

**Функциональные
возможности ГИС
и
элементы
ГИС-технологий**

Функциональные возможности ГИС

включают:

- **ввод данных** в компьютер (путем их импорта или цифрования);
- **преобразование данных:**
 - конвертирование данных из одного формата в другой,
 - трансформация картографических проекций, изменение систем координат;
- **хранение и управление данными в БД:**
 - функции работы с полями;
 - запросы к таблице (*для выборки записей по значениям их атрибутов*);
 - соединение таблиц по *общему полю*;

- **картометрические операции:**

вычисление

- координат;
- расстояний, длин кривых линий;
- периметров и площадей полигональных объектов;
- площадей поверхностей и объемов, заключенных между ними;

- **пространственный анализ** - группа функций для *анализа размещения и связей* пространственных объектов:

- *выбор* объектов;
- *пространственные запросы*;
- операции *наложения*;
- *буферизация; слияние*;
- анализ *сетей*;
- анализ *близости* и *расстояния*;
- анализ *видимости*;
- создание и обработка *цифровых моделей рельефа* и др.;

- **операции "картографической алгебры"** (для логико-арифметической обработки *растровых* слоев как единого целого);

- **визуализацию данных.**

Функциональные возможности ГИС включают:

Кроме того, в число *функциональных возможностей ГИС* могут входить:

- **цифровая обработка изображений** (ДДЗ);
- **встроенный язык программирования**, позволяющий расширить возможности ГИС, настроить ее на требования пользователя.

Например, в **ArcView** встроен объектно-ориентированный язык программирования **Avenue**, позволяющий

- настраивать интерфейс пользователя,
- изменять стандартные инструменты ArcView и добавлять новые,
- создавать собственные приложения для решения специфических задач.

Классификация ГИС по функциональным возможностям:

Профессиональные ГИС - это мощные системы, ориентированные

- на *рабочие станции* или *мощные ПК* и *сетевую* эксплуатацию,
- обрабатывающие огромные объемы информации,
- имеющие разнообразные средства *ввода* и *вывода*, что позволяет создавать карты, практически не уступающие традиционным.

✓ Имеют *универсальный* характер.

✓ К ним относятся **ARC/INFO**, **ArcGIS** (фирма **ESRI**), **GeoMedia** (INTEGRAPH) - эти системы поддерживают *топологические* и *нетопологические* модели *векторных* данных, работают с *растром*, позволяют работать с *коммерческими БД*.

Настольные ГИС – это системы, обладающие *меньшими* возможностями по сравнению с *профессиональными* ГИС (в них ограничены средства ввода и вывода информации, меньше объем обрабатываемой информации, слабее возможности анализа данных).

✓ Предназначены для научных, учебных и справочных целей.

✓ К ним относятся ГИС **ArcView, MapInfo**, отечественные **Geograph/Geodraw** и др.

Системы для информационно-справочного использования - это системы с очень *ограниченным* набором функций; наиболее *закрытые*, т.к. или вообще не допускают изменений в информации или разрешают незначительное ее изменение.

Интернет-ГИС

Интеграция ГИС и сетевых технологий привела к созданию **Интернет-ГИС**, позволяющих *составлять, размещать и отыскивать электронные карты в сети, работать с ними* в интерактивном режиме.

Интернет-ГИС

- воспроизводит *функции обычных ГИС*, но при этом пользователь получает возможность работать с программным обеспечением, которое *необязательно* инсталлировано на его ПК;
- обеспечивает **распределенность** пространственных данных, средств анализа и динамическую связь с **источниками** данных;
- осуществляет **поиск** пространственных данных и **запросы** к ним;
- обеспечивает оперативное **обновление** информации;
- реализует **две технологии** картографирования:
 - карты создаются на удаленном сервере по запросу пользователя и затем передаются ему,
 - к пользователю поступают лишь файлы исходных данных, и он самостоятельно выполняет их обработку и составление карт.

Примеры WEB-ГИС

- **ArcGIS Server (ESRI)** — коммерческое программное обеспечение, позволяющее :
 - публиковать электронные карты в Интернет;
 - разрабатывать полнофункциональные серверные корпоративные ГИС-приложения и создавать распределенные ГИС в глобальной сети ;
 - разрабатывать ГИС-порталы.
- **MapServer** — свободная (некоммерческая) среда разработки для создания WEB-приложений с доступом к пространственным данным.

Популярные картографические ВЕБ-сервисы:

- Google Maps,
- Google Планета Земля,
- Microsoft Live Search Maps (Virtual Earth):
- Яндекс.Карты
- Yahoo! Maps





Search Maps

Search the map Find businesses Get directions

Maps

Print Email Link to this page

Example searches:

Go to a location

kansas city
10 market st, san francisco

Find a business

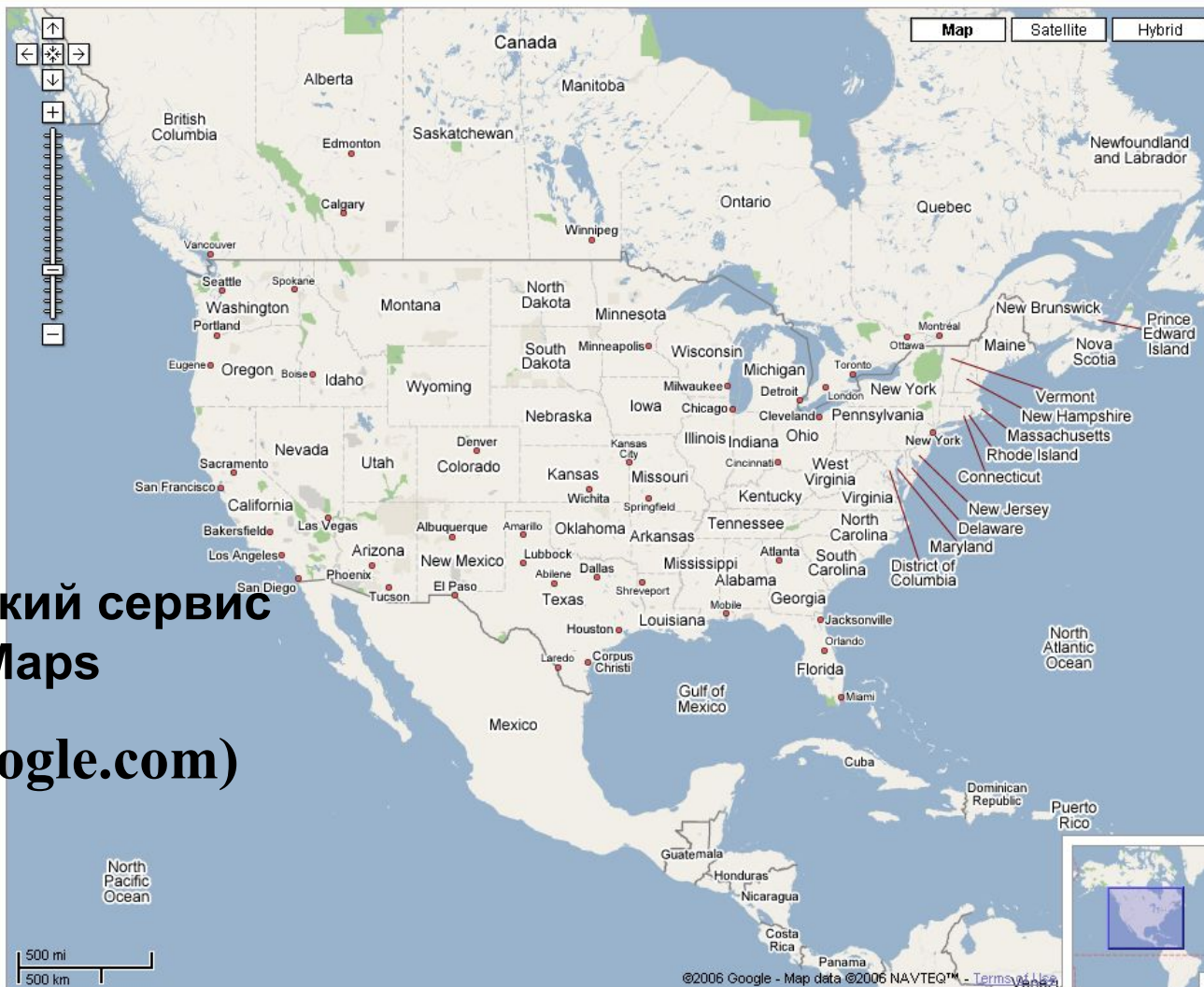
hotels near lax
pizza

Get directions

jfk to 350 5th ave, new york
seattle to 98109

Drag the map with your mouse, or double-click to zoom. Take a tour »

