# 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***;

## Функциональные возможности ГИС

- **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***.

# Классификация ГИС по функциональным возможностям

***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

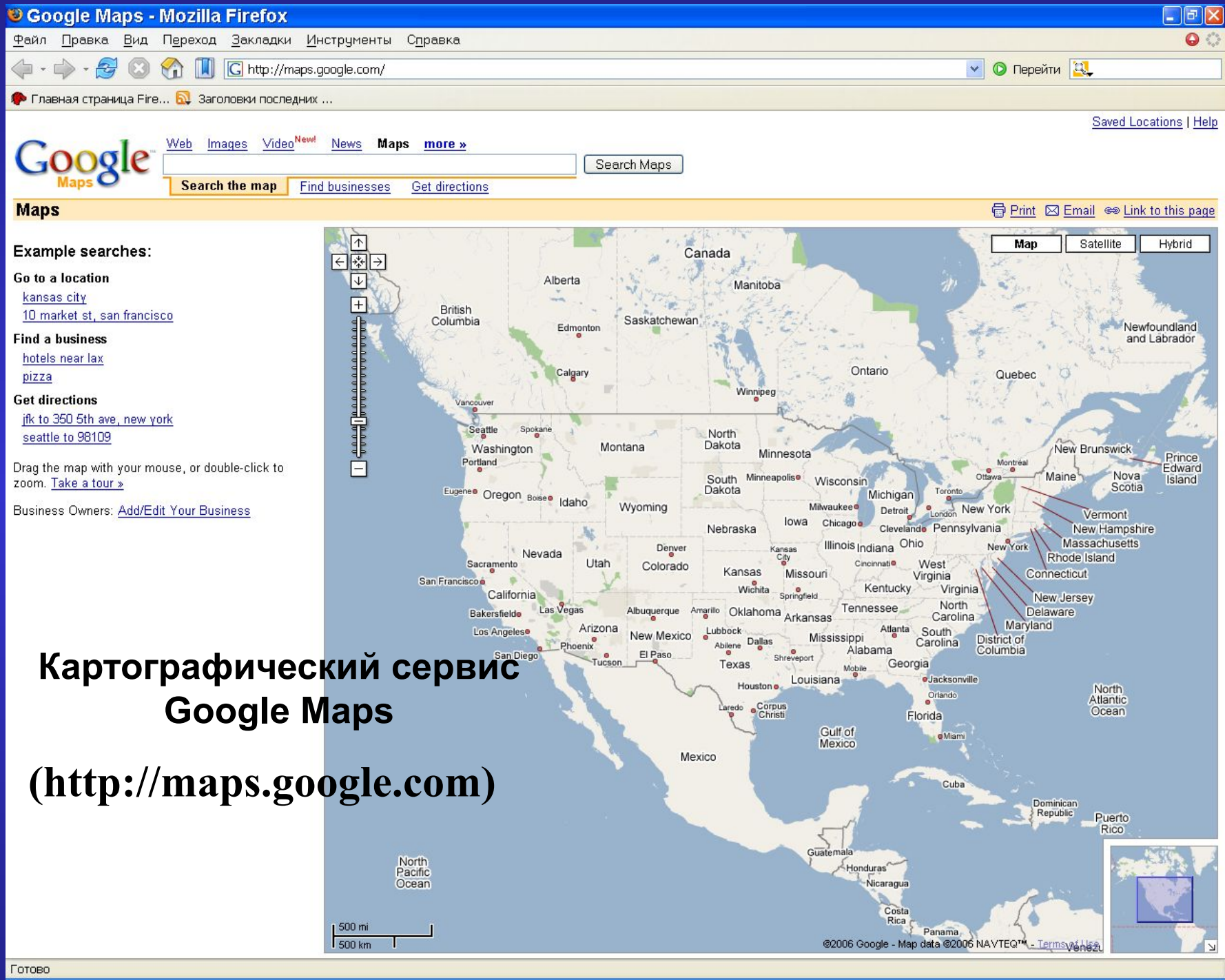
- воспроизводит ***функции обычных ГИС***, но при этом пользователь получает возможность работать с программным обеспечением, которое *необязательно* инсталлировано на его ПК;
- обеспечивает ***распределенность*** пространственных данных, средств анализа и динамическую связь с ***источниками*** данных;
- 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

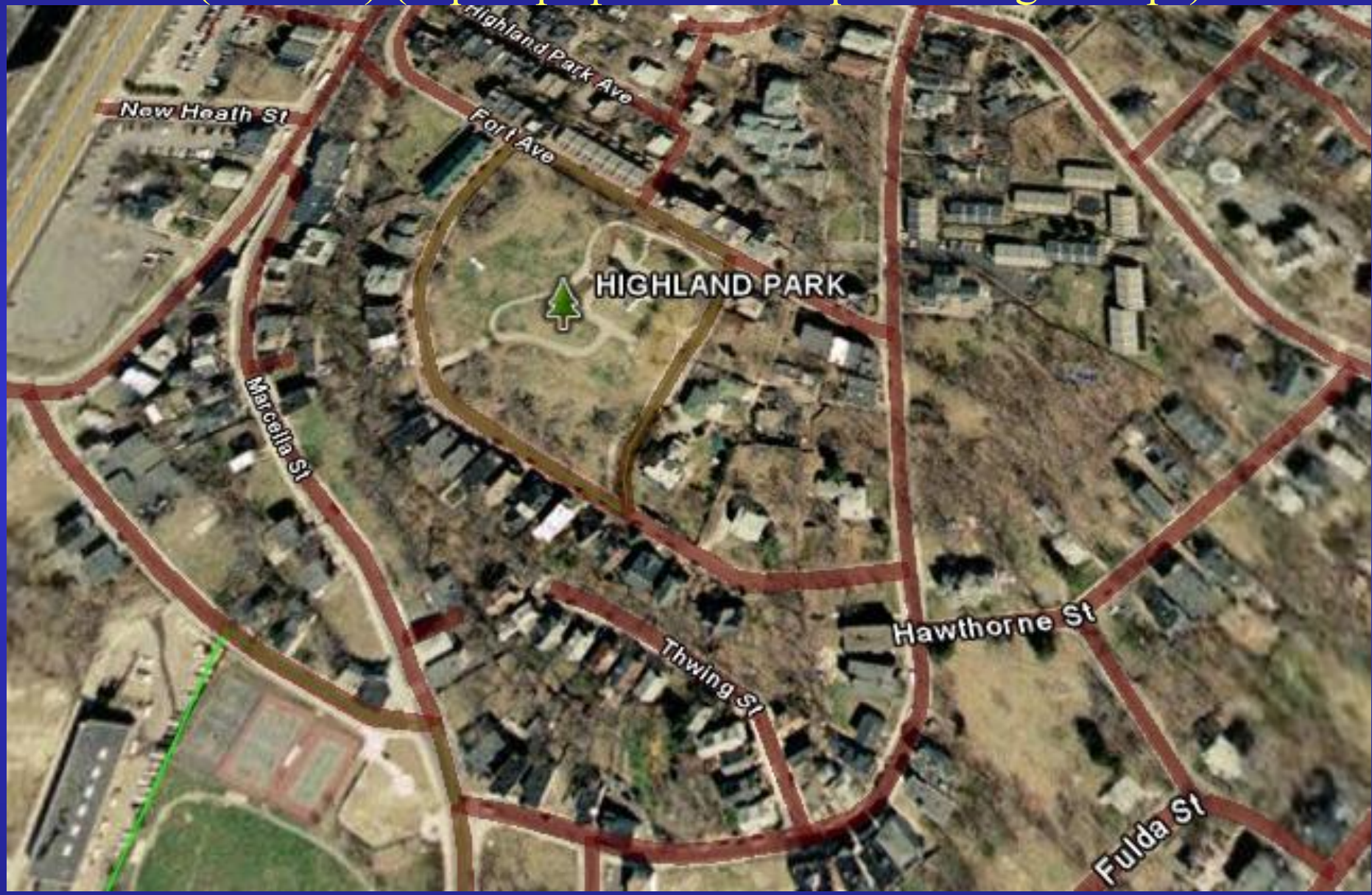
- **ArcGIS Server (ESRI)** – коммерческое программное обеспечение, позволяющее :
  - публиковать электронные карты в Интернет;
  - разрабатывать полнофункциональные серверные корпоративные ГИС-приложения и создавать распределенные ГИС в глобальной сети ;
  - разрабатывать ГИС-порталы.
- **MapServer**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

