снимок LANDSAT-7. Образец фрагмента цифровой модели рельефа Дзержинского района с драпировкой космоснимком Landsat-7 ETM+ (2001 г.) показан на рис.31.

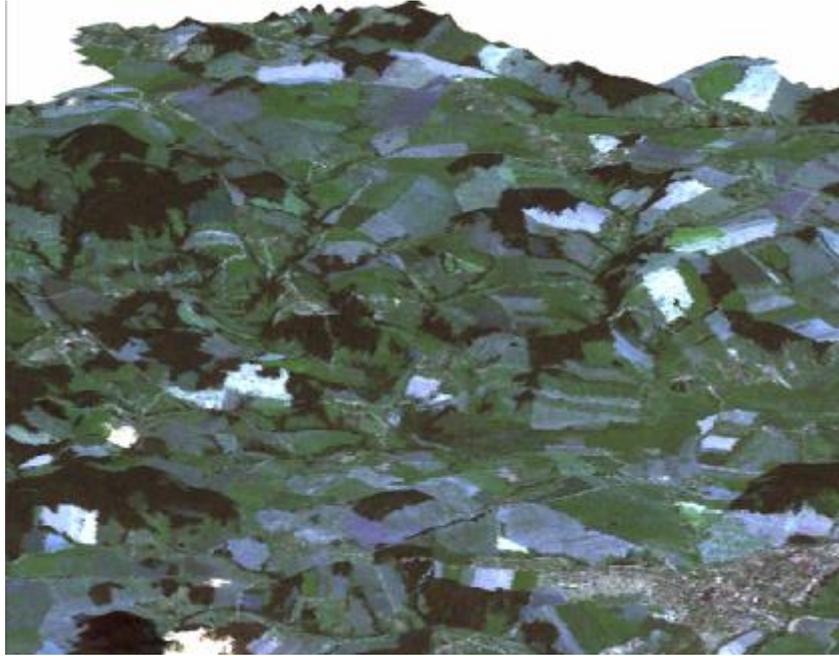


Рис.31. Фрагмент цифровой модели рельефа Дзержинского района Минской области с драпировкой космоснимком Landsat-7 ETM+ (2001 г.)

Вопросы для самопроверки:

1. Какие материалы являются основой для построения ЦМР?
2. Назовите преимущества способа цифровой фотограмметрии для построения ЦМР в сравнении с другими методами.
3. Приведите пример мощной системы промышленного уровня, которая рассчитана на массовое производство ЦМР и ортотрансформированных снимков.
4. Перечислите широко доступные материалы для построения моделей рельефа методами современной цифровой фотограмметрии.
5. В чем заключаются преимущества использования радиолокационных космических съемок радаром с синтезированной апертурой для построения ЦМР?
6. В каких моделях данных может храниться ЦМР?
7. Перечислите преимущества и недостатки растрового представления ЦМР.
8. Перечислите преимущества и недостатки представления ЦМР с использованием TIN-модели данных.
9. Какие наборы географических задач позволяет решать построение ЦМР?

3.5. Цифровая модель местности

Цифровая модель местности (ЦММ) (англ. DTM — digital terrain model) цифровое представление характеристик местности, которая включает модели высот, уклонов, аспектов и экспозиций склонов, систему тальвегов и другие атрибуты местности. Обычно ЦММ является производной от цифровых моделей рельефа, рис.32.

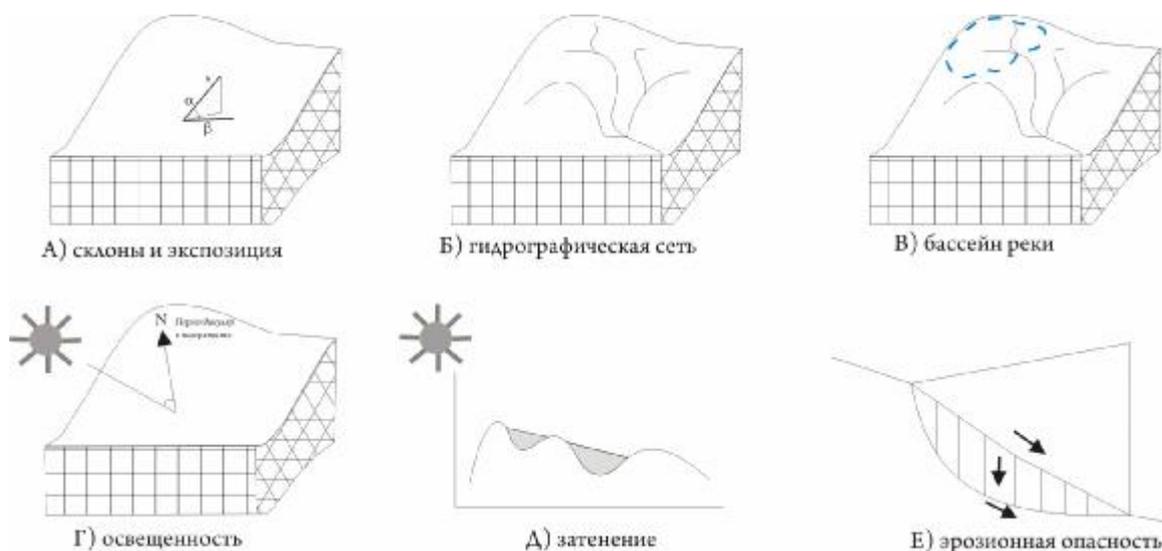


Рис.32. Основные элементы цифровой модели местности

Цифровые модели местности (ЦММ) нацелены на моделирование местности, а не бумажной основы, с которой они могут производиться [17]. Основная задача ЦММ — дать правильное представление о местоположении геообъектов, метрических параметрах и взаимоотношениях между пространственными объектами, а не их отображениями на бумаге. ЦММ не ограничены бумажным полем карты, поэтому они, например, будут содержать полные названия и развернутые характеристики объектов. Хранение данных в ЦММ может быть организовано единым массивом в виде бесшовных карт. Информацию о территории можно поддерживать в актуальном состоянии, обновляя данные ЦММ по материалам космической съемки. Практика показывает, что в ЦММ не обязательно хранить векторные слои, содержащие изолинии высот и отметки высот. Целесообразно высотную основу сразу создавать как цифровую модель рельефа.

Принципиальная схема базы данных ЦММ представлена на рис.33.



Рис.33. Структура базы данных ЦММ [17]

Вопросы для самопроверки:

1. Какие модели включает цифровая модель местности?
2. Назовите основную цель построения ЦММ.
3. Назовите основной источник поддержания ЦММ в актуальном состоянии.
4. Перечислите основные компоненты принципиальной схемы построения базы данных ЦММ.

3.6. Трехмерное моделирование

Требования к пространственной геоинформации, содержащейся в цифровых картах, географических базах данных и ГИС в целом постоянно повышаются. Потребность в реалистичном отображении окружающего мира увеличивает значимость трехмерного (3D) моделирования. 3D модели облегчают планирование, контроль и принятие решений во многих отраслях деятельности человека.

В ГИС фотореалистичная 3D сцена может создаваться на основе различных источников геопространственной информации: аэро- и космической съемки местности, фото- и видеосъемки объектов, геодезических измерений, полевых обследований, лазерного сканирования, существующих картографических материалов и ГИС-данных [8].

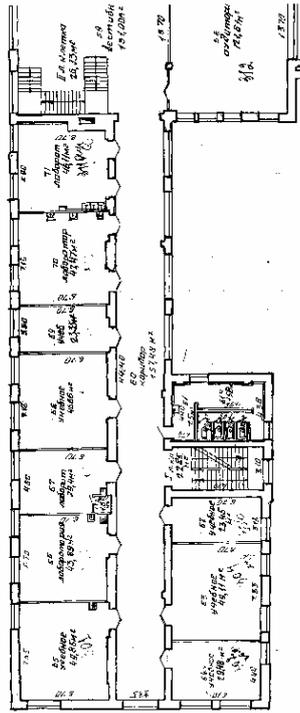
ГИС-объекты могут быть представлены с помощью разнообразных 3D символов, таких как дома, автомобили или нефтяные вышки для точечных объектов, текстура травянистой, водной и других поверхностей для полигональных объектов, трубопроводы и другие линейные текстуры для протяженных линейных объектов [7].

Необходимо учитывать, что сложные модели пока еще «тяжелы» для отображения в режиме реального времени, поскольку для обработки трехмерных сцен возрастают технические требования к аппаратному обеспечению (высокое быстродействие компьютера, наличие больших объемов оперативной и специальной текстурной видеопамяти и др.).

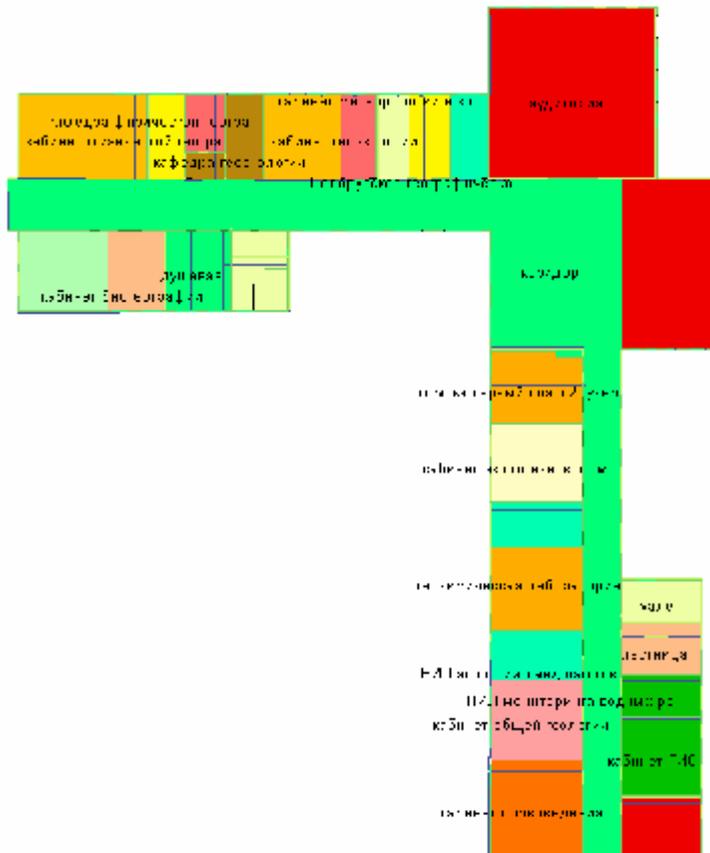
Трехмерное представление и отображение объектов и местности в ГИС значительно расширяет сферы применения геоинформационных систем. Упрощается восприятие и понимание данных и информации, быстрее принимаются решения и повышается их эффективность.

В качестве примера эффективных возможностей 3D ГИС можно привести их использование при инвентаризации объектов недвижимости. Например, в создаваемой ГИС Белгосуниверситета (БГУ) выполняются работы по оцифровке (векторизации) поэтажных планов учебных корпусов и общежитий, формируется база данных, в которую заносится атрибутивная информация (назначение помещений, площадь, периметр и т.д.) [9]. Векторные планы служат основой для трехмерного представления как отдельных аудиторий и комнат, так и этажей и зданий в целом, рис.34.

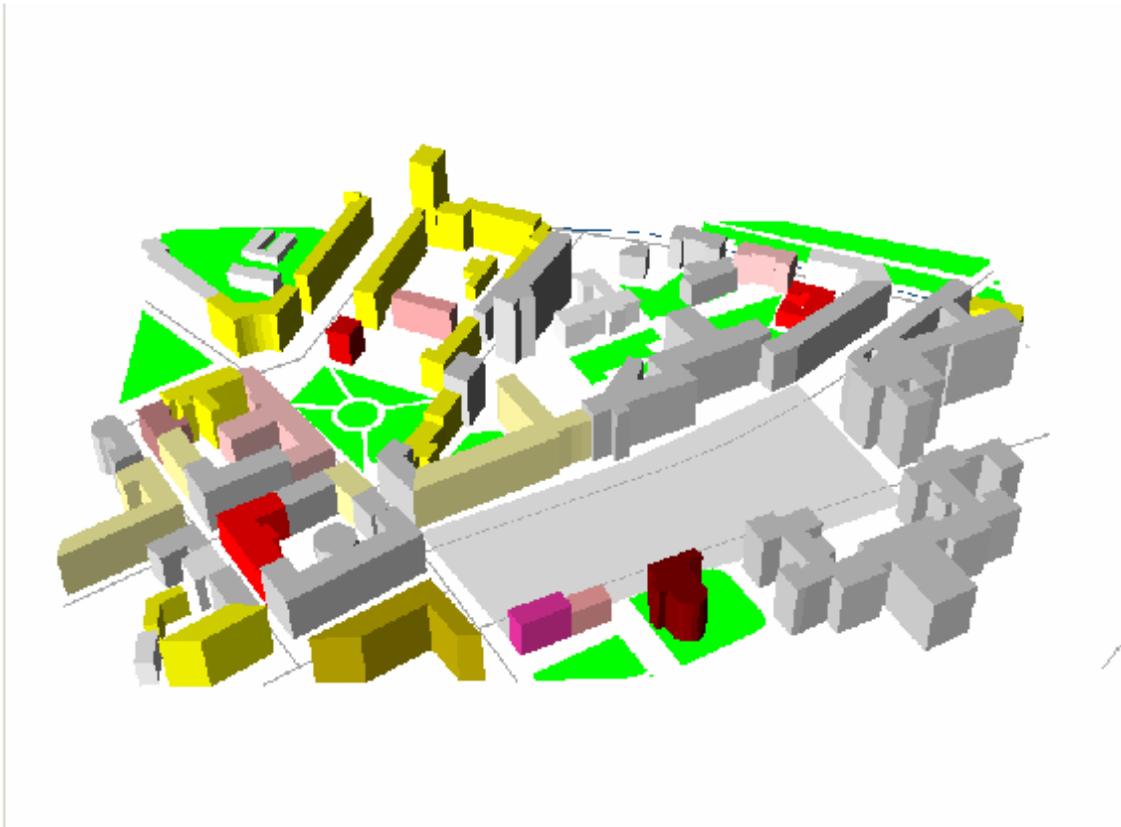
В свою очередь эти модели могут совмещаться с цифровой моделью территории в реалистичной трехмерной среде, где дополнительно визуализируются подземные инженерные коммуникации, грунты и т.д.



a)



б)



в)

Рис.34. Условная последовательность перехода от поэтажного плана к 3D ГИС БГУ (а-растровые поэтажные планы зданий; б – векторные поэтажные планы; в – трехмерная модель ГИС БГУ)

Вопросы для самопроверки:

1. *Какими причинами обусловлен повышенный интерес к трехмерным моделям в ГИС?*
2. *Перечислите основные источники информации для построения фотореалистичной трехмерной сцены в ГИС.*
3. *Перечислите символы, которые используются для трехмерного представления объектов в ГИС.*
4. *Какие задачи решаются при использовании трехмерного представления объектов в ГИС БГУ?*

3.7. Примеры выполнения пространственного ГИС-анализа

В качестве примера удачно выполненного ГИС-анализа рассмотрим процедуру выполнения работы по поиску мест для бурения артезианской скважины, которые должны располагаться в пределах 10 километровой буферной зоны вокруг г. Дзержинска Минского района.

На рассматриваемую территорию были созданы более 30 слоев цифровых карт. На рисунках 35 и 36 показаны соответственно, район ис-

следований и сформированная 10-километровая буферная зона вокруг г. Дзержинска.

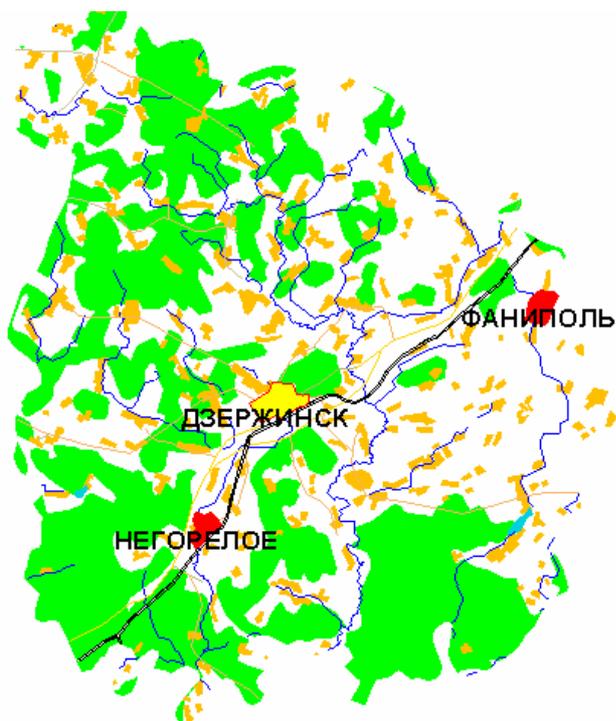


Рис.35. Район исследований

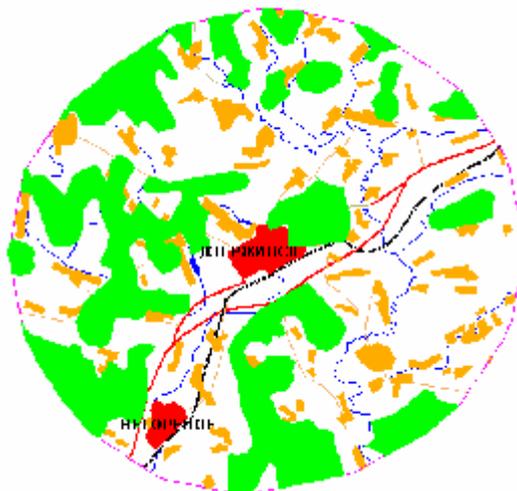


Рис.36. Построение 10 километровой буферной зоны вокруг г.Дзержинска

Для выполнения пространственного анализа дополнительно были созданы 100-метровые буферные зоны вокруг сельских населенных пунктов, рис.37.

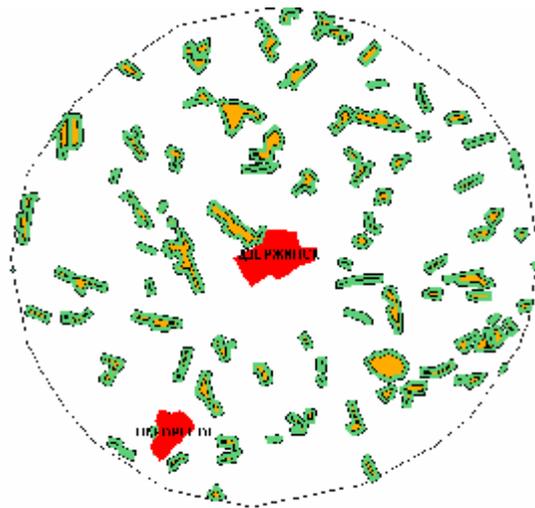
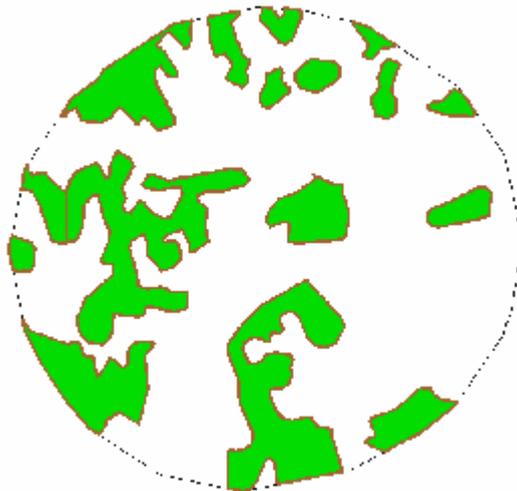
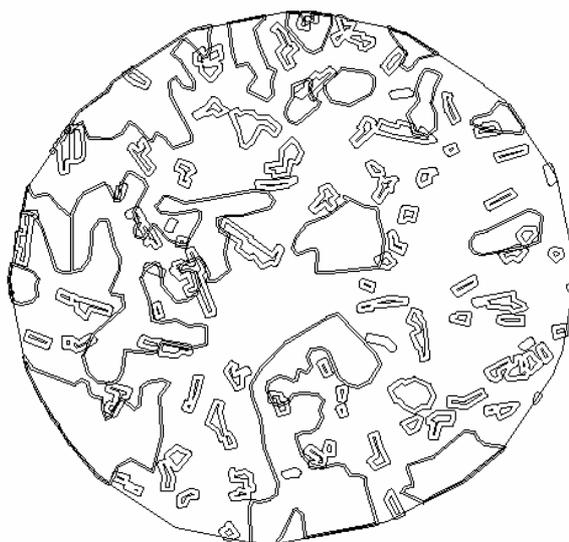


Рис.37. 100-метровые буферные зоны вокруг сельских населенных пунктов

Для размещения артезианской скважины целесообразно рассматривать не используемые в лесном хозяйстве земли, в этой связи путем оверлейных операций леса, 50-метровая буферная зона вокруг лесных массивов и 100-метровые буферные зоны вокруг населенных пунктов были исключены из дальнейшего анализа, рис.38.



a)



б)

Рис.38. Построение буферных зон вокруг лесных массивов (а) и исключение из анализа земель под населенными пунктами и лесами и их буферными зонами (б)

По условиям проекта, нельзя выполнять поиск мест для размещения артезианской скважины в пределах 100-метровой буферной зоны речных водотоков. В этой связи были созданы 100-метровые буферные зоны вокруг водотоков, которые затем были дополнительно вычтены из предыдущей схемы земель, рис.39.

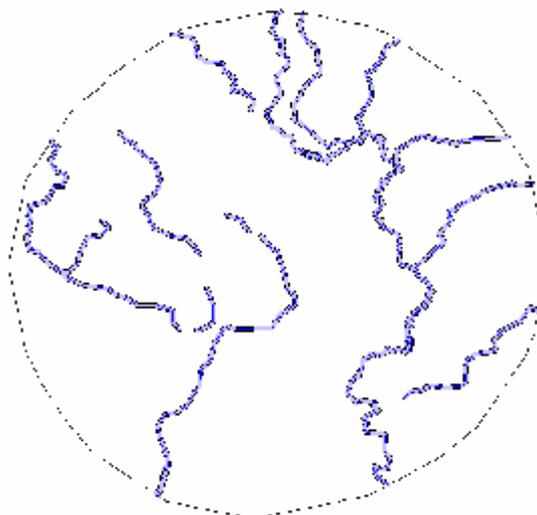


Рис.39. Буферные зоны вокруг речных водотоков

Далее по требованиям проекта из анализа необходимо исключить земли, которые приходятся на 500-метровые буферные зоны от потенциальных источников загрязнения окружающей среды (промышленные и сельскохозяйственные предприятия и др. объекты), рис.40.

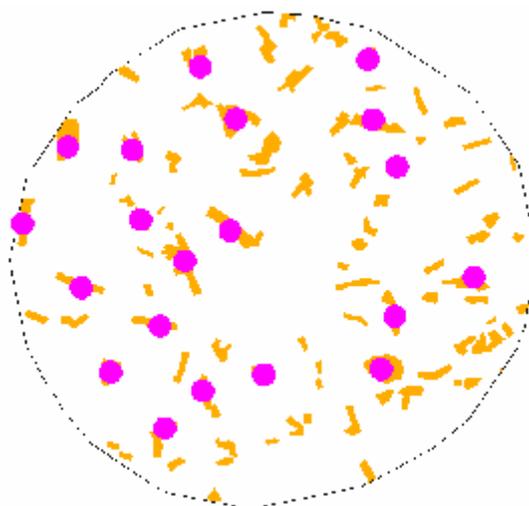


Рис.40. 500-метровые буферные зоны вокруг точечных источников загрязнения окружающей среды

В конечном итоге путем последовательного выполнения оверлейных операций была получена итоговая карта по поиску мест, пригодных для постройки артезианской скважины, рис.41.

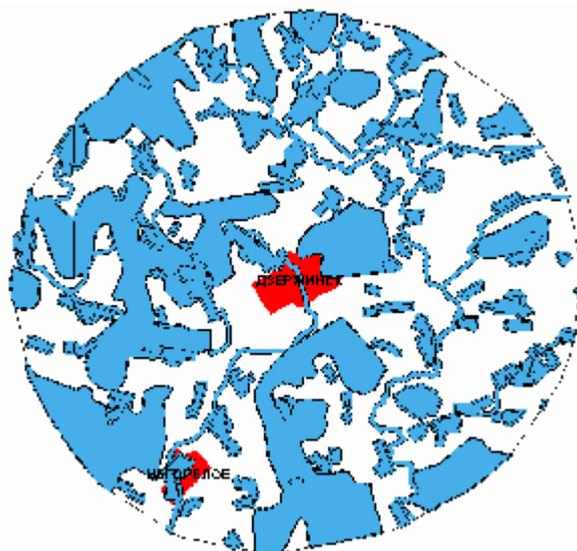


Рис.41. Итоговая карта по поиску мест, пригодных для постройки артезианской скважины (белый фон)

Таким образом, выше приведенный пример иллюстрирует последовательность шагов по выбору места для строительства объекта (в данном примере артезианской скважины) по перечню критериев с использованием операций в ГИС.

