

Пушкинский специализированный центр  
новых информационных технологий

# Основы геоинформатики и ГИС-технологий

*(краткий лекционный курс)*

- Обзор базовых ГИС-концепций
- Базовые структуры данных в ГИС
- Представление пространственных объектов в ГИС
- Ввод и редактирование пространственных данных в ГИС
- Картографические основы ГИС-технологий
- Пространственный анализ, основанный на векторном представлении данных

Пушкинский специализированный центр  
новых информационных технологий

# **Основы геоинформатики и ГИС-технологий**

*(краткий лекционный курс)*

- 1. Обзор базовых ГИС-концепций

## Базовые определения

**"Географическая информационная система"** - это совокупность аппаратно-программных средств и алгоритмических процедур, предназначенных для сбора, ввода, хранения, математико-картографического моделирования и образного представления геопространственной информации.

А.Симонов ("Агроэкологическая картография", 1991)

# Базовые определения

- **"Геопространственные данные"** означают информацию, которая идентифицирует географическое местоположение и свойства естественных или искусственно созданных объектов, а также их границ на земле. Эта информация может быть получена с помощью (помимо иных путей), дистанционного зондирования, картографирования и различных видов съемок.

У.Клинтон (Распоряжение от 11.04.1994 "Координация в области производства и обеспечения доступа к данным: национальная инфраструктура пространственных данных")

Географические данные содержат четыре интегрированных компонента:

- местоположение,
- свойства и характеристики,
- пространственные отношения,
- время

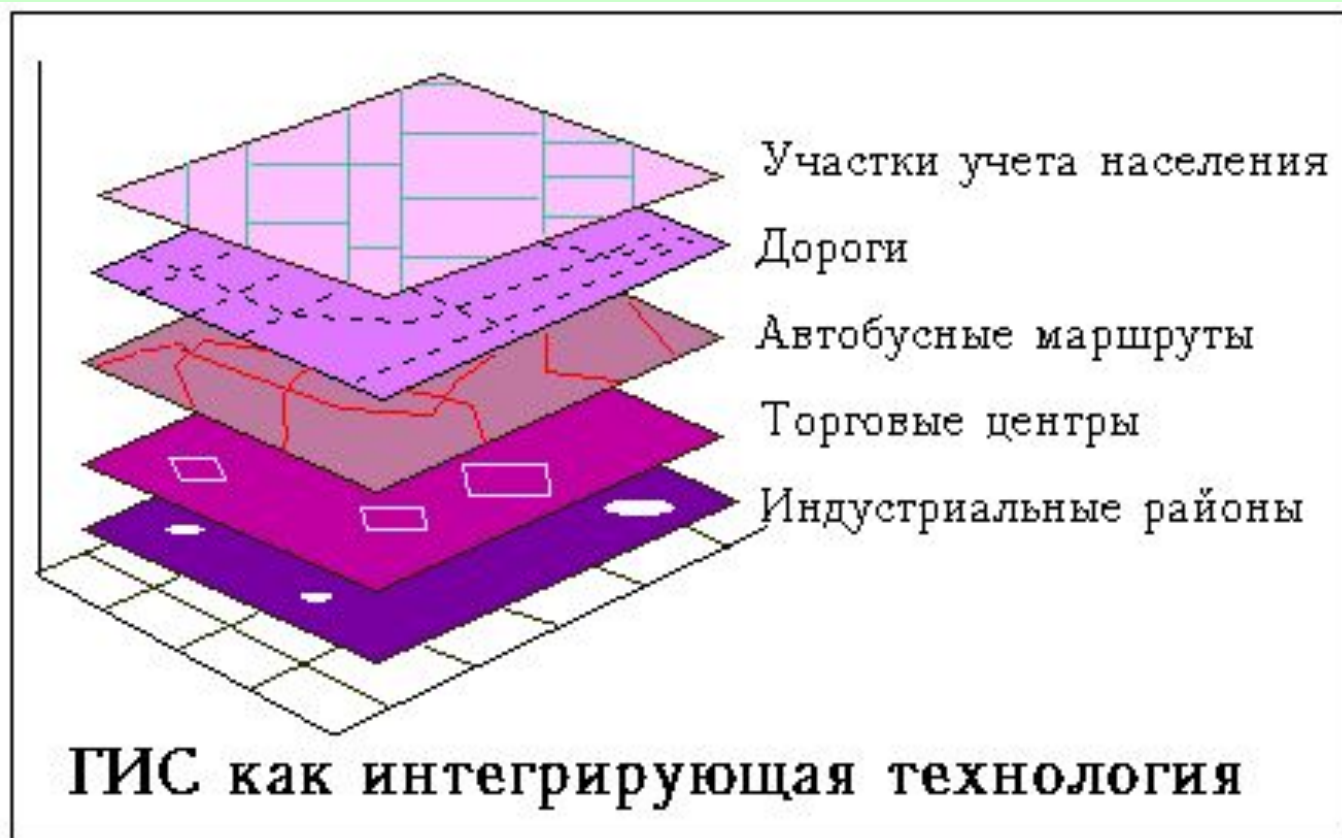
# Связь ГИС с научными дисциплинами и технологиями