# Популярные картографические ВЕБ-сервисы:

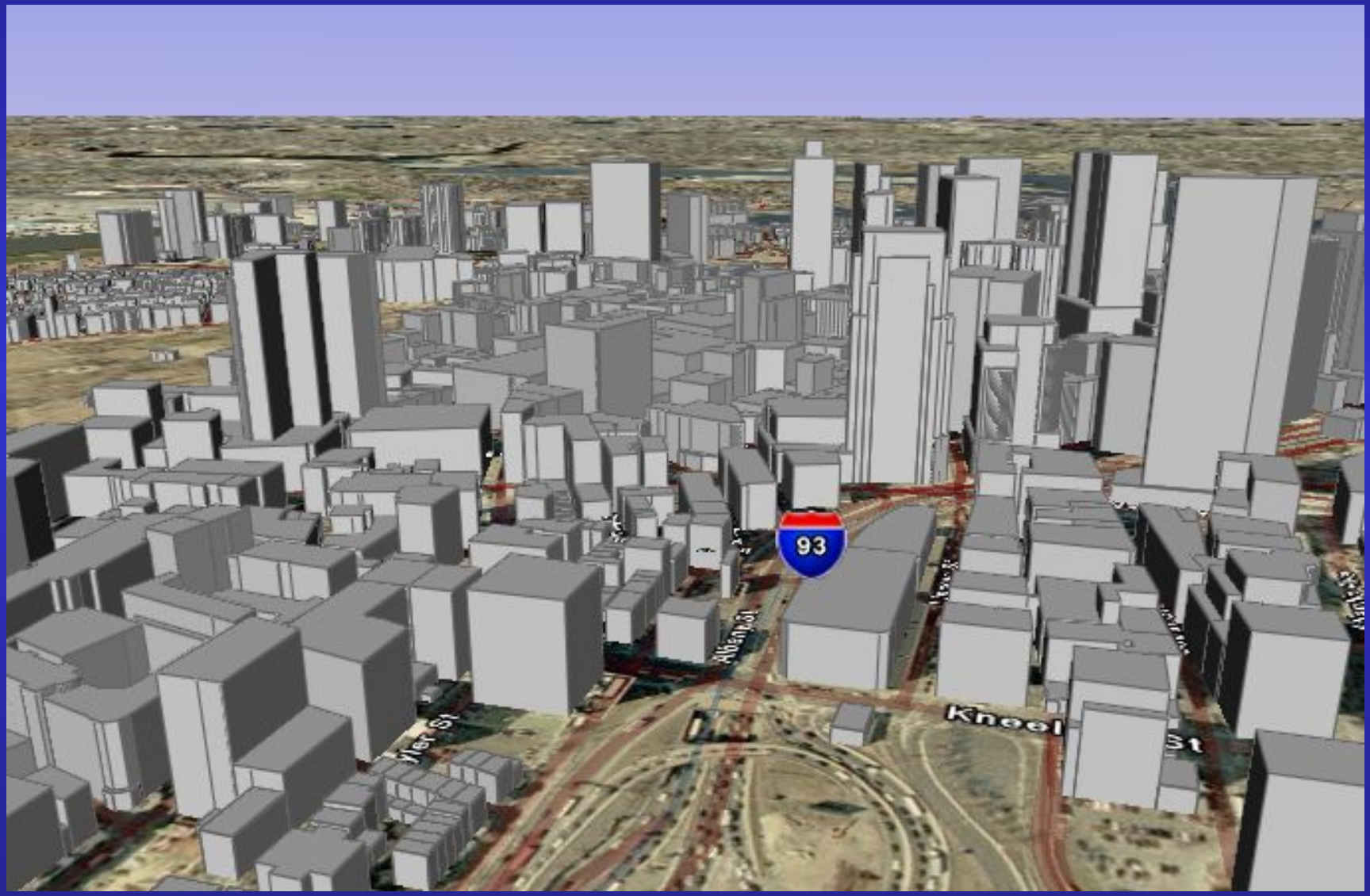
- Google Maps,
- Google Планета Земля,
- Microsoft Live Search Maps (Virtual Earth):
- Яндекс.Карты
- Yahoo! Maps


Google Maps - Mozilla Firefox
Файл Правка Вид Переход Закладки Инструменты Справка
http://maps.google.com/
Перейти
Главная страница Fire... Заголовки последних ...
Saved Locations | Help
Google Maps
Web Images Video New! News Maps more »
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
Map Satellite Hybrid
Canada
Alberta
Manitoba
British Columbia
Saskatchewan
Edmonton
Calgary
Ontario
Quebec
Winnipeg
Newfoundland and Labrador
Vancouver
Seattle
Spokane
Washington
Portland
Montana
North Dakota
Minnesota
South Dakota
Minneapolis
Wisconsin
Michigan
Toronto
Ottawa
Montréal
New Brunswick
Maine
Nova Scotia
Prince Edward Island
Eugene
Oregon
Boise
Idaho
Wyoming
Milwaukee
Detroit
London
New York
Vermont
New Hampshire
Massachusetts
Rhode Island
Connecticut
New Jersey
Delaware
Maryland
District of Columbia
Nebraska
Iowa
Chicago
Cleveland
Pennsylvania
Illinois
Indiana
Ohio
Kansas City
Cincinnati
West Virginia
Virginia
Kentucky
Tennessee
North Carolina
South Carolina
Georgia
Florida
Alabama
Mississippi
Atlanta
Jacksonville
Orlando
Miami
Louisiana
Houston
Mobile
Shreveport
Dallas
Abilene
Lubbock
Amarillo
Albuquerque
Oklahoma
Arkansas
Wichita
Springfield
Denver
Colorado
Kansas
Missouri
Nevada
Utah
Sacramento
San Francisco
California
Las Vegas
Bakersfield
Los Angeles
Arizona
Phoenix
Tucson
El Paso
New Mexico
San Diego
Texas
Laredo
Corpus Christi
Gulf of Mexico
Mexico
North Atlantic Ocean
Cuba
Dominican Republic
Puerto Rico
Guatemala
Honduras
Nicaragua
Costa Rica
Panama
Venezu
North Pacific Ocean
500 mi
500 km
©2006 Google - Map data ©2006 NAVTEQ™ - Terms of Use
Картографический сервис Google Maps
(http://maps.google.com)
Готово

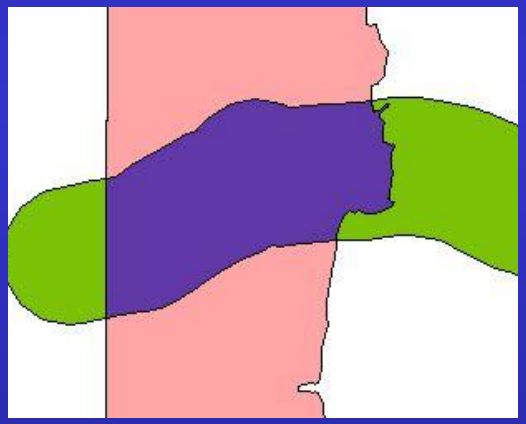
# Космический снимок, совмещенный с *векторными* слоями (*Бостон*) (картографический сервис Google Maps)



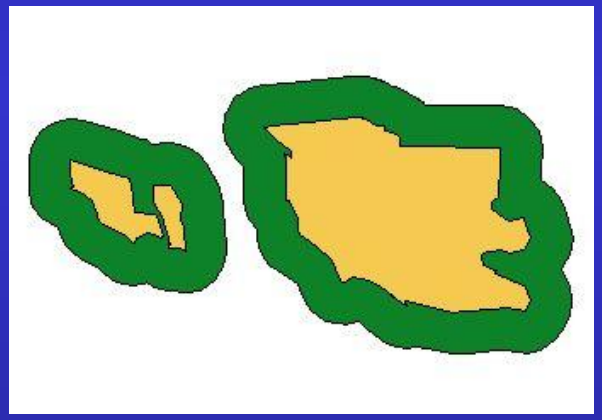
Космический снимок, совмещенный с векторным дорожным слоем и 3-мерной моделью городских зданий (*Бостон*) (картографический сервис Google Maps)



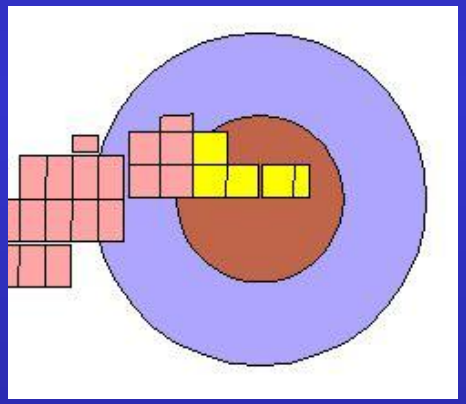
**ГИС-технологии** - набор программных процедур и операций, позволяющих реализовать функциональные возможности ГИС.