Вопросы для самопроверки:

1. Перечислите основные этапы работ при выполнении ГИС-проекта по выбору места для размещения артезианской скважины.
2. Перечислите список критериев, которые нужно учитывать при выполнении ГИС-проекта по выбору места для размещения артезианской скважины.
3. Какие функции пространственного анализа используются при выполнении ГИС-проекта по выбору места для размещения артезианской скважины.

3.8. Географическая связка в ГИС

Пространственные объекты в цифровом представлении могут быть сгруппированы в слои как показано на рис.42. Для этого необходимо, чтобы все цифровые слои имели общую картографическую проекцию, масштаб и использовали одну и ту же точку отсчета. В этом случае можно быть уверенным, что заданные координаты на любом из цифровых слоев будут указывать на одну и ту же область географического пространства. Это то, что называется географической связкой [10].

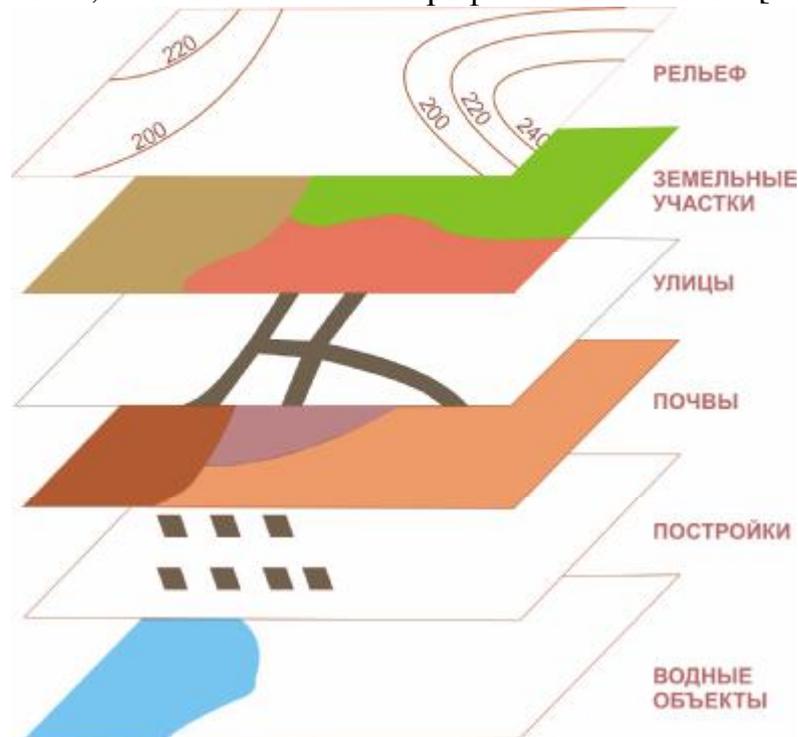


Рис.42. Географическая связка цифровых слоев для изучаемой территории

Например, на рис.42 отображаются цифровые слои карты населенного пункта в режиме географической связки, иллюстрирующие рельеф, земельные участки, улицы, почвы, постройки, водные объекты и т.д.

Вопросы для самопроверки:

1. Перечислите признаки, при которых группа цифровых слоев формирует географическую связь.
2. Перечислите цифровые слои карты населенного пункта.

3.8.1. Координаты пространственных данных

Пространственные данные в ГИС нуждаются в географической привязке (геопривязке), т.е. вводе значений географических координат в изображение. Функциональные возможности ГИС позволяют геопривязывать отсканированные карты, векторные модели данных, аэро- и космоснимки, вводить текстовые списки координат, которые затем можно отображать в виде точечной темы. На геопривязанных изображениях можно определять проекцию, выполнять операции перехода изображения из одной проекции в другую, «сшивать» листы цифровых карт, вычислять реальные значения длин, периметров, площадей пространственных объектов.

Математическое обеспечение ГИС для работы с географическими координатами изображений включает модели параметров референц-эллипсоидов и общеземных эллипсоидов. До создания спутниковых геодезических систем параметры референц-эллипсоидов определялись в результате вычислительной обработки данных государственных и региональных геодезических сетей (**локальные датумы**). Поскольку такие сети создаются на разных континентах, разными средствами и с разным уровнем точности, на настоящий момент имеется более двух десятков референц-эллипсоидов, каждый из которых оптимален лишь для определенной части Земли. Для территории России таким эллипсоидом является эллипсоид Красовского, рассчитанный в 1940 г., рис.43.

Спутниковые геодезические системы позволяют наиболее точно определить параметры эллипсоида, аппроксимирующего земную поверхность и совместить его центр с центром масс Земли. В результате получается общеземной эллипсоид (World ellipsoid), который аппроксимирует поверхность Земли в целом (**глобальный датум**). В США в настоящий момент используется общеземной эллипсоид WGS-84 (World Geodetic System 1984), в России – ПЗ-90 (Параметры Земли 1990 г.).

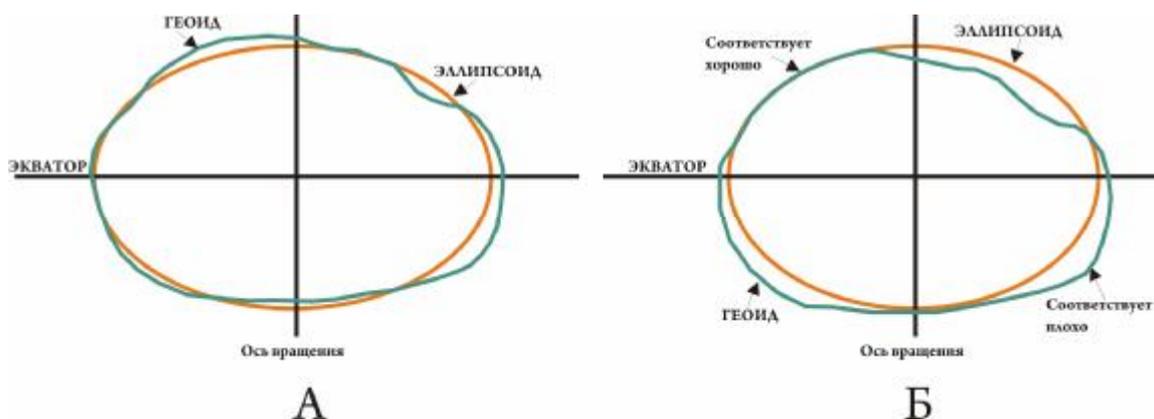


Рис.43. Глобальный датум (А) и локальный датум (Б)

В ГИС при задании базовых параметров систем координат, т.е. набора параметров, определяющих систему координат, и набор контрольных точек, геометрические связи которых определены через измерение или вычисление, учитываются параметры эллипсоида, который используется для аппроксимации формы Земли. При этом эллипсоид задается радиусом и эксцентриситетом. Эти две константы используются в качестве входных параметров для уравнений, по которым вычисляют координаты проекции по координатам в десятичных градусах. Когда проекция создана, она связывается с эллипсоидом, заданным по умолчанию, чтобы эти константы были доступны. Эллипсоид по умолчанию разный для разных проекций.

Следующим этапом по геопривязке в ГИС является задание системы геодезических координат на поверхности эллипсоида. В качестве координат используются криволинейные координаты, известные как широта и долгота. Хотя начало координат определяется как точка на пересечении экватора и Гринвичского меридиана, в действительности для задания отсчета координат используется косвенный метод, когда для некоторой точки на реальной поверхности Земли (так называемого начального пункта) фиксируются значения широты и долготы, производится совмещение нормали к поверхности референц-эллипсоида и отвесной линии в данной точке, а плоскость меридиана исходного пункта устанавливается параллельно оси вращения Земли. Эти исходные данные жестко фиксируют систему геодезических координат относительно тела Земли. Для эллипсоида Красовского такая точка задана в Пулково (центр круглого зала обсерватории), и этим задается основа Системы координат 1942 г. (СК-42).

Фактически, с точки зрения создания карт, нет принципиальной разницы между эллипсоидами, полученными разными методами, – в любом случае выполняется то или иное отображение референц-поверхности

на плоскость. Выбор эллипсоида для ГИС определяется многими факторами, в том числе удобством использования совместно с другими системами (например, системами спутникового позиционирования GPS или ГЛОНАСС).

В ГИС-программах при использовании различных эллипсоидов следует иметь в виду, что в настоящий момент точные и однозначные параметры связи имеются не для всех комбинаций эллипсоидов. Так, например, параметры связи СК-42 и ПЗ-90 известны точно. В то же время известно несколько вариантов параметров связи ПЗ-90 и WGS-84. Причем смещение объектов на поверхности Земли при использовании разных вариантов может достигать сотен метров, что для крупного масштаба недопустимо.

В этой связи приобретая данные для ГИС из разных источников, необходимо получать вместе с ними также и параметры связи, использованные для перехода из СК-42 на WGS-84, если такое преобразование имело место. И именно эти параметры связи должны закладываться в программное обеспечение для получения корректных результатов.

Вопросы для самопроверки:

- 1. Какие действия необходимо выполнить, чтобы геопривязать изображение в ГИС?*
- 2. Какие виды информации можно геопривязывать в ГИС?*
- 3. Какие виды анализа можно выполнять на геопривязанных изображениях?*
- 4. Какими методами определяются параметры референц-эллипсоидов?*
- 5. Назовите референц-эллипсоид для России.*
- 6. Какими методами определяются параметры общеземных эллипсоидов?*
- 7. Назовите общеземной эллипсоид для России.*

ГЛАВА 4. ИСТОЧНИКИ ДАННЫХ ДЛЯ ГИС

ГИС связывает и интегрирует самую разнородную информацию, которую трудно объединить и проанализировать совместно через какие-либо другие средства. Таким образом, используя комбинацию самых различных данных ГИС выполняет построение цифровой карты для проведения пространственного анализа территории, рис.44.

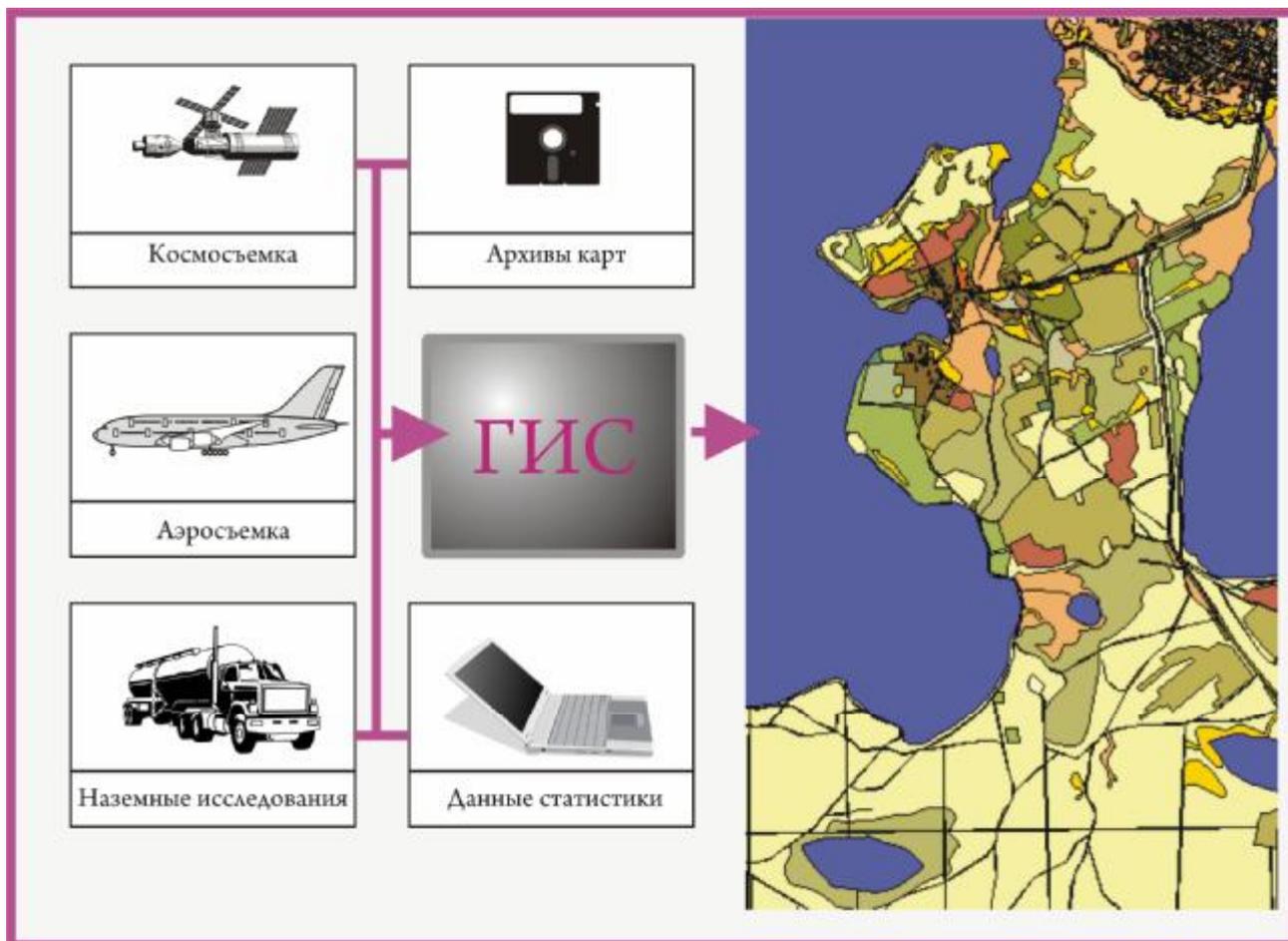


Рис.44. Построение цифровой карты в ГИС с использованием разнородной информации из разных источников данных

Источниками данных для ГИС являются карты, планы, схемы, представленные как в специфических объектных форматах, так и традиционных растровых и векторных форматах. Информационное наполнение ГИС осуществляется путем ввода различных первичных материалов, в том числе результатов измерений на местности, геологических исследований, картографирования, аэрофото — и космической съемки, специальной тематической информации. Необходимо отметить, что общая стоимость приобретения данных для ГИС и их ввод в цифровой форме оцениваются специалистами в сумму около 80% от общей стоимости

ГИС-проекта [12]. В этой связи к этапам выбора и ввода данных в ГИС нужно относиться очень тщательно.

Вопросы для самопроверки:

1. Перечислите источники данных для ГИС.
2. Какая доля от общей стоимости ГИС-проекта приходится на приобретение данных для ГИС и их ввод в цифровой форме?

4.1. Аэросъемка

Аэросъемка на сегодняшний день является наиболее эффективным и дешевым методом формирования актуальных и точных данных для обновления картографической информации в ГИС. Результаты аэрофото-съемки в основном используются для создания и обновления карт различного масштаба и назначения. На сегодняшний день одной из самых совершенных систем является аэрофотосъемочный комплекс RS-39 производства LH System. Основными достоинствами этого комплекса являются возможности получения фотоснимков с сантиметровым разрешением на местности, великолепная оптика с разрешением 120 линий на миллиметр и др. характеристики. Требованиям топографической съемки также удовлетворяют характеристики цифрового авиационного сенсора ADS 40 компании Leica Geosystems [24]. Цифровые аэросъемочные комплексы в зависимости от объема и содержания задач дистанционного исследования территории могут размещаться на тяжелых самолетах-лабораториях Ту-134, Ил-20, легких самолетах Ан-2, вертолетах Ми-8Т, Ка-26.

Использование тепловизоров является основой для выполнения работ по тепловой аэросъемке. Например, тепловизионный комплекс «Малахит» имеет высокую температурную чувствительность – 0,1 градуса, а на высоте 200 м улавливает средний геометрический размер элемента местности равный 30 см. С использованием тепловизоров выполняется широкий спектр работ – определение мест сброса загрязняющих веществ в водные объекты, съемка тепловых подземных коммуникаций, учет мигрирующих животных и др.

На самолетных платформах используются также видеосистемы цифровой регистрации высокого разрешения, которые дают возможность получать изображения с сантиметровым разрешением на местности, возможность непрерывной съемки в реальном масштабе времени без сжатия данных более 10 часов и многоканальные видеоспектрометры.

На борту реактивного самолета могут устанавливаться интерферометрические радары бокового обзора с синтезированной апертурой X- и P-диапазонов, например GeoSAR (США). Получаемые таким способом

данные позволяют составить высокоточные модели рельефа даже в тех случаях, когда его скрывает от взгляда сверху плотный покров растительности. Преимущество технологии заключается также в том, что пользоваться ею можно в любое время суток, независимо от погодных условий.

При аэро съемке ГИС может также использоваться для расчетов границ кадров аэро съемки с последующим экспортом в ГИС [13]. При данном цикле работ траектория полета и точная ориентация каждого кадра аэрофотосъемочной аппаратуры восстанавливаются на основе GPS-координат центров фотографирования, а высота съемки над поверхностью эллипсоида также берется из GPS-измерений, а высота рельефа над поверхностью эллипсоида определяется по цифровой модели рельефа. Полученные данные оформляются в векторный файл и экспортируются в ГИС.

Необходимо отметить, что аэрофотосъемка в настоящее время остается основным источником данных для ГИС и основным методом создания и обновления крупномасштабных карт. Не смотря на постоянно возрастающий спрос на космические данные, доля данных аэрофотосъемки на картографическом рынке оценивается в 94%.

Вопросы для самопроверки:

- 1. Назовите наиболее эффективный и дешевый метод формирования актуальных и точных данных для обновления картографической информации в ГИС.*
- 2. Назовите модель и перечислите характеристики одной из самых совершенных систем аэрофотосъемочного комплекса на сегодняшний день.*
- 3. Для каких видов работ используются тепловизоры?*
- 4. Для каких видов работ используются видеосистемы цифровой регистрации высокого разрешения?*
- 5. Для каких видов работ используются интерферометрические радары бокового обзора?*
- 6. Приведите значение цифры, которая указывает на долю данных аэрофотосъемки на картографическом рынке.*

4.2. Аэрофотограмметрия

Фотограмметрическая обработка результатов аэрофотосъемки до настоящего времени остается наиболее точным источником данных и возможностью их обновления для ГИС. Выполнение аэрофотосъемки, стереобработка фотоснимков, редактирование данных и получение пространственной информации – эти основные этапы работы до настоящего времени остаются значительными по трудозатратам и по стоимости.

В настоящее время выделяют два типа технологии фотограмметрической обработки материалов аэрофотосъемок.

А. Аналитическая фотограмметрия.

Фотограмметрическая обработка материалов съемок по аналитической технологии основана на использовании аналитических стереообработывающих приборов, средств вычислительной техники и программного обеспечения. К числу решаемых аналитической технологией задач относятся:

§ стереофотограмметрическая обработка снимков;

§ построение и уравнивание маршрутной и блочной фототриангуляции;

§ измерение снимков и дальнейшее построение цифровой модели местности;

§ цифровое составление карт с кодированием признаков и текущем контроле при сборе данных, интерактивным редактированием при составлении карт и выдачей графической продукции в разнообразной форме;

§ высокоточные измерения координат точек;

§ сбор данных для получения ортофотоснимков и др.

Выходными данными аналитической фотограмметрии могут быть не только топографические карты, но и цифровые продукты, такие как цифровые карты и цифровые модели местности (ЦММ).

Б. Цифровая фотограмметрия.

Цифровая фотограмметрия, в отличие от использования физических изображений на стекле, пленке или бумаге, обрабатывает изображение с высоким пространственным разрешением в цифровой форме в компьютере. При этом фотографическое изображение преобразовывается в цифровую форму путем дигитализации или сканирования. Изображения также могут быть получены в цифровой форме непосредственно со специальной камеры, (например, ADS 40), установленной на различных носителях. На рабочей фотограмметрической станции цифровая модель местности может быть сгенерирована автоматически. Для автоматизации распознавания образов геообъектов на местности (образцы домов и других строений, дорог, мостов и т.д.) выполняется большая работа по установлению образцов пространственных объектов.

По мере развития цифровой фотограмметрии фотограмметрические методы все теснее интегрируются с дистанционным зондированием и ГИС. Цифровые фотограмметрические системы применяют развитое программное обеспечение для автоматизации задач, связанных с традиционной фотограмметрией, доводя до минимума ручное управление, необходимое для выполнения фотограмметрических операций.

SOCET SET – одна из таких профессиональных фотограмметрических систем. Аппаратное обеспечение цифровой фотограмметрической станции включает достаточно мощный компьютер и набор коммерчески доступной, специальной периферии для полноценной работы в стереорежиме, рис.45.

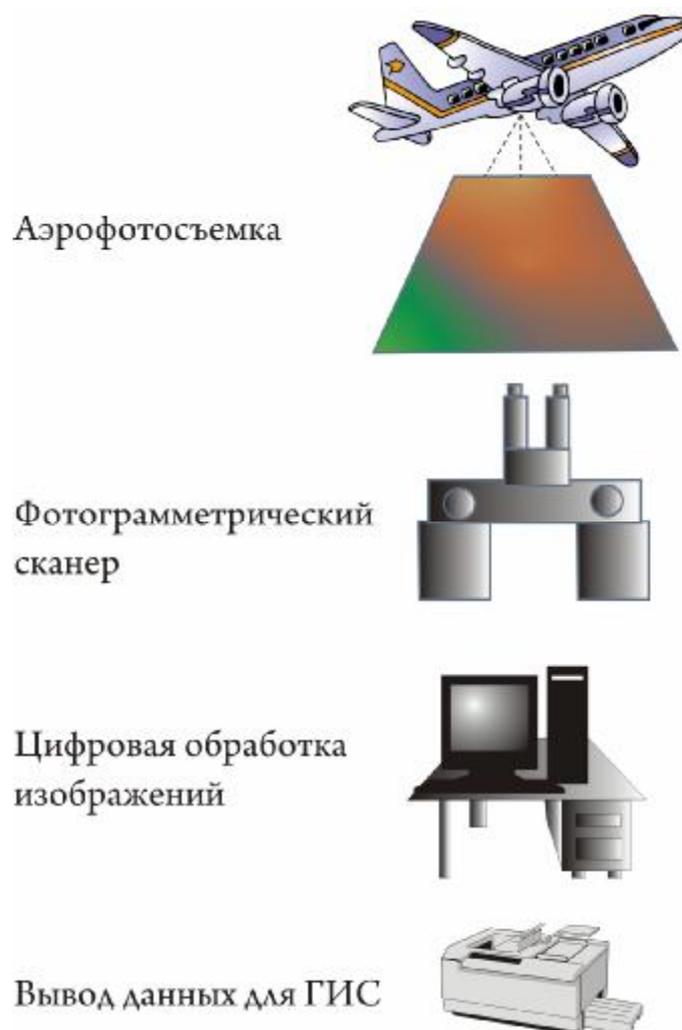


Рис.45. Схема основных этапов аэрофотограмметрии

Вопросы для самопроверки:

1. Назовите наиболее точный метод формирования актуальных и точных данных для обновления картографической информации в ГИС.
2. Назовите основные этапы фотограмметрической обработки результатов аэрофотосъемки.
3. Назовите основные типы технологий фотограмметрической обработки материалов аэрофотосъемок.
4. Перечислите задачи, решаемые аналитической фотограмметрией.
5. Назовите виды выходной продукции аналитической фотограмметрии.
6. Перечислите задачи, решаемые цифровой фотограмметрией.

7. *Приведите пример модели современной профессиональной фотограмметрической системы.*

4.3. Оптико-электронные космические системы наблюдения

Важным фактором повышения эффективности ГИС и добавления элемента времени в геоизображения является использование оперативной информации из оптико-электронных космических систем наблюдения. Спутниковые данные позволяют в режиме реального времени в течение месяцев и даже многих лет вести наблюдения за состоянием земной поверхности.

Используемый в дистанционном зондировании Земли участок спектра электромагнитных волн делится на несколько диапазонов: оптический, тепловой и радиоволновой. В оптическом диапазоне регистрируется отраженное солнечное излучение, в тепловом – излучение самих объектов, в радиоволновом – отраженное от объектов излучение активного сенсора (радиолокатор бокового обзора или с синтезированной апертурой антенны). Съемка земной поверхности (касается оптического и теплового диапазонов) может осуществляться как в широких участках спектра (панхроматическая съемка), так и в многочисленных узких спектральных зонах (мульти- и гиперспектральная съемка). Панхроматические изображения имеют, обычно, более высокое пространственное разрешение, а многоспектральные содержат уникальную информацию о спектральной отражательной или излучательной способности наблюдаемых объектов.