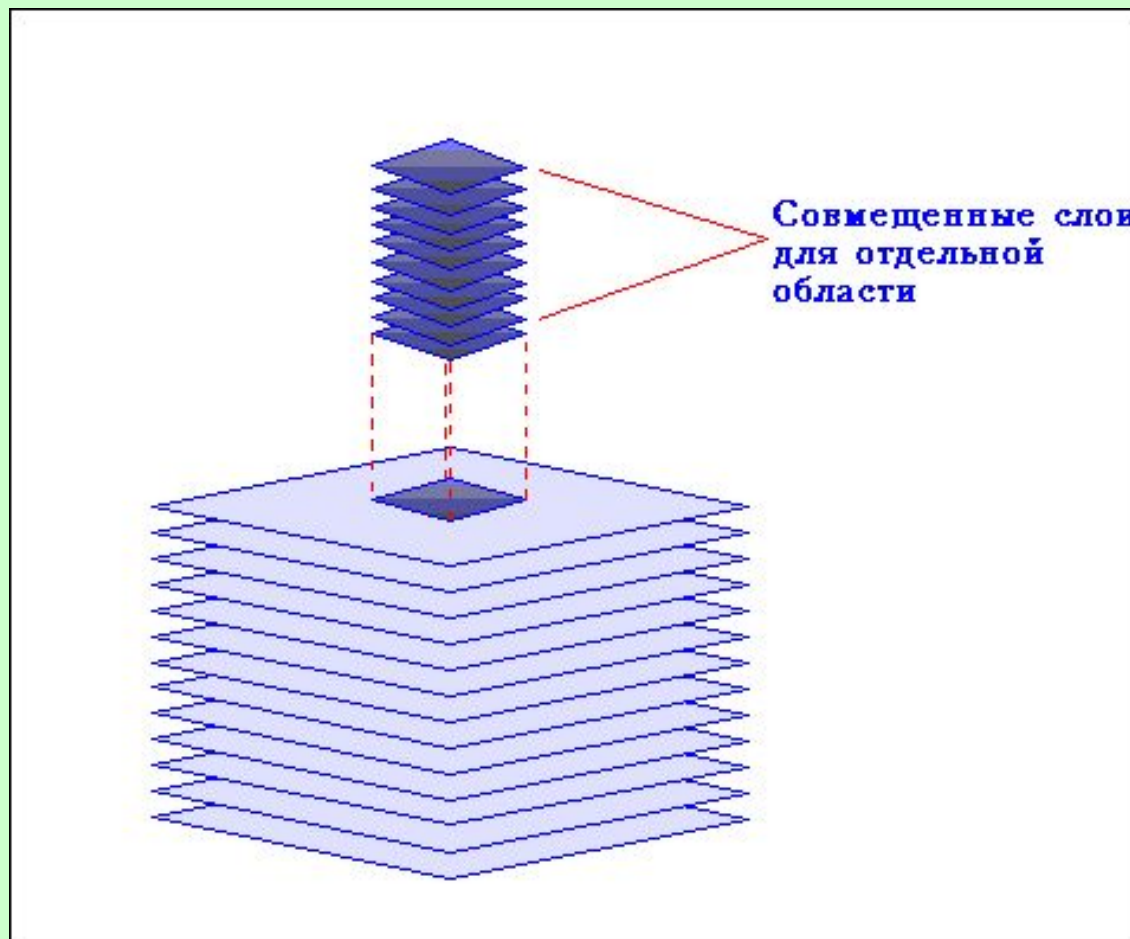
## Типовые вопросы, на которые способна ответить ГИС:

- Где находится  $A$ ?
- Как расположено  $A$ ?
- Сколько  $A$  по отношению к  $B$ ? of  $B$ ?
- Каково значение функции  $Z$  в точке  $X$ ?
- Как расположено  $A$  в пределах радиуса  $D$ ?
- Как велико по размерам  $B$ ?
- Каков результат пересечения  $A$  и  $B$ ?
- Каков оптимальный маршрут от  $X$  до  $Y$ ?
- Что находится в  $X_1, X_2, \dots, X_n$ ?
- Какие объекты следуют за теми, у которых наблюдается определенное сочетание определенных свойств?
- Как изменится пространственное распределение объектов, если изменить существующую классификацию?
- Что может случиться с  $A$ , если изменится  $B$  и его расположение?

# Концептуальная схема организации данных в ГИС

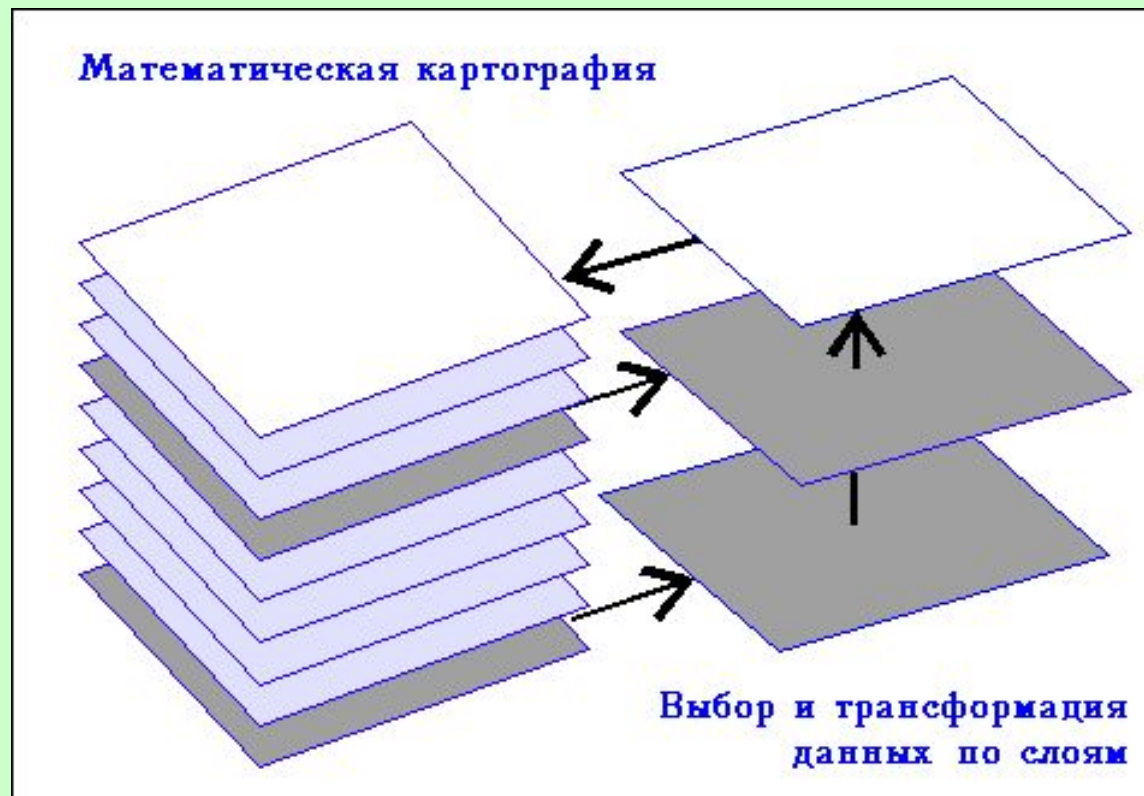


## Пространственная выборка (уточнение территории)





## Тематическая выборка (проблемно-ориентированная)



# Существующие области использования ГИС



# История развития ГИС

## *(четыре этапа)*

В истории развития геоинформационных систем выделяются четыре периода

### **Пионерный период** *(поздние 1950е - ранние 1970е гг.)*

- исследование принципиальных возможностей, пограничных областей знаний и технологий, наработка эмпирического опыта, первые крупные проекты и теоретические работы

## **Период государственных инициатив** *(ранние 1970е - ранние 1980е гг.)*

- развитие крупных геоинформационных проектов, поддерживаемых государством, формирование государственных институтов в области ГИС, снижение роли и влияния отдельных исследователей и небольших групп

## **Период коммерческого развития**

*(ранние 1980е - настоящее время)*

- широкий рынок разнообразных программных средств, развитие настольных ГИС, расширение области их применения за счет интеграции с базами непространственных данных, появление сетевых приложений, появление значительного числа непрофессиональных пользователей, системы, поддерживающие индивидуальные наборы данных на отдельных компьютерах, открывают путь системам, поддерживающим корпоративные и распределенные базы геоданных