Пересечение



Буферизация

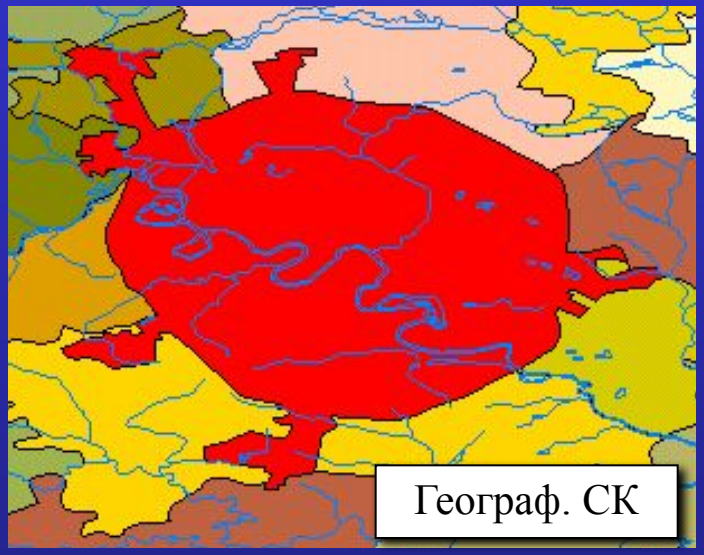


Пространственный запрос - *поиск* объектов по пространственным критериям

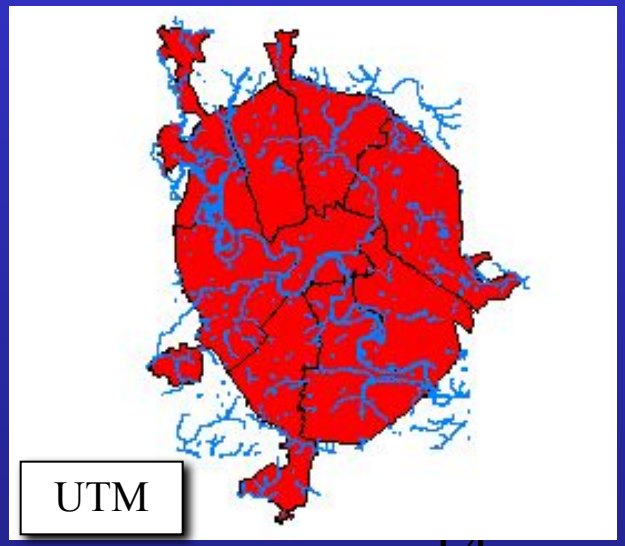
# Преобразование проекций (трансформация) в ГИС

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** $(\phi,\lambda)$ (широта, долгота) - *обратная задача математической картографии;*
- затем по географическим координатам $(\phi,\lambda)$ 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.

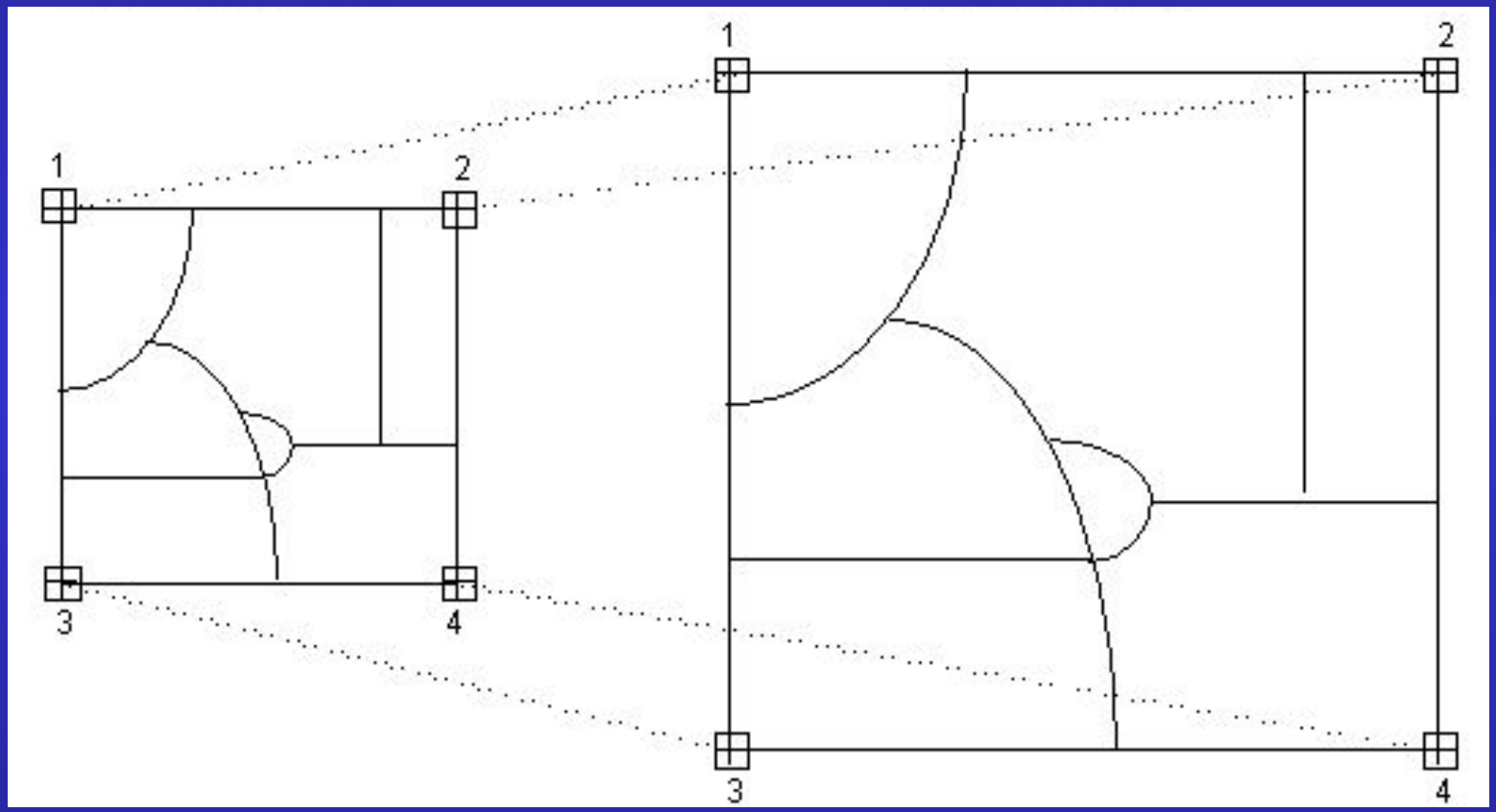
**Примеры использования:**

- 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;

# ГИС-технологии: преобразование проекций

*До преобразования*

*После преобразования*



## *Линейные ( аффинные ) преобразования:*

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

$$x' = a_0 + a_1 x + a_2 y;$$
$$y' = b_0 + b_1 x + b_2 y,$$

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***

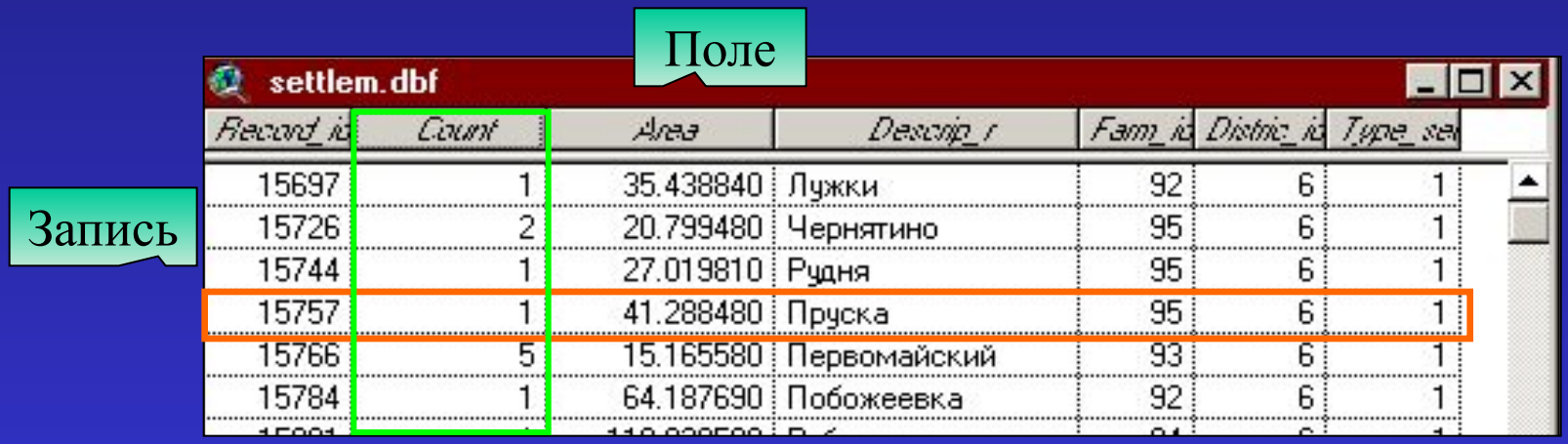
- необходимо иметь ***не менее 3*** опорных точек, дающих 6 значений координат, при этом опорные точки ***не должны*** располагаться ***на одной прямой;***
- для учета ***неодинаковых искажений*** карты используется число опорных точек **>3** (при этом находятся ***усредненные параметры преобразований*** - 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.