Для извлечения нужной информации из данных дистанционного зондирования (ДДЗ) требуются специальные средства обработки и анализа изображений. Полным инструментарием по интерпретации изображений для ГИС обладает программный комплекс ERDAS IMAGINE, представляющий уникальные возможности по коррекции и анализу данных космической и аэросъемки.

Информационную основу космического дистанционного зондирования составляют изображения, полученные приборами с таких летательных платформ как спутники TERRA, Landsat, SPOT и др. Например, аппаратный комплекс ASTER, установленный на платформе спутника TERRA, представлен тремя приборами (подсистемы VNIR, SWIR, TIR) – сканерами, снимающими в видимом, коротковолновом и длинноволновом диапазонах, и имеющими отдельные телескопы, комплекты детекторов и вспомогательных устройств, эталонный источник излучения для радиометрической калибровки. Съемка ведется в 14 диапазонах с высоким пространственным, спектральным и радиометрическим разрешением. На отлете от регистрируемой территории, дополнительная камера

формирует стереопару, что позволяет получить цифровую модель рельефа снятой местности.

Использование космоснимков не только полезно при уточнении векторных карт, но и удобно для их последующего совместного использования с цифровой картой в качестве основы тематических материалов (например, градостроительные планы или геологические схемы и т.д.). В таком сочетании создается наиболее реалистичный визуальный образ пространства, дающий достоверную информацию о точности и актуальности пространственных данных [16], рис.46.

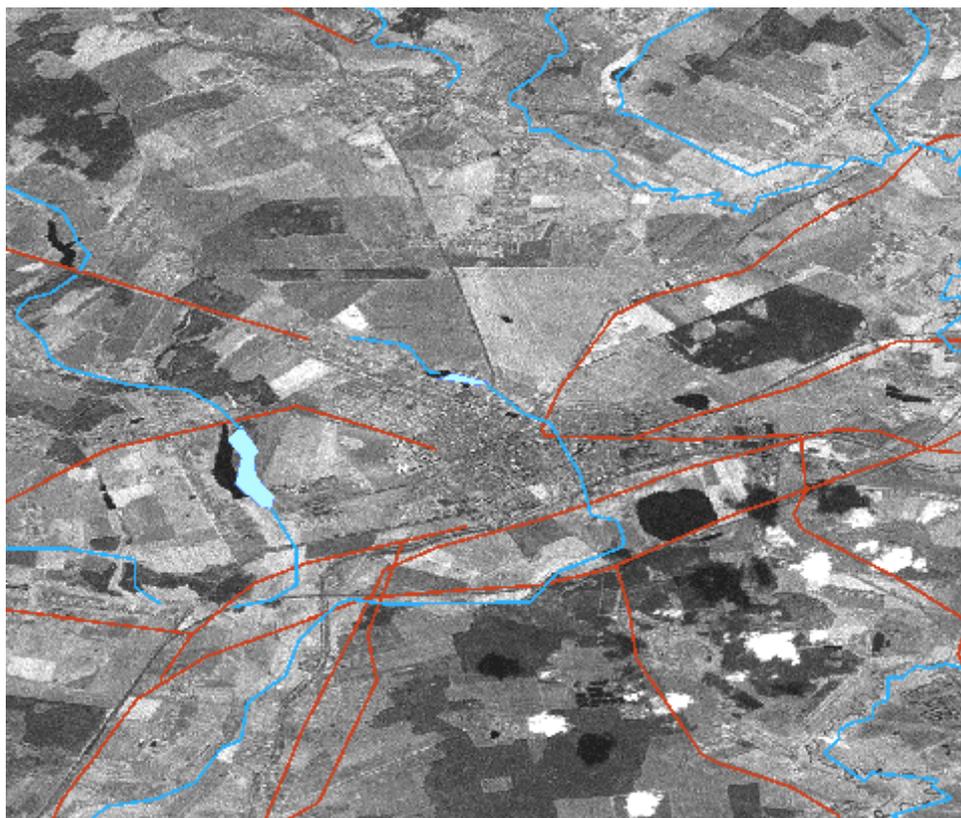


Рис.46. Фрагмент космоснимка Landsat-7 ETM+ (2001 г.) Дзержинского района с наложенными элементами векторной карты (дороги, реки, водоемы)

В настоящее время одним из спутников, данные которого с наземным разрешением (82 см) и позиционной точностью менее 1 м доступны для коммерческих пользователей, является IKONOS, запущенный в сентябре 1999 г. Снимки космического аппарата QuickBird характеризуются пространственным разрешением 61 см для монохромного изображения и 2,44 м для мультиспектрального. Владельцем QuickBird является американская компания Digital Globe (www.digitalglobe.com). В России продукцию Digital Globe распространяет несколько компаний, в том числе компания «Прайм групп» (www.primegroup.ru) [18]. Спутник OrbView-3, запущенный в начале лета 2003 г., имеет данные во многом по своим ха-

рактеристикам сходные с данными IKONOS (адрес сайта OrbImage – www.orbimage.com [21]. 5 мая 2005 г. с космодрома Шрикарихота под Мадрасом был запущен CartoSat-1 (ISR-5P). Установленная на нем аппаратура позволяет получать стереоснимки поверхности Земли с пространственным разрешением 2,5 м. На основе таких изображений можно строить подробные трехмерные модели местности.

С европейского ресурсного спутника ENVISAT большой популярностью пользуются данные радиолокатора бокового обзора (15-45 градусов) с синтезированной апертурой – ASAR. Данные ASAR востребованы во многих приложениях – от наблюдений за состоянием ледового покрова и мониторинга районов стихийных бедствий до мониторинга разливов нефтепродуктов.

Вопросы для самопроверки:

1. *Какие преимущества обеспечивает использование в ГИС данных оптико-электронных космических систем наблюдения?*
2. *На какие участки спектра делится диапазон электромагнитных волн?*
3. *Какое излучение регистрируется в оптическом диапазоне?*
4. *Какое излучение регистрируется в тепловом диапазоне?*
5. *Какое излучение регистрируется в радиоволновом диапазоне?*
6. *Приведите пример программного комплекса по интерпретации изображений для ГИС.*
7. *Опишите характеристики аппаратного комплекса ASTER, установленного на платформе спутника TERRA.*
8. *Какими преимуществами обладает совместное использование цифровой карты и космоснимка?*
9. *Назовите спутники высокого пространственного разрешения, данные с которых доступны для коммерческого использования.*

4.4. Лидары

В настоящее время для сбора данных о топографии местности все шире используются бортовые лазерные сканеры – лидары (от **LIDAR: Light Detection And Ranging – Оптическая регистрация и измерение**) [1]. Лидары устанавливаются на летательных аппаратах и обеспечивают прямое измерение профиля земной поверхности с высокой точностью. Сканер вырабатывает высокочастотный лазерный импульс и принимает отраженный от земли сигнал с задержкой и интенсивностью, параметры которых зависят от высоты и качества отражающей поверхности. Далее сигнал обрабатывается с учетом данных бортового GPS-приемника внутренними подсистемами сканера.

Данные LIDAR отображаются в ГИС в виде наборов точек, гридов или изолиний. Например, для представления данных лидара о высоте лучше подходит формат грид, в котором картируемая область делится на

ячейки, и каждой ячейке присваивается значение высоты поверхности над уровнем моря. Набор данных в виде грида обеспечивает более равномерное и непрерывное отображений поверхности и предоставляет лучшие возможности для анализа, управления и отображения геоданных, рис.47.

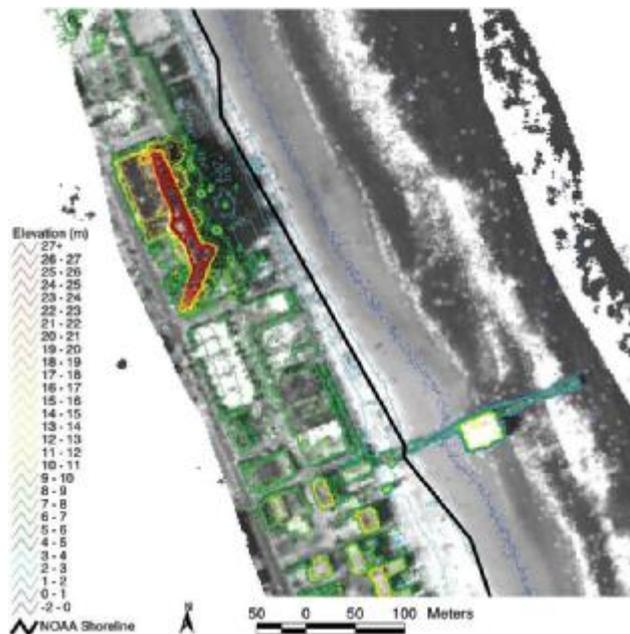


Рис.47. Изолинии равных высот, построенные по данным LIDAR в виде грида

Например, первый российский космический лидар называется БАЛКАН. 20 мая 1995 г. он был успешно выведен на орбиту в составе модуля «Спектр» орбитальной станции «Мир».

Вопросы для самопроверки:

1. Какая новая технология используется для сбора данных о топографии местности?
2. В виде каких моделей данных отражаются измерения лидаров в ГИС?
3. Назовите первую модель российского космического лидара.

4.5. Системы спутникового позиционирования

Автоматизированная компьютерная обработка разнородной пространственной географической информации с использованием ГИС-технологий вызвала необходимость получения высокоточных координат. В настоящее время высокоточное определение местоположения на местности как в статике так и в движении достигается использованием данных с систем спутникового позиционирования, которые затем интегрируются в ГИС.

Техника навигационных определений по сигналам искусственных спутников Земли (ИСЗ) стала обрабатываться начиная с 1957 г. Спутни-

ковые радионавигационные системы первого поколения появились в начале 60—х годов.

В настоящее время в мире функционируют три основные системы спутникового позиционирования с разной степенью навигационного покрытия и уровнем сервиса предоставляемых навигационных услуг – GPS (США), ГЛОНАСС (Россия), Galileo (Европейский Союз). Рассмотрим основные принципы организации систем спутникового позиционирования.

4.5.1. GPS (США)

Как нередко бывает с высокотехнологичными проектами, инициаторами разработки и реализации системы GPS (Global Positioning System - система глобального позиционирования) в США стали военные. Проект спутниковой сети для определения координат в режиме реального времени в любой точке земного шара был назван Navstar (Navigation system with timing and ranging - навигационная система определения времени и дальности), тогда как аббревиатура GPS появилась позднее, когда система стала использоваться не только в оборонных, но и в гражданских целях.

Первые шаги по развертыванию навигационной сети были предприняты в середине семидесятых, коммерческая же эксплуатация системы в сегодняшнем виде началась с 1995 г.

Система GPS в целом состоит из трех сегментов: космического, управляющего, пользовательского.

Космический сегмент. Основой системы являются 24 GPS-спутника, движущихся над поверхностью Земли по 6 орбитальным траекториям (по 4 спутника на каждой), на высоте 20180 км, Наклонение траекторий составляет 55 градусов.

Спутники GPS распределены по шести орбитальным плоскостям. Орбиты спутников обеспечивают одновременную видимость от четырех до двенадцати аппаратов в любой точке земной поверхности. Срок службы каждого из них составляет 10 лет, их заменяют по мере выхода из строя.

Управляющий сегмент. В этот сегмент GPS входят 5 контрольных центров (включая мастер-центр), дислоцированных на американских военных базах. Станции наблюдения, расположенные на Гавайях, атолле Кваджелейн (Kwajalein), островах Вознесения (Ascension Island) и Диего-Гарсия (Diego Garcia) и в Колорадо-Спрингс (Colorado Springs), три наземные антенны (на островах Вознесения, Диего-Гарсия и атолле Кваджелейн), а также главная контрольная станция, расположенная на базе Falcon военно-воздушных сил США в Колорадо. Станции наблюдения

следят за спутниками, записывая всю информацию об их движении, которая передается на главную командную станцию для корректировки орбит и навигационной информации.

Пользовательский сегмент. Самый насыщенный сегмент - в него входят десятки и сотни тысяч стационарных и персональных GPS-приемников, которые продаются в виде автономных устройств, модулей расширения к портативным компьютерам или же встраиваются в определенные виды оборудования (часы, сотовые телефоны и др. устройства). Пользовательские приемники позволяют определить координаты места, регистрируя излучаемые видимыми в данной точке спутниками сигналы. Среди независимых устройств наибольшую популярность имеют приемники, производимые компанией GARMIN (www.garmin.com). Компания выпускает очень широкую модельную сетку устройств, начиная от простейших персональных навигаторов до серьезных морских и авиационных приборов. Приемники часто дополняются системами электронной картографии и другими специализированными электронными сервисами.

Вопросы для самопроверки:

- 1. Назовите три основные системы спутникового позиционирования, функционирующие в мире.*
- 2. Перечислите основные принципы организации системы спутникового позиционирования GPS (США).*

4.5.2. ГЛОНАСС (Россия)

Подсистема космических аппаратов (ПКА) системы ГЛОНАСС состоит из 24-х спутников, находящихся на круговых орбитах высотой 19100 км, наклоном 64,8 град, и периодом обращения 11 часов 15 минут в трех орбитальных плоскостях. Орбитальные плоскости разнесены по долготе на 120 град. В каждой орбитальной плоскости размещаются по 8 спутников. Такая конфигурация ПКА позволяет обеспечить непрерывное и глобальное покрытие земной поверхности и околоземного пространства навигационным полем, рис.48.

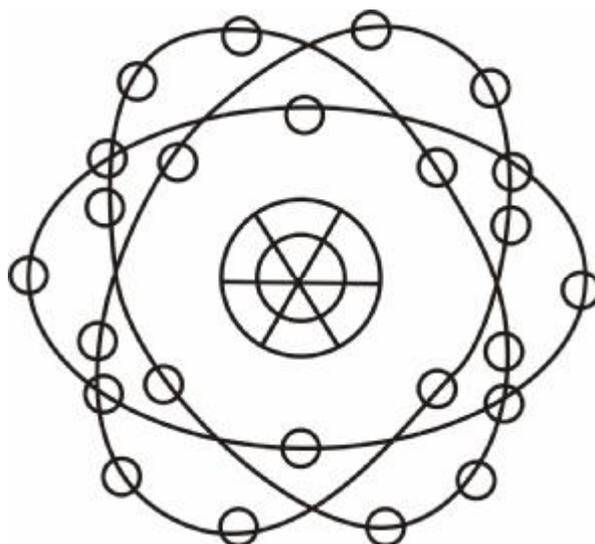


Рис. 48. Модель орбитальной группировки в системе ГЛОНАСС в виде трех орбитальных колец при взгляде со стороны северного полюса мира

Подсистема контроля и управления состоит из Центра управления системой ГЛОНАСС и сети станций измерения, управления и контроля, рассредоточенной по всей территории России.

Навигационная аппаратура потребителей состоит из навигационных приемников и устройств обработки, предназначенных для приема навигационных сигналов спутников ГЛОНАСС и вычисления собственных координат, скорости и времени.

Информация, предоставляемая навигационным сигналом стандартной точности, доступна всем потребителям на постоянной и глобальной основе и обеспечивает, при использовании приёмников ГЛОНАСС, возможность определения: горизонтальных координат с точностью 50-70 м; вертикальных координат с точностью 70 м; составляющих вектора скорости с точностью 15 см/с точного времени с точностью 0,7 мкс.

Для определения пространственных координат и точного времени требуется принять и обработать навигационные сигналы не менее чем от 4-х спутников ГЛОНАСС.

При увеличении количества спутников до 18 на территории России обеспечивается практически 100%-ная непрерывная навигация. На остальной части Земного шара при этом перерывы в навигации могут достигать до полутора часов. Практически непрерывная навигация по всей территории Земного шара обеспечивается при орбитальной группировке из 24-х спутников.

Первый запуск спутника по программе ГЛОНАСС (Космос 1413) состоялся 12 октября 1982 года. Система ГЛОНАСС была официально принята в эксплуатацию 24 сентября 1993 года. Полная группировка в составе 24-х спутников в соответствии с федеральной целевой програм-

мой «Глобальная навигационная система» должна быть развёрнута в 2010 году.

Вопросы для самопроверки:

1. Перечислите основные принципы организации системы спутникового позиционирования ГЛОНАСС (Россия).
2. Какое число спутников ГЛОНАСС обеспечивают непрерывную навигацию по всей территории России?
3. Какое число спутников ГЛОНАСС обеспечивают непрерывную навигацию по всей территории Земного шара?

4.5.3. GALILEO (Европейский Союз)

Галилео (Galileo) — европейский проект спутниковой системы навигации. Европейская система предназначена для решения навигационных задач для любых подвижных объектов с точностью менее одного метра. Помимо стран европейского сообщества достигнуты договорённости на участие в проекте с государствами — Китай, Израиль, Южная Корея. Кроме того, ведутся переговоры с представителями Аргентины, Австралии, Бразилии, Чили, Индии, Малайзии, России и Украины.

Ожидается, что Галилео войдёт в строй в 2008, когда на орбиту будут выведены все 30 запланированных спутников (27 операционных и 3 резервных). Космический сегмент будет дополнен наземной инфраструктурой, включающей в себя два центра управления и глобальную сеть передающих и принимающих станций.

Космический сегмент базируется на орбитальной группировке из 30 средневысотных спутников (МEO) и обеспечивает глобальное покрытие территории земного шара. Орбитальная группировка Galileo оптимизирована для обслуживания территорий, находящихся в высоких широтах.

Первый спутник системы Галилео был доставлен на космодром Байконур 30 ноября 2005 г. 28 декабря 2005 г. с помощью ракеты-носителя «Союз-ФГ» космический аппарат GIOVE-A (Galileo In-Orbit Validation Element) был выведен на расчётную орбиту высотой более 23000 км с наклоном 56°. Масса аппарата составляет 700 кг, габаритные размеры: длина – 1,2 м, диаметр – 1,1 м, срок активного существования - 12 лет.

Вопросы для самопроверки:

1. Перечислите основные принципы организации системы спутникового позиционирования Galileo (Европейский Союз).
2. Какое число спутников Galileo обеспечивают непрерывную навигацию по всей территории Земного шара?

ГЛАВА 5. АППАРАТНО- ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА ГИС

Компьютерное обеспечение географических информационных систем включает аппаратную и программную части.

Аппаратная часть ГИС включает компьютер (или несколько сетевых компьютеров с центральным сервером) и компьютерную периферию как для ввода данных в ГИС (мышь, клавиатура, дигитайзер, сканер, фотограмметрические станции, цифровые фото и видеокамеры, геодезические приборы, GPS-приемники и др.), так и для вывода данных из ГИС (монитор, принтер, плоттер, мультимедийный проектор и др.), рис.49.

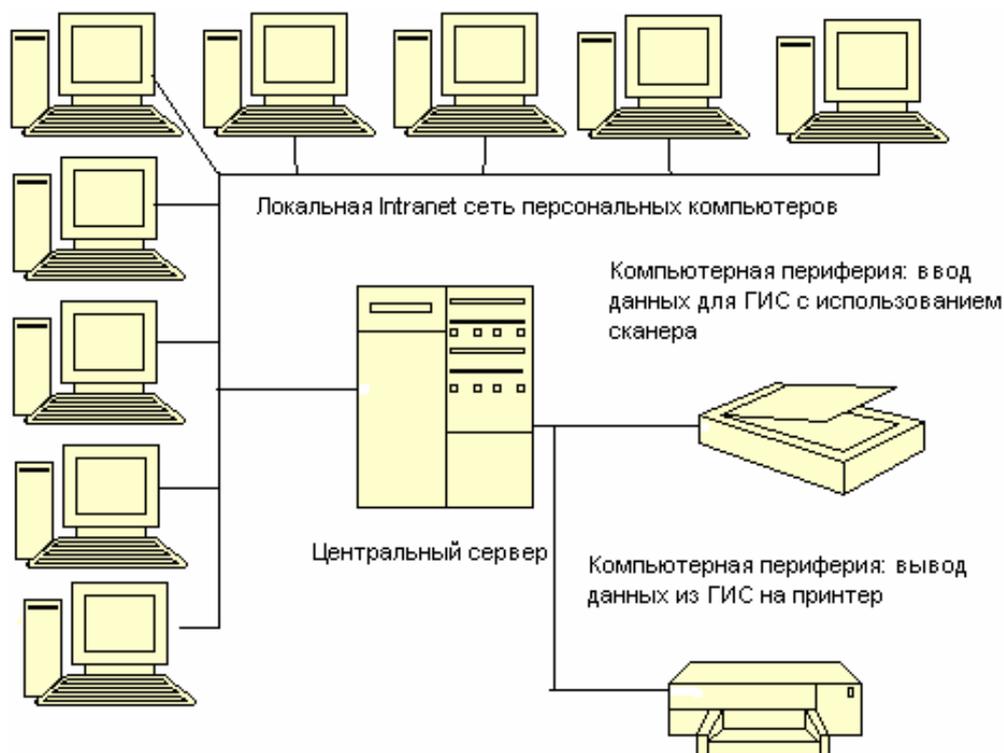


Рис.49. Фрагмент аппаратной части ГИС

Программная часть ГИС включает операционную систему (WINDOWS, UNIX и др.) и специализированное коммерческое программное обеспечение для ГИС.

В настоящее время государственные, коммерческие и частные организации в большинстве случаев используют не собственные программные разработки по географическим информационным системам, а покупают лицензионные «коробочные» программные продукты, созданные известными производителями, табл.3.

Таблица 3

Примеры коммерческого программного обеспечения для ГИС

Фирма производитель программного ГИС обеспечения	Название программного продукта	Сайт фирмы
<i>ESRI</i>	<i>ArcGIS</i>	http://www.esri.com
<i>КБ "Панорама"</i>	<i>ГИС Панорама</i>	http://www.geo-trade.ru
<i>MapInfo</i>	<i>MapInfo Professional</i> ®	http://www.mapinfo.com
<i>Autodesk</i>	<i>AutoCAD</i> ® <i>Map 3D</i>	http://usa.autodesk.com
<i>БГУ</i>	<i>MapManager</i>	http://www.bsu.by

Число ведущих мировых производителей программного обеспечения по ГИС возглавляет компания ESRI Inc. (США) (www.esri.com). Одним из последних и популярных коммерческих ГИС-продуктов ESRI Inc. является ArcGIS.

Самая последняя версия ArcGIS доступна в трех комплектациях под тремя разными именами в зависимости от функциональности:

§ ArcView (простая, стандартный набор ГИС-инструментов)

§ ArcEditor (функциональная, профессиональный набор ГИС-инструментов)

§ ArcInfo (продвинутая; промышленный набор ГИС-инструментов).

Однако, независимо от комплектации ArcGIS будет содержать по крайней мере три основных программных обеспечения: «ArcCatalog», «ArcMap» и «ArcToolbox».

ArcCatalog напоминает распространенный менеджер файлов – «Проводник» операционной системы Windows. В ArcCatalog можно просматривать как пространственные, так и атрибутивные данные ГИС, в том числе и трехмерные. В ArcCatalog можно создавать файлы, папки, специальные метаданные, описывающие географические данные. Если данные являются файлом карты, то через двойной щелчок можно карту можно открывать в ArcMap.

ArcMap — основное программное обеспечение пакета ArcGIS. Используя ArcMap можно создавать и редактировать карту, слои, таблицы и диаграммы. Можно выполнять анализ и запрос как пространственных, так и атрибутивных данных.

Непосредственно обрабатывающие пространственную и атрибутивную информацию инструменты сконцентрированы в ArcToolbox. В ArcToolbox содержатся коллекции инструментов анализа, например по экстракции геообъектов, выполнению оверлейных операций, расчетов близости, статистики, построению поверхностей, конвертированию форматов данных и многие другие.

Если ArcGIS содержит ArcScene, то возможно построение по географическим данным трехмерных изображений.

Большим преимуществом пользователей программных продуктов ESRI является возможность использовать достижения мирового геоинформационного сообщества. Множество интересных разработок свободно предоставляется их авторами на сайте *arcscript.esri.com*.

Известными производителями программного ГИС-обеспечения выступают также фирмы КБ "Панорама, MapInfo, Autodesk.

На белорусском рынке для обеспечения работ горнодобывающей промышленности используется ГИС MapManager от БГУ [6]. Разработаны также приложения MapManager для нефтеразведки, которые включают программные комплексы для построения карт изобар, структурных карт и подсчета запасов нефтяных месторождений, оценки нефтеизвлечения.