## **Пользовательский период**

*(поздние 1980е - настоящее время)*

- повышенная конкуренция среди коммерческих производителей геоинформационных технологий услуг дает преимущества пользователям ГИС, доступность и "открытость" программных средств позволяет пользователям самим адаптировать, использовать и даже модифицировать программы, появление пользовательских "клубов", телеконференций, территориально разобщенных, но связанных единой тематикой пользовательских групп, возросшая потребность в геоданных, начало формирования мировой геоинформационной инфраструктуры

Пушкинский специализированный центр  
новых информационных технологий

**Основы геоинформатики**  
**и**  
**ГИС-технологий**  
*(краткий лекционный курс)*

- 2. Базовые структуры данных в ГИС

## Природа географических данных

- Географическое положение (размещение) пространственных объектов представляется 2-х, 3-х или 4-хмерными координатами в географически соотнесенной системе координат(широта/долгота)
- Свойства (атрибуты) являются описательной информацией определенных пространственных объектов. Они часто не имеют прямых указаний на пространственное размещение, поэтому часто атрибуты называют непространственной информацией
- Пространственные отношения определяют внутренние взаимоотношения между пространственными объектами (например направление объекта А в отношении объекта В, отношение 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



## Основополагающие элементы базы пространственных данных

- Элементы действительности, смоделированные в базе данных ГИС имеют два тождества: реальный объект и смоделированный объект (объект БД).
- Реальный объект - явление окружающего мира, представляющее интерес, которое не может быть более подразделено на явления того же самого типа
- Объект БД - элемент, в том виде, в каком он представлен в базе данных. Объект БД является "цифровым представлением целого или части реального объекта".
- Метод цифрового представления явления изменяется исходя из базового масштаба и ряда других факторов.

## Модель базы пространственных данных

- Каждый тип реального объекта представляется определенными пространственными объектами базы данных.
- Пространственные объекты могут быть сгруппированы в слои, также называемые оверлеями, покрытиями или темами.
- Один слой может представлять одиночный тип объекта или группу концептуально связанных типов.

## Общие подходы к представлению пространственных объектов в БД

➤ ***растровый способ:***

ячейки, сетки

➤ ***векторный способ:***

ТОЧКИ, ЛИНИИ, ПОЛИГОНЫ

## Растровая модель данных

- Разбивает всю изучаемую территорию на элементы регулярной сетки или ячейки
- Каждая ячейка содержит только одно значение
- Является пространственно заполненной, поскольку каждое местоположение на изучаемой территории соответствует ячейке раstra, иными словами - растровая модель оперирует элементарными местоположениями

## Соглашения, принятые для растровой ГИС

### ✓ Разрешение

Минимальная линейная размерность наименьшей единицы географического пространства, для которой могут быть приведены какие-либо данные

В растровой модели данных наименьшей единицей для большинства систем выступает квадрат или прямоугольник. Такие единицы известны как сетка, ячейка или пиксель. Множество ячеек образует решетку, растр, матрицу.

## Соглашения, принятые для растровой ГИС

### ✓ Площадной контур (Зона)

Набор смежных местоположений одинакового свойства. Термин Класс (или район) часто используется в отношении всех самостоятельных зон, которые имеют одинаковые свойства.

Основными компонентами зоны являются ее значение и местоположения

## Соглашения, принятые для растровой ПИС

### ✓ **Значение**

Единица информации, хранящаяся в слове для каждого пикселя или ячейки. Ячейки одной зоны (или района) имеют одинаковое значение

## Соглашения, принятые для растровой ГИС

### ✓ Местоположение

Наименьшая единица географического пространства, для которого могут быть приведены какие-либо характеристики или свойства

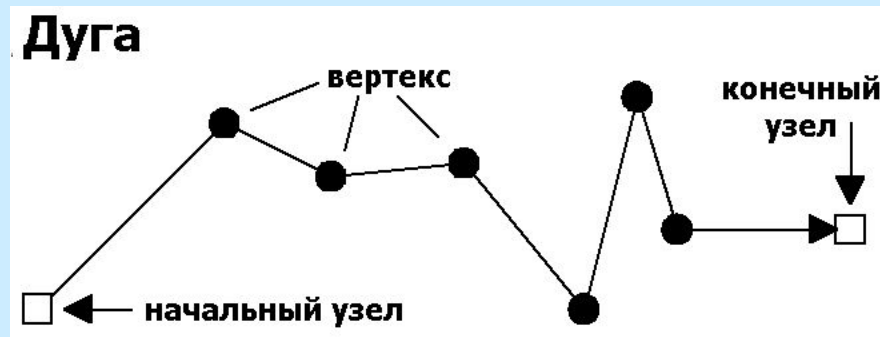
(  
Пиксель/ячейка)  
Пиксель/ячейка картографического плана однозначно идентифицируется упорядоченной парой координат - номерами строки и столбца



## Векторная модель данных

- Основана на векторах (направленных отрезках прямых)
- Базовым примитивом является точка
- Объекты создаются путем соединения точек прямыми линиями или дугами
- Площади определяются набором линий
- Представляет собой объектно-ориентированную систему

## Пример векторного представления пространственных объектов



## Типы векторных объектов, основанные на определении пространственных размеров

### *Безразмерные типы объектов*

- Точка -
- Узел определяет геометрическое местоположение топологический переход или конечная точка, также может определять местоположение