# Операции с таблицами в БД




| 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 |

## 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., мах. 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 $^{137}$**Cs > 20 Ки/км$^2$:**

**( ( [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.

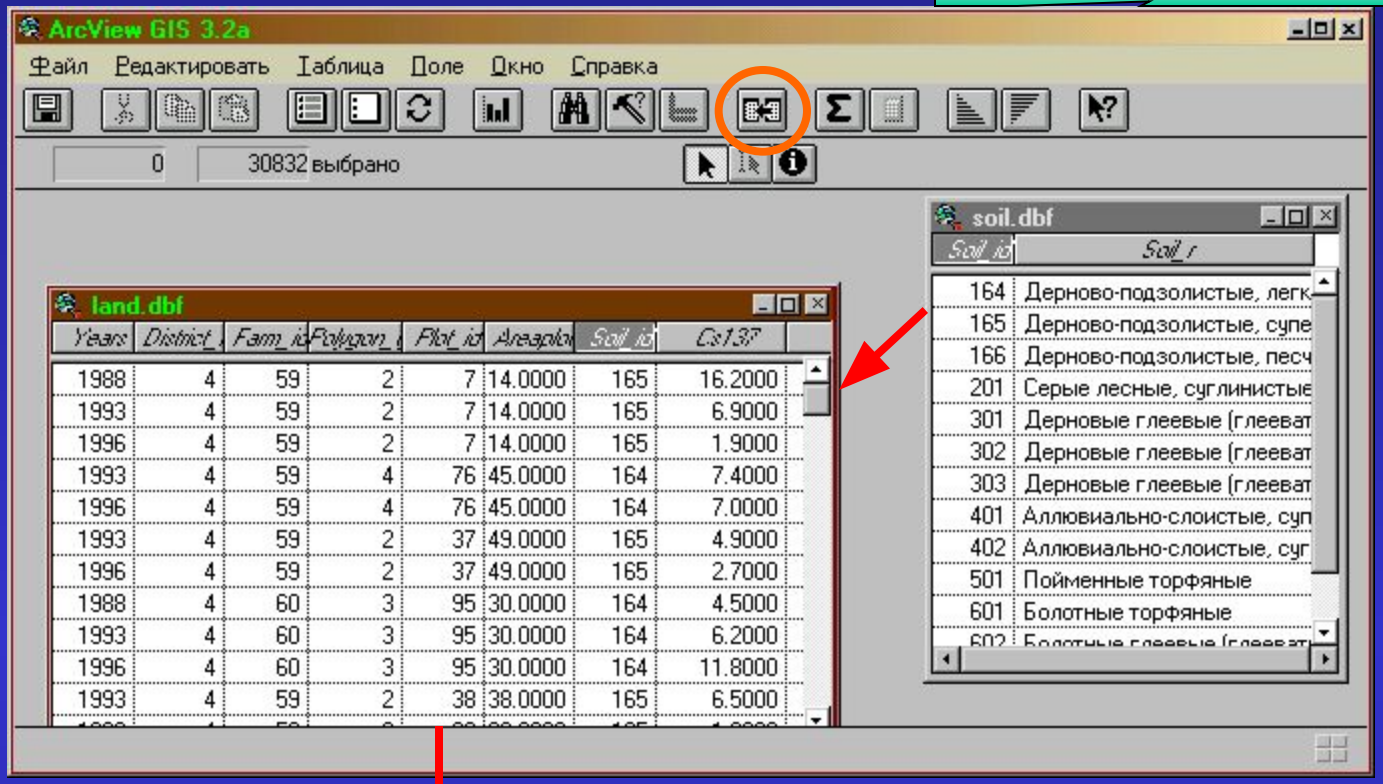
При этом

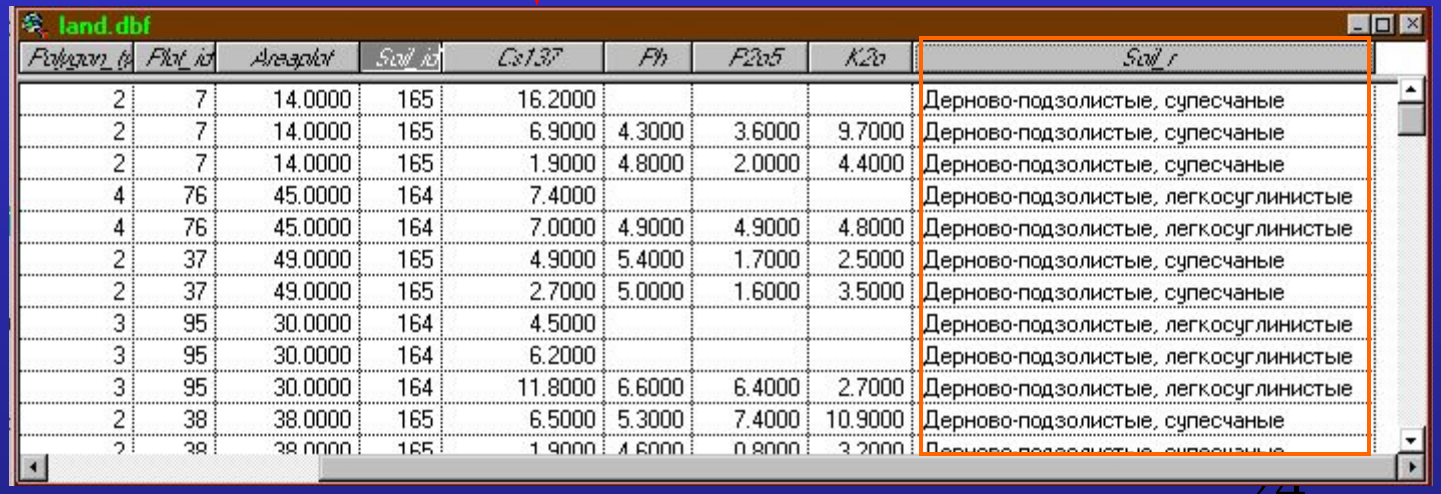
- между таблицей назначения и таблицей источника устанавливаются связи типа ***одна-к-одной*** (1:1) или ***многие-к-одной*** (M:1);
- после соединения можно задавать символы, создавать надписи и запросы, используя данные из ***присоединенной*** таблицы;
- соединение таблиц может быть разорвано в любой 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.