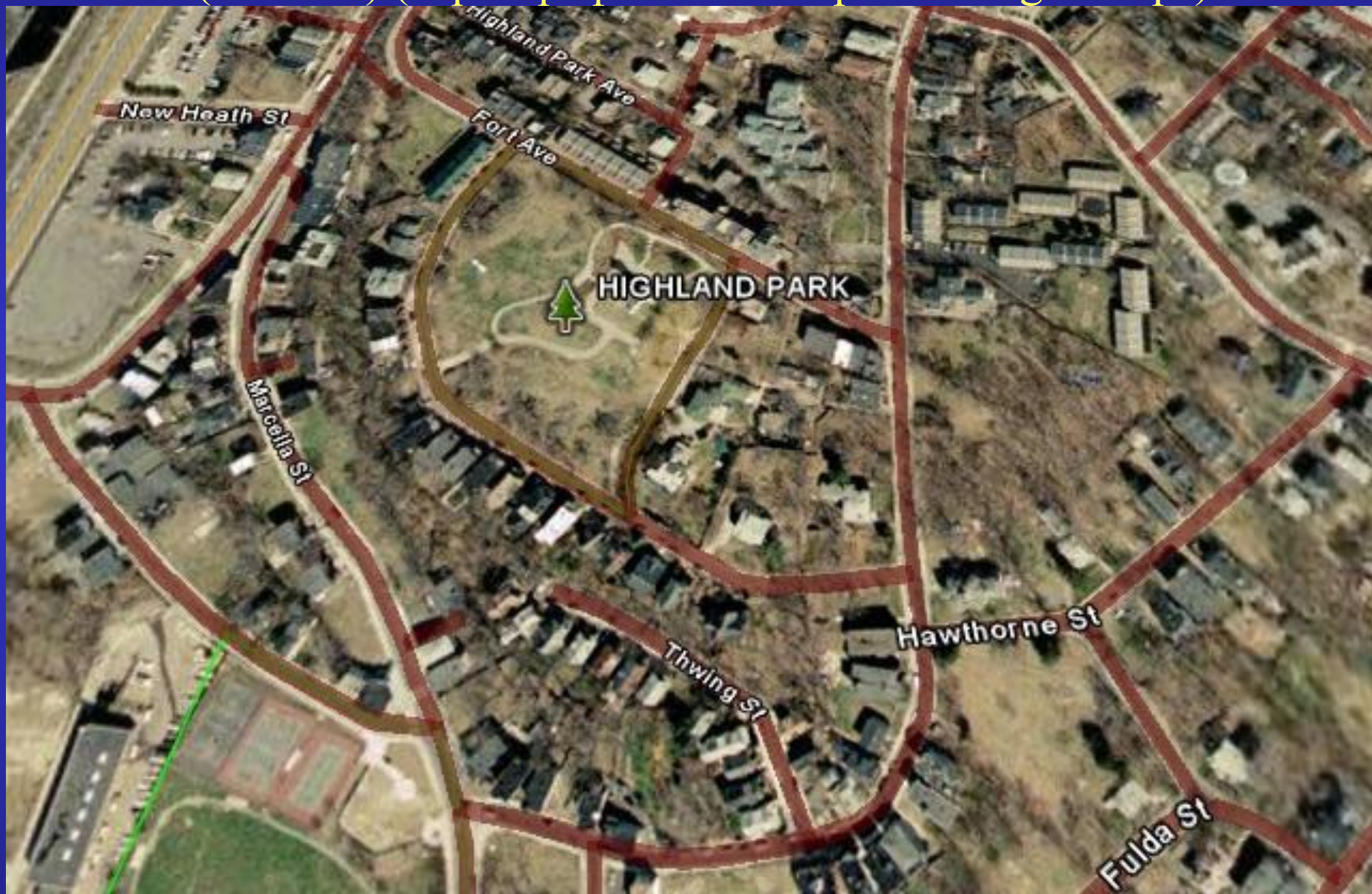
Business Owners: Add/Edit Your Business



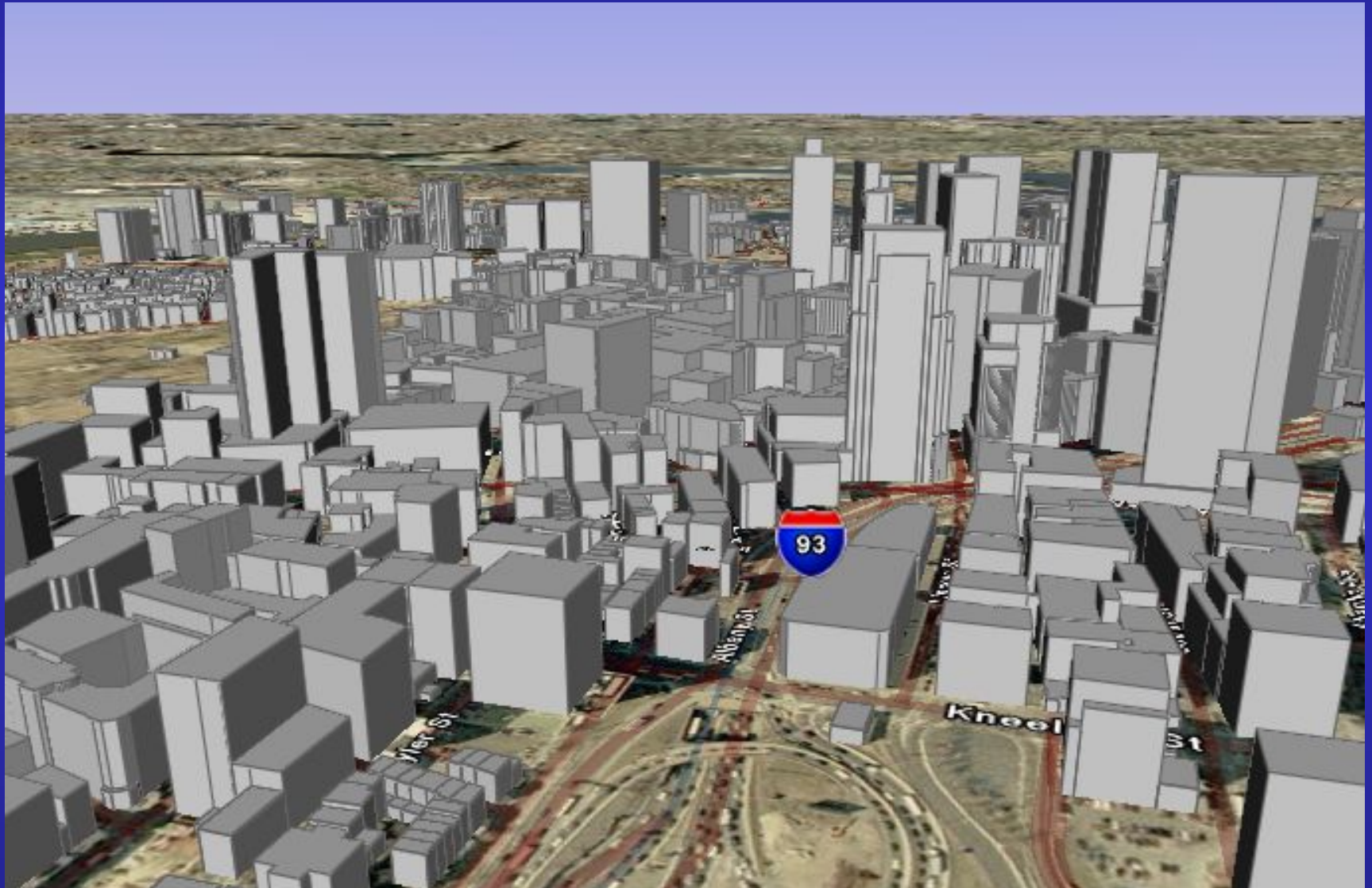
Картографический сервис Google Maps

(http://maps.google.com)

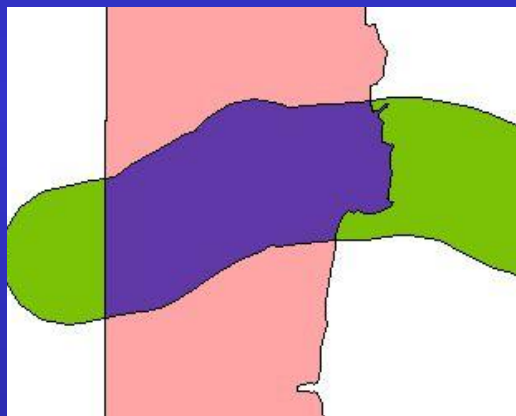
Космический снимок, совмещенный с векторными слоями
(Бостон) (картографический сервис Google Maps)



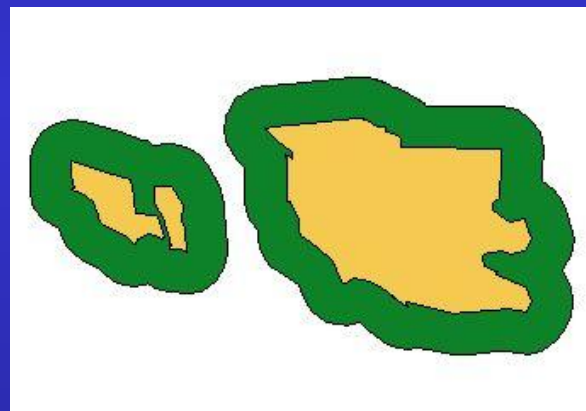
Космический снимок, совмещенный с векторным дорожным
слоем и 3-мерной моделью городских зданий (*Бостон*)
(картографический сервис Google Maps)



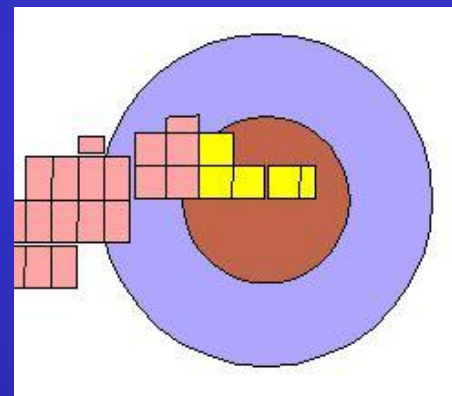
ГИС-технологии - набор программных процедур и операций, позволяющих реализовать функциональные возможности ГИС.



Пересечение



Буферизация

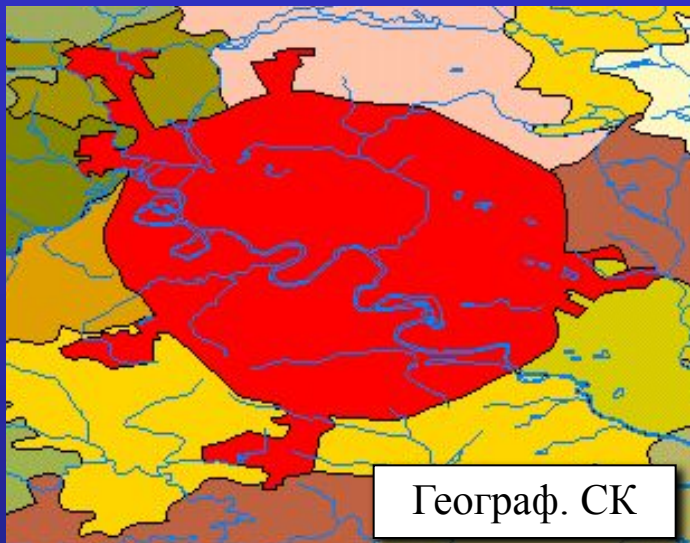


Пространственный
запрос - поиск
объектов по
пространственным
критериям

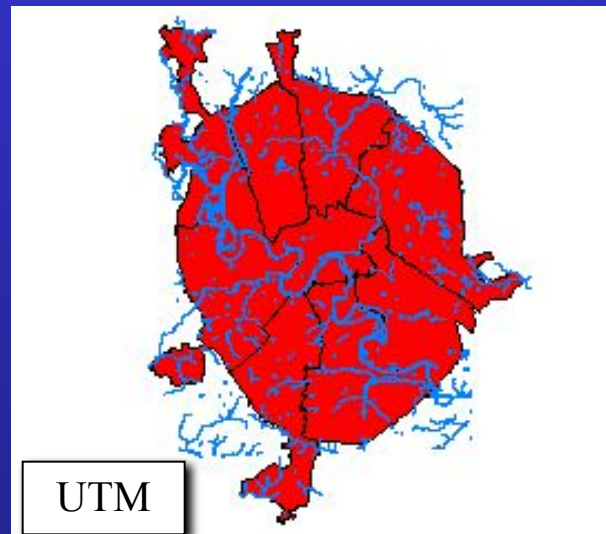
Преобразование проекций (трансформация) в ГИС

Поскольку существует множество способов проектирования криволинейной поверхности земли на плоскость карты, пространственные данные в БД могут оказаться в *разных системах координат*. Для *совместного* использования необходимо преобразовать их в *общую* систему координат.