# Типы векторных объектов, основанные на определении пространственных размеров

## ***Одномерные типы объектов***

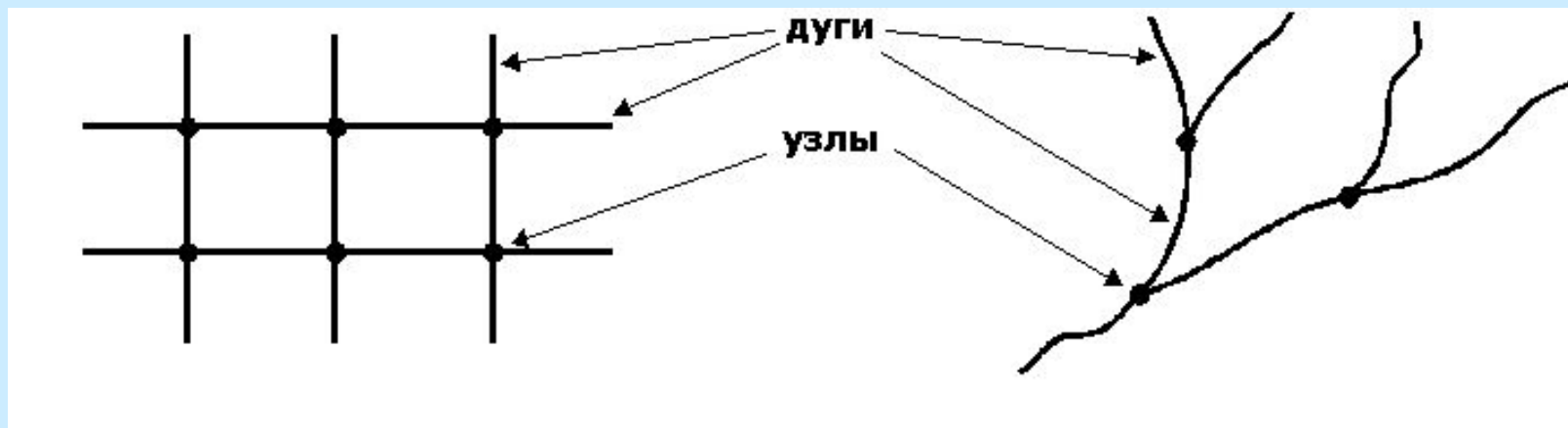
- Линия -
- Линейный сегмент - одномерный объект
- Строка - прямая линия между двумя точками
- Дуга - последовательность линейных сегментов  
определяющих местоположение функции
- Связь - геометрическое место точек, которые формируют кривую
- Направленная связь - соединение между двумя узлами  
направлением связь с одним определенным
- Цепочка - направленная последовательность  
непересекающихся линейных сегментов или дуг с узлами на их  
концах
- Кольцо - последовательность непересекающихся цепочек,  
связанных концами дуг

# Типы векторных объектов, основанные на определении пространственных размеров

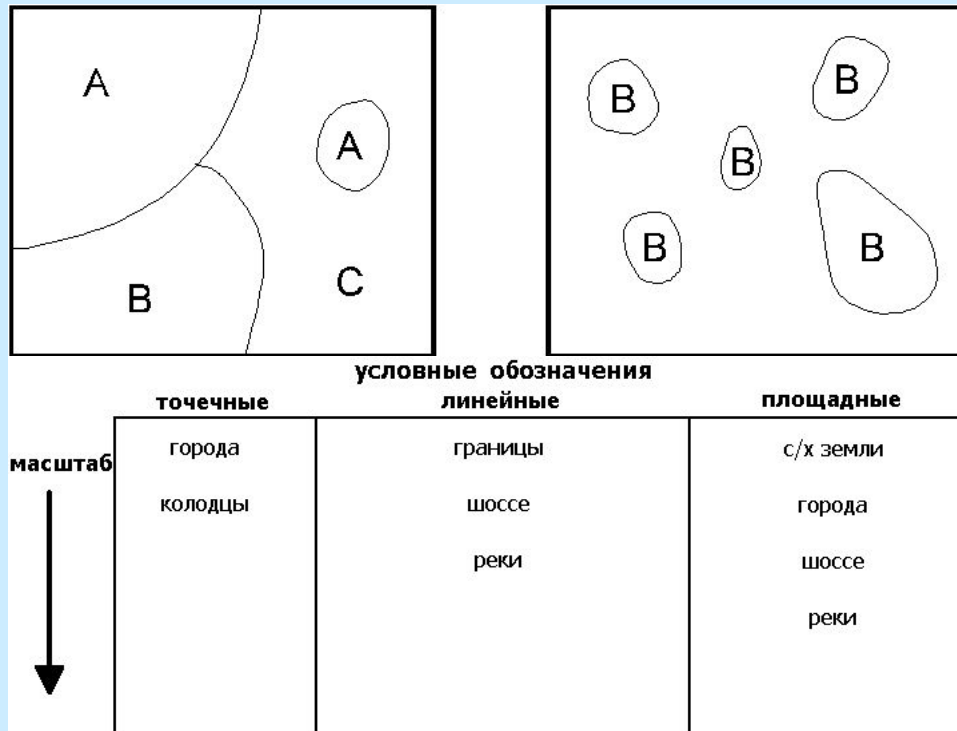
## *Двумерные типы объектов*

- Область - может включать или не включать в себя собственную границу
- Внутренняя область - область, которая не включает собственную границу
- Полигон - одного внешнего кольца и нескольких внутренних колец
- Пиксель - малым неделимым элементом изображения

## Пример слоев, составленных из пространственных объектов линейного типа



# Примеры слоев, составленных из пространственных объектов полигонального типа

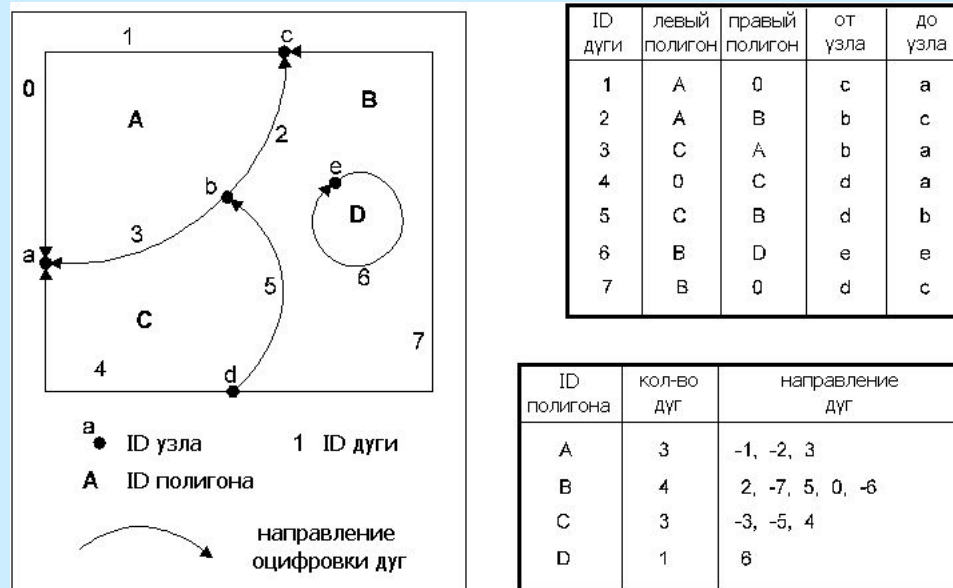


## Формы векторной модели данных

- Цельнополигональная структура (структура типа "спагетти")
- Линейно-узловая структура (топологическая структура)
- Реляционная структура
- Нерегулярная триангуляционная сеть (TIN)