Вопросы для самопроверки:

1. Назовите основные компоненты компьютерного обеспечения географических информационных систем.
2. Перечислите составные части аппаратной компоненты ГИС.
3. Перечислите составные части программной компоненты ГИС.
4. Назовите ряд коммерческих программных продуктов для ГИС.
5. Назовите ведущего мирового производителя программного обеспечения по ГИС.
6. Приведите пример разработки ГИС от БГУ.

5.1. Ввод данных в ГИС

5.1.1. Дигитайзерный ввод векторных данных

Дигитайзеры – цифровые планшеты со свободным курсором, связанным с персональным компьютером. С использованием дигитайзеров выполняется векторизация по бумажным (пластиковым или др.) оригиналам (аналоговым картам) без предварительного сканирования с размером оригинала от А 3 до А 0. Аналоговая карта устанавливается на поверхности дигитайзера как показано на рис.50.

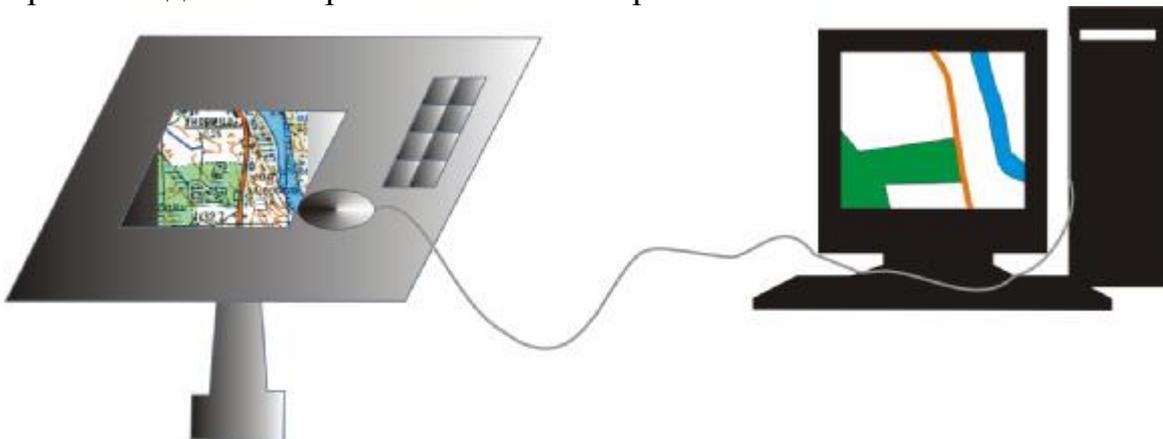


Рис.50. Схема дигитайзерного ввода векторных данных

Работа по дигитализации, т.е. созданию векторного изображения, включает несколько этапов:

Шаг 1. На цифровом планшете устанавливается аналоговая карта.

Шаг 2. Координатные маркеры (тики) в четырех углах этого листа карты должны быть оцифрованы дигитайзером и введены в персональный компьютер вместе с координатами.

Шаг 3. Выполнение послойной оцифровки аналоговой карты (т.е. последовательное создание векторных слоев рельефа, гидрографии и т.д.).

Шаг 4. Редактирование ошибок цифрования таких как недоводы, переводы, отклонения, дубликаты и др.

Шаг 5. Выполнение преобразований из координат дигитайзера в географические координаты для загрузки в пространственную базу данных ГИС.

Основные ошибки цифрования обуславливаются следующими причинами:

§ Механические повреждения аналоговой карты.

§ Наличие разного рода ошибок в самом оригинале аналоговой карты.

§ Несоответствие соседних листов карты.

§ Человеческий фактор, т.е. ошибки ввода данных оператором и т.д.,
рис.51.



Рис.51. Типичные ошибки цифрования

Большим преимуществом дигитайзерной технологии являются: получение качественных векторных моделей с любых типов носителей картографической информации (бумага, пластик, ткань и т.д.) в том числе большеформатных без промежуточного сканирования.

На рынке дигитайзеров лидирует серия CalComp Drawing Board III, которая представляет семейство профессиональных дигитайзеров для ГИС, а также САПР, картографии или просто оцифровки чертежей, карт, схем. В целом используемые в ГИС широкоформатные дигитайзеры характеризуются точностью — от 0,25 мм до 0,05 мм; разрешением около 10160 lpi (400 линий/мм).

Вопросы для самопроверки:

1. *Какой прибор получил название дигитайзер?*
2. *Какие виды работ выполняются с использованием дигитайзера?*
3. *Перечислите основные шаги дигитализации.*
4. *Перечислите основные ошибки цифрования.*
5. *Перечислите преимущества дигитайзерной технологии.*
6. *Назовите современные модели дигитайзеров.*

5.1.2. Сканирование

Для преобразования аналоговых карт или фотографий в черно-белые или цветные цифровые изображения в растровом формате используются сканеры. Однако, чаще всего после сканера цифровое изображение нужно дополнительно обработать до использования в ГИС.

Улучшение качества растра достигается за счет использования разнообразных фильтров: утоньшения или утолщения растровой линии, разделения или слияния их и т.п.

В настоящее время разработан целый ряд профессиональных программных продуктов, предназначенных для улучшения качества растра и полной обработки растровых изображений — отсканированных чертежей, карт, схем, других графических материалов. Данные программы позволяют выполнять сканирование, фильтрацию растра, коррекцию линейных и нелинейных искажений, создавать и редактировать растровые и векторные объекты, векторизовать растр в полуавтоматическом и автоматическом режимах, выводить на печать готовый – растровый, векторный или гибридный чертеж.

Известными сканерами, используемыми в ГИС являются широкоформатные сканеры компании Contex, например модели FSC 8010DSP, FSC 6010DSP и др. Технические возможности сканеров обеспечивают качественное воспроизведение цвета при работе с цветными или монохромными изображениями. Сканеры этой серии работают в полноцветном режиме RGB (24-разряда) при сканировании цветных оригиналов, а

также в режиме выделения объектов и индексированных цветов, а также полутоновом и черно-белом режимах.

Вопросы для самопроверки:

1. Для каких видов работ используется сканирование?
2. Каким образом достигается улучшение качества сканированного изображения?
3. Перечислите современные модели сканеров, используемые в ГИС.

5.1.3. Векторизация сканированного изображения

В процессе векторизации сканированного изображения выполняется преобразование из растра в векторные данные, которое часто называется растрово-векторное преобразование. Автоматизация векторизации сложнее по сравнению с растеризацией, поскольку векторному формату нужно топологическая структура, например, задание направления дугам, формирование левых и правых полигонов и так далее.

Простой алгоритм векторизации показан на рис.52, где изображение в растровом формате преобразовано в векторные данные через уменьшение и цепное кодирование.

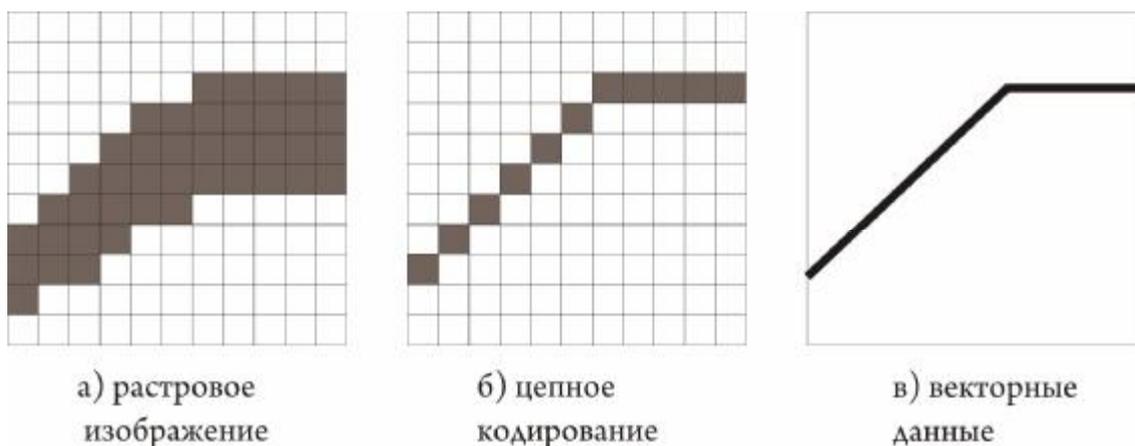
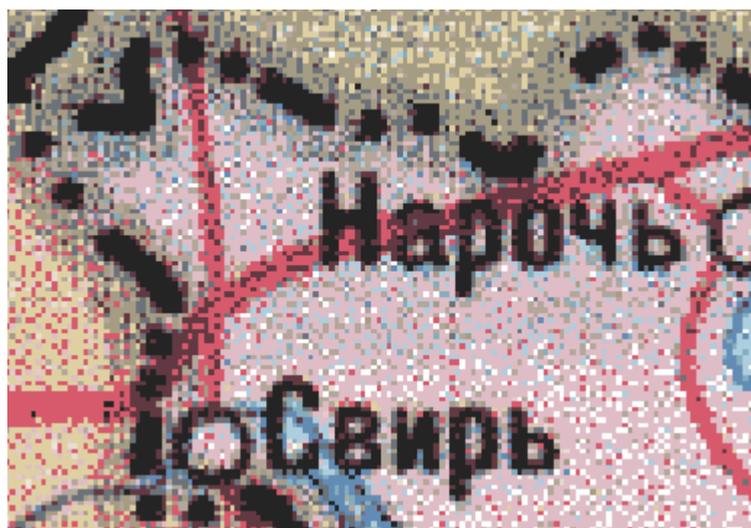
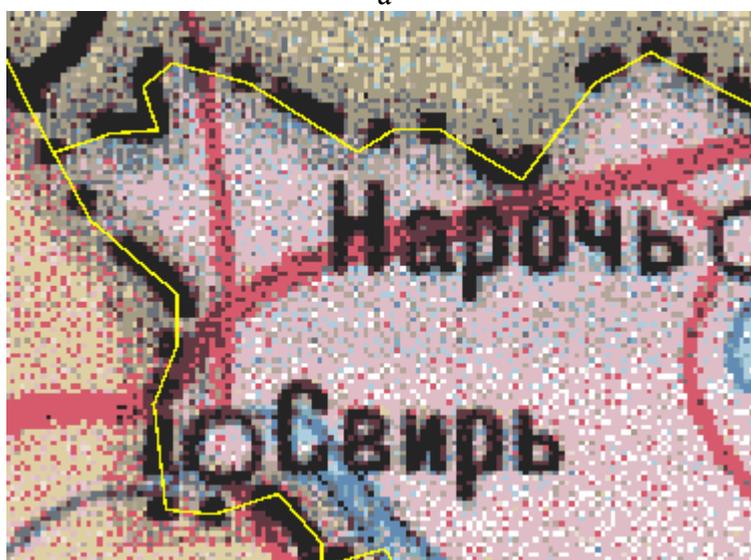


Рис.52. Пример выполнения алгоритма векторизации растрового изображения

Специальные программы-векторизаторы (Vectory, Spotlight Pro, RasterDesk Pro, EasyTrace и др.) под управлением оператора на растровом изображении выделяют тематический слой, удаляют чужеродные объекты (например, следы картографической сети и надписей), выполняют фильтрацию, т.е. удаление шумов – добавление и удаление пикселей, трассировку по пикселям, сшивку полилиний, оптимизацию формы линий и уменьшение числа вершин, выявляют топологические ошибки (самопересечение замкнутых контуров, недоводы и переводы), присвоение атрибутов сформированным векторным объектам, рис.53.



а



б

Рис.53. Исходные данные растрового формата (а), векторизация по растру (б)

Вопросы для самопроверки:

1. Дайте определение растрово-векторного преобразования.
2. Назовите специальные программы по векторизации.
3. Перечислите функции программ по векторизации.

5.1.4. Растеризация

В процессе работы с ГИС-технологией бывает необходимость представить имеющееся векторное изображение в растровой форме. Данное обстоятельство может быть вызвано двумя причинами. С одной стороны, после выполнения ГИС-заказа и получения картографического материала можно представлять заказчику растровые копии векторных карт. Растровый документ можно передавать на любых электронных носителях,

пересылать по электронной почте; просмотр и печать растровых файлов возможны из любого стандартного Windows-приложения или из приложений на платформах Apple Macintosh и Linux. С другой стороны, растровую копию очень трудно редактировать и, соответственно, использовать для нового ГИС-проекта, что позволит сохранить авторское право ГИС-специалистов.

Преобразование векторной карты в растровое изображение выполняется путем растеризации. Растеризация – операция дискретизации векторного изображения, имеющего единую координатную сетку с растром, в результате которой каждая точка растра (пиксел) получает значение локального свойства той части векторного объекта, положение которой совпадают с положением пиксела. В процессе растеризации можно растеризовать векторы на монохромные, цветные, полутоновые растровые изображения, рис.54.

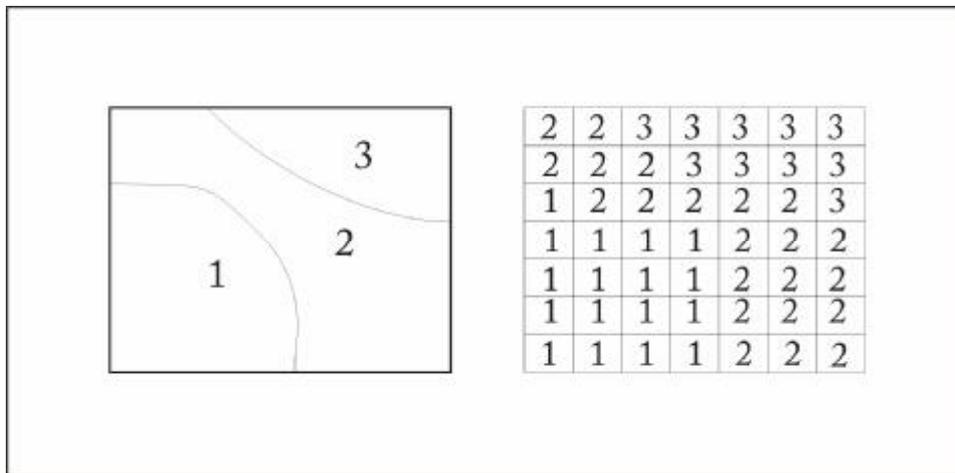


Рис.54. Конвертирование данных из векторного формата в растровый

В ГИС применяется два основных способа приведения данных к растровому формату: интерполяция и конвертирование. При всем многообразии методов **интерполяции** суть данного процесса в современных ГИС сводится к расчету значений ячеек растра непрерывной статистической поверхности по дискретным значениям векторных объектов (точек измерения, изолиний, границ или центроидов полигонов).

Например, путем интерполяции в ГИС-проекте по прокладке трубопровода могут быть получены растровые покрытия как цифровая модель поверхности рельефа и ее производная – карта уклонов; дистанционные поверхности удаленности от транспортных коммуникаций, населенных пунктов, существующих месторождений и др.

При **конвертировании** векторных данных в растр выполняется пространственное наложение векторного покрытия на равномерную сетку (растр). При этом значения характеристик векторного покрытия авто-

матически присваиваются пикселям растра, пространственно совпадающим с соответствующим векторным объектом. Обычно в растр переходят значения только одного значимого поля исходного покрытия, например, типа растительности.

Например, в ГИС-проекте по прокладке трубопровода для решения задач данного проекта указанным способом могут быть получены растровые покрытия типов растительности и почв, водных объектов, транспортных систем и инженерных коммуникаций с учетом категории, коридоров существующих трубопроводов.

Вопросы для самопроверки:

1. Укажите причины необходимости растеризации векторных изображений в ГИС.
2. Дайте определение термина «растеризация».
3. Какие виды растровых изображений можно получить в процессе растеризации?
4. Назовите два основных способа приведения данных к растровому формату.
5. Опишите метод интерполяции, как способа приведения данных к растровому формату.
6. Опишите метод конвертирования, как способа приведения данных к растровому формату.

5.2. Вывод данных из ГИС

Для вывода данных из ГИС используется компьютерная периферия – принтер, плоттер, мультимедийный проектор, монитор. Также ГИС-проекты могут записываться на компакт-диски и другие носители, передаваться по компьютерным сетям. Для компьютерной периферии для ГИС предъявляются повышенные требования по качеству геометрической точности графической информации, так и по цветопередаче, что делает эти устройства достаточно дорогими.

5.2.1. Принтеры и плоттеры

В настоящее время у ГИС-специалистов, работающих в области подготовки широкоформатных картографических изданий, особой популярностью пользуются струйные широкоформатные принтеры, или, как их еще называют, плоттеры. Рынок данного оборудования практически поровну делится между такими крупными корпорациями, как Canon, HP, Xerox и EPSON.

Подобно всем устройствам печати, плоттер имеет ряд важных характеристик, по которым можно определить для чего он предназначен. В число таких характеристик входят реальное разрешение, система подачи краски, тип струйной системы и т.п. (www.compuart.ru/article.aspx?id=8890&iid=368).

Струйные плоттеры делятся по типу струйной системы на два класса: термоструйные и пьезоэлектрические.

Фирмы HP, Encad и ColorSpan применяют в своих плоттерах термоструйные головки, а EPSON и Roland — пьезоэлектрические. При этом сторонники термоструйной технологии делают акцент на увеличении скорости работы, а сторонники пьезоэлектрических головок — на более высоком качестве отрисовки: под качеством подразумевается более высокое разрешение, расширенный диапазон применяемых чернил и более точное управление размером впрыскиваемой капли.

Условно широкоформатные принтеры можно разделить на две категории. Первая — устройства с максимальным форматом печати до A2, вторая — с носителями формата A0 и выше. Первая группа в своем большинстве позиционируется как решения для окончательной печати и распечатки цветокоррекций. Эти устройства обладают большим разрешением, и многие из них являются многокрасочными (шесть и более цветов). С учетом невысокой стоимости таких плоттеров их может позволить себе даже небольшая фирма. Устройства, входящие во вторую группу, обычно имеют более низкое разрешение и ориентированы на большой размер носителей. Данные устройства имеют более высокую цену по сравнению с плоттерами первой группы.

Скорость плоттеров рассчитывается в основном в зависимости от используемого режима печати. Большинство устройств имеют от двух до десятка различных режимов печати, таких как печать с максимальным качеством, печать с максимальной скоростью, печать с уменьшенным расходом той или иной краски. Также скорость зависит от типа используемого при печати носителя, например, в случае применения толстых носителей (например, картон) скорость значительно падает по сравнению с простыми носителями.

Из известных моделей плоттеров для ГИС рынок компьютерной периферии предлагает модели HP Designjet T, Epson Stylus Pro 9600, Canon Bubble Jet W7200 и W7250, Roland SOLJET PRO II EX, MIMAKI JV2-II Solvent и др.

Хотя использование трехмерной печати в ГИС, по данным Wohlers Report, не является характерным, появление технологии DESIGNMate CX от Contex предоставляет картографам, геодезистам и ГИС - специалистам множество уникальных возможностей. Например, технология DESIGNMate CX позволяет реализовать трехмерную модель, созданную средствами практически любого программного обеспечения (www.sapr.ru/article.aspx?id=16185&iid=760), рис.55.



Рис.55. Цифровая модель рельефа, созданная по технологии DESIGNMate CX

Трехмерное моделирование в сфере геоинформационных технологий наиболее перспективно в сфере градостроительных приложений, конструирования и демонтажа зданий и сооружений, оценки последствий воздействий на окружающую среду. 3D-принтеры позволяют в кратчайшие сроки, без каких-либо ограничений и с минимальными погрешностями создавать планы любой местности, планы и модели подземного пространства.

Геоинформационная технология DESIGNMate CX от Contex в корне меняет подход к работе с клиентами. Теперь ГИС-специалисты могут просто и быстро, без использования специальных материалов создавать и наглядно демонстрировать трехмерные модели геообъектов.

Вопросы для самопроверки:

1. Перечислите компьютерную периферию для вывода данных из ГИС.
2. Какие требования предъявляются для компьютерной периферии для вывода данных из ГИС.
3. Назовите общие важные характеристики плоттеров для ГИС.
4. Назовите классы струйных плоттеров.
5. На какие категории делятся плоттеры по формату печати?
6. Назовите известные модели плоттеров для ГИС.
7. Перечислите преимущества использования трехмерной печати в ГИС.

ГЛАВА 6. ГИС-ПРИЛОЖЕНИЯ

6.1. Примеры успешных ГИС

В настоящее время насчитывается множество примеров эффективного использования ГИС для решения задач территориального планирования и управления. Рассмотрим типичный пример успешного современного комплексного корпоративного ГИС-проекта.

Так по материалам доклада компании **Chevron Energy Technology** [5]. ГИС используются в следующих этапах работы компании. В **секторе разведки и добычи** геологи используют ГИС в качестве инструмента для понимания геологической истории района. Они также создают карты рельефа с отмывкой, которые содержат топографию и геологические формации. На карты могут наноситься и разные типы данных, такие как выходы нефтеносного пласта, реки, геологические сдвиги, скважины и данные сеймики.

В **секторе транспортировки и хранения** ГИС широко используется при управлении трубопроводами. Создаваемые в ГИС модели используются для управления, мониторинга и планирования обслуживания всех сегментов сети трубопроводов Chevron, рис.56.

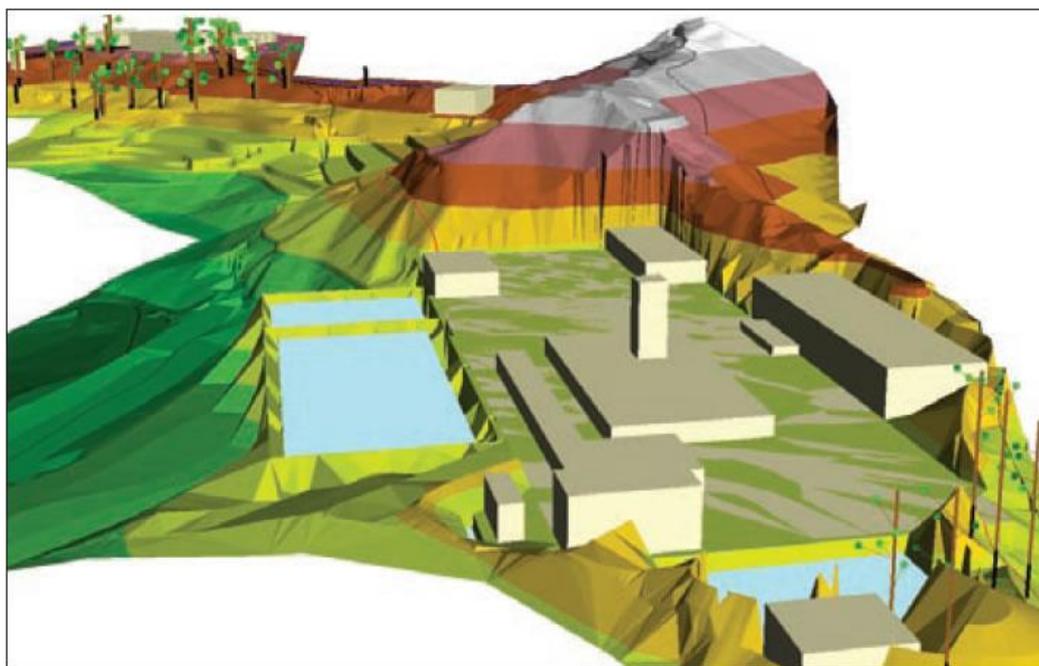


Рис. 56. Картирование данных по трубопроводам, цифровые модели рельефа и линий стока, данные полевых обследований помогают оценить факторы риска и заранее подготовиться к возможным аварийным ситуациям [5]

ГИС-приложения **сектора переработки и сбыта нефтепродуктов** могут использоваться для планирования розничного рынка. Например,

команда ГИС Южноафриканского отделения Chevron (SASBU) создала карту, показывающую наиболее привлекательные для маркетинга районы в Южной Африке и место компании в конкурентной борьбе за эти рынки. Карта дорог и заправочных станций используется для отображения торговых представительств, связанных с этими наиболее перспективными районами. Добавление новых слоев к карте позволяет аналитикам обдумывать рост объемов продаж, демографические профили, барьеры для доступа и стратегии конкурентной борьбы. Затем аналитики могут определить рыночные стратегии, которые необходимо применять для каждого района.

Бизнес-менеджер может включать в анализ и другие карты. Южная Африка является регулируемым рынком с более чем 350 самостоятельными округами (магистратами), и в каждом из них определена своя базовая цена на бензин. Для лучшей ориентации в государственной структуре ценообразования создана карта, показывающая различные определяемые правительством ценовые зоны. Используя единый набор тематических слоев, с помощью ГИС можно рассчитать маршруты и расстояния, которые должны проехать бензовозы компании, чтобы доставить топливо на заправочные станции в разных районах. Менеджеры по сбыту могут использовать эти данные для оптимизации развозки топлива.