Все данные на карте должны быть в единой проекции, иначе они не могут быть правильно совмещены и их нельзя вместе просматривать и анализировать



Данные в разных проекциях



Два метода трансформации:

- проектирование;
- полиномиальные преобразования

Проектирование (если *известны* параметры исходной и новой проекции):

1) вариант $(x_1, y_1) \rightarrow (\phi, \lambda) \rightarrow (x_2, y_2)$:

- сначала **прямоугольные** координаты *исходной* проекции (x_1, y_1) преобразуются в **географические** (ϕ, λ) (широта, долгота) - *обратная задача математической картографии*;
- затем по географическим координатам (ϕ, λ) вычисляются **прямоугольные** координаты *новой* проекции (x_2, y_2) с использованием формул математической картографии - *прямая задача математической картографии*.

2) вариант $(x_1, y_1) \rightarrow (x_2, y_2)$:

непосредственный пересчет данных из одной проекции в другую, *минуя* приведение к **системе географических координат**.

□ **Полиномиальные преобразования** (при *неопределенных* проекциях).

Пересчет прямоугольных координат исходной карты в новые $(x,y) \rightarrow (x',y')$ осуществляется :

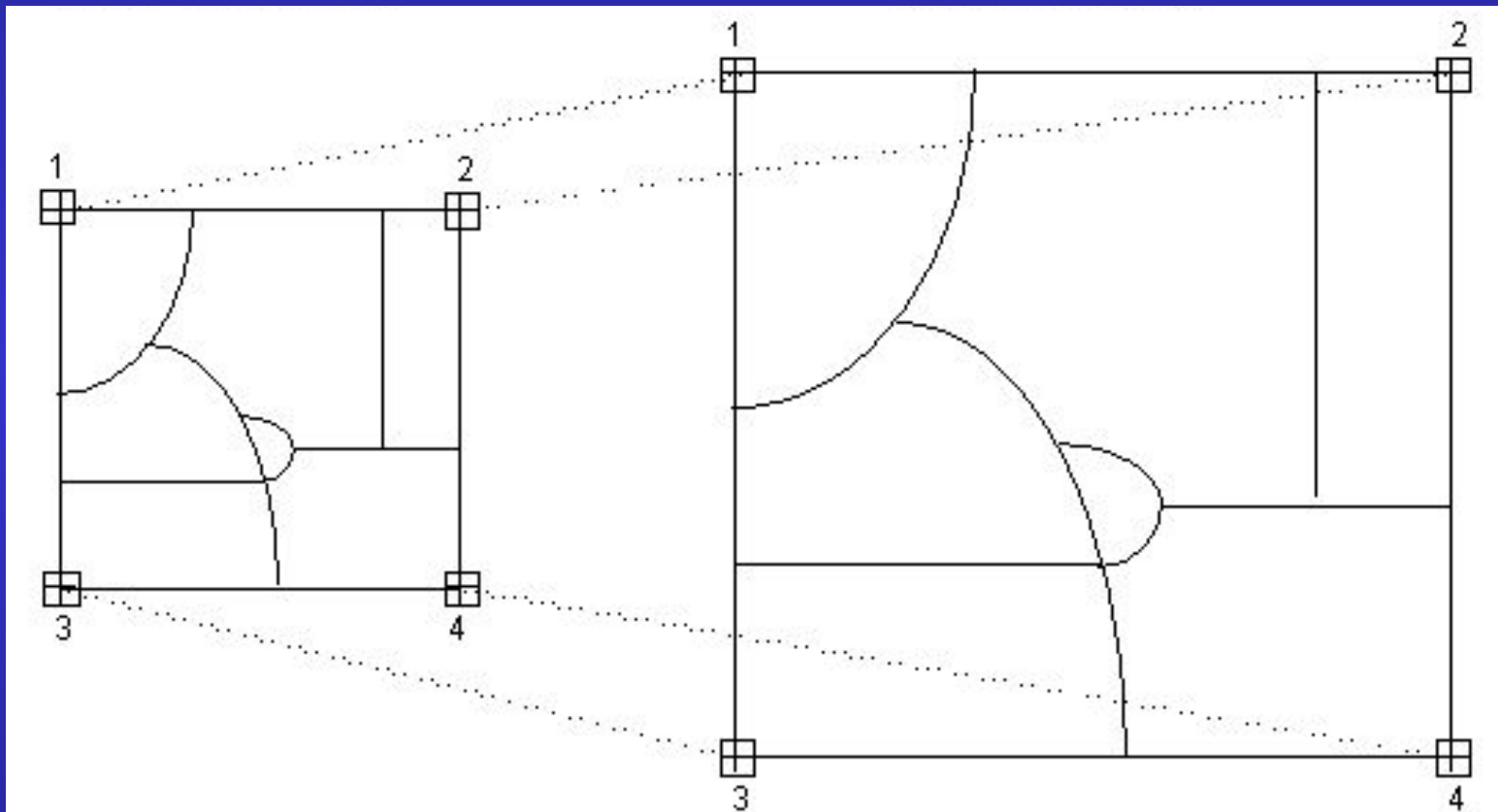
- посредством задания **набора опорных точек**, координаты которых известны в обеих системах координат,
- затем по **координатам опорных точек** рассчитывается **полином**, который используется для перехода их исходной системы координат в новую.

Примеры использования:

- для *регистрации* спутниковых изображений или сканированного растра в определенной координатной системе.
- для перевода в нужную систему координат *векторных слоев*, полученных векторизацией сканированной карты или цифрованием карт с помощью дигитайзера;

До преобразования

После преобразования



Линейные (аффинные) преобразования:

- включают параллельный перенос, масштабирование, поворот,
- сохраняют параллельность линий,
- определяются полиномами **1-ой** степени с **6** коэффициентами:

$$x' = a_0 + a_1x + a_2y;$$

$$y' = b_0 + b_1x + b_2y,$$

где (x,y) - положение объекта до преобразования;

(x',y') - после преобразования;

a_0, b_0 - коэффициенты переноса;

a_1, b_2 - коэффициенты масштабирования;

a_2, b_1 - коэффициенты вращения.

Нелинейные преобразования:

- описываются уравнениями со степенями >1 .
- дают эффект "**резинового листа**", при котором точки преобразуются **неодинаково** и параллельные линии становятся **непараллельными**, возможно **кривыми**.

Преобразование проекций: полиномиальные преобразования

Для нахождения 6 коэффициентов **линейных уравнений**

- необходимо иметь **не менее 3** опорных точек, дающих 6 значений координат, при этом опорные точки **не должны** располагаться **на одной прямой**;
- для учета **неодинаковых искажений** карты используется число опорных точек **>3** (при этом находятся **усредненные параметры преобразований** - система уравнений, составленных для каждой точки, решается **методом наименьших квадратов**, минимизируя величину среднеквадратических отклонений координат точек).

В общем случае число опорных точек для **полиномиальных преобразований** должно удовлетворять соотношению

$$n \geq (m + 1)(m + 2)/2,$$

где m - степень полинома.

Поле

Запись

Record_id	Count	Area	Descrip_r	Fam_id	Distric_id	Type_sel
15697	1	35.438840	Лужки	92	6	1
15726	2	20.799480	Чернятино	95	6	1
15744	1	27.019810	Рудня	95	6	1
15757	1	41.288480	Пруска	95	6	1
15766	5	15.165580	Первомайский	93	6	1
15784	1	64.187690	Побожеевка	92	6	1
15991	1	119.929590	Р. с/	91	6	1

□ Работа с полями таблиц:

- **поиск** в таблице *текстового* значения;
- **создание, редактирование и удаление** поля;
- вычисление **нового** значения поля;
- расчет **статистик** по полю;
- **группировка** - генерирование по *группам* нового значения (суммы, среднего, мин., макс. значения), основанного на значениях *существующего* поля, и запись расчетов в новую таблицу.

Например, подсчет суммарной площади для каждого типа земельных участков.

Создание запросов к таблице. Запросы к таблице *выбирают записи* по значениям их *атрибутов*.

Запрос создается посредством составления **логического выражения**, основанного на *полях* этой таблицы, с использованием:

- арифметических операторов (*, /, -, +),
- операторов сравнения (<, <=, <>, =, >, >=),
- логических операторов (And, Or, Xor, Not).

Логические операторы And, Or, Xor служат для сравнения логических значений *двух* выражений (истина или ложь):

(выражение **A**) **логический оператор** (выражение **B**).

AND - возвращает TRUE (истина), когда A и B являются *одновременно* истинными, в ином случае - FALSE (ложь).

OR - возвращает FALSE, когда A и B являются одновременно *ложными*, в ином случае - TRUE.

XOR - возвращает TRUE, когда *одно и только одно* из выражений есть *истина*.

Логический оператор NOT - отрицает логическое значение выражения, т.е. возвращает *истину*, если выражение *ложно*, и наоборот:

NOT (выражение).

Пример запроса в ArcView: в таблице с данными о сельхозугодьях найти *пастбища* и *сенокосы* (тип землепользования 3 и 5) с плотностью загрязнения $^{137}\text{Cs} > 20$ **Ки/км²:**

(([Landuse]=3) **or** ([Landuse]=5)) **AND** ([Cs]>20),

где Landuse - имя поля с типом землепользования,
Cs - имя поля со значениями ^{137}Cs .

□ **Соединение таблиц** - применяется для присоединения данных из одной таблицы (*таблица источника*) к другой (*таблица назначения*) и осуществляется по **значениям общего поля**, имеющегося в обеих таблицах.