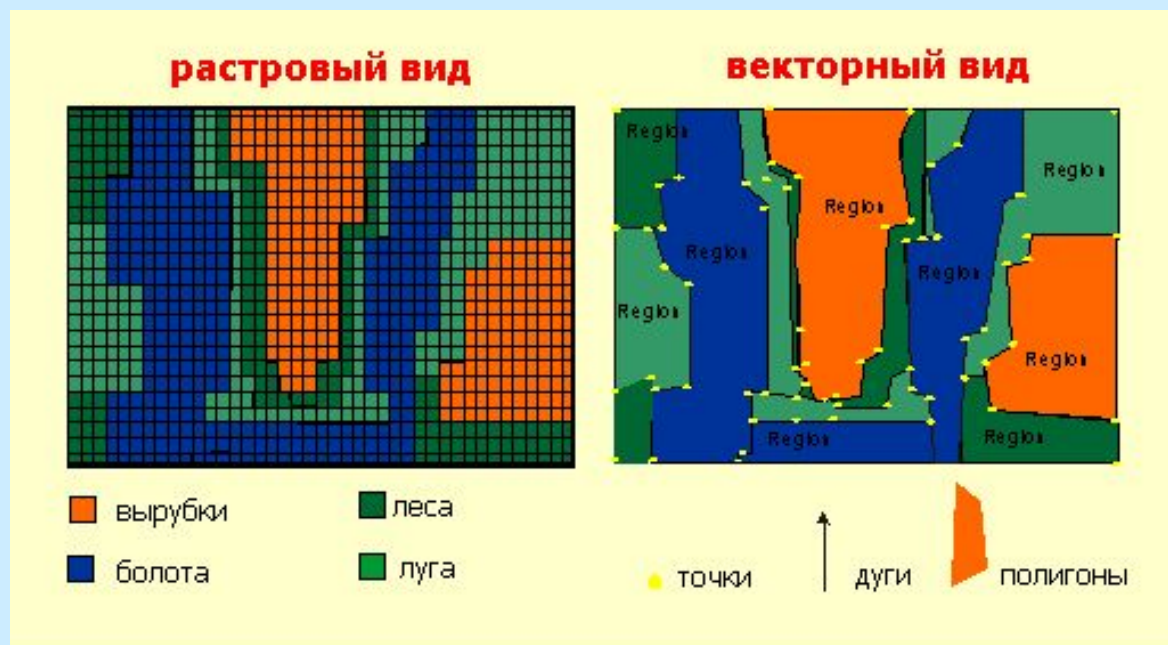


## Топологическое представление векторных объектов



Формирование топологии включает определение и кодирование взаимосвязей между точечными, линейными и площадными объектами.

## Сопоставление растровой и векторной моделей данных



# Преимущества

## Растровая модель

- 1. Простая структура данных
- 2. Эффективные оверлейные операции
- 3. Работа со сложными структурами
- 4. Работа со снимками

## Векторная модель

- 1. Компактная структура
- 2. Топология
- 3. Качественная графика

Пушкинский специализированный центр  
новых информационных технологий

**Основы геоинформатики**  
**и**  
**ГИС-технологий**  
*(краткий лекционный курс)*

- 3. Представление пространственных объектов в ГИС

## Представление пространственных объектов реальной действительности

- Пространственные данные состоят из цифровых представлений реально существующих дискретных пространственных объектов.
- Свойства, показанные на карте, например, озера, здания, контуры, должны пониматься как дискретные объекты.
- Содержание карты может быть зафиксировано в базе данных, путем превращения свойств карты в пространственные объекты.
- Многие свойства, которые показаны на карте, на самом деле виртуальны. Например, контуры или границы реально не существуют, но здания и озера - реальные объекты.

## Содержание базы пространственных данных включает:

- Цифровые версии реально существующих объектов (например, зданий)
- Цифровые версии искусственно выделенных свойств карты (например, контуры)
- Искусственные объекты, созданные специально для целей построения базы данных (например, пиксели).

## Разновидность непрерывных свойств

- Некоторые свойства пространственных объектов существуют повсеместно и изменяются непрерывно над земной поверхностью (высота, температура, атмосферное давление) и не имеют реально представленных границ.

## **Непрерывная изменчивость может быть представлена в базе данных несколькими способами:**

- посредством величин измерений в некоторых характерных пунктах (точках), например, метеостанции и посты
- посредством описаний трансектов (профилей)
- посредством разделения площади на контуры, зоны, принимая при этом, что некоторое значение свойства внутри контура (зоны) есть величина постоянная
- посредством построения изолиний, например горизонталей для отображения рельефа

Каждый из этих способов создает дискретные объекты, которые могут быть зафиксированы в виде точек, линий, площадей.



## Компоненты пространственных данных

- Расположение:  
называются данными о размещении пространственные данные вообще часто
- Пространственные отношения:  
пространственными объектами являются как пространственные отношения между ними (например, А содержит В; смежен с С, находится к северу от D)
- Атрибуты:  
различные характеристики объектов, фиксирует тематические описания, определяя
- Время:  
временная изменчивость фиксируется разными способами:
  - интервалом времени, в течение которого существует объект
  - скоростью изменчивости объектов
  - временем получения значений свойств

## Источники пространственных данных

Совокупности первичных данных (измерений и съемок) по выборкам:

- произвольная выборка, каждое место или время одинаково вероятно, чтобы быть выбранным
- систематическая выборка проводится согласно правилу, например через каждый 1 км
- упорядоченная (стратифицированная) выборка, когда известно, что генеральная совокупность содержит существенно различные под-совокупности

Совокупности вторичных данных, полученные из существующих карт, аблиц, или других баз данных.

Т

Пушкинский специализированный центр  
новых информационных технологий

**Основы геоинформатики**  
**и**  
**ГИС-технологий**  
*(краткий лекционный курс)*

- 4. Ввод данных в ГИС

**Ввод данных** - компьютерно-  
читаемую форму и их загрузка в базу данных GIS.  
процедура кодирования данных GIS.

**Ввод данных включает три главных шага:**

- Сбор данных
- Их редактирование и очистка
- Геокодирование данных

последние два этапа называются также предобработкой данных.

## Информация о качестве данных

- Дата получения
- Точность позиционирования
- Точность классификации
- Полнота
- Метод, использованный для получения и кодирования данных

# Типы систем ввода данных

**1.**

---

## **Вход с помощью клавиатуры**

- Главным образом, для атрибутивных данных
- Редко используется для пространственных данных
- Может быть совмещен с ручным цифрованием
- Обычно более эффективно используется как отдельная операция

## Типы систем ввода данных

2.