Команда ГИС также предоставляет поддержку **отделам безопасности и охраны окружающей среды** Chevron. Средства ГИС используются при анализе и в ходе ликвидации аварий. Например, был случай, когда молния попала в цистерну и воспламенила 200 000 баррелей неочищенной нефти. Тогда команда ГИС Chevron Nigeria Limited (CNL) предоставила карту индекса уязвимости окружающей среды, которая стала основой отчета по оценке последствий аварии.

Вопросы для самопроверки:

1. На примере работы компании Chevron Energy Technology перечислите основные направления применения ГИС.
2. Опишите применение ГИС в секторе разведки и добычи компании Chevron Energy Technology.
3. Опишите применение ГИС в секторе транспортировки и хранения компании Chevron Energy Technology.
4. Опишите применение ГИС в секторе переработки и сбыта нефтепродуктов компании Chevron Energy Technology.
5. Опишите применение ГИС в секторе бизнес-менеджмента компании Chevron Energy Technology.
6. Опишите применение ГИС в отделе безопасности и охраны окружающей среды компании Chevron Energy Technology.

6.2. Земельные информационные системы

В повседневной жизни государственные службы, юридические лица и частные владельцы нуждаются в информации о земле. Решение целого ряда вопросов о правах на землю, о выделении земельных участков под жилую, коммерческую, промышленную застройку и объекты инженерно-транспортной инфраструктуры нуждается в точной и актуальной информации о земельных ресурсах. В этой связи на базе технологии географических информационных систем создаются земельные информационные системы (ЗИС).

Основу ЗИС составляет земельный кадастр, т.е. официальный регистр собственности и информации о границах и состоянии земельных участков.

Например, ЗИС Республики Беларусь представляет собой географическую информационную систему с земельно-кадастровым содержанием, рис.57.



Рис.57. Фрагмент земельно-информационной системы
Дзержинского района (Беларусь)

Цель эксплуатации ЗИС Республики Беларусь – поддержание в работоспособном состоянии достоверной и актуальной базы данных о состоянии и использовании земельных ресурсов соответствующих районов (городов), областей и Республики Беларусь в целом для обеспечения решения задач, стоящих перед землеустроительной службой. Например, по

состоянию на апрель 2007 г. в республике приняты в эксплуатацию более 50 ЗИС (данные Государственного комитета по имуществу Республики Беларусь – www.gki.gov.by).

Пространственные и атрибутивные данные ЗИС могут быть сформированы в виде шейп-файлов ArcView, в которых атрибутивные данные хранятся в DBF-файлах, либо в виде пространственных и объектных классов БГД ArcGis, в которой они реализуются посредством таблиц СУБД Microsoft Access.

Атрибутивная информация пространственных классов формируется в виде атрибутивных таблиц и содержит информацию о земельно-кадастровых и топографических объектах ЗИС. Информационные таблицы содержат информацию о собственниках, владельцах, пользователях, арендаторах земельных участков района или города

Опыт мировой практики показывает, что на базе ЗИС целесообразно создавать дополнительные тематические приложения. Например, информационная основа ЗИС является необходимой для решения для информационной ГИС-поддержки решения таких задач, как городское и региональное планирование, развитие транспортной сети и коммуникаций, моделирование чрезвычайных ситуаций и гидрологических процессов, мониторинг охраняемых территорий.

Вопросы для самопроверки:

- 1. Перечислите причины создания, эксплуатации и развития земельных информационных систем.*
- 2. Дайте определение земельной информационной системы Республики Беларусь.*
- 3. Назовите формы цифрового представления пространственной информации в ЗИС.*
- 4. Какую атрибутивную информацию содержат ЗИС?*
- 5. Какие дополнительные тематические приложения целесообразно создавать на базе ЗИС?*

6.3. Корпоративные ГИС

В настоящее время ГИС активно используются многими предприятиями и производствами в целях повышения эффективности управления персоналом, ресурсами, инфраструктурой, продукцией. В этой связи адаптированные для задач конкретного предприятия ГИС, которые имеют свое центральное управление и единым фондом картографических данных и поддерживают обмен данными между отдельными подразделениями этого предприятия, получили название корпоративных ГИС.

В настоящее время разработаны многие корпоративные ГИС для предприятий топливно-энергетического комплекса, например, нефтяной компании, транспорта и коммуникаций, систем образования и др.

Имеются примеры ГИС города, которые рассматриваются как пример единой корпоративной ГИС для всех городских служб. Например, в городе Чикаго (США) создана единая база геоданных, которые обслуживает все департаменты города. Т.е. при выполнении ремонтных работ по теплосетям, водопроводу и т.д. используются картографические данные ГИС. Все работы по учету объектов городской недвижимости также поддерживаются данной ГИС и т.д.

В ряду корпоративных ГИС имеют место также примеры создания корпоративных ГИС учебных заведений. Например, БГУ является большой территориально распределенной организацией, в которой учатся и работают тысячи человек. Учебные корпуса, общежития, хозяйственные службы, учебные и научные стационары располагаются в разных частях г. Минска. Разработанный проект ГИС Белгосуниверситета [9] позволяет просматривать объекты недвижимости инфраструктуры вуза в виде 3D моделей, дополнительно через функции горячей связи подключены фотографии фасадов зданий. Векторными слоями представлены поэтажные планы учебных корпусов. Созданные отдельные базы атрибутивной информации включают показатели функционального использования площадей корпусов, коммуникаций, оборудования. Функциональные возможности пилотного проекта позволяют оперативно получать информацию о состоянии аудиторного фонда, генерировать отчеты в бумажной форме.

В целом необходимо отметить, что на сегодняшний момент многие крупные компании как в России, так и за рубежом внедряют полнофункциональные ГИС для управления материальными и нематериальными ресурсами [25]. Например, по данным компании Ройлсофт совместное использование корпоративной ГИС с другими имеющимися в компании Роснефть информационными системами позволило:

§ Сократить до 70% персонал, занятый формированием регламентных карт;

§ Сократить в 10 раз время создания регламентных карт;

§ Сократить на 80% расход времени на поиск карт и доступ к ним;

§ Повысить в 2 раза эффективность управления фондом скважин;

§ Сократить на 30% расходы на буровые и ремонтные бригады.

Вопросы для самопроверки:

1. *Дайте определение корпоративной ГИС.*
2. *Приведите примеры корпоративных ГИС.*

3. *Опишите задачи корпоративной ГИС БГУ.*
4. *На примере компании Роснефть перечислите преимущества создания и эксплуатации корпоративной ГИС.*

6.4. Мобильные ГИС

Мобильные ГИС являются важным компонентом развитых геоинформационных систем и предназначены для применения непосредственно в поле. Они объединяют GPS-приемник, мобильный компьютер и программное обеспечение, позволяющее определять местоположение на местности, визуализировать пространственные данные, обращаться к географическим базам данных в реальном времени, осуществлять сбор и анализ данных непосредственно на изучаемых объектах в поле [4].

В настоящее время отчетливо наметилась тенденция интеграции спутниковых систем позиционирования с мобильными компьютерами. На базе объединения GPS-приемника в одном корпусе с мощным карманным компьютером, работающим под управлением специализированного программного обеспечения, создаются высоко эффективные мобильные ГИС.

Например, в целях обеспечения задач геоинформационного картографирования компания Trimble выпускает GPS-приемники картографического класса, интегрированные с полевыми компьютерами [11]. Эти устройства во многом превосходят существующие на рынке КПК аналоги (например, по параметрам подверженности воздействию окружающей среды, характеристикам энергопотребления, количеству интерфейсов). Результаты позиционирования в автономном режиме выводятся в формате NMEA с точностью от 3 до 15 метров. Дополнительно для обеспечения точности съемки до 30 см разработан модуль Trimble для приложения ArcPad фирмы ESRI Inc.[19], позволяющий вести сбор «сырых» данных, доступных для постобработки. Дополнительно в ГИС-программах разрабатываются модули контроля GPS-приемника, открывая доступ к таким функциям как планирование съемки (расчет благоприятных периодов для проведения работ на основе полученного альманаха), контроль качества данных (задание «крайних» значений важнейших параметров съемки), слежение за состоянием приемника.

В целом, программно-аппаратный комплекс под управлением программы ArcPad позволяет, используя электронную карту и средства спутниковой навигационной системы, определять в полевых условиях местоположение на местности, выполнять надежную и достоверную геопривязку точек наблюдения, создавать в режиме реального времени комплексные топосхемы участка работ.

Вопросы для самопроверки:

1. Для каких целей предназначены мобильные ГИС?
2. Перечислите аппаратную часть мобильных ГИС.
3. Опишите технологию использования GPS-приемников картографического класса компании Trimble.
4. Перечислите функциональные возможности приложения ArcPad фирмы ESRI Inc.

6.5. Навигационные карты и ГИС

В настоящее время увеличивается спрос многочисленных потребителей геоданных на навигационное оборудование и, соответственно, качественные навигационные карты. Для того, чтобы создать навигационные карты, например для GPS-навигаторов Garmin, необходима тщательная ГИС-обработка схемы дорожной сети с добавлением новейшей информации по дорожному движению и адресации, объектам инфраструктуры. При создании навигационных карт в качестве базовых обычно используются векторные карты города и области исходных масштабов 1:10000 и 1:200000, соответственно, рис.58.

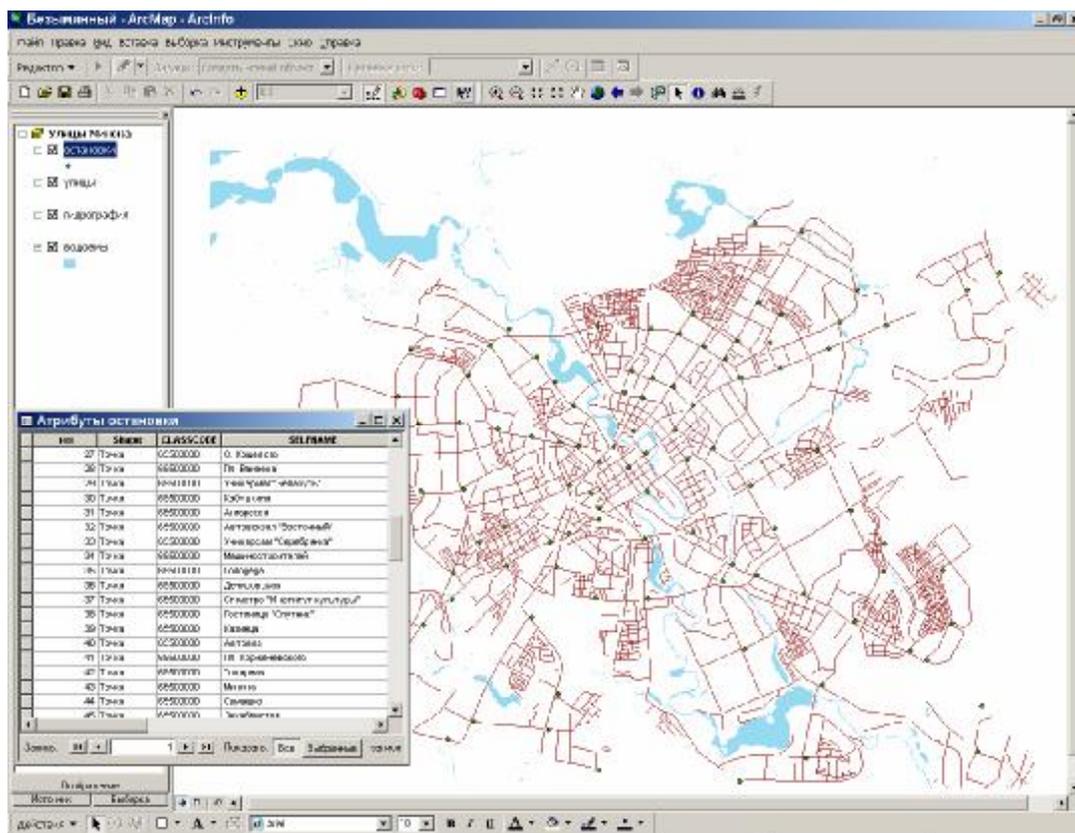


Рис.58. Подготовка графа дорог г.Минска в ArcGIS

Для работы над картой дополнительно привлекаются данные по функциональному делению территории города, многоэтажным зданиям,

гидрографии, жилым и промышленным кварталам, незастроенной территории, кварталам садовых участков, парков и скверов, кладбищ, сети железных дорог и трамвайных путей, средним линиям улиц, адресному реестру построек в виде адресных точек, объектам инфраструктуры с базой данных телефонов и адресов. Для сбора информации об уровнях транспортных развязок обычно привлекаются материалы космических снимков.

В целом создание общегосударственной навигационной карты позволяет решить целый комплекс прикладных задач, таких как оптимизация дорожных сетей, создание централизованного банка данных о состоянии и характеристиках дорог страны, анализ доступности отдельных регионов и соответствия пропускной способности дорожной сети реальному транспортному потоку.

Вопросы для самопроверки:

- 1. Для каких целей предназначены навигационные карты?*
- 2. Какие материалы и данные используются для создания навигационной карты?*
- 3. Какие задачи может решать общегосударственная навигационная карта?*

6.6. Мобильные географические службы

Мобильные географические службы – быстро расширяющаяся сфера применения ГИС. Географические службы получают запросы от клиентов (пейджеров, телефонов, карманных персональных компьютеров, персональных компьютеров и т.п.) на географические данные, например, адреса фирм, как проехать по нужному адресу в городе, сведения о населении города и высылают нужную информацию в форме карты, списка адресов или файла данных клиенту.

Самым обычным способом обращения к мобильным географическим службам по беспроводным сетям в настоящее время являются сотовые телефонные сети. Например, в США Федеральный комитет по коммуникациям (FCC) предоставил особый мандат службам спасения (E911) для определения звонящего по мобильному телефону.

В качестве услуг мобильных географических приложений могут выступать:

- Выдача карт – городов, дорог, национальных парков и т.д.
- Выбор пути – подбор удачного решения по выбору маршрута для клиента.
- Определение местоположения – определение местоположения клиента по его запросу и др.

Вопросы для самопроверки:

1. Для каких целей предназначены мобильные географические службы?
2. Какой способ обращения к мобильным географическим службам используется в настоящее время?
3. Какие услуги предлагают мобильные географические службы?

6.7. ГИС и Интернет

В настоящее время географические карты, планы городов, космоснимки, координаты географических объектов и другие пространственные данные доступны через Интернет. Например, на получившем широкую известность сервисе GoogleMap (www.googlemap.com) можно по космоснимкам высокого разрешения просматривать сеть дорог, постройки в населенных пунктах, речные системы, а для городов США – даже трехмерные модели городов и т.д., рис.59.

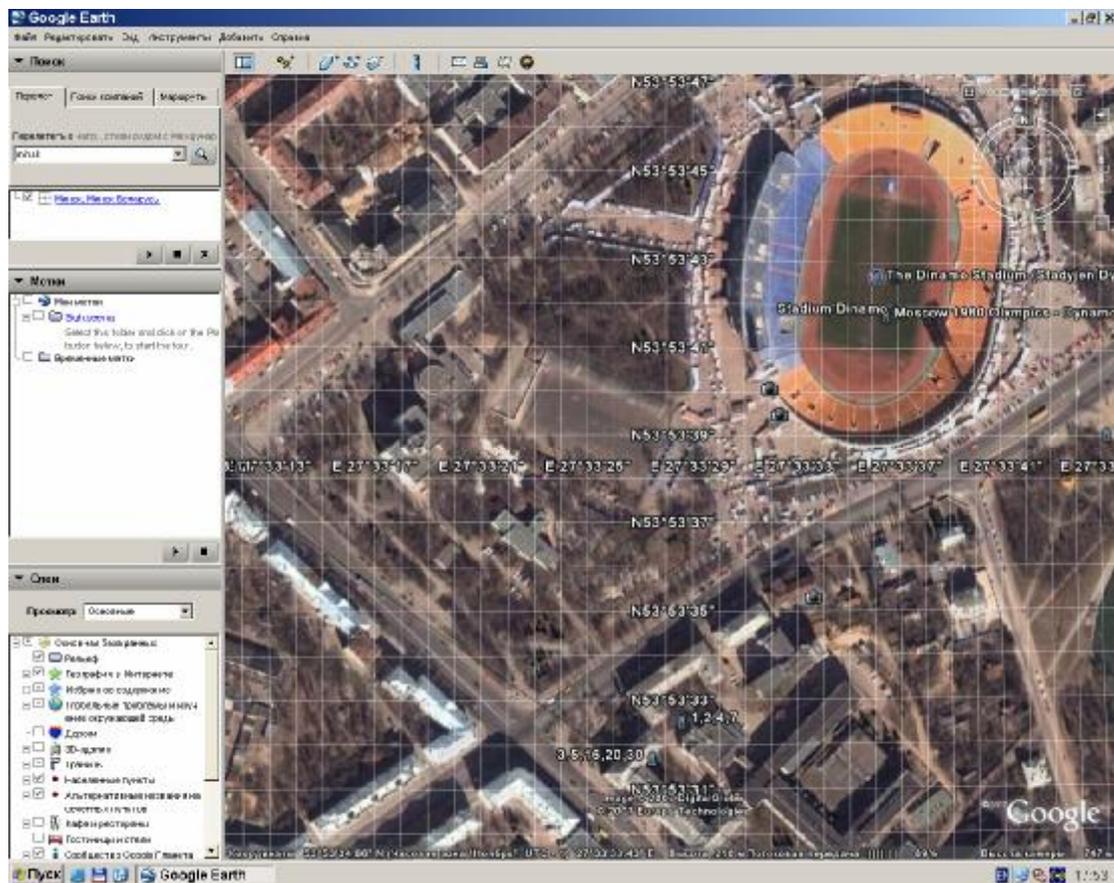


Рис.59. Карта г.Минска в сервисе GOOGLE MAP

Есть примеры создания сайтов, на которых можно получить информацию о состоянии лесных пожаров в режиме реального времени, тем самым предупреждая домовладельцев и туристов и возможных опасностях.

Ссылки на разнообразные картографические веб-сайты и краткие описание предоставляемых ими возможностей можно найти по адресу www.esri.com/imssites. Например, веб-сайт по адресу www.cityofwestsacramento.org/gis предоставляет карты и другую информацию о городе Сакраменто, штат Калифорния (США). Доступны сведения о земельных участках и землепользовании, зонировании, улицам, недвижимости, криминальной статистике, мэрии, школах и парках, материалы аэрофотосъемки.

В настоящее время уже есть примеры масштабной реализации в Интернет портала пространственных данных на государственном уровне, например в США в рамках концепции создания Национальной инфраструктуры пространственных данных [15]. В настоящее время действует второй вариант государственного правительственного портала GOS (Geospatial One-Stop Operational Portal), размещенный по адресу <http://gos2.geodata.gov/wps/portal/gos>. Этот сайт был впервые запущен в 2003 г. и быстро стал пользоваться огромной популярностью, повысив деятельность правительственных организаций и обеспечив поддержку процессов принятия управленческих решений.

Опыт успешного внедрения этого решения был принят на вооружение правительствами ряда стран, также организовавшими в Интернет государственные порталы пространственных данных. В качестве крупных реализаций региональных и национальных ГИС-порталов можно привести примеры Европейского межгосударственного портала INSPIRE, SNIG – портал Португалии, ASDI – в Австралии, NaLIS – в Малайзии, NSIF – в ЮАР, Индийский портал NSDI и др.

В настоящее время интернет-технологии предоставляют пространственную информацию как в традиционной растровой форме, так и векторной. В этой связи компьютерную обработку географической информации (редактирование и обновление данных, статистические расчеты и построение картограмм и др.) можно проводить одновременно большому количеству пользователей.

В этой связи формирование в русскоязычной среде сети широкополосного Интернета при формировании единой инфраструктуры пространственных данных позволит обеспечить разнообразных удаленных пользователей географической информацией.

Вопросы для самопроверки:

1. *Какие возможности предоставляет сервис GoogleMap?*
2. *Приведите примеры картографических веб-сайтов.*
3. *Приведите примеры порталов пространственных данных на государственном уровне.*

4. Назовите основные формы представления пространственной информации Интернет-технологиями.

6.8. Инфраструктура пространственных данных

С активным использованием ГИС-технологий произошла революционная смена понятий. Если еще несколько лет назад говоря «география» подразумевались «карты», то теперь мы говорим «география» и подразумеваем «базы данных». В связи с возросшим спросом специалистов разных отраслей (геологов, почвоведов, строителей, экологов и др.) на цифровые пространственные данные необходимо создание специальной инфраструктуры пространственных данных (ИПД). ИПД должна решать задачи электронного обмена пространственными данными между государственными органами и организациями разных профилей и видов собственности; обеспечивать массовый доступ к картографическим продуктам на основе современных информационно-коммуникационных технологий (в том числе через Интернет).

Чтобы картографические слои разных организаций были совместимы между собой, необходима общая основа из двух компонент - стандартов создания таких слоев и так называемых базовых пространственных данных [3]. Первые обеспечивают общий язык и правила согласования данных разных производителей, вторые – стандартизованный картографический фон и набор объектов для привязки. И то, и другое направление входит в состав инфраструктуры пространственных данных. Третья составляющая ИПД – каталоги геоданных и веб-службы – также важны для взаимодействия держателей и пользователей геоданных.

К настоящему времени сформулирована концепция глобальной инфраструктуры пространственных данных (GSDI). Одновременно национальные ИПД созданы в более чем 120 странах. Например, реализация национальных инфраструктур пространственных данных (таких, как NSDI в США, CGDI в Канаде, ASDI в Австралии, DNF в Великобритании, GDI-DE в Германии, ИПД в Китае) началась в период 1994 – 2003 гг. и ведется нарастающими темпами.

Европейская организация по географической информации (EUROGI) была основана для содействия распространению географической информации на региональном уровне. Цели EUROGI состоят в том, чтобы вырабатывать и проводить в жизнь европейскую политику в области геоинформатики, а также способствовать развитию европейской инфраструктуры географической информации (EGII). Эта организация также представляет интересы Европы в разработке глобальной ИПД и является региональным представителем GSDI.

Разработка локальных, национальных, региональных и глобальных ИПД имеет смысл в тех случаях, когда дублирование работ по созданию географической информации к тому же сопровождается трудностями обмена геоданными между их владельцами и пользователями из-за недостаточной стандартизации и гармонизации пространственных баз данных. Как только важность инфраструктур географической информации будет осознана, подобно тому, как мы осознаем значение инфраструктур дорожных и телекоммуникационных сетей, станет ясной необходимость создания полноценных ИПД на локальном, национальном и глобальном уровнях.

Вопросы для самопроверки:

- 1. Перечислите причины необходимости формирования инфраструктуры пространственных данных.*
- 2. Какие подходы необходимо использовать, чтобы картографические слои разных организаций были совместимы между собой?*
- 3. Перечислите страны, в которых реализуется национальная инфраструктура пространственных данных.*
- 4. Назовите цели и задачи Европейской организации по географической информации.*

ГЛАВА 7. ГИС-ПРАКТИКУМ

ГИС-практикум выполняется в специально оборудованных ГИС-классах БГУ. Для самостоятельного выполнения практикума вне учебных классов необходимо установить на компьютере на диск **C:** программное обеспечение *ArcView 3.2 ESRI Inc.* с модулем *Spatial Analyst* и отсканировать физико-географическую карту Беларуси с границами административных районов. Отсканированные карты и фотографии с бумажных носителей необходимо сохранять с расширением *TIFF* или *BMP*. С сайта <http://arcscripts.esri.com> необходимо скачать скрипт по геопривязке (например, *Register and Transform Tool*, сайт разработчика <http://mlib319-pc28.csuchico.edu/tools/avenue/free.html>) и подгрузить его в системную папку *EX32*.

Упражнения построены в форме по-шаговых тренажеров с контрольными вопросами для самопроверки и копиями экрана для более удобного обучения. Упражнения составлены как «цепные», т.е. результаты выполнения начального упражнения являются исходными данными для выполнения последующего упражнения. Заключительным упражнением является выполнение мини-проекта по составлению комплексного ГИС-атласа территории.