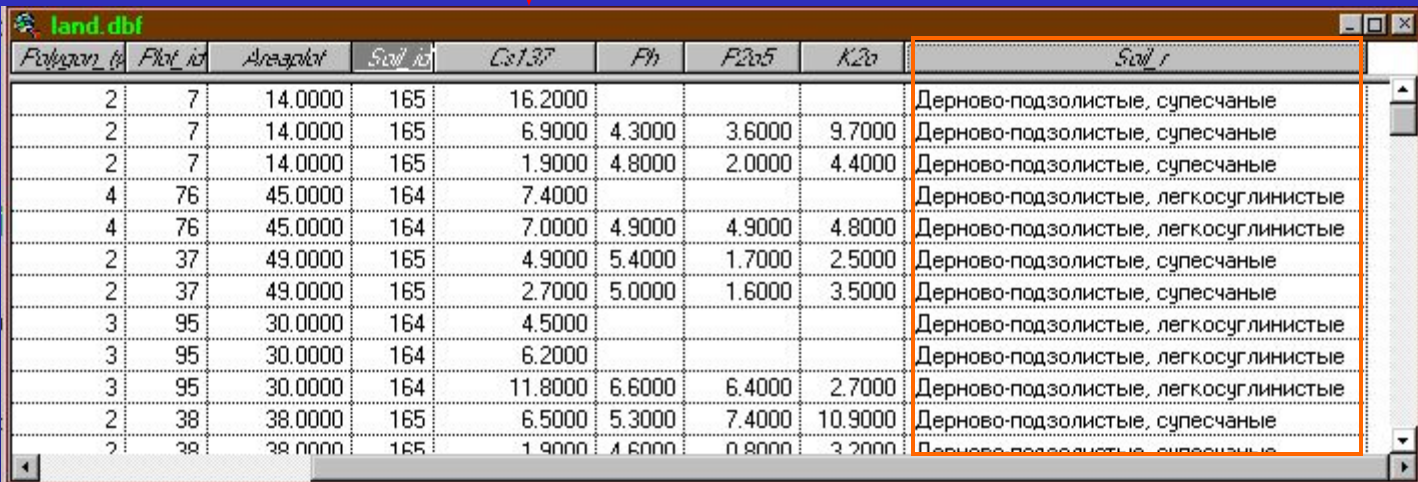
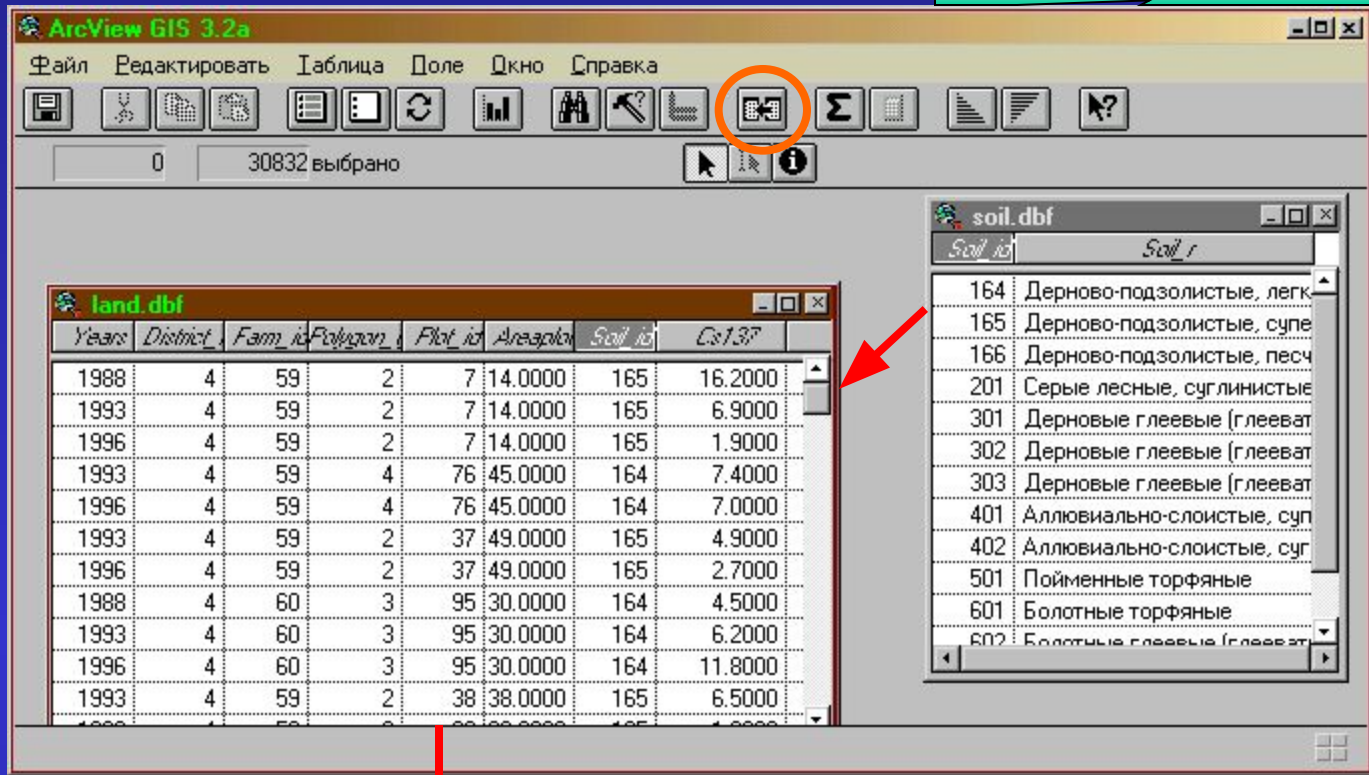
При этом

- между таблицей назначения и таблицей источника устанавливаются связи типа **одна-к-одной** (1:1) или **многие-к-одной** (M:1);
- после соединения можно задавать символы, создавать надписи и запросы, используя данные из **присоединенной** таблицы;
- соединение таблиц может быть разорвано в любой момент;
- имя поля, по которому происходит соединение таблиц, может *не быть* одинаковым в обеих таблицах, но **тип данных** должен обязательно **совпадать**.

Соединение таблиц в ArcView

Соединение таблиц

Присоединение описания типов почв к таблице с данными по земельным участкам по общему полю «Soil_id» (код почвы).
Тип связи - многие-к-одной (M:1)



Операции пространственного анализа

(для векторных объектов)

□ **Выбор объекта** - позволяет находить объекты на карте и работать далее с ними.

Выбрать объекты можно:

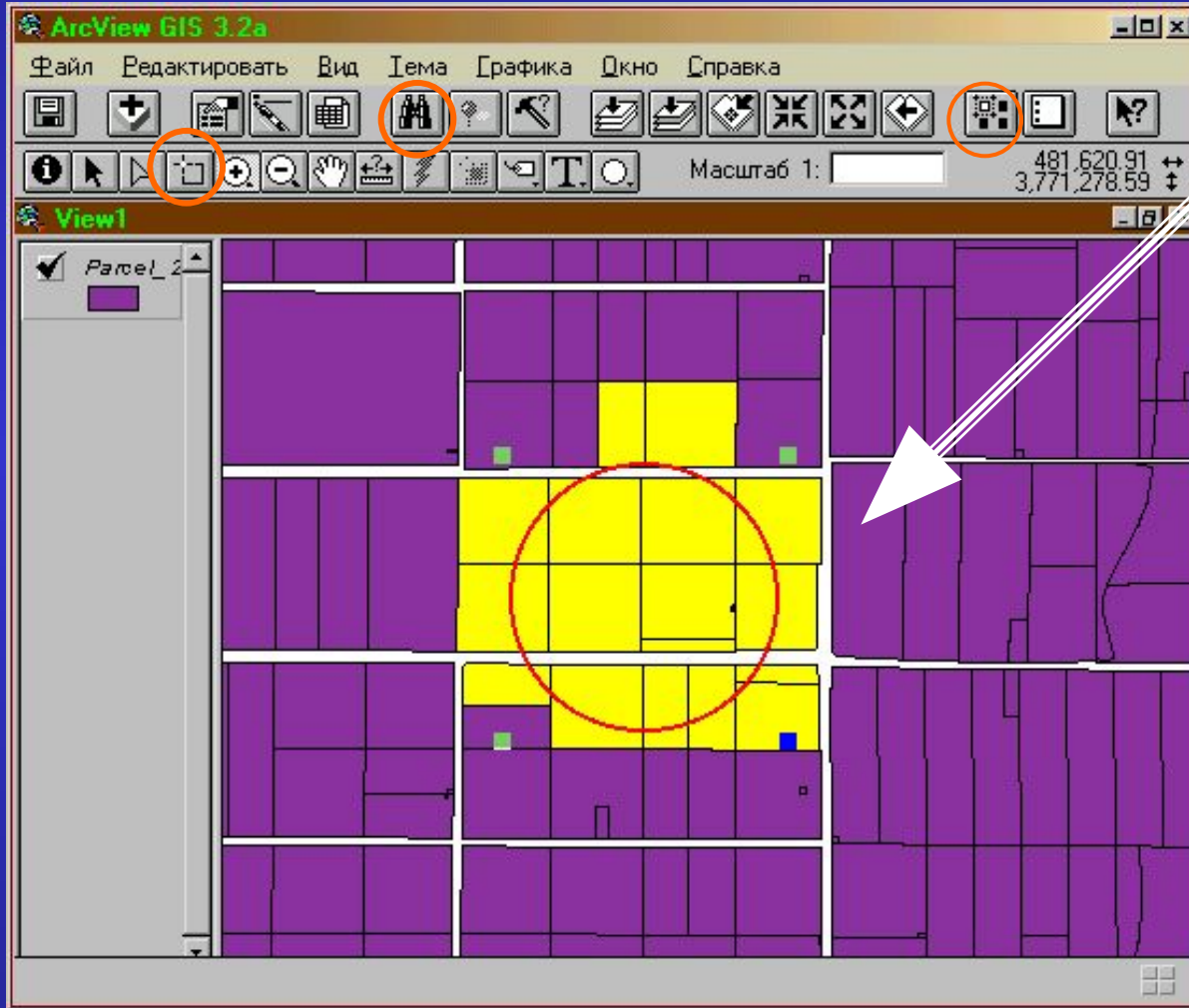
- с помощью **мыши** (указывая на них или растягивая прямоугольник поверх них);
- по **названию** (по *текстовому* значению атрибута);
- с помощью **графики** (выбираются объекты, которые целиком попадают внутрь или пересекаются нарисованной графикой);
- с использованием **атрибутивного запроса** к слою, если необходимо выбрать объекты по значениям их атрибутов;
- с помощью **выбора записей в атрибутивной таблице** (при этом на карте выбираются объекты, к которым относятся эти записи).