### Координатная геометрия

- Процедуры, используемые, чтобы ввести данные по земельным наделам
- Очень высокий уровень точности, полученной, за счет полевых геодезических измерений
- Очень дорогой
- Используемый для земельного кадастра

## Типы систем ввода данных

### 3. цифрование

#### Ручное

- Наиболее широко используемый метод ввода пространственных данных с карт
- Эффективность зависит от качества программного обеспечения цифрования и умения оператора
- Требуется много времени и допускает наличие ошибок



## Типы систем ввода данных

**4.**

### **Сканирование**

- Цифровое изображение карты полученное сканнером
- Размер ячейки, который можно отсканировать (минимальный фрагмент карты составляет около 20 микрон (0.02 мм))
- Снимок нуждается в обработке и редактировании для улучшения качества
- Изображение должно преобразовываться в векторный формат
  - Маркировка для обеспечения взаимосвязи с атрибутами
  - Сканированные изображения могут непосредственно использоваться для производства карты
  - Данные дистанционного зондирования

## Типы систем ввода данных

**5.**

### **Ввод существующих цифровых файлов**

---

- Наборы данных различных ведомств и организаций должны быть доступны
- Приобретение и использование существующих цифровых наборов данных является наиболее эффективным способом заполнения ГИС

## Проблемы цифрования карт

- Уровень ошибок в базе данных ГИС непосредственно связан с уровнем ошибок исходных карт
- Карты не всегда адекватно отображают информацию и не всегда точно передают данные о местоположении

## Проблемы цифрования карт



## Проблемы цифрования карт



## Проблемы цифрования карт



## Проблемы цифрования карт



## Проблемы цифрования карт



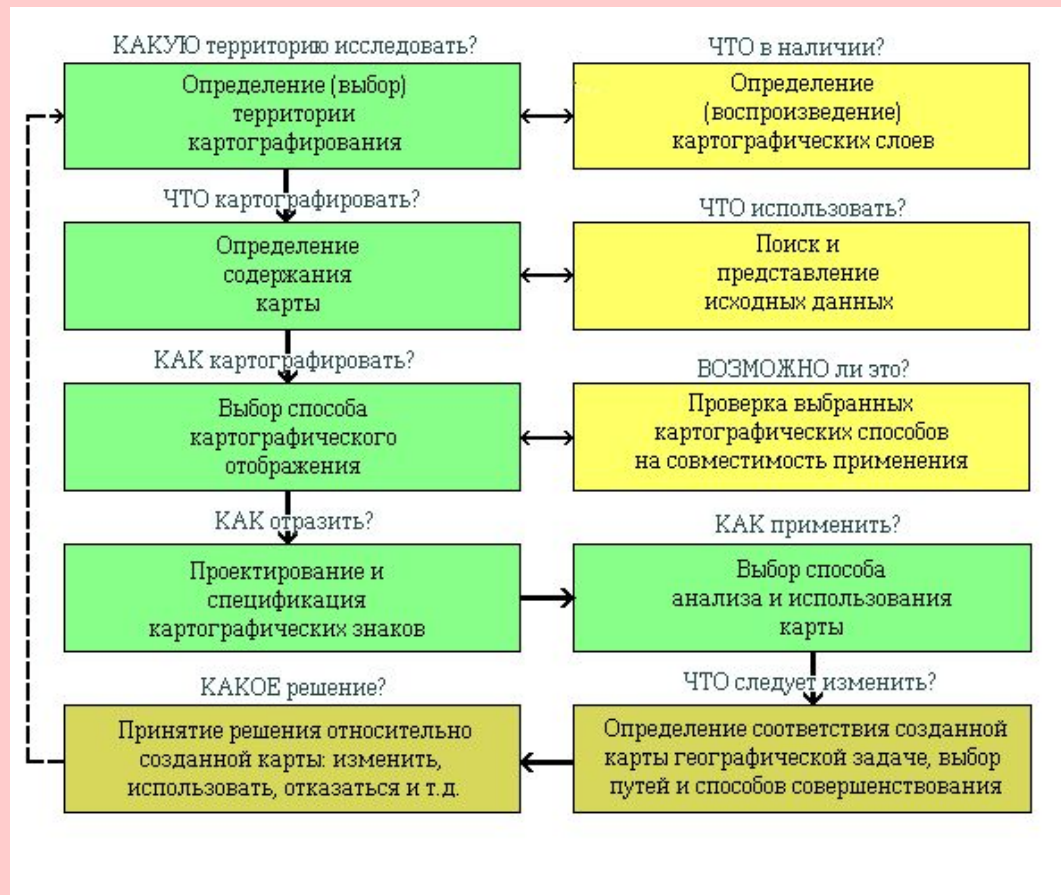


Пушкинский специализированный центр  
новых информационных технологий

**Основы геоинформатики**  
**и**  
**ГИС-технологий**  
*(краткий лекционный курс)*

- 5. Картографические основы ГИС-технологий

# Общая схема применения картографических знаний при работе с ГИС



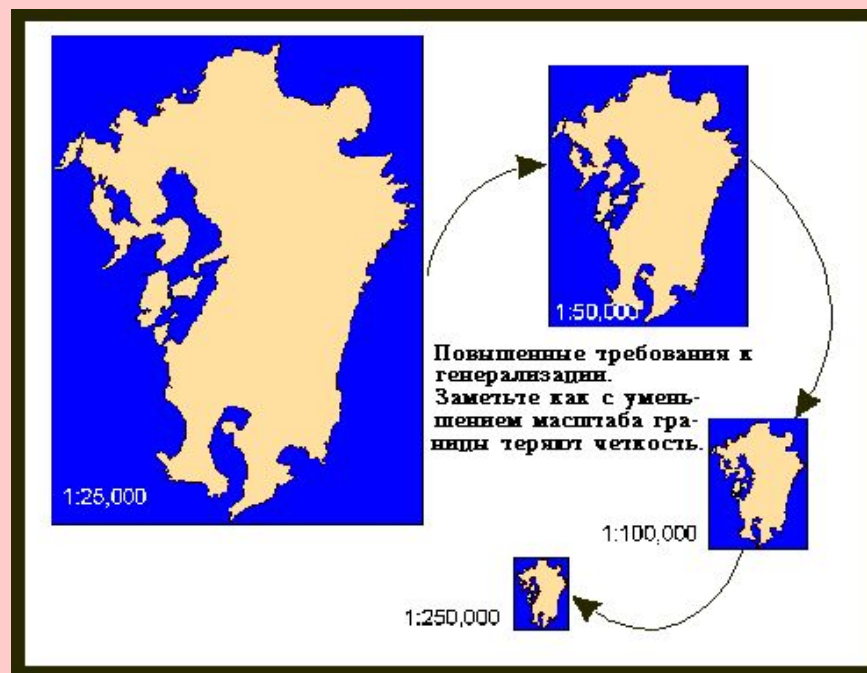
## Роль картографических моделей в создании и применении ГИС:

- карта как источник пространственных данных
- карта как способ хранения и интеграции данных о пространственных объектах
- карта как средство организации запросов к БД
- карта как средство пространственного анализа
- карта как способ представления результатов работы с ГИС