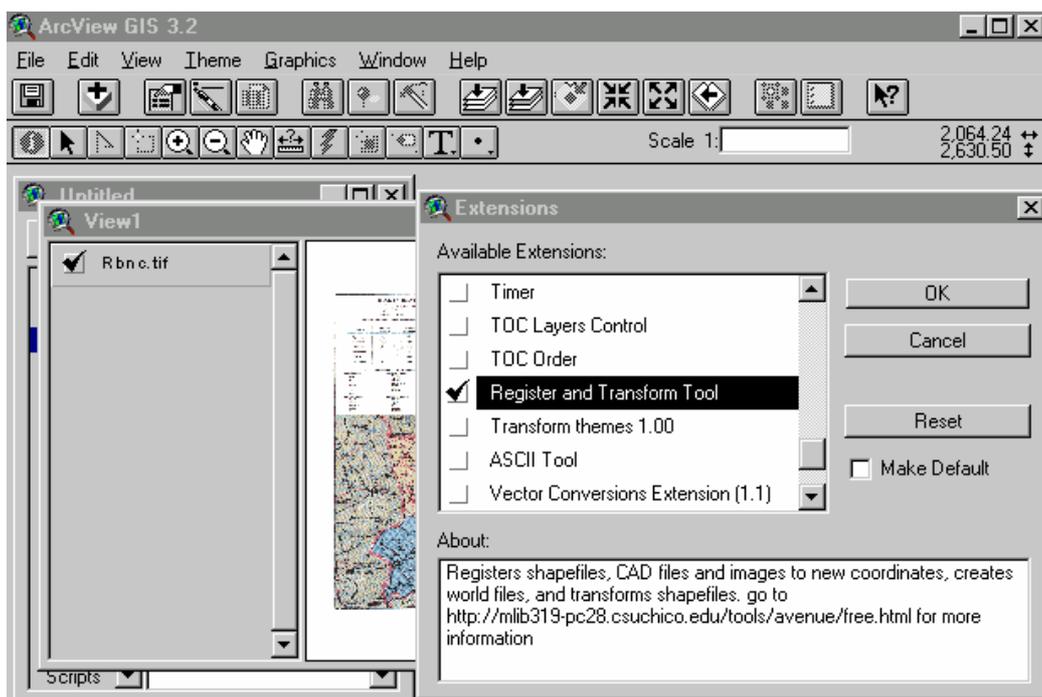
При выполнении упражнений необходимо создать на компьютере свою личную рабочую папку, поименованную по Вашей фамилии (8 символов латиницей).

7.1. Геопривязка растровых изображений

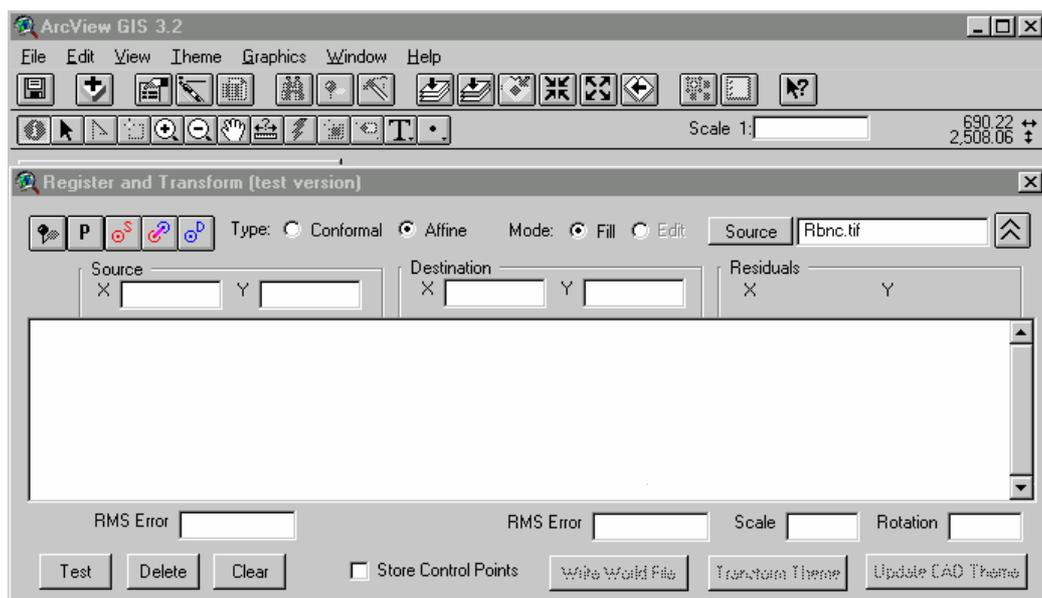
В этом упражнении Вы выполните ввод географических координат в отсканированную карту Беларуси для ее геопривязки. Анализ геопривязанного изображения позволяет выполнять в ГИС автоматизированные расчеты расстояний, площадей и периметров реальных географических объектов, выполнять поиск геообъектов по координатам.

1 шаг. Откройте в *Bude* негеопривязанное растровое изображение, например отсканированную карту Беларуси *rb.tif*.

2 шаг. Подключите расширение *Register and Transform Tool*:



3 шаг. Перейдите в меню *Вид* и выберите команду *Register and Transform*:



Выберите способ аффинного преобразования координат (устанавливается по умолчанию).

4 шаг. С использованием списка плановых координат городов Беларуси (табл.4) выполните последовательный ввод плановых координат городов по X- и Y-координате:

Например, геопривязка г. Минска с координатами (x-5538679.85734, y-5974653.38994):

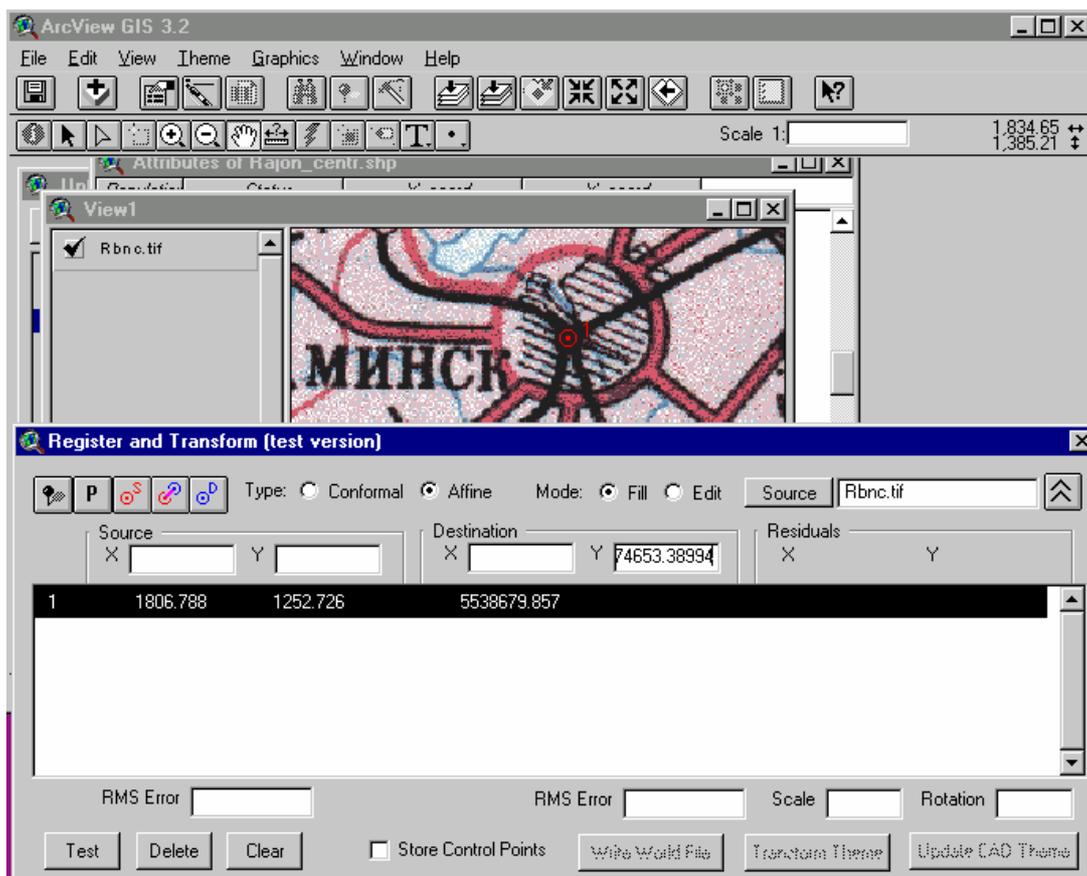


Таблица 4

Плановые координаты городов Беларуси

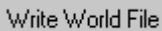
Город	Административный статус	X-координата	Y-координата
БАРАНОВИЧИ	Центр района	5434039.50607	5889551.09905
БЕЛЫНИЧИ	Центр района	5677314.97133	5988503.76160
БЕРЕЗА	Центр района	5362704.68359	5825532.82783
БЕРЕЗИНО	Центр района	5630614.47547	5969516.50660
БЕШЕНКОВИЧИ	Центр района	5657164.04999	6105003.27962
БОБРУЙСК	Центр района	5649140.78061	5893497.08981
БОЛ. БЕРЕСТОВИЦА	Центр района	5300972.40036	5900104.41389
БОРИСОВ	Центр района	5598765.58990	6011522.28041
БРАГИН	Центр района	5725828.43418	5744856.82116
БРАСЛАВ	Центр района	5502559.04850	6168180.25749
БРЕСТ	Центр области	5274471.14196	5779187.98431
БУДА-КОШЕЛЕВО	Центр района	5741031.55127	5848991.13707

БЫХОВ	Центр района	5714501.67030	5937199.75944
ВЕРХНЕДВИНСК	Центр района	5559365.76465	6184557.79844
ВЕТКА	Центр района	5783416.23168	5834068.09959
ВИЛЕЙКА	Центр района	5494895.82099	6041516.01816
ВИТЕБСК	Центр области	5703053.06901	6124007.33965
ВОЛКОВЫСК	Центр района	5329585.84663	5894774.60392
ВОЛОЖИН	Центр района	5469272.20206	5995462.83142
ВОРОНОВО	Центр района	5389972.38139	6003880.76883
ГАНЦЕВИЧИ	Центр района	5461794.00400	5848153.75218
ГЛУБОКОЕ	Центр района	5543840.91919	6112870.28638
ГОМЕЛЬ	Центр области	5770972.70256	5818316.00818
ГОРКИ	Центр района	5759602.29281	6024277.94786
ГОРОДОК	Центр района	5689097.19230	6152719.82811
ГРОДНО	Центр области	5289790.55364	5955047.84682
ДЗЕРЖИНСК	Центр района	5509227.06106	5950790.79693
ДОБРУШ	Центр района	5793928.03195	5818007.45523
ДОКШИЦЫ	Центр района	5548719.25752	6085633.12518
ДРОГИЧИН	Центр района	5372725.14237	5786607.65284
ДУБРОВНО	Центр района	5739328.82723	6056232.59328
ДЯТЛОВО	Центр района	5394194.44389	5928047.11029
ЕЛЬСК	Центр района	5648680.34147	5744415.18111
ЖАБИНКА	Центр района	5296775.58005	5790136.54214
ЖИТКОВИЧИ	Центр района	5558437.13288	5788733.77257
ЖЛОБИН	Центр района	5703895.12452	5867062.02410
ЗЕЛЕНЬКИЙ БОР	Центр района	5596678.34769	5988106.98538
ЗЕЛЬВА	Центр района	5353455.18332	5894571.63935
ИВАНОВО	Центр района	5399700.19633	5780541.93556
ИВАЦЕВИЧИ	Центр района	5388002.24337	5843878.56378
ИВЬЕ	Центр района	5419455.70619	5979541.86984
КАЛИНКОВИЧИ	Центр района	5659503.01284	5780087.37260
КАМЕНЕЦ	Центр района	5283055.45279	5812839.54162
КИРОВСК	Центр района	5664707.69327	5908019.66977
КЛЕЦК	Центр района	5476042.61978	5882489.37384
КЛИЧЕВ	Центр района	5655022.43930	5932204.09693
КОБРИН	Центр района	5319435.89351	5791647.15966

КОПЫЛЬ	Центр района	5506207.13207	5891744.42679
КОРЕЛИЧИ	Центр района	5442636.04569	5938651.64452
КОРМА	Центр района	5754993.95608	5896131.89321
КОСТЮКОВИЧИ	Центр района	5835993.74852	5926910.78747
КРАСНОПОЛЬЕ	Центр района	5792373.77051	5921946.80221
КРИЧЕВ	Центр района	5812020.66355	5964547.90601
КРУГЛОЕ	Центр района	5682558.59019	6017573.26278
КРУПКИ	Центр района	5639277.11789	6023932.39518
ЛЕЛЬЧИЦЫ	Центр района	5591968.01343	5740321.21709
ЛЕПЕЛЬ	Центр района	5609313.24971	6085037.77681
ЛИДА	Центр района	5387160.35407	5976167.86299
ЛИОЗНО	Центр района	5743258.72235	6106425.89964
ЛОГОЙСК	Центр района	5555349.59412	6009070.86400
ЛУНИНЕЦ	Центр района	5486824.46441	5791571.44594
ЛЮБАНЬ	Центр района	5567230.03042	5852711.69714
ЛЯХОВИЧИ	Центр района	5450361.75882	5879621.54061
МАЛОРИТА	Центр района	5298834.08620	5744757.57648
МАРЬИНА ГОРКА	Центр района	5576812.39603	5931920.09873
МИНСК	Столица	5538679.85734	5974653.38994
МИОРЫ	Центр района	5539361.75115	6166277.36501
МОГИЛЕВ	Центр области	5719978.73565	5979417.18895
МОЗЫРЬ	Центр района	5653608.46475	5772510.92000
МОЛОДЕЧНО	Центр района	5489873.52598	6020778.85350
МОСТЫ	Центр района	5336064.28368	5923811.68361
МСТИСЛАВЛЬ	Центр района	5810039.19994	5999332.31038
МЯДЕЛЬ	Центр района	5496724.47427	6083606.70645
НАРОВЛЯ	Центр района	5672739.39116	5744580.19981
НЕСВИЖ	Центр района	5478943.27268	5899170.41165
НОВОГРУДОК	Центр района	5421527.29433	5941722.53953
ОКТЯБРЬСКИЙ	Центр района	5627505.26595	5835978.78829
ОРША	Центр района	5720653.71951	6048466.16167
ОСИПОВИЧИ	Центр района	5609254.45880	5909391.08596
ОСТРОВЕЦ	Центр района	5432470.03434	6054944.43766
ОШМЯНЫ	Центр района	5431526.44399	6033576.66812
ПЕТРИКОВ	Центр района	5602956.68115	5778503.44923

ПИНСК	Центр района	5436563.26384	5777613.51655
ПОЛОЦК	Центр района	5613342.21054	6155288.78512
ПОСТАВЫ	Центр района	5490396.69787	6109652.07750
ПРУЖАНЫ	Центр района	5327656.37855	5828941.62587
РЕЧИЦА	Центр района	5731664.02649	5809193.86815
РОГАЧЕВ	Центр района	5703489.00976	5888453.49614
РОССОНЫ	Центр района	5613165.19675	6200253.05576
СВЕТЛОГОРСК	Центр района	5685450.80983	5837407.86109
СВИСЛОЧЬ	Центр района	5305525.17974	5881869.54684
СЕННО	Центр района	5673911.11304	6079985.16015
СЛАВГОРОД	Центр района	5765760.67442	5931227.61683
СЛОНИМ	Центр района	5389573.80299	5885615.17131
СЛУЦК	Центр района	5537660.01057	5877410.36015
СМОЛЕВИЧИ	Центр района	5570937.78947	5989282.77850
СМОРГОНЬ	Центр района	5460396.49604	6039507.78054
СОЛИГОРСК	Центр района	5536214.07595	5851244.72593
СТАРЫЕ ДОРОГИ	Центр района	5584312.78474	5879981.02122
СТОЛБЦЫ	Центр района	5483154.35990	5927757.16305
СТОЛИН	Центр района	5489109.48729	5751015.66710
ТОЛОЧИН	Центр района	5676481.90973	6035021.50441
УЗДА	Центр района	5515106.78121	5925467.02701
УЛЛА	Центр района	5642796.24631	6124707.83707
УШАЧИ	Центр района	5602889.24113	6118468.61252
ХОЙНИКИ	Центр района	5704947.84401	5756486.90349
ХОТИМСК	Центр района	5870411.71742	5934738.94568
ЧАУСЫ	Центр района	5761248.33792	5971116.36975
ЧАШНИКИ	Центр района	5638893.97345	6084288.16102
ЧЕРВЕНЬ	Центр района	5593575.84268	5954453.39638
ЧЕРИКОВ	Центр района	5790437.43838	5947083.26550
ЧЕЧЕРСК	Центр района	5763527.17841	5872167.15277
ШАРКОВЩИНА	Центр района	5529219.93436	6138405.49447
ШКЛОВ	Центр района	5715795.56059	6013438.00329
ШУМИЛИНО	Центр района	5666257.88232	6134165.64682
ЩУЧИН	Центр района	5350173.94403	5944882.85083

5 шаг. После ввода необходимого количества координат (не менее 3-х, но для более качественной геопривязки рекомендуется 10-12) нажмите клавишу записи мирового файла:



6 шаг. Откройте в *Виде* геопривязанное растровое изображение *rb.tif*. С использованием текстового редактора *Блокнот* ознакомьтесь со структурой записи мирового файла *rb.tfw*.

Вопросы для самопроверки:

1. Перечислите основную последовательность шагов по геопривязке растрового изображения в ArcView 3.2.
2. Назовите необходимое количество реперных точек для качественной привязки растра.
3. Опишите структуру мирового файла привязки.

7.2. Векторизация растрового изображения (оцифровка полигональных, линейных и точечных объектов)

В этом упражнении Вы выполните оцифровку географических объектов по растровой подложке. Создание векторных полигональных, линейных и точечных моделей реальных географических объектов позволяет ввести в ГИС наборы атрибутивных данных для каждого объекта. Используя ГИС-инструментарий, можно выполнять построение тематических картограмм по атрибутам, классифицируя их по категориям, рангам, численности, абсолютным и относительным значениям, выполнять пространственный анализ территории (оверлейные операции, построение буферных зон и др.).

1 шаг. Откройте геопривязанное в предыдущем упражнении растровое изображение *rb.tif*, которое будет выполнять роль растровой «подложки» для векторизации.

Оцифровка полигональных объектов.

2 шаг. Откройте: *Вид (View)-Новая тема (New Theme)-Создать полигональную тему (Polygon)* под именем *water01.shp* в своей личной папке.

Начните создание полигональных объектов (озер и водохранилищ одного из административных районов Беларуси) с использованием кнопки:



Закончите редактирование с сохранением всех изменений.

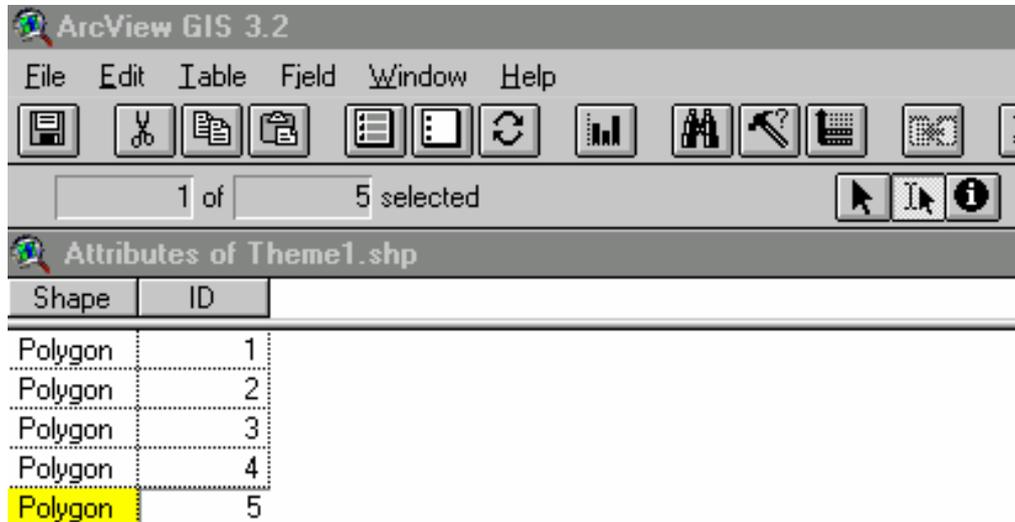
3 шаг. Откройте атрибутивную таблицу темы с помощью клавиши:



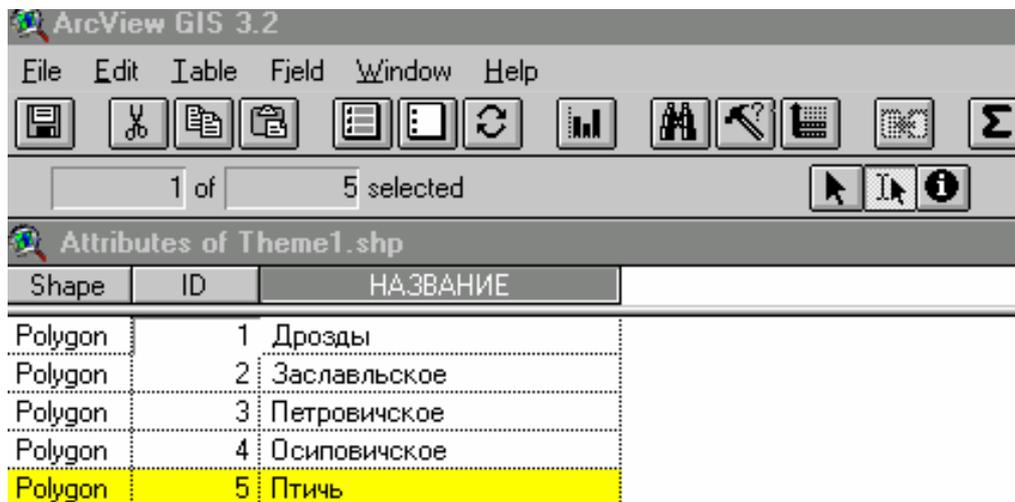
4 шаг. Начните редактирование таблицы при активной кнопке:



В процессе редактирования присвойте индивидуальные номера созданным полигональным объектам по полю **ID**:



5 шаг. Создайте новое поле **НАЗВАНИЕ**, строковое, 30 и введите названия водных объектов. Сохраните изменения.



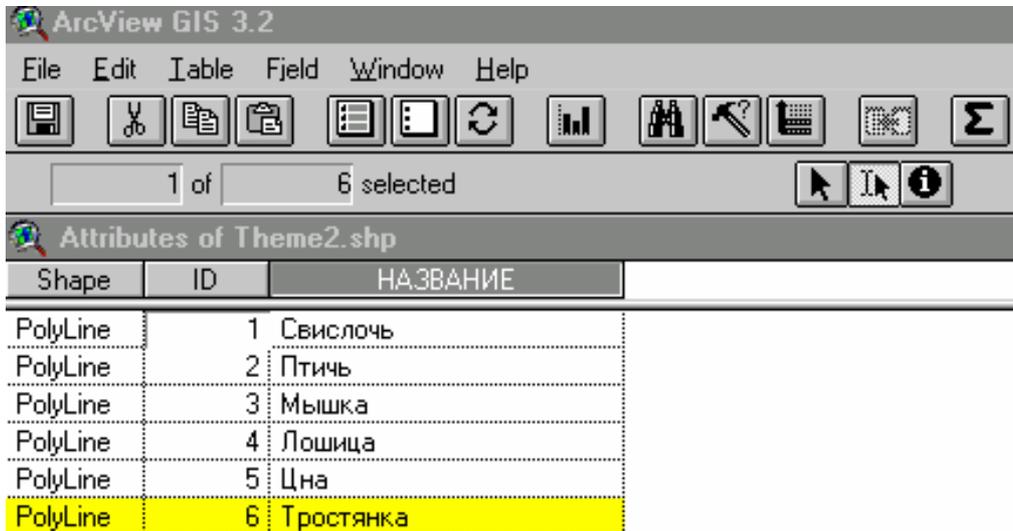
Оцифровка линейных объектов

6 шаг. Откройте: **Вид (View)-Новая тема (New Theme)-Создать линейную тему (Line)** под именем **river01.shp** в своей личной папке. Начните создание линейных объектов (рек) с использованием кнопки:



Закончите редактирование с сохранением всех изменений.

7 шаг. Откройте атрибутивную таблицу темы и присвойте индивидуальные номера созданным линейным объектам по полю **ID**. Создайте новое поле **НАЗВАНИЕ**, *строковое*, **30** и введите соответствующие названия рек:



Сохраните изменения.

Оцифровка точечных объектов

8 шаг. Откройте: **Вид (View)-Новая тема (New Theme)-Создать точечную тему (Point)** под именем **city01.shp** в своей личной папке. Начните создание точечных объектов (населенных пунктов) с использованием кнопки:



Закончите редактирование с сохранением всех изменений.