Выбор объектов в ArcView

Выбор по названию

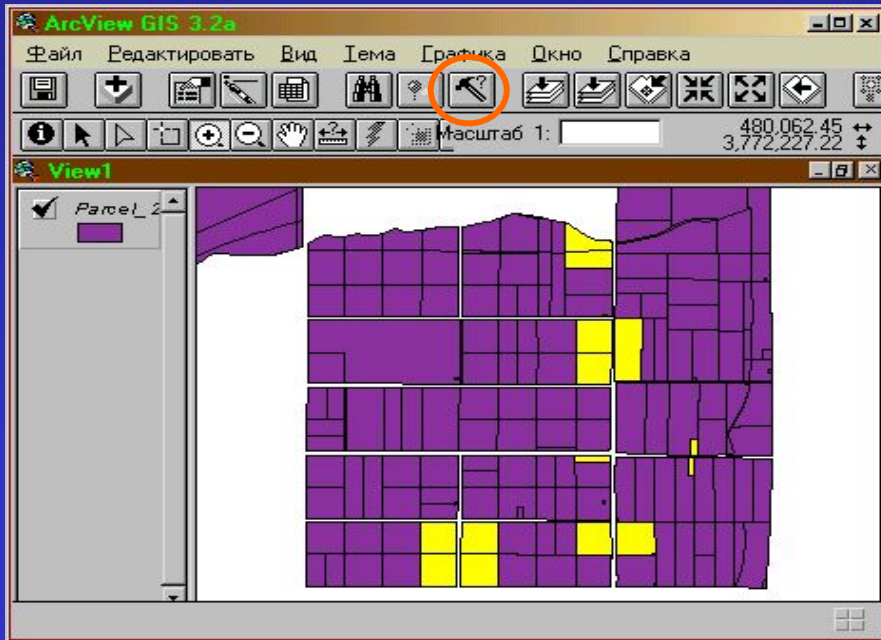
Выбор графикой

Выбор мышью

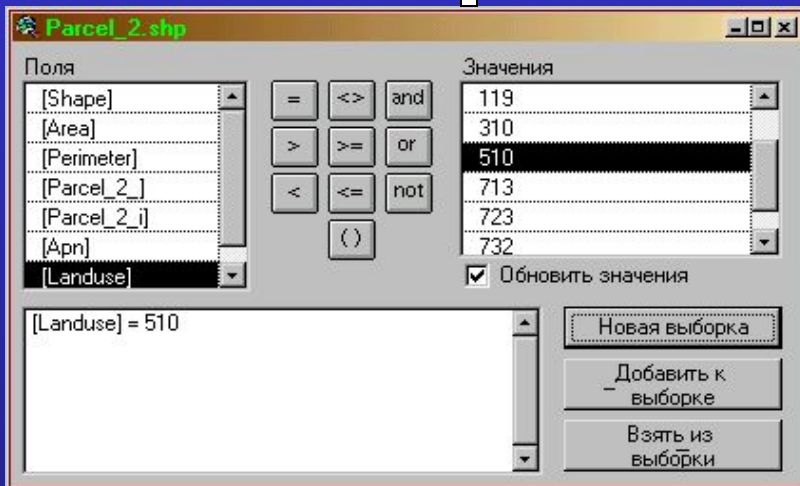
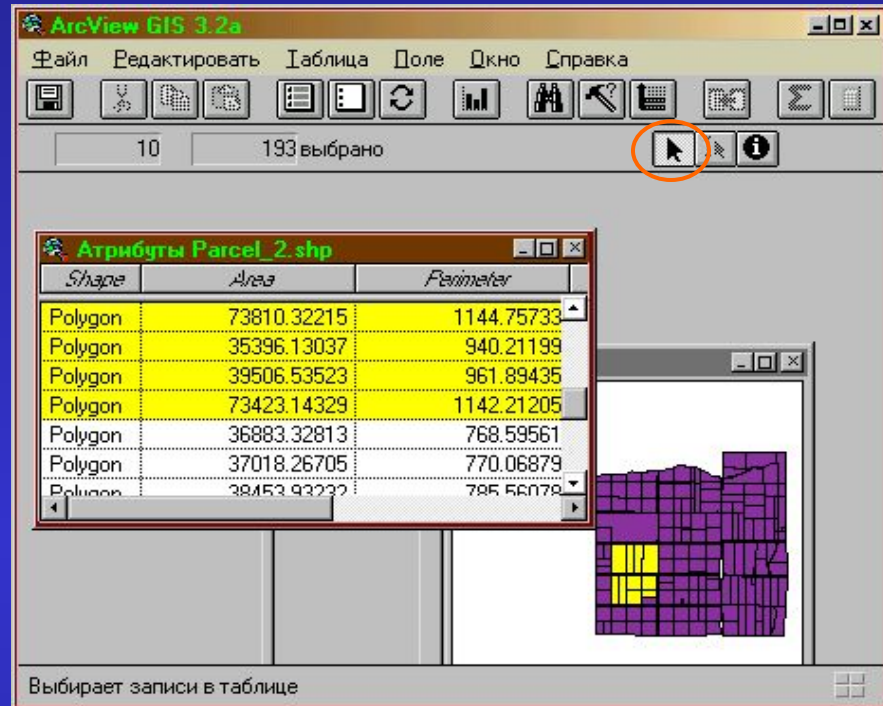


Выбор объектов в ArcView

Выбор запросом



Выбор по таблице



ГИС-технологии: **операции пространственного анализа** (для векторных объектов)

□ **Поиск объектов по пространственным критериям (пространственный запрос)** - используется для решения задач соседства, смежности и вместимости.

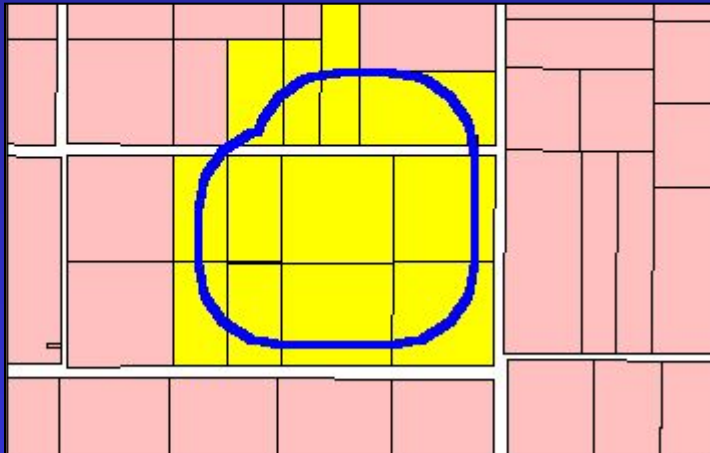
Типы пространственных связей (отношений), устанавливаемых между объектами в ГИС:

- полностью располагаются внутри,
- полностью содержат,
- имеют свой центр внутри другого объекта
- содержат центр другого объекта,
- пересекают (*т.е. у них есть хотя бы одна общая точка*),
- находятся в пределах заданного расстояния от других объектов.

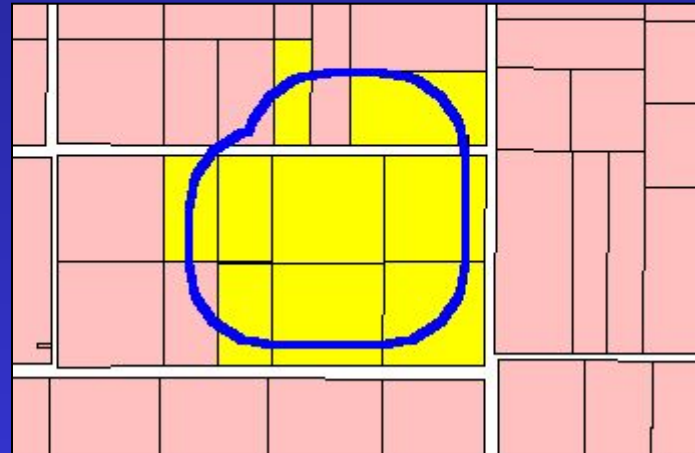


Поиск объектов по пространственному критерию

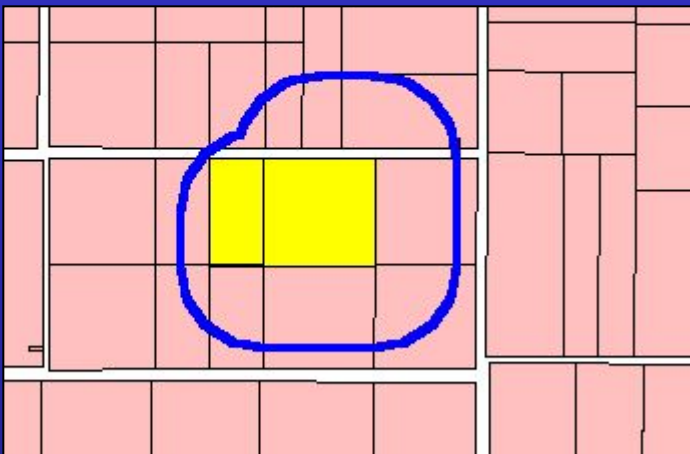
Пересекают



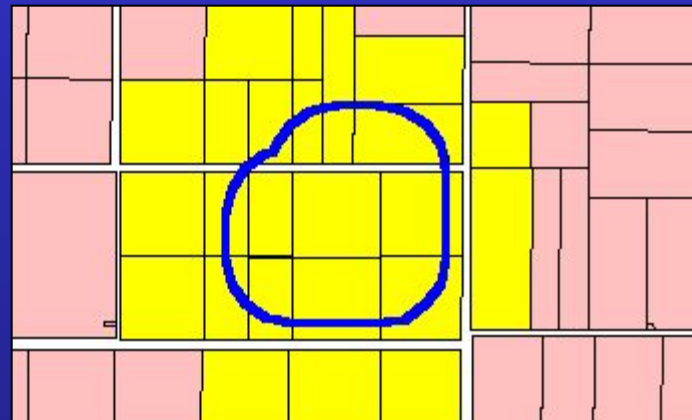
Имеют свой центр



Содержатся внутри



Находятся в пределах заданного расстояния



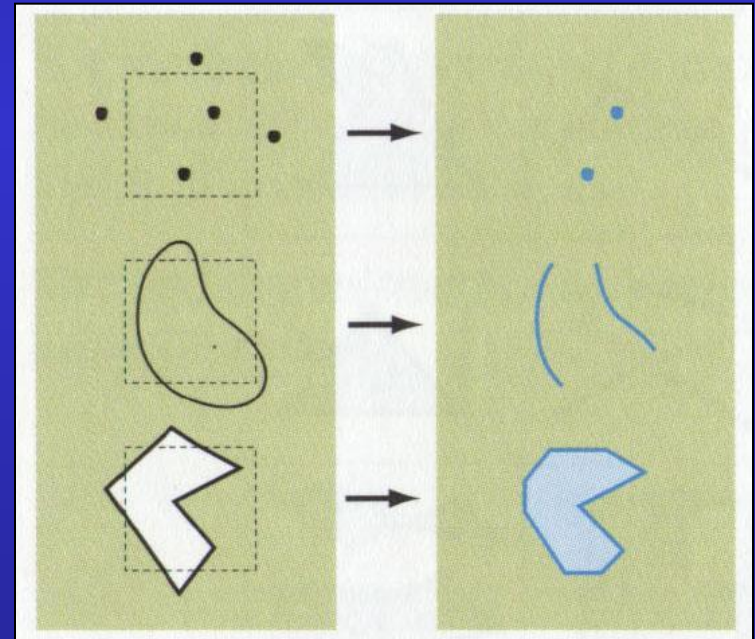
Операции пространственного анализа (для векторных объектов)

□ **Операции наложения (оверлей)** - пространственные операции, возвращающие новые геометрические фигуры, получаемые в результате *наложения исходных фигур* (их наборов точек).