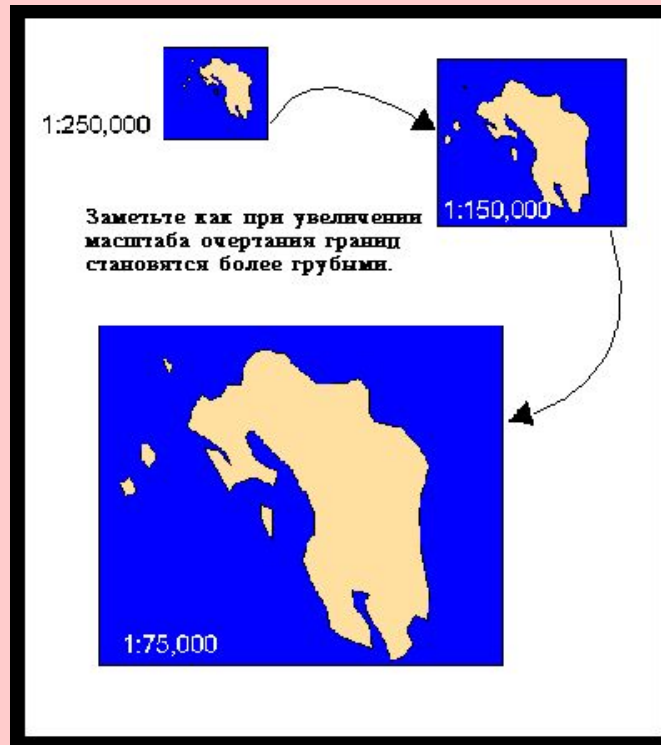
# Картографический анализ пространственных явлений и объектов



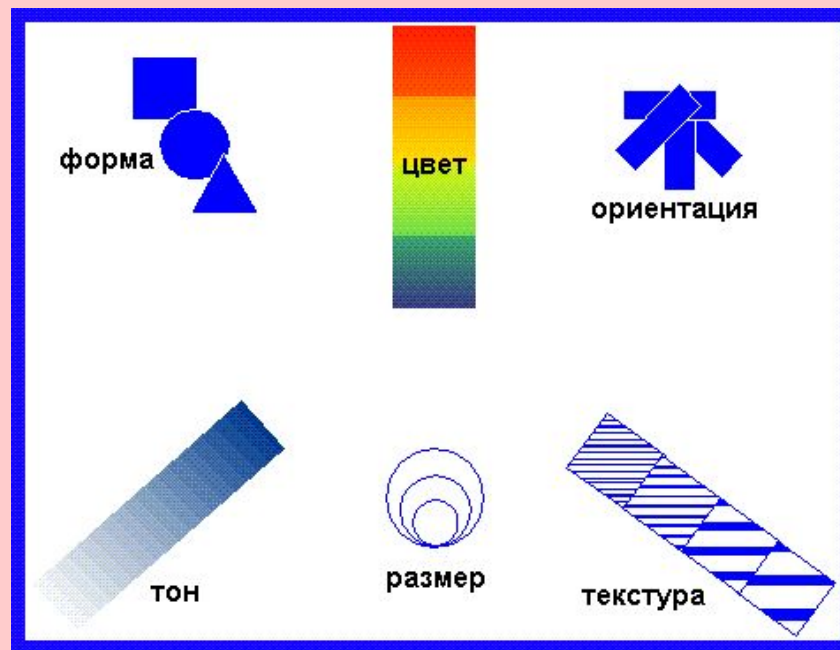
## Увеличение потребностей в генерализации в зависимости от уменьшения масштаба



## Увеличение детальности изображения объектов при увеличении масштаба



## Способы визуализации пространственных объектов на карте

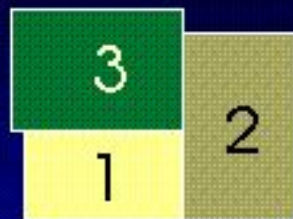


## Картографическое отображение точечных объектов





## Картографическое отображение площадных объектов



Примеры использования  
цветов и штриховок  
для показа количествен-  
ных различий между  
ареалами

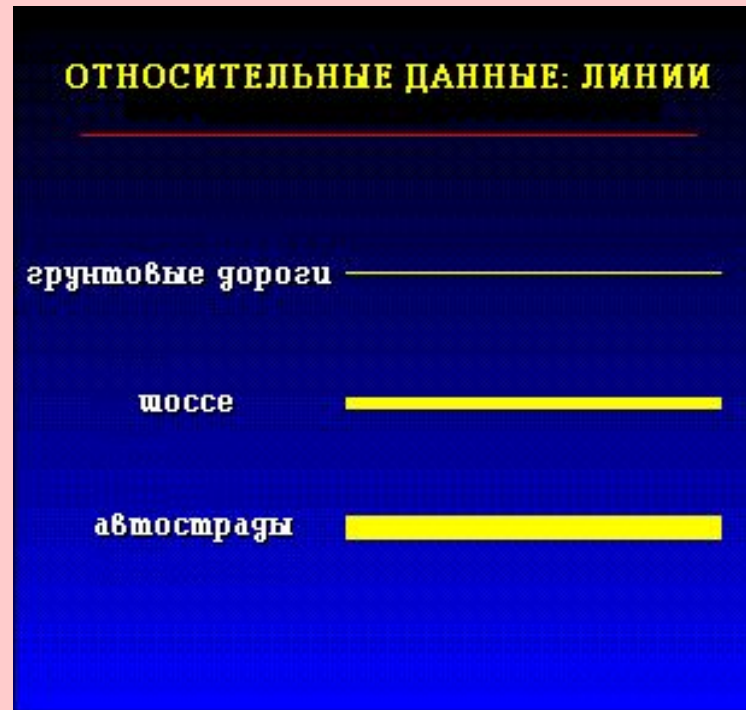
# Картографическое отображение линейных объектов



# Картографическое отображение относительных характеристик точечных и площадных объектов



## Картографическое отображение относительных характеристик линейных объектов



## Типы преобразования картографических изображений в ГИС:

- Удаление/добавление тематического слоя;
- Удаление/добавление элементов слоя;
- Изменение тематического содержания приемами генерализации (утрирование, обобщение, упрощение, сглаживание), изменение цветового решения карты;
- Замена картографического способа изображения тематического содержания (например, точечный способ на ареалы);
- Построение анаморфированных (картоподобных) изображений.
- Переход к динамическому картографическому изображению (бликование или цветовая инверсия элементов специального содержания, интерактивная мультипликация).