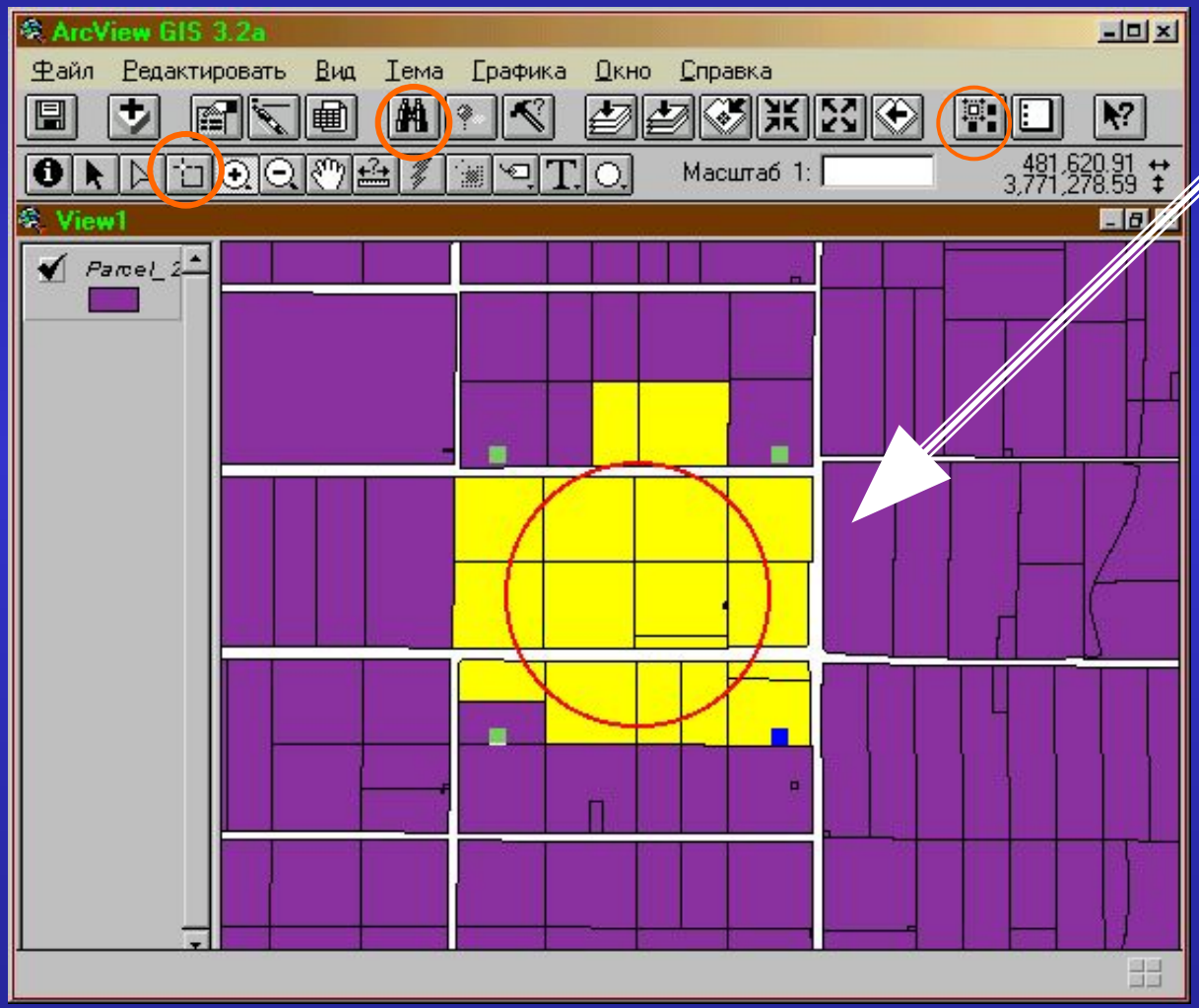
Выбрать объекты можно:

- 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

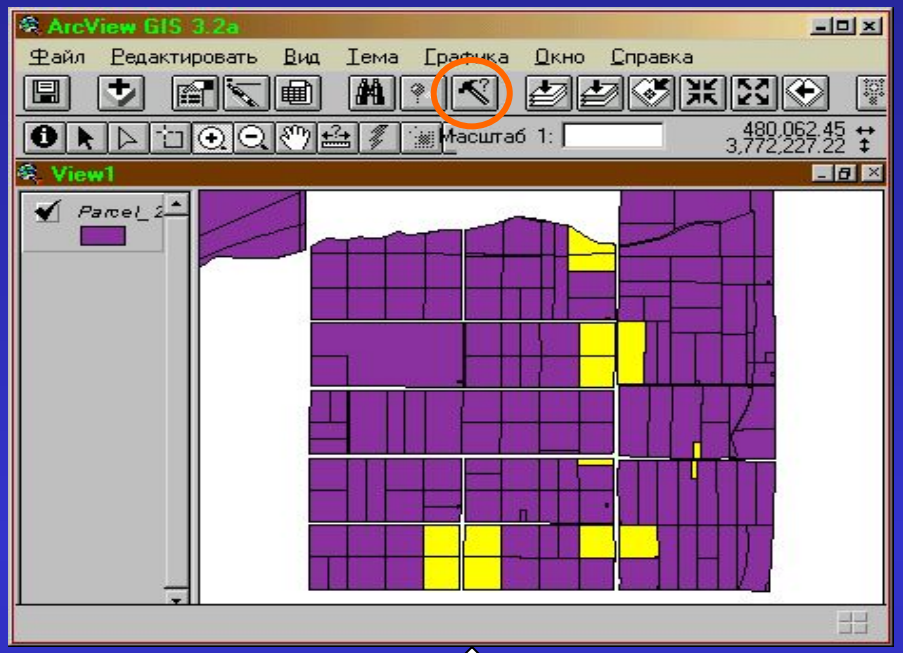
Выбор графикой

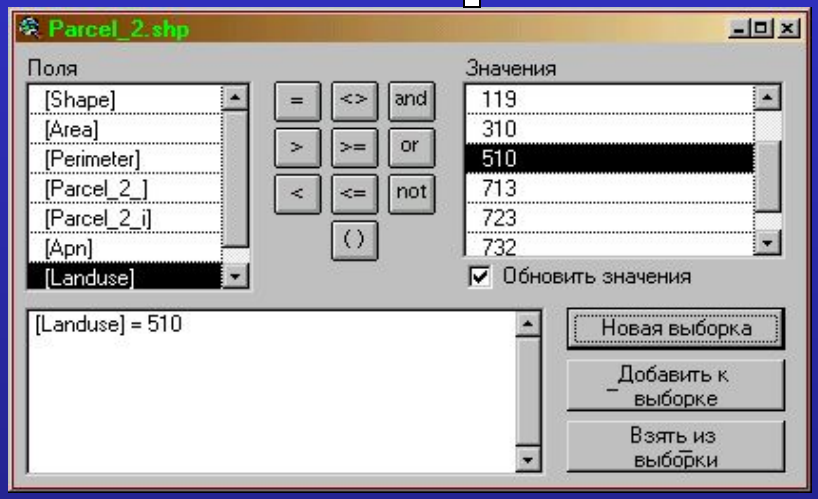



Выбор мышью

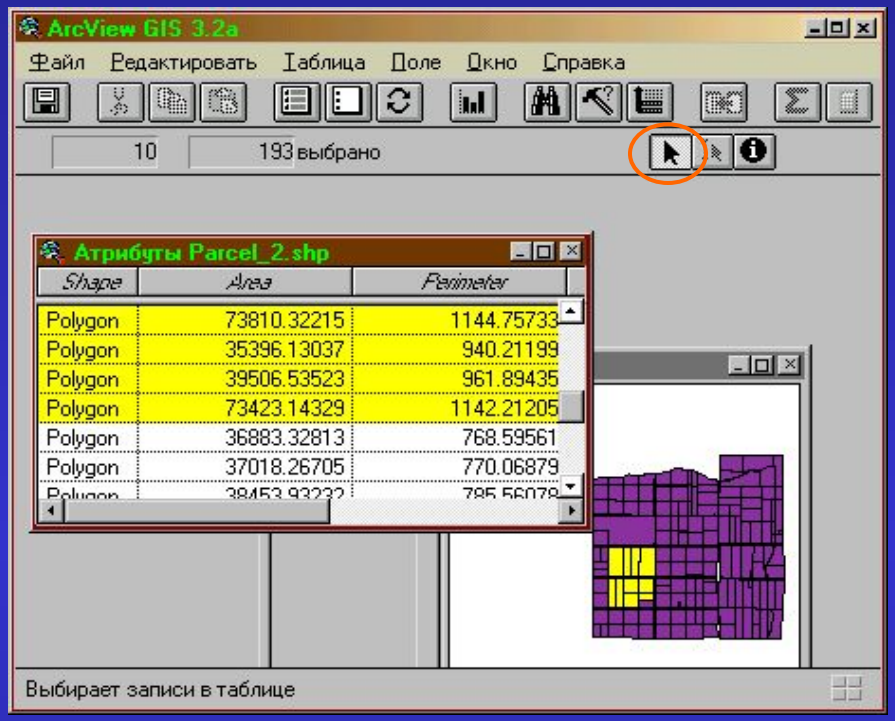
# Выбор объектов в ArcView

**Выбор запросом**




**Выбор по таблице**



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

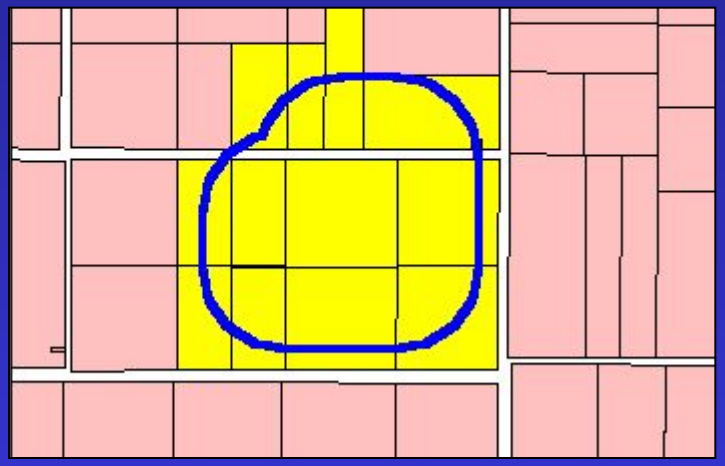
- **Поиск объектов по пространственным критериям *(пространственный запрос)*** - используется для решения задач соседства, смежности и вместимости.