◆ **Вырезание**

Создает новую фигуру с набором точек исходной, которые находятся **внутри** или **на границе** области вырезания.

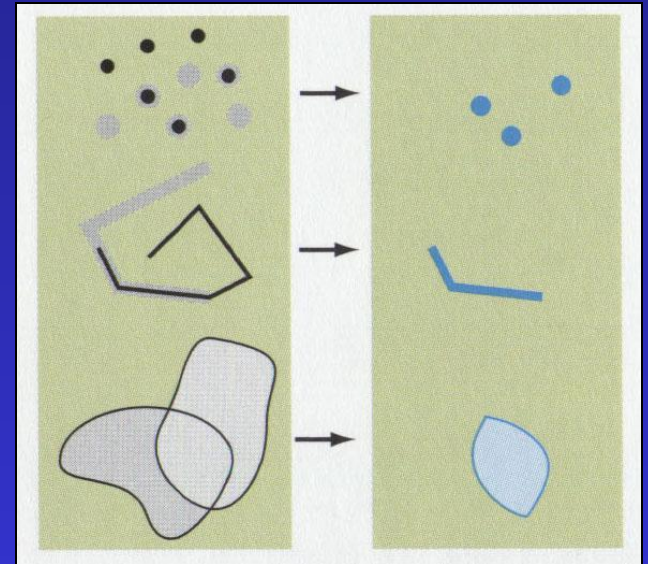
Новая фигура - того же *типа*, что и исходная.



Операции наложения

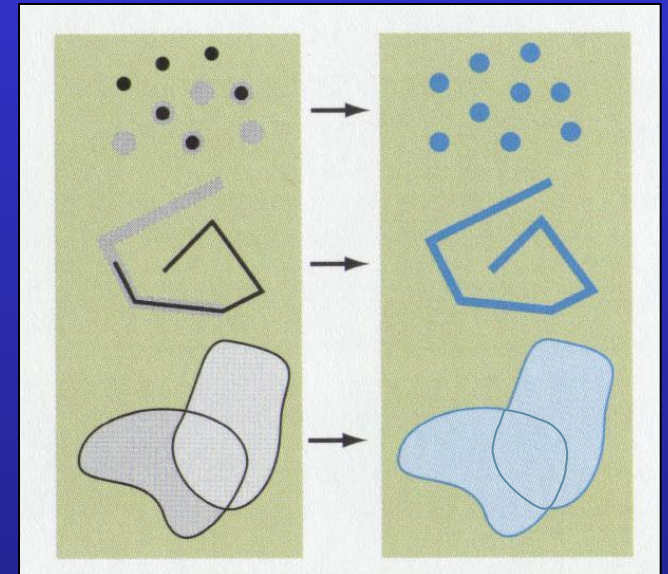
◆ **Пересечение**

Вычисляет геометрическое *пересечение* двух фигур и возвращает новую фигуру, присутствующую **одновременно** в 2-х исходных.



◆ **Объединение**

Вычисляет геометрическое *объединение* двух фигур (*одной размерности*) и создает новую фигуру, образованную **всеми** точками 2-х исходных.

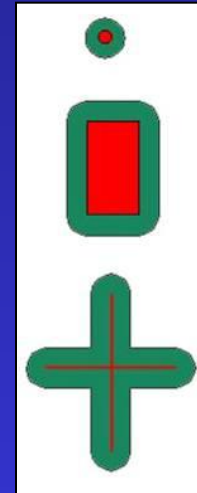


Операции пространственного анализа (для векторных объектов)

□ Буферизация –

создание *буферной зоны* - области, граница которой отстоит на заданном расстоянии от границы исходного объекта (или объектов).

Используется для анализа размещения объектов в пределах буферных зон (*анализ окрестности*).



□ Агрегирование объектов –

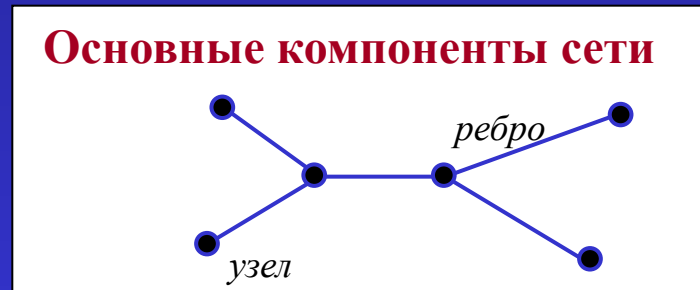
построение новых более крупных объектов (зон), **однородных** по выбранному критерию путем объединения объектов с **одинаковыми значениями указанного атрибута**.

Эта операция объединяет объекты, имеющие одинаковые значения для указанного вами атрибута.



Операции пространственного анализа (для линейных объектов)

□ **Анализ сетей** – это операции, исследующие топологические и геометрические свойства *линейных* пространственных объектов, образующих сети (*гидрографическая сеть, сети коммуникаций*).

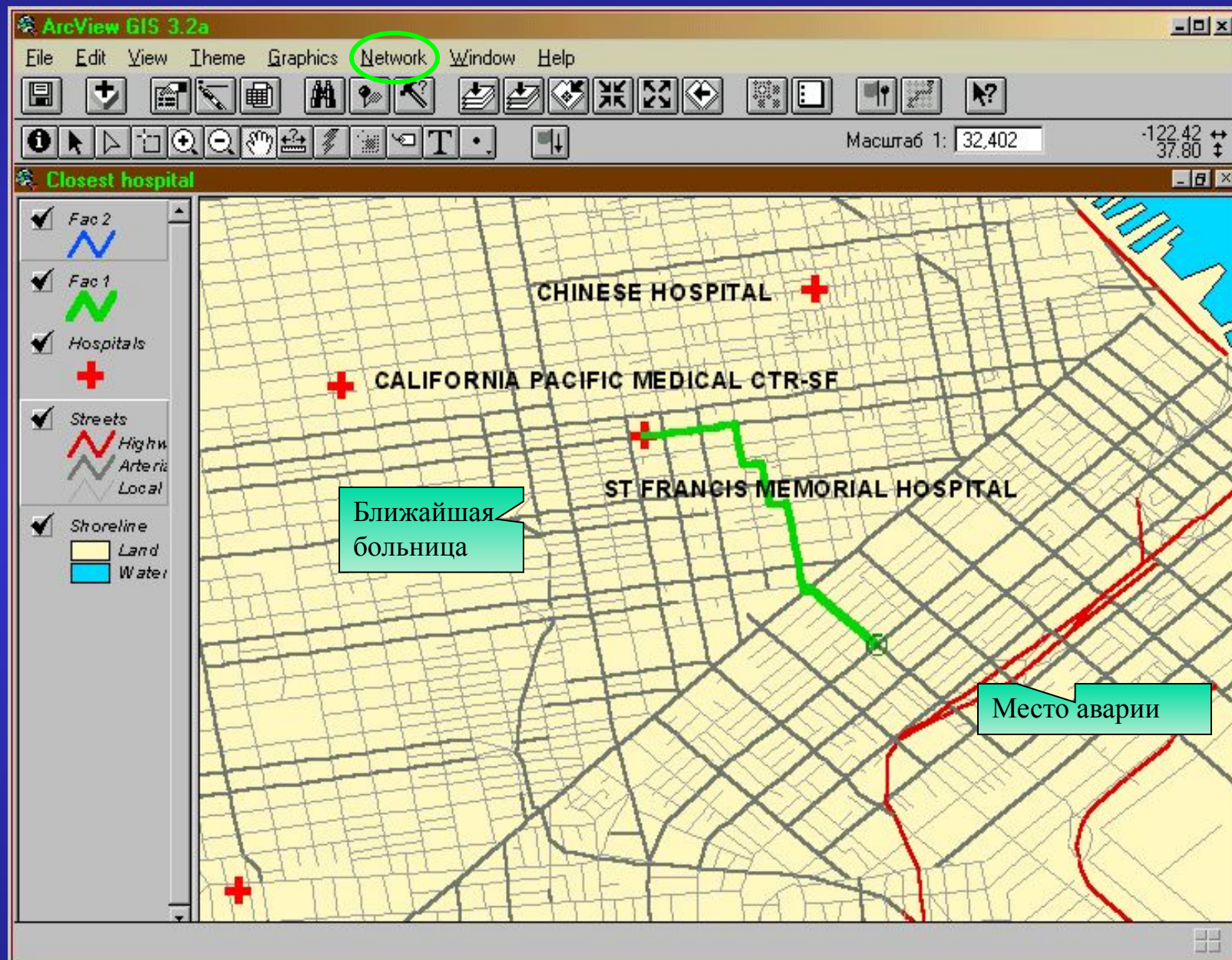


Анализ сетей включает:

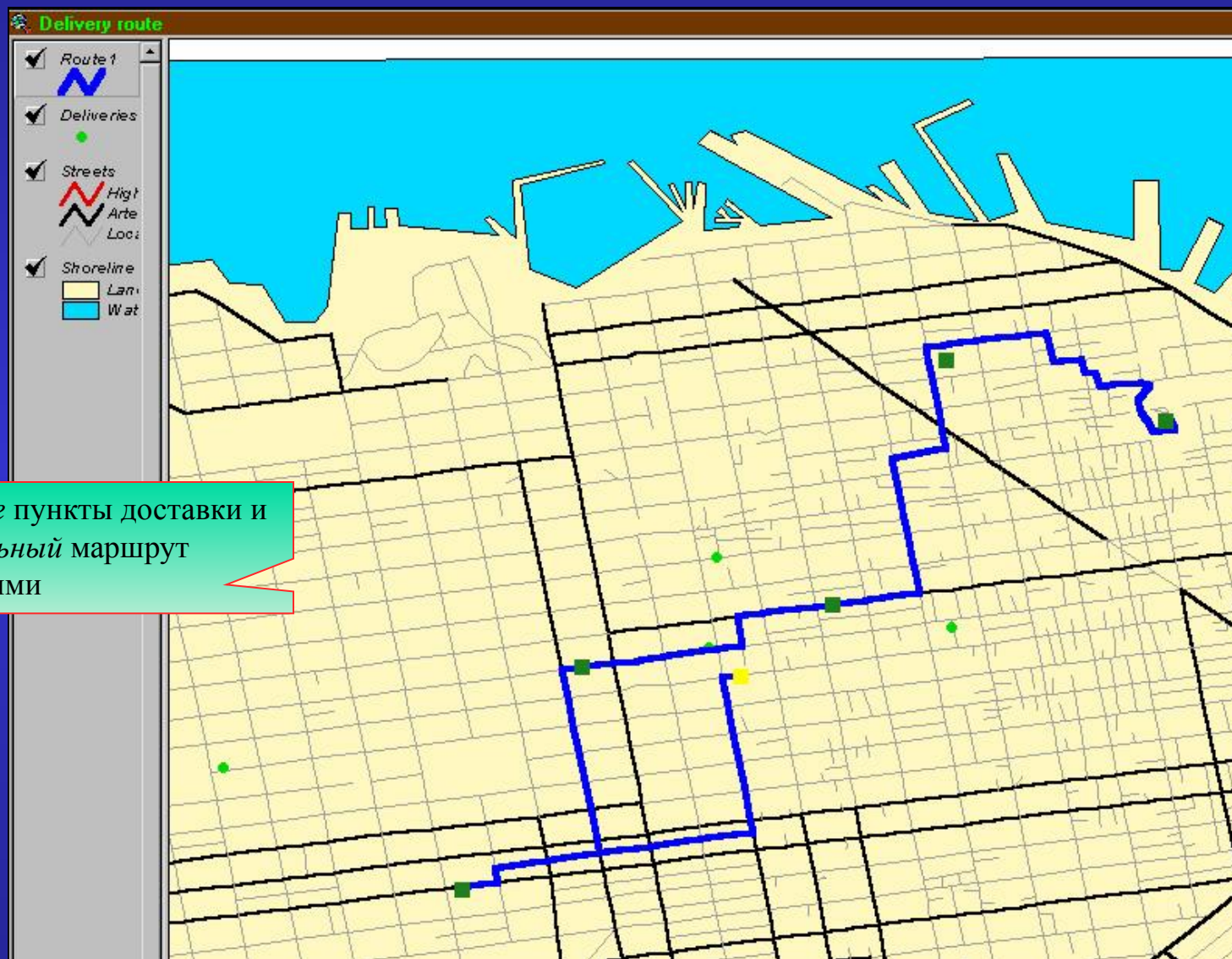
- поиск **наикратчайшего** пути между двумя точками,
- расчет маршрута движения с **минимальными издержками** (например временными),
- выбор **оптимального** маршрута между несколькими узлами сети,
- нахождение **ближайшего** сервисного центра и т.п.

В ArcView анализ сетей осуществляется с помощью дополнительного модуля *Network*.

Анализ сетей в ArcView: выбор ближайшей к месту аварии больницы



Анализ сетей в ArcView: выбор оптимального маршрута между несколькими пунктами доставки



Заданные пункты доставки и оптимальный маршрут между ними

Операции пространственного растрового анализа

□ **Анализ близости** - создается *растр*, хранящий для каждой ячейки идентификатор или атрибут *ближайшего* к этой ячейке объекта.

Объектами, по отношению к которым определяется близость ячеек растра, могут быть *точки, линии, полигоны* или *ненулевые ячейки другого растра*.

Анализ близости может быть использован для нахождения:

- *области, привязанной* к каждому исходному объекту,
- *объектов* одного слоя, *ближайших* к объектам другого слоя.



В ArcView операции растрового анализа осуществляются с помощью модуля *Spatial Analyst*.

Операции пространственного растрового анализа

Анализ расстояния - создается **растр**, содержащий для каждой ячейки **расстояние** до ближайшего объекта.

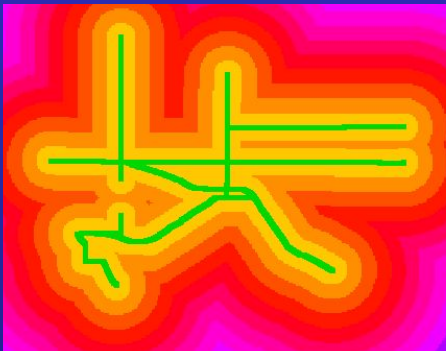
Объектами, используемыми для нахождения расстояния, могут быть **точки, линии, полигоны** или **ненулевые ячейки другого растра**.

Прямолинейное расстояние вычисляется от каждой из выходных ячеек, **не содержащей** объект, до ближайшего объекта. Выходным ячейкам, **содержащим** объект, присваивается **0**.

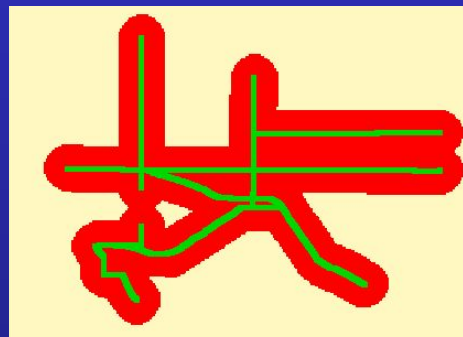
Растр расстояний может быть использован:

- для создания одной или набора **буферных зон** вокруг объектов (в растровом представлении);
- нахождения **объектов** в **пределах заданных расстояний** от других объектов.

Растр расстояний



Растровая буферная зона



Набор буферных зон

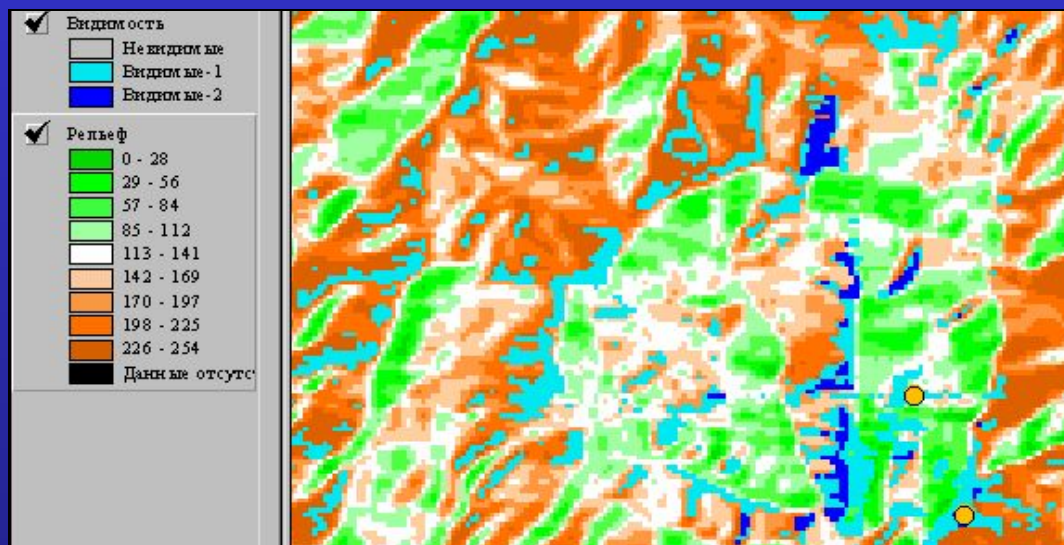


Операции пространственного анализа (для растровых и TIN моделей)

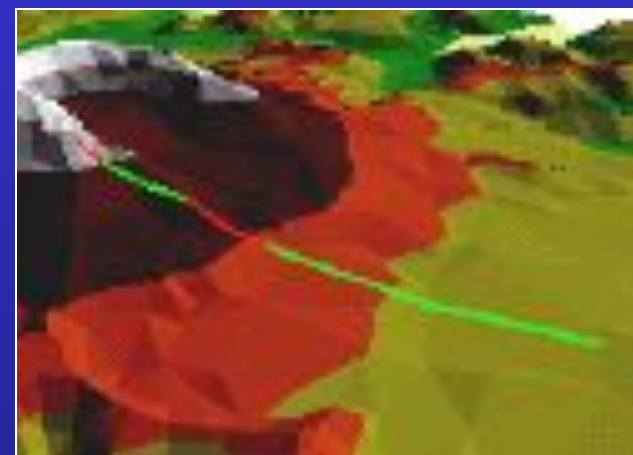
Анализ видимости - операция обработки *цифровых моделей рельефа*, обеспечивающая оценку поверхности с точки зрения *видимости* или *невидимости* отдельных ее частей с некоторой точки (или точек) обзора.

Два типа анализа видимости:

- расчет **линии взгляда** - определение видимости вдоль *указанной* на поверхности линии с *конкретной точки наблюдения*;
- расчет **зон видимости** - определение *областей* поверхности, которые видны с одной или более точек наблюдения. В результате получается *растр*, каждой ячейке которого присваивается атрибут, обозначающий *количество точек наблюдения*, из которых видна данная ячейка.