Пушкинский специализированный центр  
новых информационных технологий

# Основы геоинформатики и ГИС-технологий

*(краткий лекционный курс)*

- 6. Пространственный анализ, основанный на векторном представлении данных

## Аналитические возможности векторных ГИС

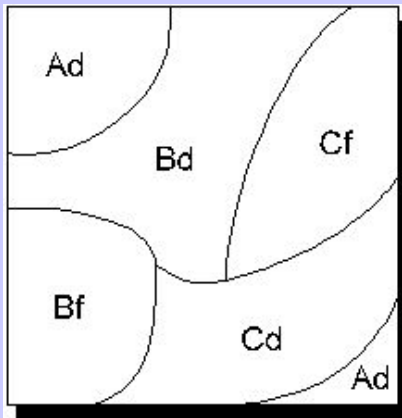
- Осуществление запросов к БД и упрощенная визуализация
- Переклассификация, декомпозиция и объединение пространственных объектов
- Топологические оверлеи
- Буферизация

## Способы осуществления пространственных запросов к базе данных способом «картографического интерфейса»

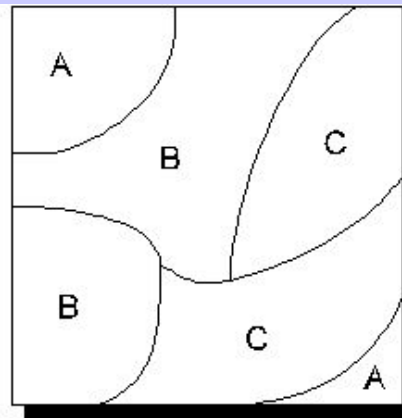
- произвольное отграничение территории выборки
- определение границ выборки аналитическим путем (площадные геометрические примитивы, географические зоны)
- использование библиотеки контуров территориальной выборки (ареалы обслуживания, административные районы и проч.)



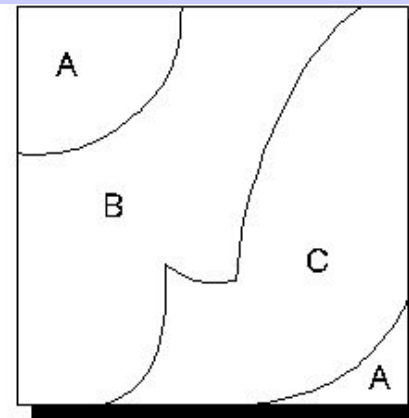
## Пример создания производной карты путем переклассификации пространственных объектов



**типы почв А, В, С  
с разновидностями d, f**

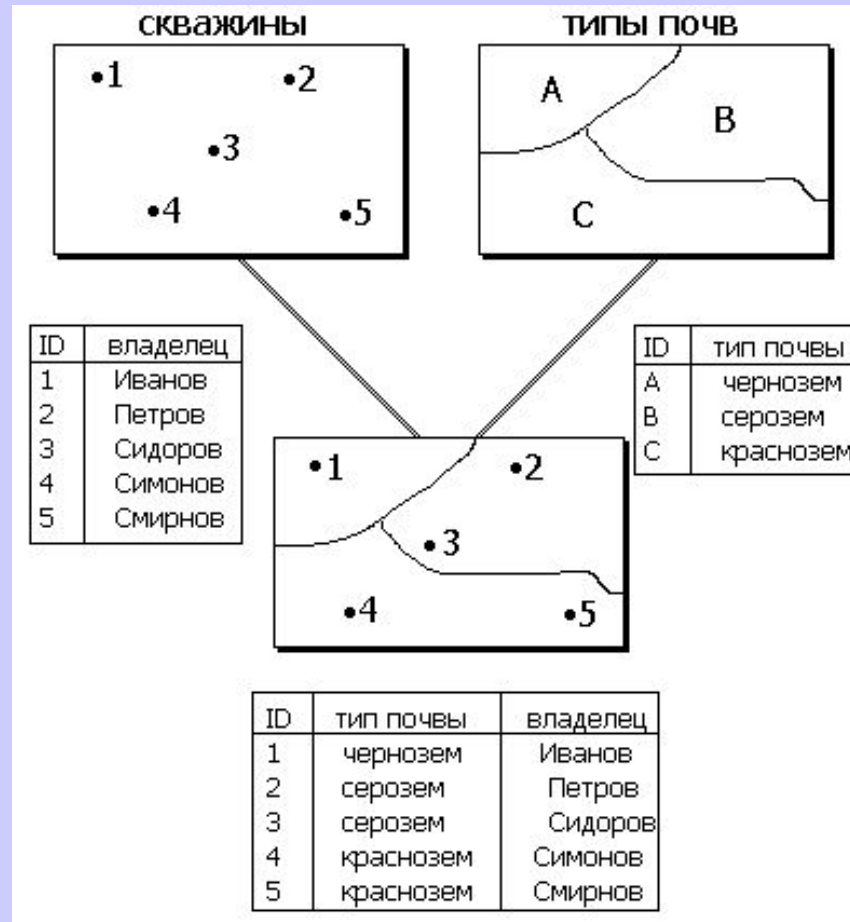


**типы почв А, В, С**

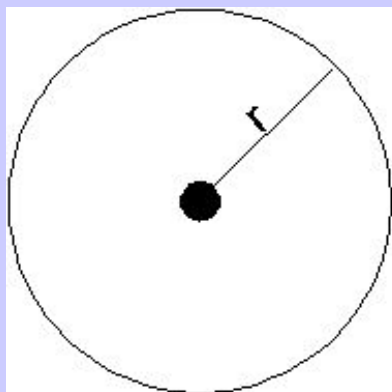


**типы почв А, В, С**

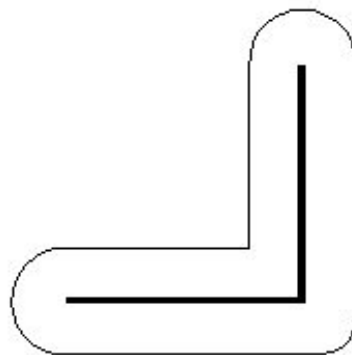
# Пример применения процедуры топологического оверлея "точка-в-полигон" с перестройкой таблицы атрибутов



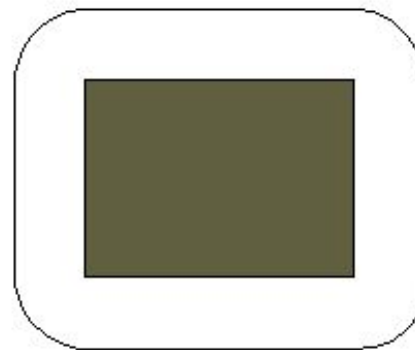
## Примеры построения буферных зон вокруг пространственных объектов



**буферирование точки**



**буферирование линии**



**буферирование площади**