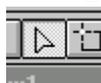
9 шаг. Откройте атрибутивную таблицу и выполните ее редактирование. Присвойте индивидуальные номера созданным точечным объектам по полю **ID**, а также создайте новое поле **НАЗВАНИЕ**, *строковое*, **30** и введите соответствующие названия населенных пунктов:

Shape	ID	НАЗВАНИЕ
Point	1	Дзержинск
Point	2	Рагомка
Point	3	Волчковичи
Point	4	Новинки
Point	5	Молодечно

Сохраните изменения.

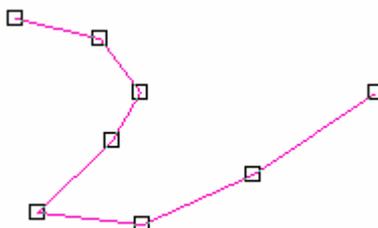
Редактирование линейно-узловой структуры созданных полигональных, линейных и точечных геообъектов

10 шаг. С использованием инструмента *Редактирование вершин*



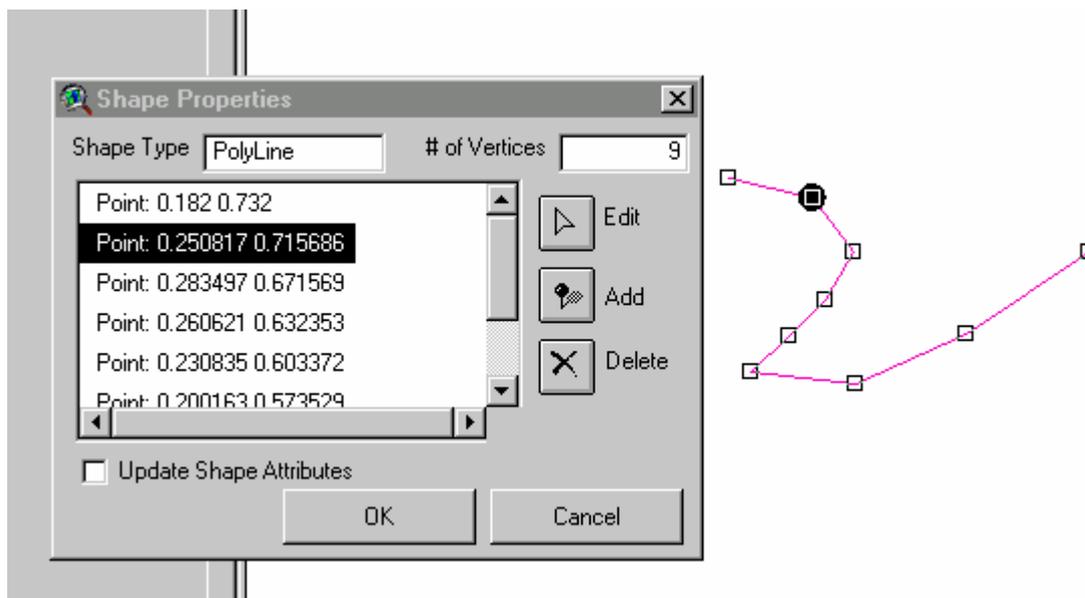
можно изменять форму созданных геообъектов посредством передвижения, добавления или удаления вершин (вертексов).

При активном инструменте *Редактирование вершин* щелкните левой клавишей мыши по необходимой линии или полигону. На линии прорисуются рамки квадратов:



Щелкая левой клавишей мыши по линии добавляем необходимое количество вершин.

Для удаления вершин необходимо через третью клавишу мыши открыть подпункт всяческого меню *Shape Properties* и просматривая список координат вершин, удалить выбранную вершину с использованием клавиши *Delete*:



Сохраните все изменения линейно-узловой структуры векторных геообъектов.

Вопросы для самопроверки:

1. Перечислите основную последовательность шагов по векторизации растрового изображения в ArcView 3.2.
2. Назовите инструменты, с помощью которых выполняется редактирование линейно-узловой структуры векторных геообъектов.

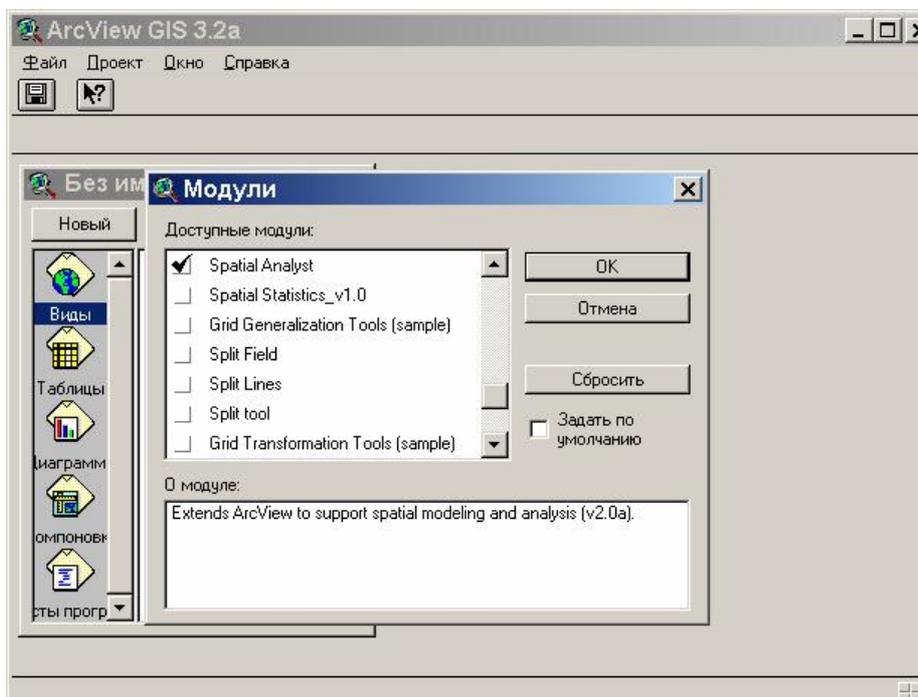
7.3. Построение грид-модели рельефа

Выполнение данного упражнения позволит Вам построить цифровую грид-модель рельефа. С использованием ГИС-инструментария Вы произведете отмывку рельефа, рассчитаете значения уклонов. Визуализация рельефа делает наглядным и удобным анализ характеристик местности. Цифровая модель рельефа совместно и другими моделями местности (векторными и растровыми) также позволяет выполнять компьютерное построение цифровой модели местности, необходимой для поддержки принятия обоснованных решений по территориальному планированию и управлению.

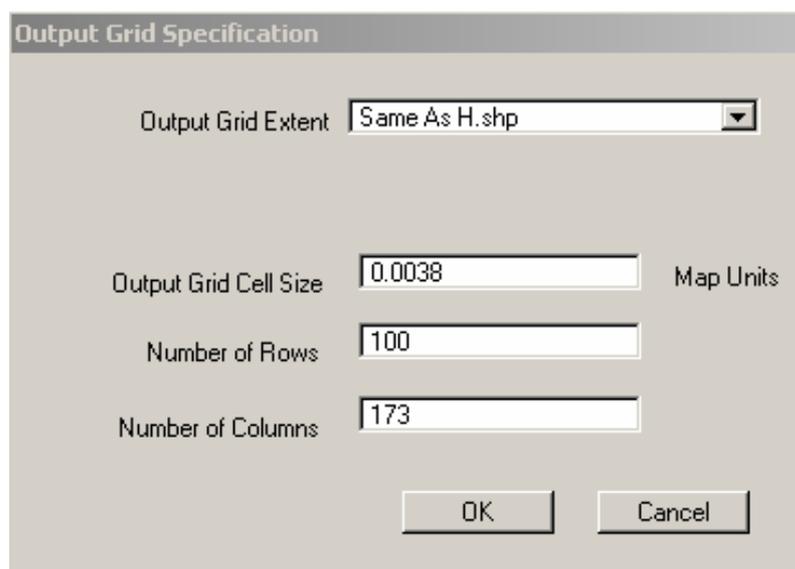
1 шаг. Откройте геопривязанное в предыдущем упражнении растровое изображение *rb.tif*, которое будет выполнять роль растровой «подложки» для создания точечной темы отметок высот административной области или района Беларуси.

2 шаг. На основании знаний, полученных в предыдущем упражнении, создайте точечную тему *H.shp* с атрибутивными числовыми значениями отметок высот по полю *H*.

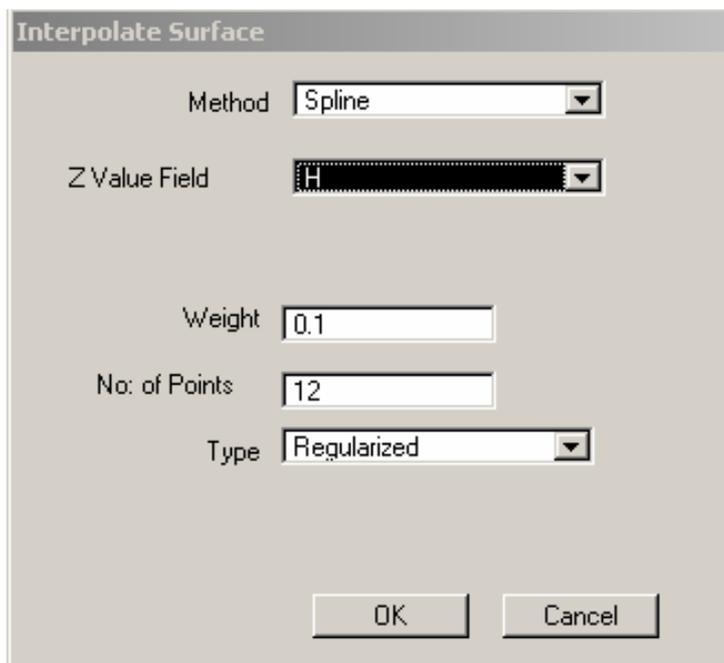
3 шаг. Подключите дополнительный модуль **ArcView - Spatial Analyst**, выполнив команду: **Файл – Модули**. Необходимо нажать кнопку **OK**, чтобы загрузить выбранный модуль.



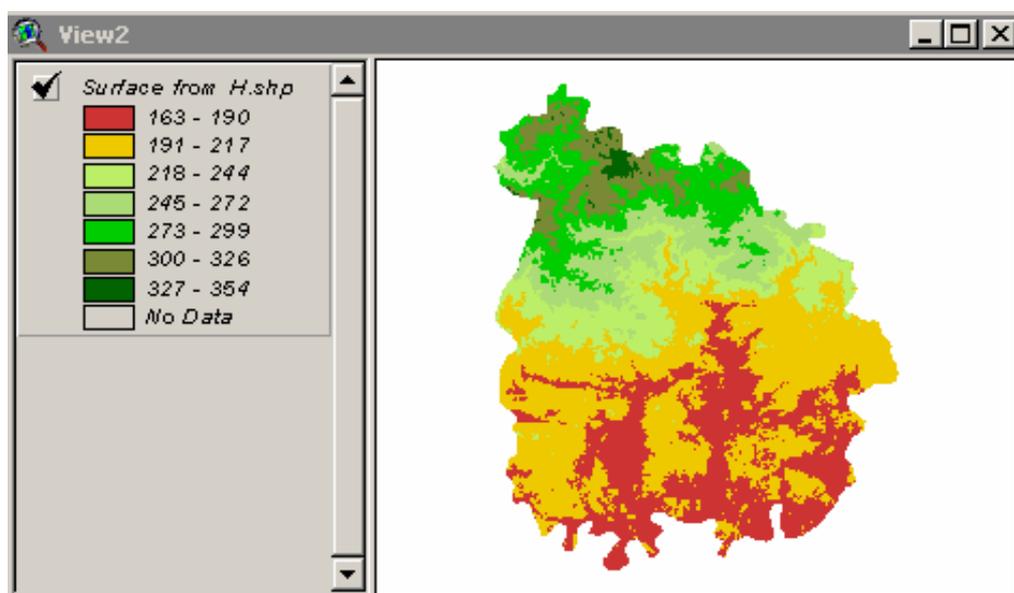
4 шаг. Из меню **Surface (Поверхность)** выберите **Interpolate Grid (Интерполировать грид)**. Измените выходной экстенст (**Output Grid Extent**) на **Same As H.shp, Number of Rows (Количество строк)** на **100** (после ввода числа нажмите ввод), затем нажмите **OK**.



5 шаг. В следующем диалоге (**Interpolation Dialog**) установите метод интерполяции – **Spline**, в **Z Value Field** выберите **H**. Нажмите **OK**.

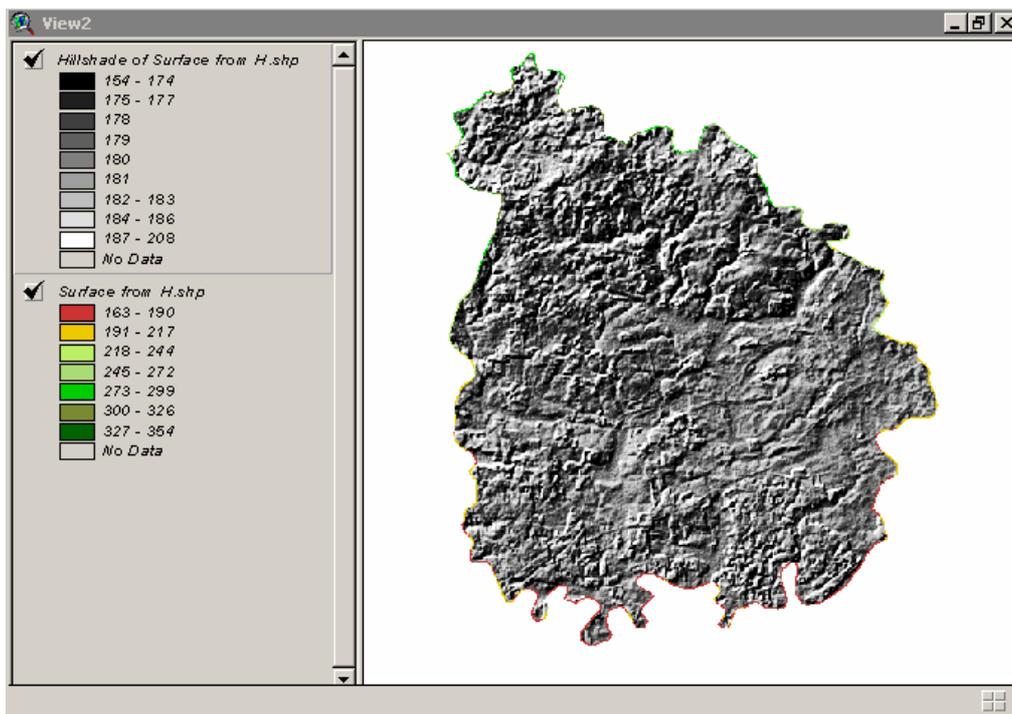


6 шаг. Сделайте активной тему *Surface from H.shp* и войдите в *Редактор Легенды*. Нажмите на кнопку *Классифицировать*. Введите число классов равным **7** и нажмите на кнопку *ОК*. Выберите *Возвышенность 2* в ниспадающем списке цветовых линеек. Нажмите кнопку *Применить*.



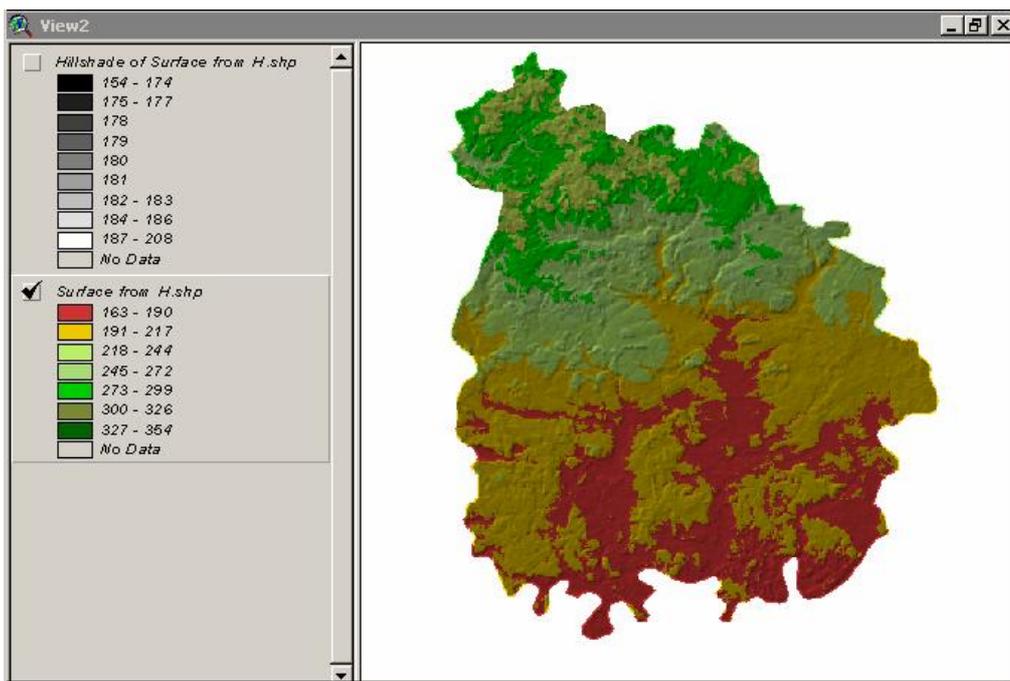
Закройте *Редактор Легенды*.

7 шаг. Создайте тему отмывки рельефа: из меню *Surface (Поверхность)* выберите *Compute Hillshade*:

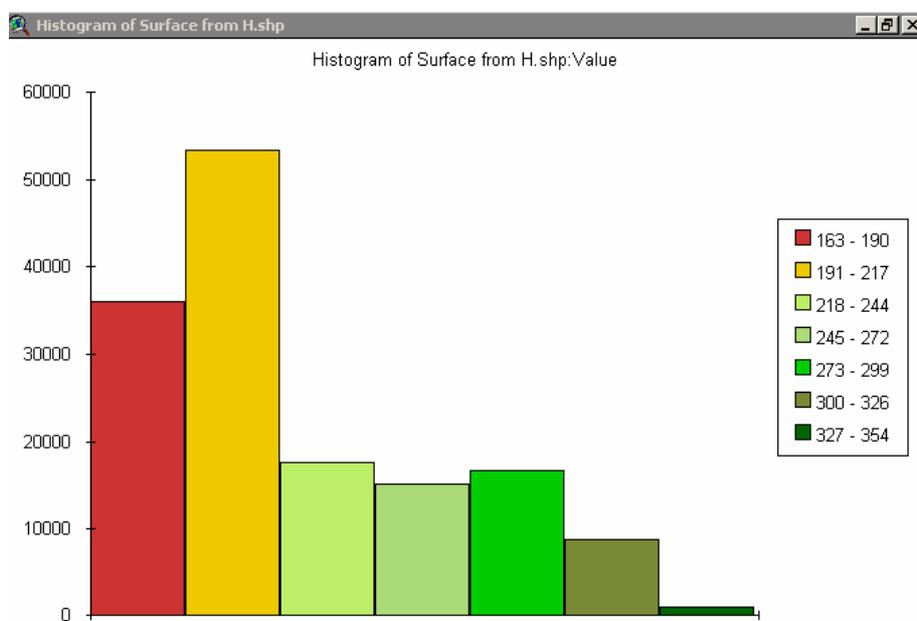


Эта тема *Hillshade of Surface from H.shp* (грид отмывки рельефа для цифровой модели рельефа) отображает значения тени для возвышений, с которыми Вы в данном случае работаете.

8 шаг. Сделайте активной тему *Surface from H.shp* и войдите в *Редактор Легенды*. Нажмите кнопку *Дополнительно (Advanced)* в *Редакторе легенды*. Выберите *Hillshade of Surface from H.shp* в качестве темы, задающей яркость (*Brightness theme*). Установите минимальную яркость ячейки (*Minimum Cell Brightness*) в **20**. Установите максимальную яркость ячейки (*Maximum Cell Brightness*) в **80**. Нажмите на кнопке **OK** для того, чтобы закрыть диалог *Advanced Options*. Нажмите на кнопке *Применить* и закройте *Редактор легенды*.



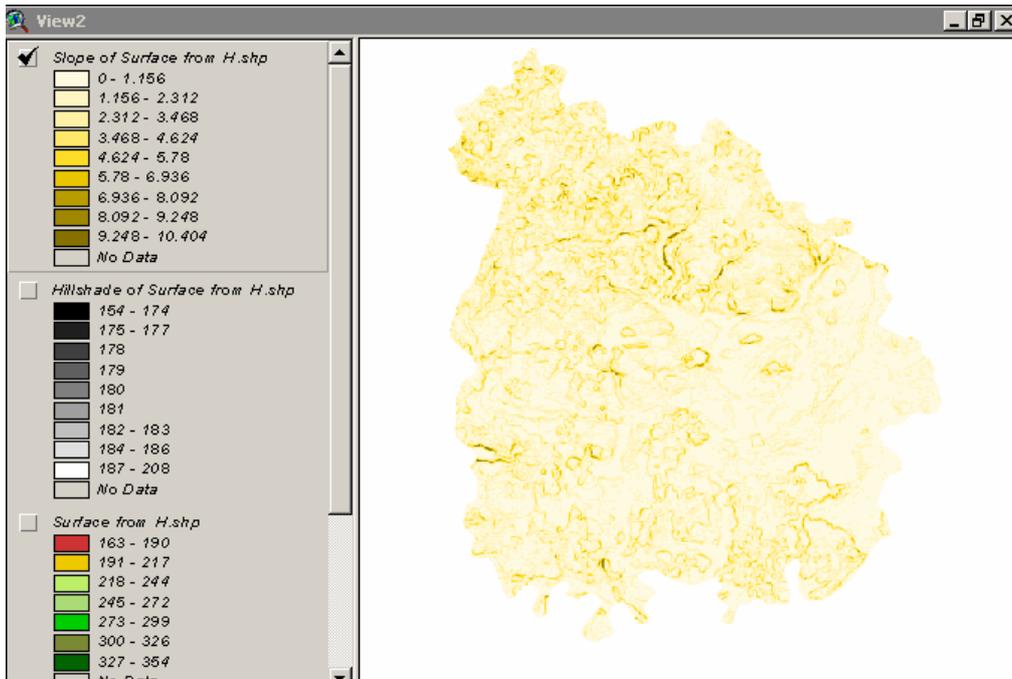
9 шаг. Нажмите на кнопку «Histogram» , для того чтобы посмотреть распределение значений в теме. Анализируя гистограмму можно судить о преобладающих отметках высот, максимальных и минимальных значениях. При этом горизонтальная ось отображает классы в легенде активной грид-темы, а вертикальная показывает количество (*COUNT*) ячеек, попавших в каждый из классов.



10 шаг. Сделайте активной тему *Surface from H.shp*. Из меню *Surface (Поверхность)* выберите *Derive Slope (Определение уклона)*.

Отобразите полученную тему. Обратите внимание на некоторые другие свойства, которые имеет грид-тема. Вы заметите, что для данной темы в окне Тип будет установлено значение Float (С плавающей точкой), а в окне Статус – Temporary (Временный).

Сделайте активной тему *Slope*. Из меню Тема выберите *Save Data Set (Сохранить набор данных)*. Определите местонахождение и имя набора данных и нажмите кнопку *OK*.



Вопросы для самопроверки:

1. Перечислите основную последовательность шагов по созданию цифровой грид-модели рельефа в ArcView 3.2.
2. Назовите инструменты, с помощью которых выполняется отмывка рельефа, построение гистограммы и картограммы уклонов.
3. Приведите примеры прикладного использования цифровой модели рельефа в задачах территориального планирования и управления.