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

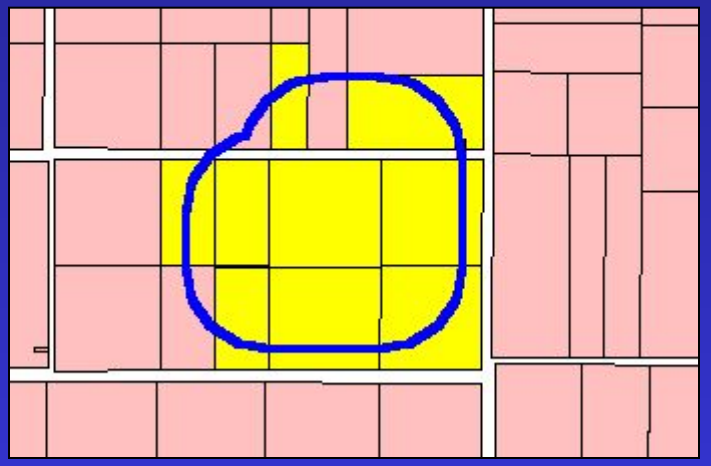
- полностью располагаются внутри,
- полностью содержат,
- имеют свой центр внутри другого объект
- содержат центр другого объекта,
- пересекают *(т.е. у них есть хотя бы одна общая точка),*
- находятся в пределах заданного расстояния от других объектов.

# Поиск объектов по пространственному критерию

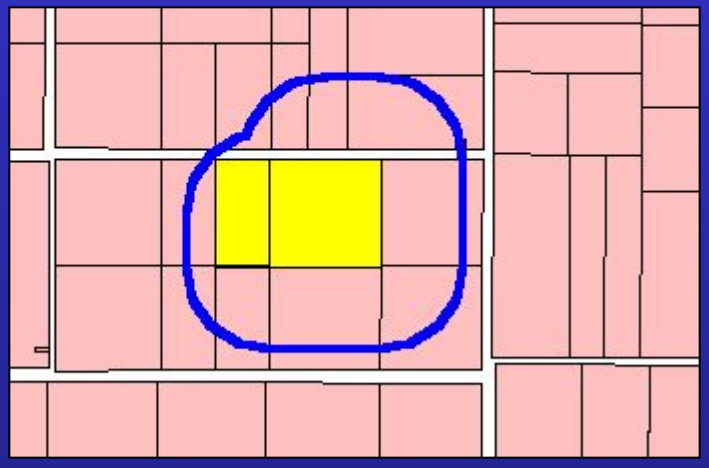
Пересекают



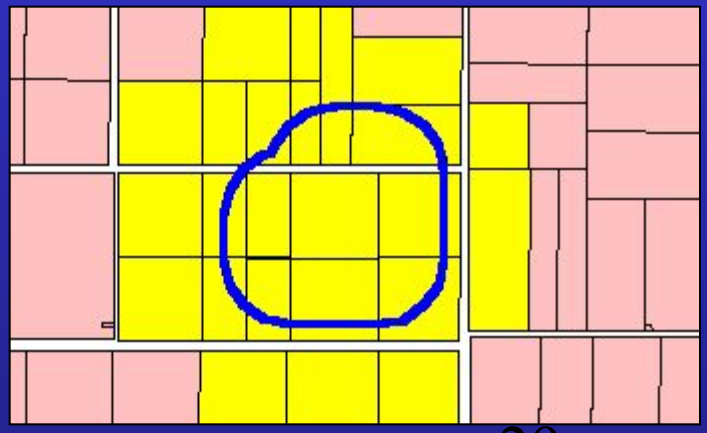
Имеют свой центр



Содержатся внутри



Находятся в пределах заданного расстояния



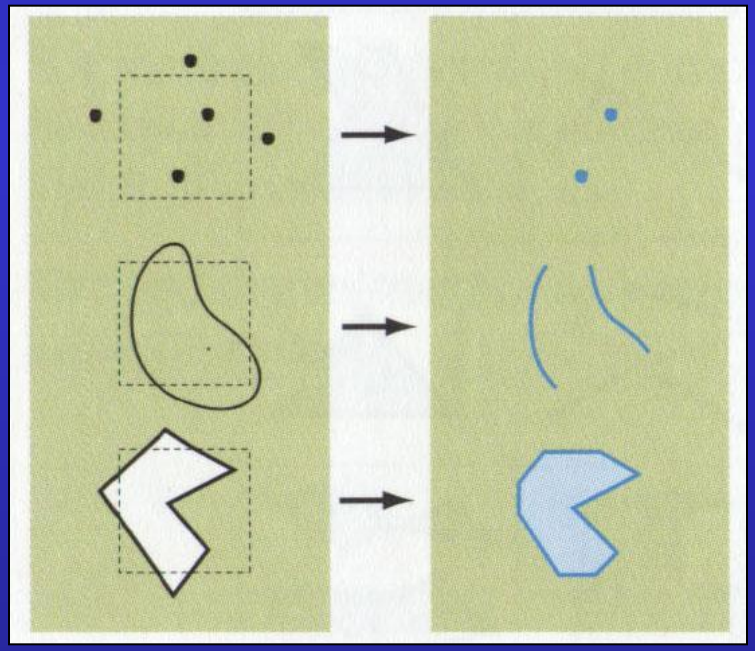
## Операции пространственного анализа *(для векторных объектов)*

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

- ***Вырезание***

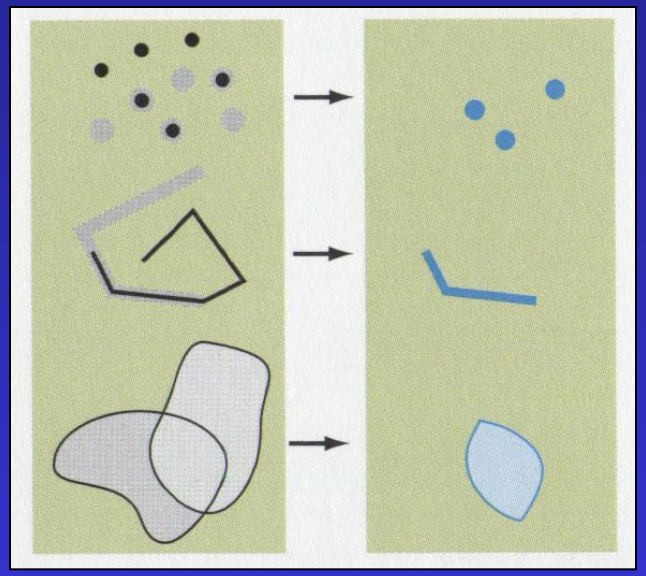
  Создает новую фигуру с набором точек исходной, которые находятся **внутри** или **на границе области вырезания**.

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

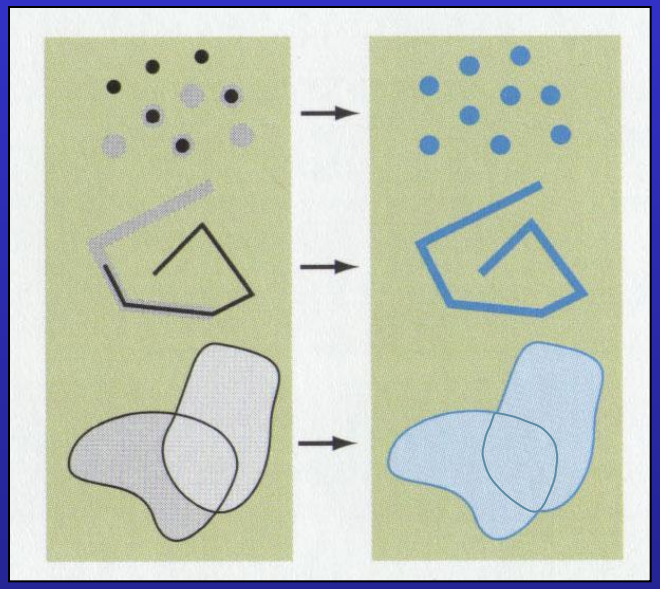


# Операции наложения

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



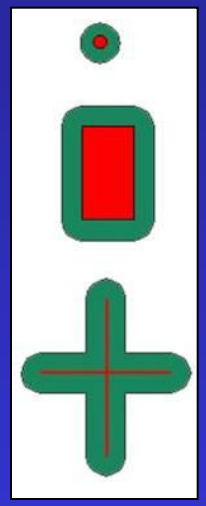
- ***Объединение***
  Вычисляет геометрическое *объединение* двух фигур (***одной размерности***) и создает новую фигуру, образованную ***всеми*** точками 2-х исходных.