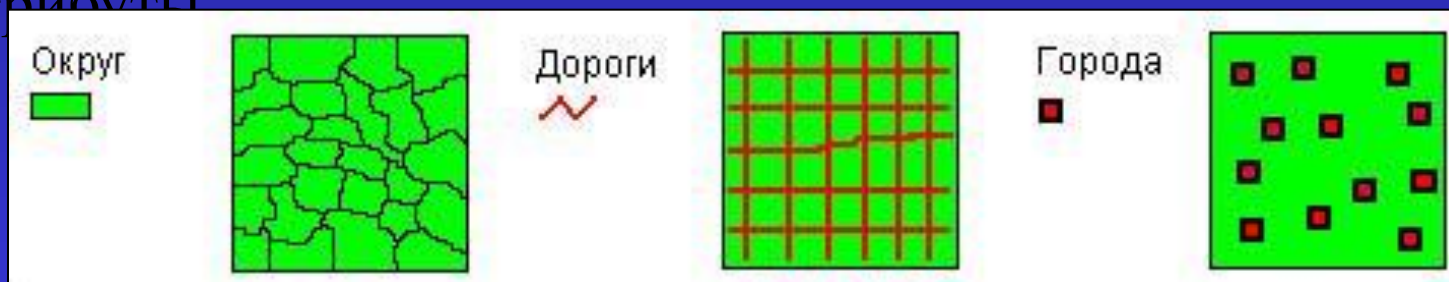
Определение зон видимости



Расчет линии взгляда в TIN-модели

Методы создания тематических карт в ГИС

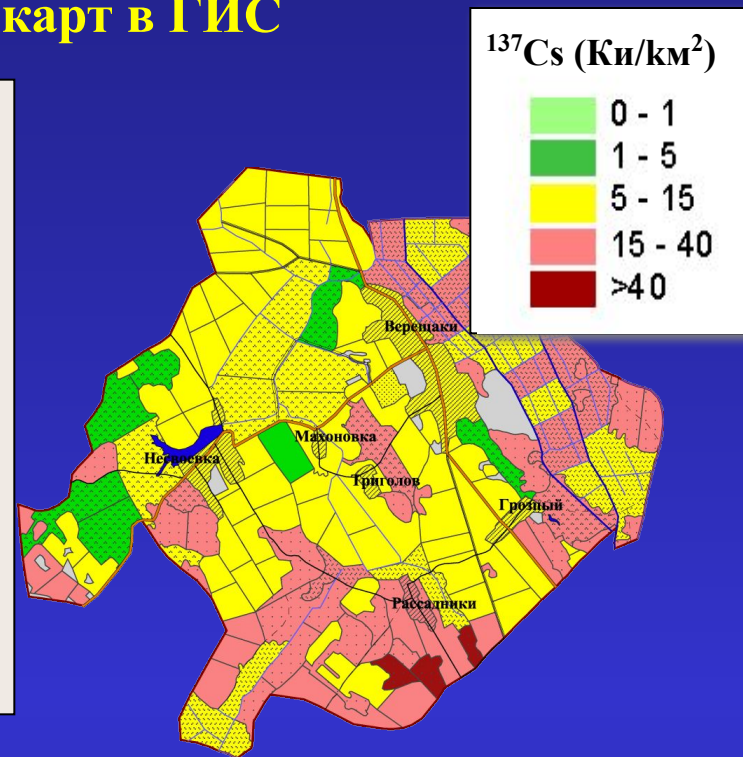
- ▣ **Отдельный символ** - все объекты темы изображаются *одним цветом и символом*. Метод полезен, когда необходимо показать *только расположение* объектов в теме, а не их атрибуты.



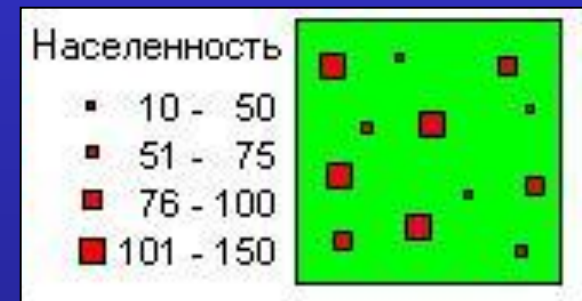
- ▣ **Уникальное значение** - в этом методе каждое уникальное значение выбранного для отображения на карте атрибута представляется *уникальным символом*. Наиболее эффективен при изображении *качественных* данных (типов почв, типов землепользования, типов дорог).



□ **Цветовая шкала** - объекты изображаются символами, *цвет* которых представляет *диапазоны* изменения выбранного атрибута. Метод полезен для отображения количественных данных, имеющих *непрерывную последовательность* значений.



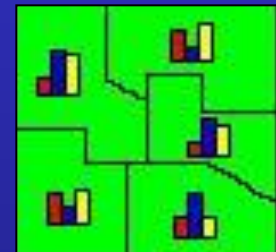
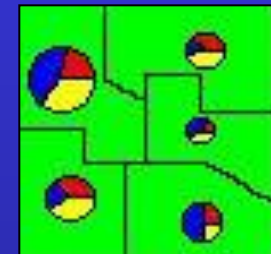
□ **Масштабируемый символ** - объекты изображаются символами, *размер* которых представляет *диапазоны* изменения значений атрибута. Используется только для *точечных* и *линейных* данных.



□ **Плотность точек** - объекты *полигональной* темы изображаются точками, число которых, умноженное на *вес* точки, соответствует значению выбранного для отображения на карте атрибута. Используется для демонстрации *распределения* какого-либо явления по площади.



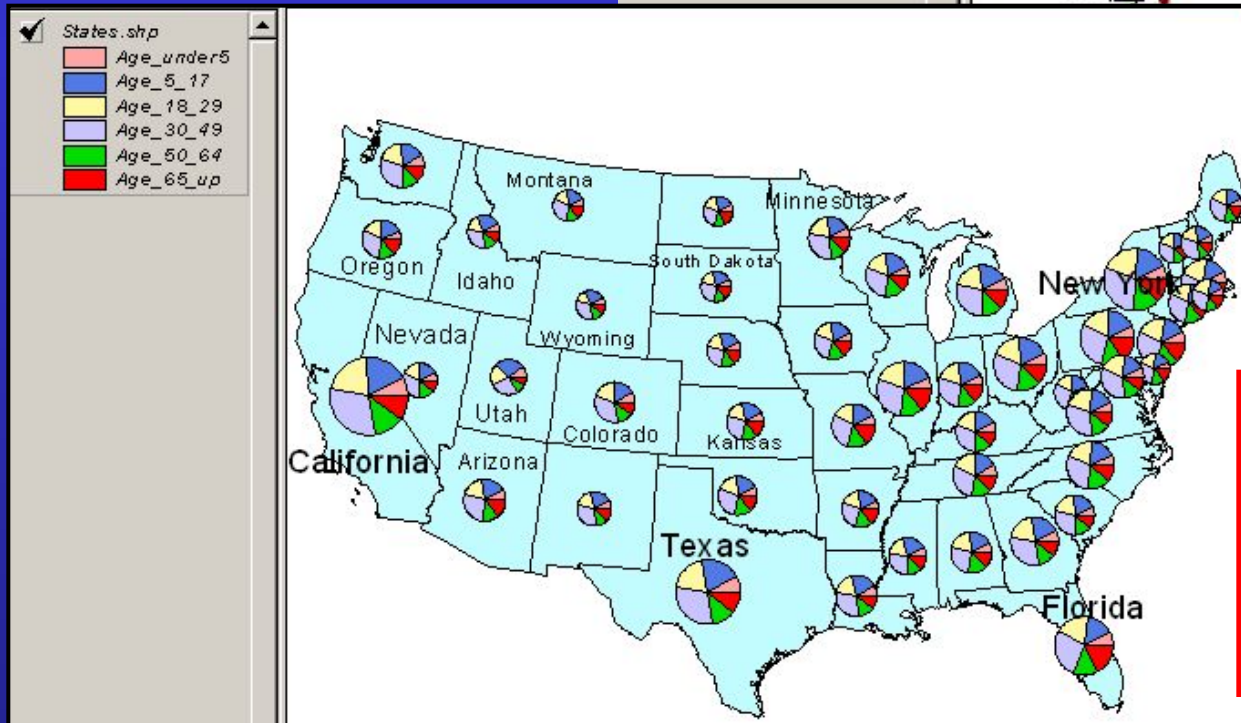
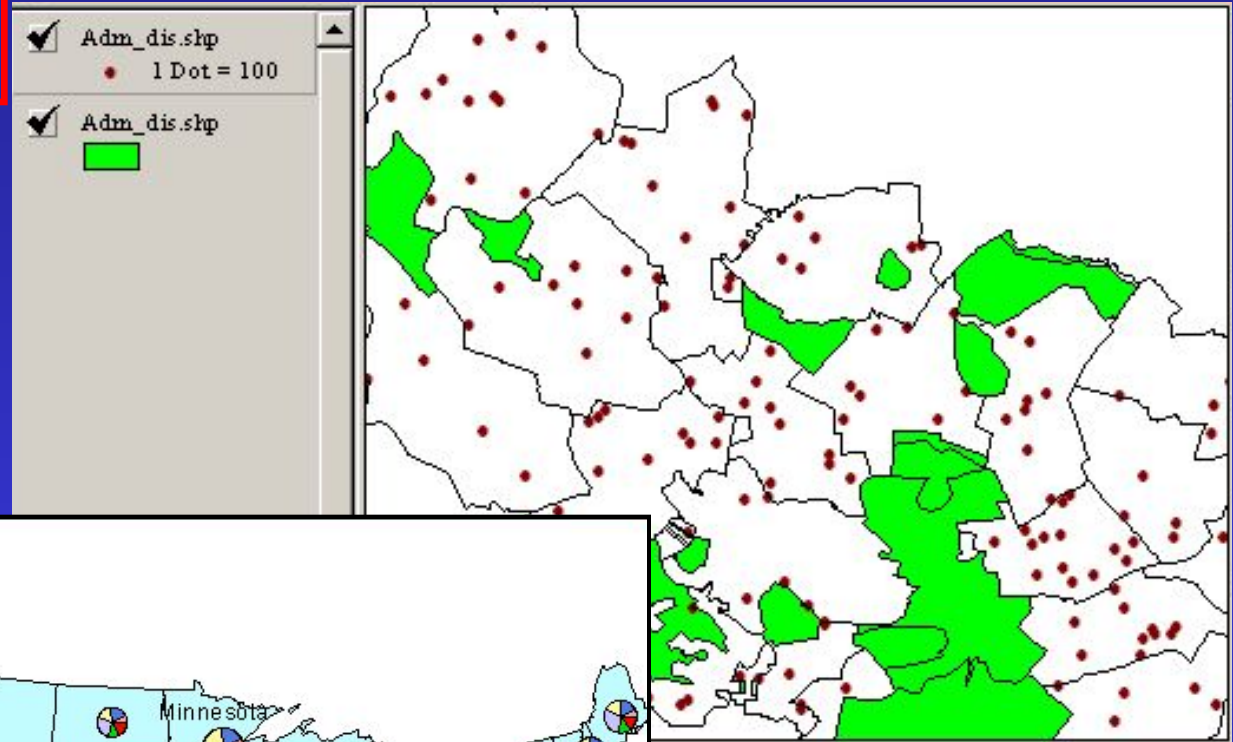
□ **Локализованная диаграмма** - объекты изображаются диаграммами (*круговыми* или *столбчатыми*; компоненты диаграмм соответствуют выбранным *атрибутам* данных). Метод полезен для одновременного изображения значений *нескольких* атрибутов.



Тематическая карта,
созданная методом
«Плотность точек»

Возрастная структура
населения в штатах
США

«Распределение сельского
населения по хозяйствам района»



Тематическая карта,
созданная методом
«Локализованная
диаграмма»