7.4. Создание и анализ поверхностных данных

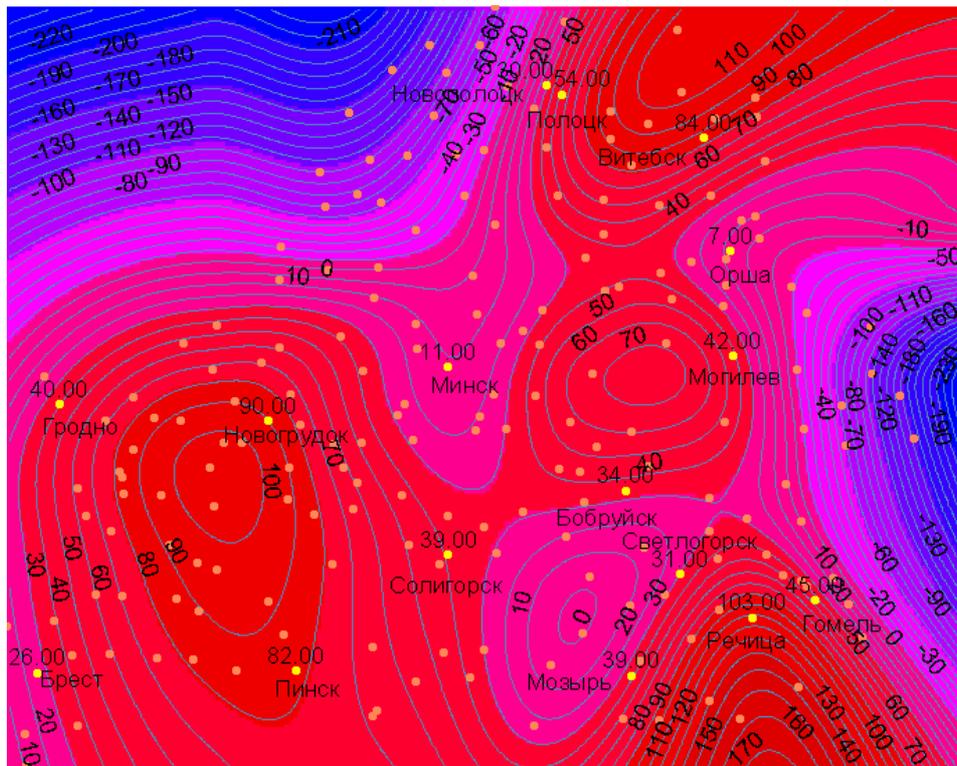
Предположим, что Вы являетесь ГИС-аналитиком по вопросам контроля за экологическим состоянием определенной территории. Вам необходимо узнать содержание концентраций основных загрязняющих веществ в атмосферном воздухе на всей Вашей территории по данным точечных измерений, проводимых экологической службой республики. Вы создадите грид-тему содержания концентраций основных загрязняющих веществ в атмосферном воздухе на всей вашей территории. На основании этой поверхности, Вы построите изолинии, по которым определите участки, нуждающиеся в принятии комплекса мер по оздоровлению атмосферного воздуха. Обновленную экологическую информацию по территории Беларуси можно получить с сайта <http://minpriroda.by/ru/bulleten>.

1 шаг. Откройте в новом Виде созданную Вами в предыдущих упражнениях точечную тему населенных пунктов административного района Беларуси *city01.shp* и дополнительно оцифруйте наиболее крупные города, для которых имеется экологическая информация по состоянию атмосферного воздуха. Сохраните тему с названием *city02.shp*.

2 шаг. Откройте тему *city02.shp* для редактирования и введите новое поле **CARCINOGEN**, числовое, **10, 2** знака после запятой. Внесите значения одного из загрязняющих веществ и сохраните изменения в атрибутивной таблице. Выделите все города, для которых есть информация по загрязнению атмосферы.

3 шаг. Выполните построение интерполяционного грида по точечной теме *city02.shp* по полю **CARCINOGEN** по примеру предыдущего упражнения. Каждая ячейка в результирующей грид-теме содержит оценку загрязнителя для каждой локации в зависимости от содержания загрязнителя в точках, окружающих данную локацию.

4 шаг. Сделайте активной тему *Surface from city02.shp*. Из меню *Surface (Поверхность)* выберите *Great Contours (Построить изолинии)*. Сохраните интервалы между изолиниями равные 10. Щелкните **ОК** в диалоговом окне *Параметры изолинии*. Отобразите вновь созданную тему. Подпишите изолинии и опорные города.



Теперь Вы можете видеть содержание загрязняющих веществ (в данном примере средняя концентрация взвешенных веществ в мкг/куб.м

по состоянию на 2005 г.) в атмосферном воздухе в виде поверхности и в виде набора изолиний. Если Вы решили узнать, на какой территории концентрация взвешенных веществ в атмосферном воздухе выше 100, можно воспользоваться опцией *Запрос к карте* в меню *Анализ* и выбрать все районы на поверхности, где содержание взвесей выше 100 мкг/куб.м. Также можно узнать, в каком месте содержание загрязняющих веществ в атмосферном воздухе ниже, но не насколько оно ниже. По теме изолиний можно определить, насколько ниже заданного значения содержание загрязняющих веществ для каждого района.

Вопросы для самопроверки:

1. Перечислите основную последовательность шагов по созданию поверхностных данных в ArcView 3.2.
2. Назовите инструменты, с помощью которых выполняется построение изолиний по поверхности.
3. Приведите примеры прикладных географических задач, решаемых путем построения поверхностей.

7.5. Установление «горячих связей»

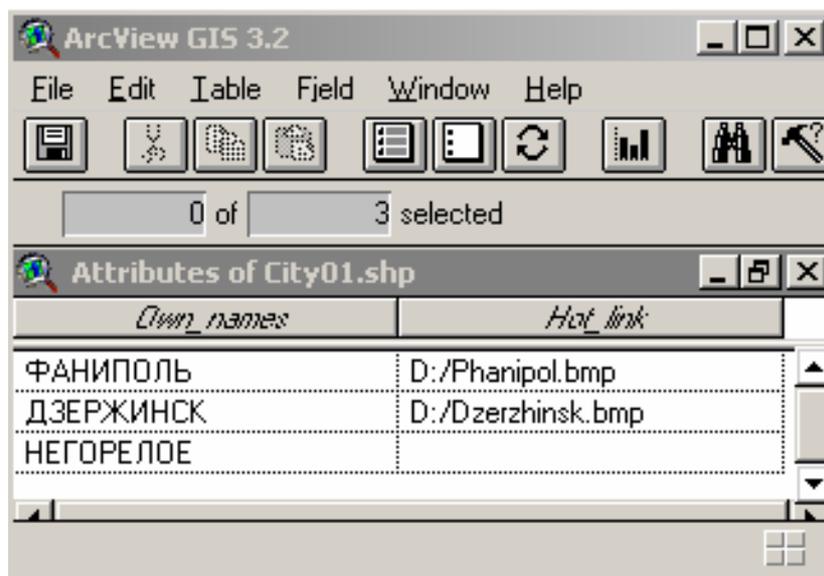
Выполнение данного упражнения позволит расширить информационные возможности Вашего ГИС-проекта через дополнительное подключение источников информации по геообъектам в форме цифровых фотографий. Особенно эффективно используются инструменты «горячей связи» при демонстрации созданных ГИС-проектов для целей туризма, т.е. активируя точки туристического маршрута можно сразу увидеть фотографии достопримечательностей или дополнительную справочную информацию.

1 шаг. С использованием ресурсов Интернет или путем сканирования создайте цифровые фотографии достопримечательностей городов или их планы для административного района республики. В нашем примере мы будем использовать цифровые изображения – планы г.Дзержинска, Фаниполя в формате BMP. Файлы фотографий помещаем на диск *D:*.

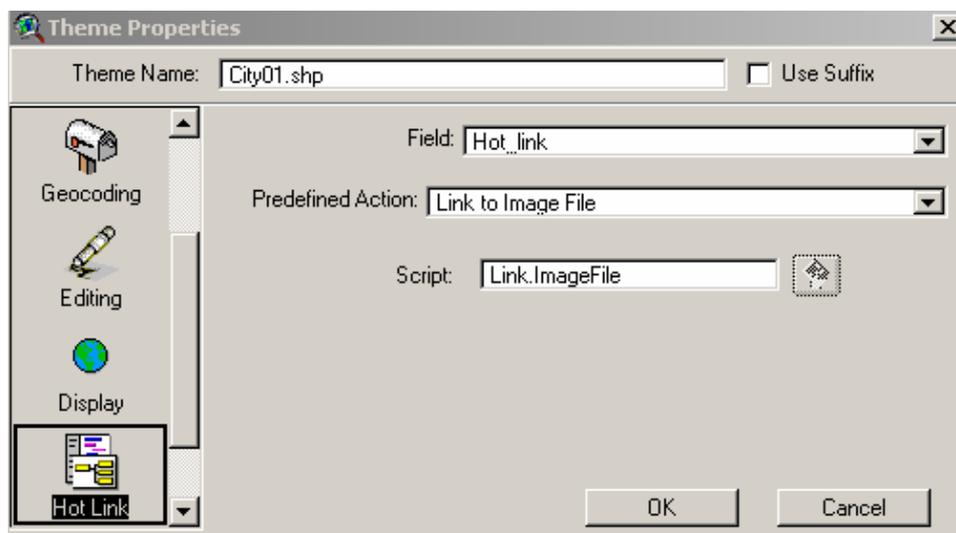
2 шаг. Откройте в новом Виде созданный Вами в предыдущих упражнениях шейп-файл точечной темы городов административного района *city01.shp*.

3 шаг. Откройте атрибутивную таблицу темы *city01.shp* для редактирования и создайте новое поле *Hot_link, символьное, 60*.

4 шаг. В нашем примере к записям для г.Дзержинск, Фаниполь в поле “Hot_link” занесите запись полного пути к соответствующему файлу изображения:



5 шаг. Установите для каждой *Темы - Свойства темы* по позиции *Hot_link* опцию связи с файлом изображения *Link to Image File*:



6 шаг. В окне *Виды* найдите на карте г.Дзержинск и с использованием пиктограммы  установите «горячую связь» с файлом изображения — планом г.Дзержинска. Подобным образом установите связь с планом г.Фаниполя.



Вопросы для самопроверки:

1. Перечислите основную последовательность шагов по созданию «горячих связей» изображений с объектами шейп-файлов в ArcView 3.2.
2. Назовите инструменты, с помощью которых выполняется построение «горячих связей».
3. Приведите примеры прикладных географических задач, решаемых путем использования инструментария «горячих связей».

7.6. Составление комплексного атласа территории

Заключительным этапом при выполнении ГИС-проекта является подготовка цифровых и бумажных материалов проекта для заказчика. В этой связи в программных пакетах ГИС предусматриваются инструменты для аккуратной компоновки и монтажа карт, таблиц, графиков, изображений на бумажном носителе с последующим выводом на печать с принтера или плоттера или для демонстрации на мультимедийном проекторе.

1 шаг. В новом *Виде* откройте все созданные Вами векторные и растровые слои цифровой карты административного района (в нашем примере - *water01.shp*, *river01.shp*, *city01.shp*, *Surface from H.shp*).

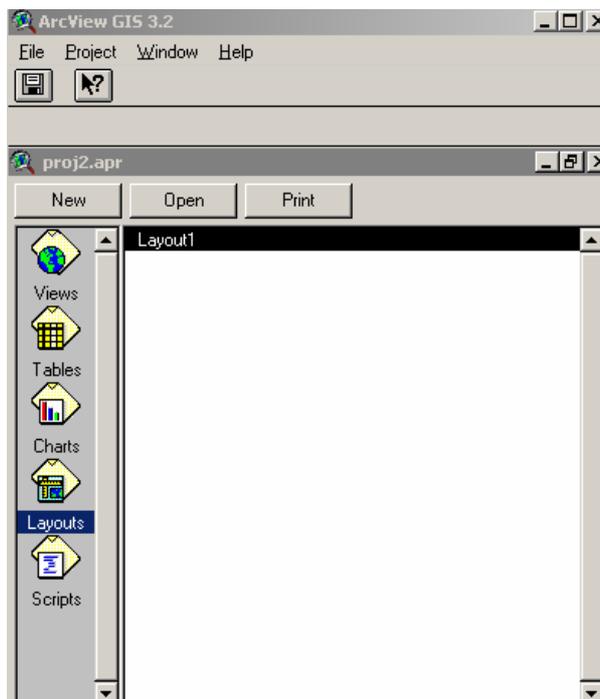
2 шаг. С использованием *Редактора Легенды* отобразите реки - голубой линией *толщиной 1.0*, водоемы - светло-голубым цветом с голу-

бым контуром. Подпишите синим шрифтом размером №7 основные реки и водоемы.

3 шаг. Оцифруйте полигональными объектами основные лесные массивы в отдельном шейп-файле с именем *green.shp* изучаемой территории и отобразите их светло-зеленым цветом со светло-зеленым контуром.

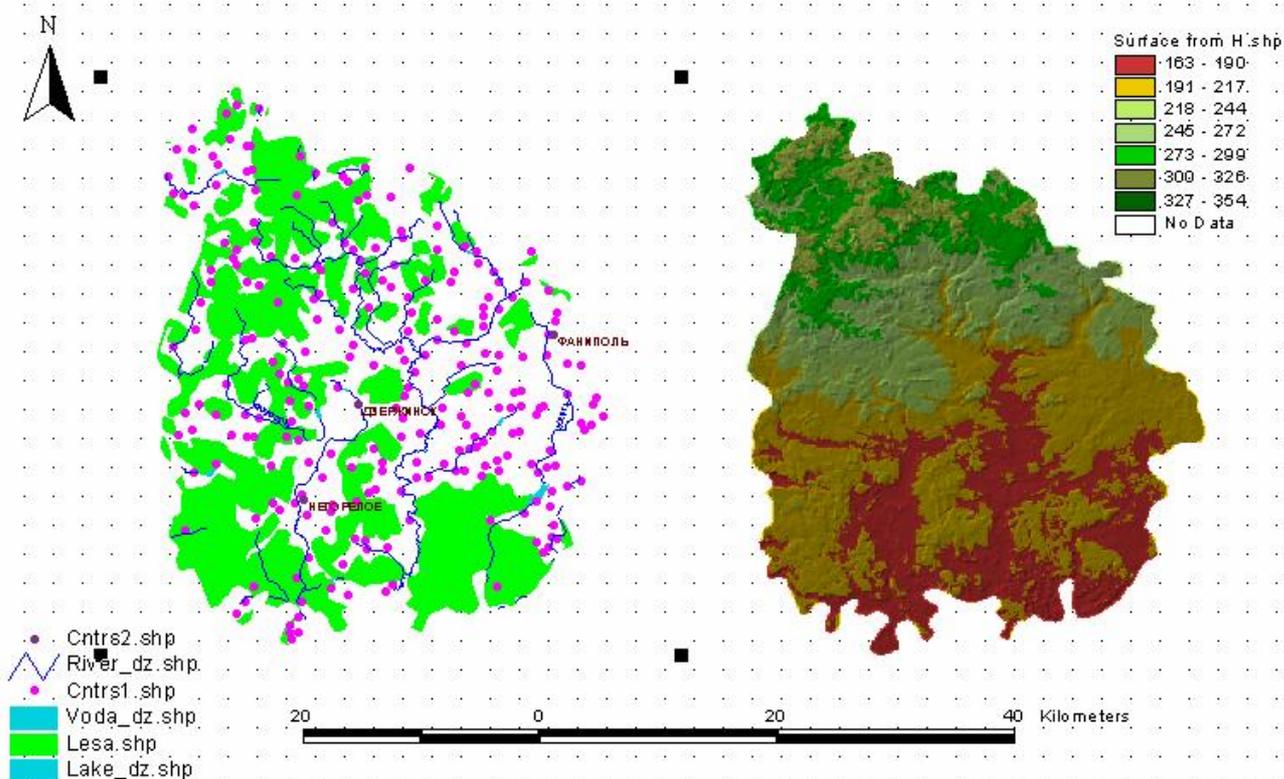
4 шаг. Отобразите малиновыми точками (*размер N 8*) населенные пункты и подпишите некоторые из них шрифтом *Arial, 10, полужирный, коричневый*.

5 шаг. Через меню *Окно Проект* создайте новую *Компановку (Layout)*.



6 шаг. Выберите горизонтальную ориентацию *Компановки*. С помощью кнопки выбора рамок  оформите *Компановку*, размещая одновременно векторную комплексную многослойную картограмму изучаемой территории и грид-тему рельефа местности (в нашем примере это *Surface from H.shp*), а также систему условных знаков, масштабную линейку, стрелку Севера-Юга. Подпишите выполненную *Компановку - Комплексный атлас территории (Arial, 20, полужирный, черный)*.

КОМПЛЕКСНЫЙ АТЛАС ДЗЕРЖИНСКОГО РАЙОНА



7 шаг. Экспортируйте созданную компоновку в изображение с названием *ris01.bmp*.

8 шаг. В текстовом редакторе *Word* откройте через опцию *Вставить рисунок из файла* созданное изображение *ris01.bmp*, подпишите название композиции как *Комплексный атлас территории* и фамилию исполнителя и сохраните в своей папке с именем *atlas.doc*.

Вопросы для самопроверки:

1. Перечислите основную последовательность шагов по созданию Компановки в ArcView 3.2.
2. Назовите инструменты, с помощью которых выполняется монтаж Компановки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Стремительное развитие ГИС-технологий дополнило традиционные методы исследований в таких направлениях как география, геология, метеорология, территориальное планирование и управление, транспортные и инженерные инфраструктуры, деловой маркетинг и многих других современным и эффективным аналитическим инструментом. В свою очередь, наряду с картографией, дистанционным зондированием, спутниковым позиционированием ГИС-технологии из общей информатики развиваются в отдельную дисциплину географических наук со своей базой знаний, предметом и методологическим аппаратом – геоинформатику.

Современные информационные технологии, в том числе и геоинформатика, коренным образом изменяют современный образ жизни человека. Телекоммуникационные сети связывают все предприятия и организации в единую информационную структуру, по которой происходит обмен информацией, знаниями, платежами между пользователями. Современные компьютерные роботизированные комплексы во многих областях деятельности человека заменяют его. В этой связи в рамках принятой программы развития Беларуси «Электронная Беларусь» геоинформатику целесообразно рассматривать как теоретическую основу нового сегмента экономики – рынка пространственных данных.

Опыт мировой практики показывает, что есть три категории специалистов, которые должны быть готовы к использованию технологий ГИС. С одной стороны, это администраторы и руководители, принимающие решения, которые должны иметь общие представления о возможностях и преимуществах ГИС-технологий. На втором уровне находится персонал использующих пространственные данные организаций, который понимает концептуальную основу аналитических возможностей ГИС. К третьему уровню относятся технические специалисты, непосредственно работающие с ГИС и создающие отраслевые приложения в среде ГИС.

Основные проблемы, связанные с обучением широкого круга специалистов ГИС-технологиям, определяются сложностью понятийного аппарата ГИС и необходимостью работы в вычислительной среде. Одновременно прослеживается востребованность в специалистах по геоинформатике с опытом проектирования и ведения ГИС более 10 лет, которые могут выступить в качестве экспертов-преподавателей по ГИС. В этой связи постановка и развитие форм дистанционного образования и обучения ГИС являются чрезвычайно важными для белорусских пользователей.

В настоящее время в мировой практике накоплен опыт постановки дистанционного образования и обучения технологиям географических

информационных систем (ГИС). Например, организованная сеть из 15 университетов 11 стран мира (UNIGIS), выполняет проект дистанционного образования ГИС. Услугами данной сети ежегодно пользуются и дистанционно получают ГИС-образование свыше 500 студентов из 45 стран мира. Базовое программное обеспечение этих курсов основывается на программных продуктах ГИС: GeoMedia Professional (Intergraph Corp.), IDRISI (Clark Labs), ArcView и ArcGIS (ESRI Inc.). На 1 сентября 2005 г. стоимость обучения на курсах оценивается в 4 000 евро. ГИС-курсы разработаны в виде модульной программы, которая может быть завершена в течение двух лет. Написание магистерской диссертации потребует еще один дополнительный год обучения. Максимальная длительность обучения на ГИС-курсах составляет 6 лет. (<http://unigis.hud.ac.uk/uk>). Дистанционное обучение ГИС-технологиям также организовано в Кингстон-университете (<http://www.kingston.ac.uk/gis>) и др. университетах. Общедоступными и эффективно представленными для всех пользователей Internet-сети являются on-line курсы кампуса ESRI (<http://campus.esri.com>).

Русскоязычное сообщество ГИС-специалистов на фоне активного развития рынка геоинформационных технологий и услуг также использует формы дистанционного обучения ГИС-технологиям. Например, группа компаний Центра Пространственных Исследований выполняет организацию и проведение дистанционных курсов, лекций, семинаров и теледискуссий по внедрению ГИС в области здравоохранения и бизнеса (<http://www.gisrussa.ru>). Высокую эффективность показали проведенные Межуниверситетским аэрокосмическим центром при Географическом факультете МГУ им. М.В.Ломоносова Internet-семинары, на которых выполнялось обучение пользователей сети методам обработки данных дистанционного зондирования (<http://www.geogr.msu.ru/acentre>).

В настоящее время на географическом факультете БГУ выполнен цикл работ по использованию возможностей Intranet-сети для организации учебного процесса по ГИС-технологиям. Компьютеризированные рабочие места преподавателя и студентов объединены как в местную локальную сеть факультета, так и в сеть БГУ с выходом в Internet в рамках сетевой образовательной платформы БГУ e-University.

ЛИТЕРАТУРА

1. NOAA использует ГИС для мониторинга прибрежной зоны. По материалам ESRI // ArcReview. – N1 (36), 2006. – с.13
2. Андрианов В. Тенденции развития ПО ГИС на примере продуктов ESRI // ArcReview. – N2 (37), 2006. – с.1–3
3. Андрианов В. Территория ArcGIS // ArcReview. – N3 (38), 2006. – с.2
4. Баделин А.В. Мобильные ГИС на геологическом факультете Санкт-Петербургского государственного университета // ArcReview. –N4 (35), 2007. – с.17
5. ГИС в отслеживании жизненного цикла нефти // ArcReview. – N2 (41). – 2007. – с. 18
6. ГИС-технологии при добыче полезных ископаемых. Специализированная корпоративная геоинформационная система «MapManager» / Видякин В.В., Журавков М.А., Коновалов О.Л. и др.; Под общ. Ред. М.А. Журавкова. – Мн.: Изд. Центр БГУ, 2004. – 208 с.
7. Гохман В. Трехмерные символы в ArcGIS // ArcReview. – N1 (32), 2005. – С.12
8. Гречищев А. Трехмерное ГИС-моделирование и техническая инвентаризация // ArcReview. – N3 (38), 2006. – С.19-20
9. Гурьянова Л.В. Прототип географической информационной системы БГУ // Вестн. БГУ, Сер.2.-N2, 2006.-С. 94-96
10. Гурьянова Л.В. Аппаратно-программные средства ГИС: Курс лекций / Л.В. Гурьянова.-Мн.: БГУ, 2004. -151 с.
11. Евтеев Д. О совместном использовании GPS-оборудования Trimble и программном обеспечении ArcGIS // ArcReview. – N1 (40), 2007. – с.23
12. Журавков М.А., Видякин В.В. ГИС-технологии в прикладной механике. – Мн.: БГУ, 2000, 155 с.
13. Захаров Н., Орловский А., Баклыков М. Оперативный анализ результатов аэрофотосъемки магистральных трубопроводов // ArcReview. – N1 (32), 2005. – с.17-18
14. Ищук А.А., Швайко В.Г., Курбацкий А.С. Возможности пространственного моделирования в ГИС // ArcReview. – N1 (32), 2005. – с.13
15. Лебедева Н. ГИС-портал – «единое окно» в пространственные данные // ArcReview. – N2 (37), 2006. – с.13-14

16. Лебедева Н., Самохина А. Цифровые картографические основы информационных систем градостроительной деятельности // ArcReview. – N3 (38), 2006. – с.14
17. Лебедева Н., Смирнова Е. Единая модель данных для цифровых топографических карт и планов, или как нам обустроить ЦММ // ArcReview. – N2 (37), 2006. – с.6-7
18. Литвинова Л.С., Горбатюк А.В. Использование современных технологий сбора и обработки пространственной информации для подготовки картографических изданий // ArcReview. – N4 (35), 2005. – с.22-23
19. Максименко К., Резников С., Крикливый С. ArcGIS при подготовке навигационных карт // ArcReview. – N3 (42), 2007. – с.14-15
20. Митчелл Энди «Руководство ESRI по ГИС анализу». Том 1: «Географические закономерности и взаимодействия». – Copyright ESRI, 1999. – 190 с.
21. Москаленко И. Новости рынка данных ДДЗ // ArcReview. – N3 (34), 2005. – с.2
22. Никитин А.Б., Павлов С. В., Хамитов Р.З. Геоинформационная система Федерального агентства водных ресурсов // ArcReview. – N1 (36), 2006. – с.6-7
23. Отраслевой стандарт Минобразования России. Информационные технологии в высшей школе. Геоинформатика и географические информационные системы. Общие положения. ОСТ ВШ 02.001-97. Дата введения 01.03.98.
24. Парахин С., Бейчук О., Бородина Н. Картографирование линейных объектов с использованием легких летательных аппаратов // ArcReview. – N1 (40), 2007. – с.18
25. Шахраманьян А., Мамедов Э. Эффективность интеграции ERP и ГИС // ArcReview. – N1 (40), 2007, с.4-5
26. Шухостанов В., Ведешин Л., Цыбанов А. Космическая и ГИС-диагностика технического состояния магистрального нефтепровода на о.Сахалин // ArcReview. – N3 (34), 2005. – с.18-20