## Операции пространственного анализа *(для векторных объектов)*

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

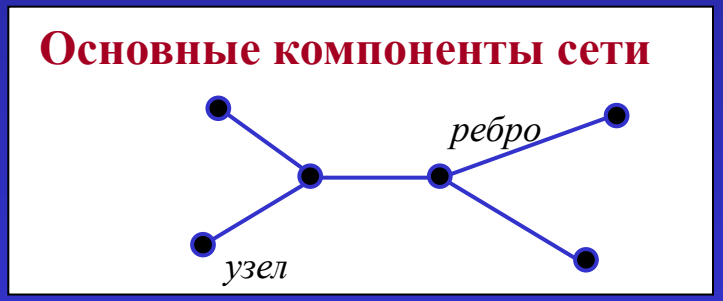
  ***Используется*** для анализа размещения объектов в пределах буферных зон (***анализ окрестности)***.



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

## 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.

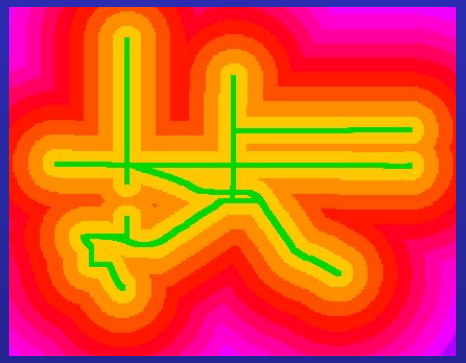
Объектами, используемыми для нахождения расстояния, могут быть ***точки, линии, полигоны*** или ***ненулевые ячейки другого растра***.

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

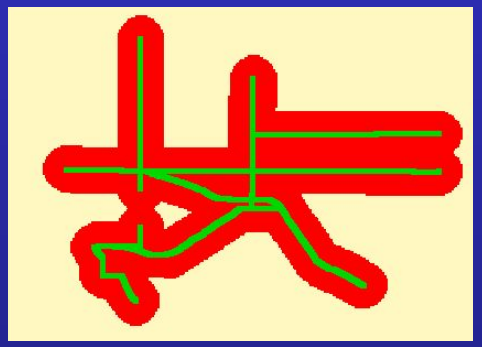
***Растр расстояний*** может быть использован:

- 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



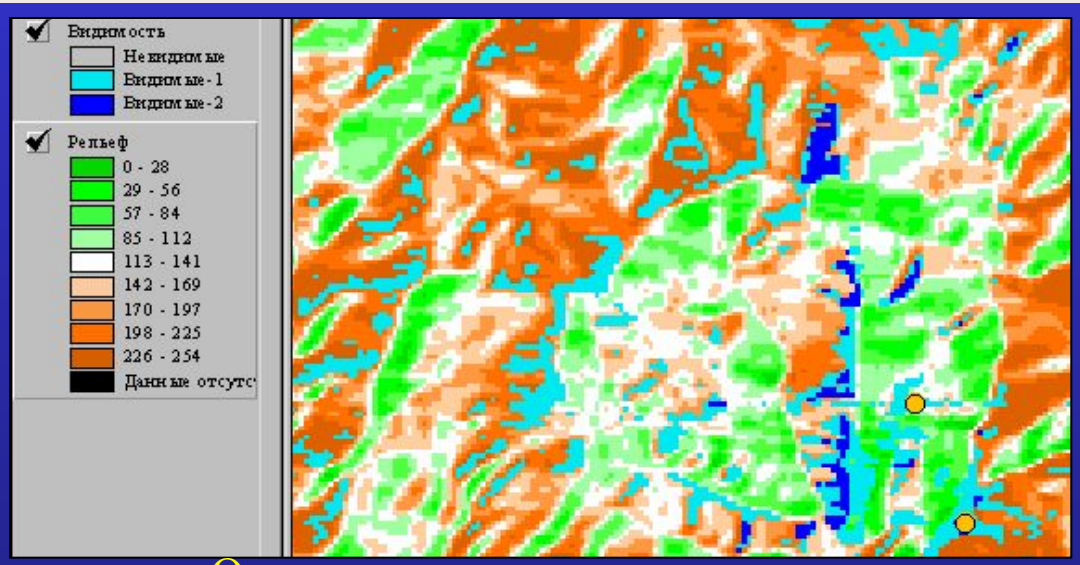
Набор буферных зон

# Операции пространственного анализа *(для растровых и TIN моделей)*

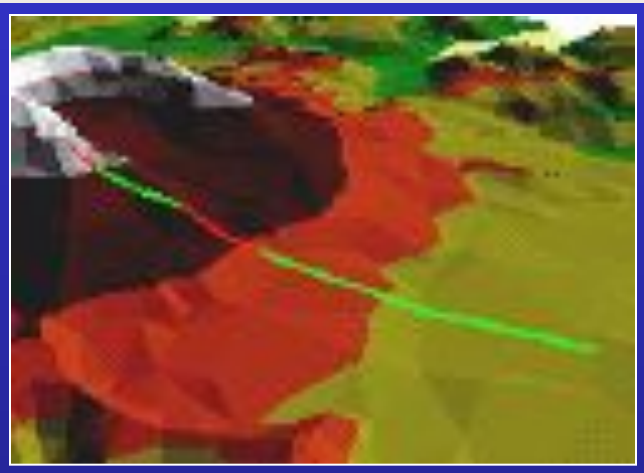
- **Анализ видимости -** операция обработки ***цифровых моделей рельефа***, обеспечивающая оценку поверхности с точки зрения *видимости* или *невидимости* отдельных ее частей с некоторой точки (или точек) обзора.

**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.



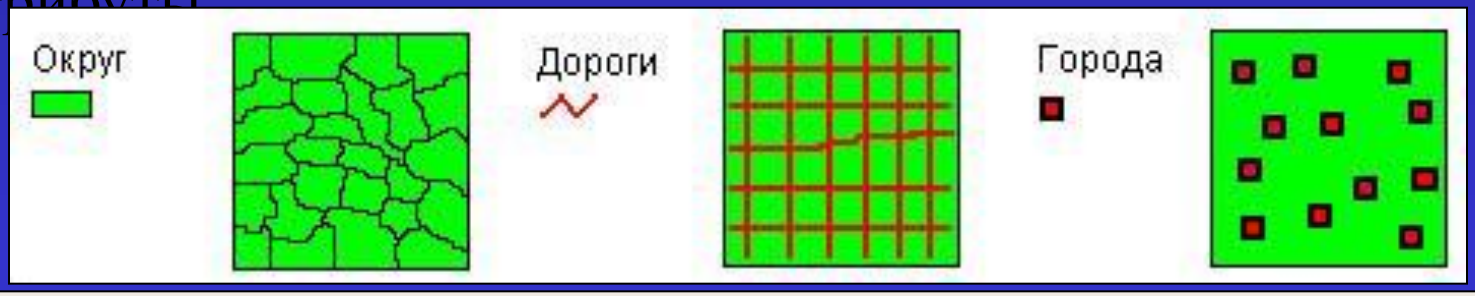

Определение зон видимости



Расчет линии взгляда в TIN-модели

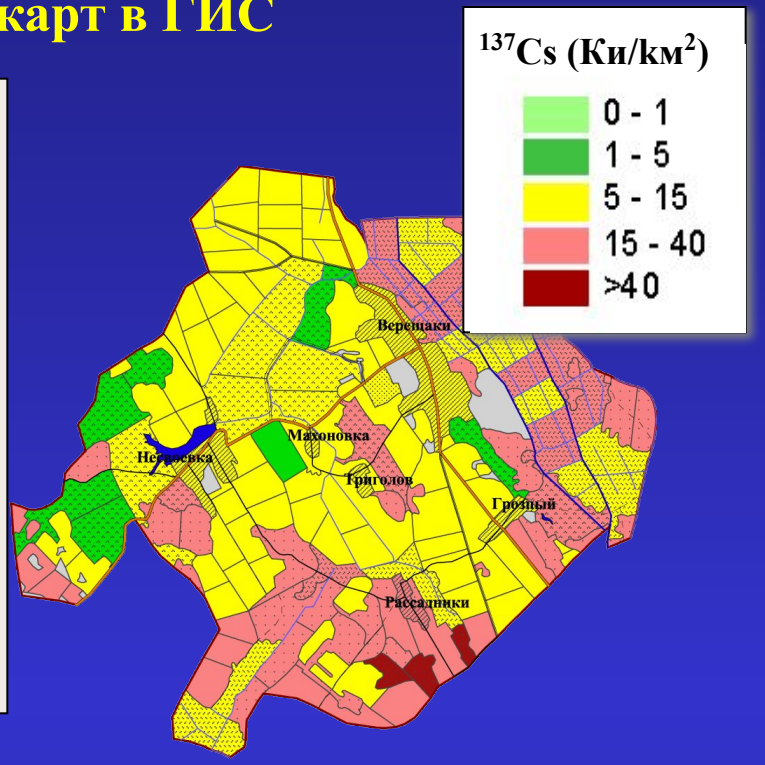
# Методы создания тематических карт в ГИС

- **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).

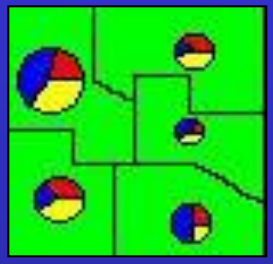
- **Цветовая шкала** - объекты изображаются символами, ***цвет*** которых представляет ***диапазоны*** изменения выбранного атрибута. Метод полезен для отображения количественных данных, имеющих ***непрерывную последовательность*** значений.

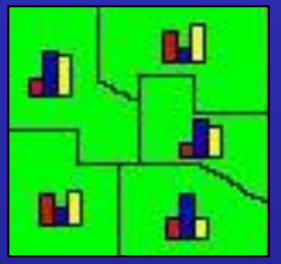



- **Масштабируемый символ** - объекты изображаются символами, ***размер*** которых представляет ***диапазоны*** изменения значений атрибута. Используется только для ***точечных*** и ***линейных*** данных.

- **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.

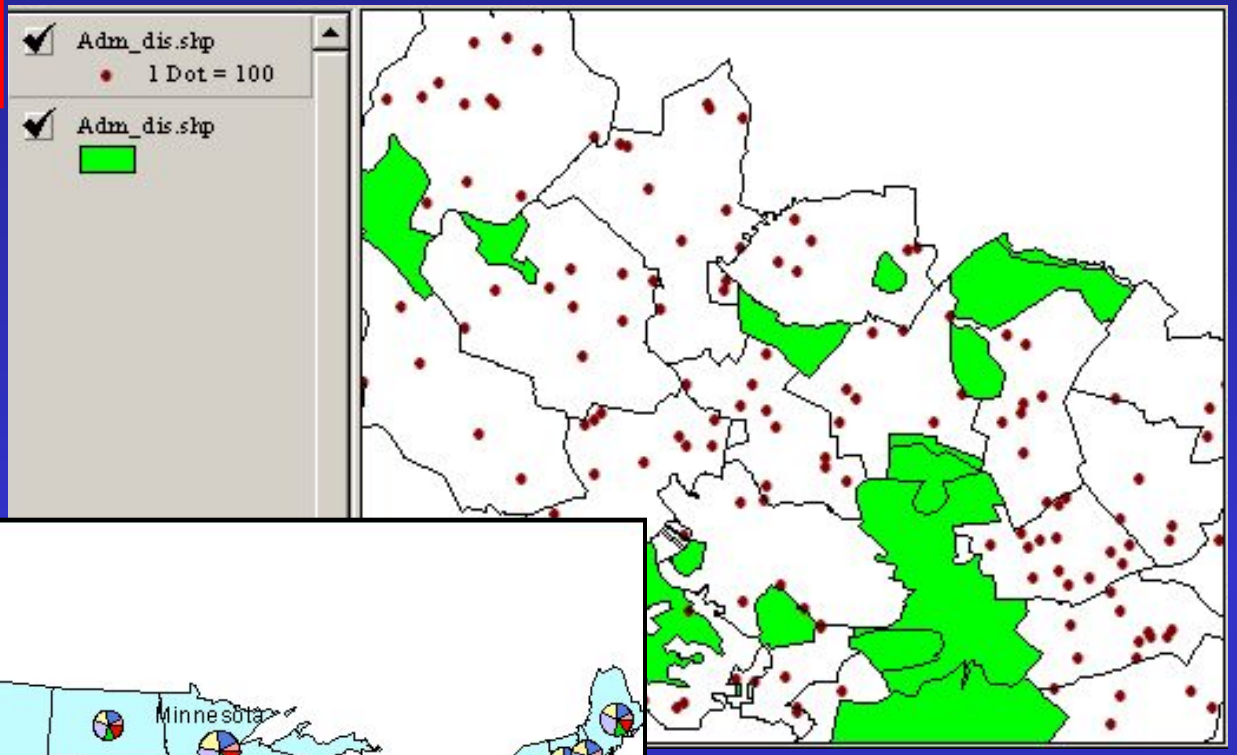
- **Локализованная диаграмма** - объекты изображаются диаграммами (***круговыми*** или ***столбчатыми;*** компоненты диаграмм соответствуют выбранным ***атрибутам*** данных). Метод полезен для одновременного изображения значений ***нескольких*** атрибутов.



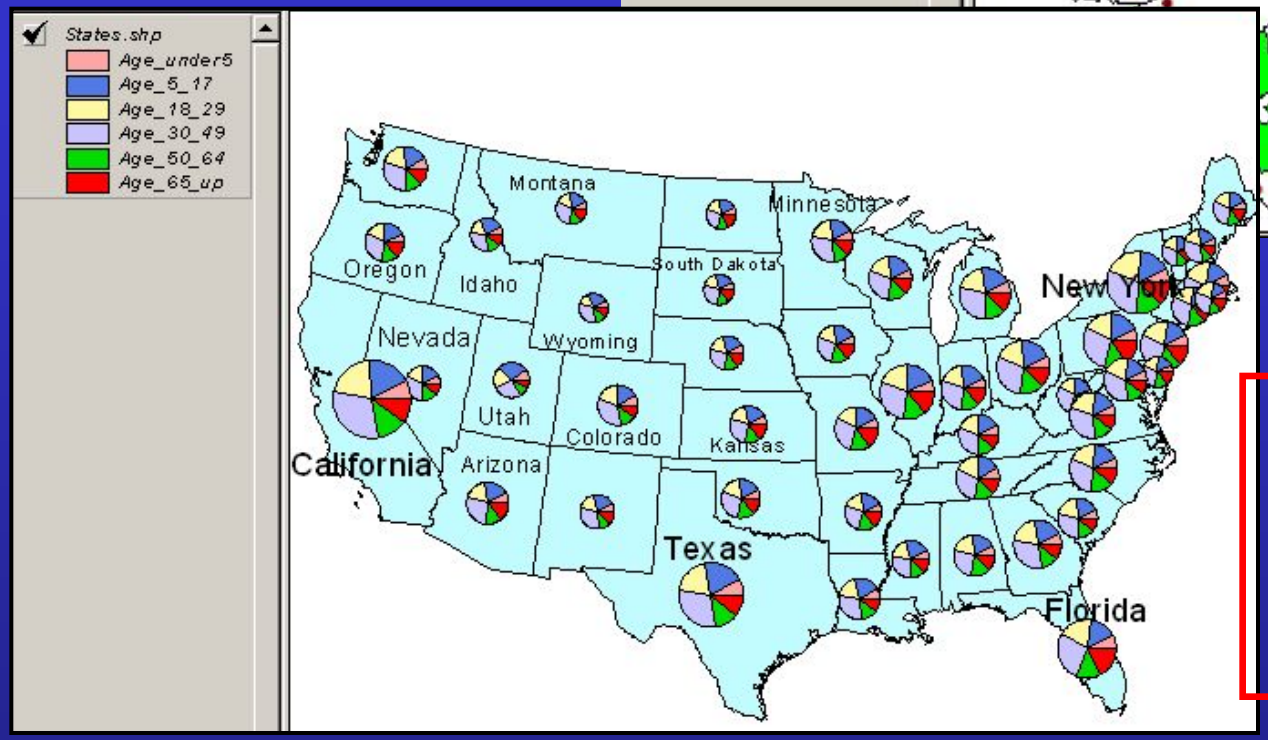


**Тематическая карта, созданная методом «Плотность точек»**

**"Распределение сельского населения по хозяйствах района"**




Возрастная структура населения в штатах США




**Тематическая карта, созданная методом «Локализованная диаграмма»**