



ВВЕДЕНИЕ В ГЕОПРОСТРАНСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ

ЛЕКЦИЯ 4

▶ ПЛАН ЛЕКЦИИ:

- ▶ 1. Пространственные объекты и пространственные атрибуты. Анализ местоположения объектов.
- ▶ 2. Анализ распределения числовых показателей. Карты плотности. Поиск объектов внутри области. Анализ окружения и пространственных изменений.
- ▶ 3. Основные виды векторного ГИС-анализа.
- ▶ 4. Основные виды растрового ГИС-анализа.
- ▶ 5. Основные операции моделирования в ГИС

► Литературные и информационные источники

1. Григорьев , И. AnyLogic за три дня: практ. пособие по имитационному моделированию / И. Григорьев. – AnyLogic, 2017. – 273 с.
2. Курлович, Д. М. Геоинформационные методы анализа и прогнозирования погоды: учеб.-метод. пособие / Д. М. Курлович. – Минск: БГУ, 2013. – 191 с. 48
3. Митчелл, Э. Руководство по ГИС-анализу / Э. Митчелл. – ESRI: 2000. – Ч. 1: Пространственные модели и взаимосвязи. – 170 с.
4. Borshchev, A. The Big Book of Simulation Modeling. Multimethod modeling with AnyLogic 6 / A. Borshchev. – AnyLogic North America, 2013. – 614 с.
5. Jensen J. R. Introductory Geographic Information Systems / J. R. Jensen, R. R. Jensen. – Boston: Pearson, 2013. – 195 p.
6. Silverman , B. W. Density estimation for statistics and data analysis / B. W. Silverman. – London – New York: Chapman & Hall, 1986. – 175 p. Интернет-ресурсы
7. Официальный сайт компании AnyLogic [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.anylogic.com/anylogic/help/>.
8. Сайт компании ESRI [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.esri.com/ru-ru/home>.

- ▶ 1. Пространственные объекты и пространственные атрибуты.
Анализ местоположения объектов.

▶ **Геопространственный анализ** – процесс поиска пространственных закономерностей в распределении географических данных и взаимосвязей между объектами. **Основные задачи геопространственного анализа:**

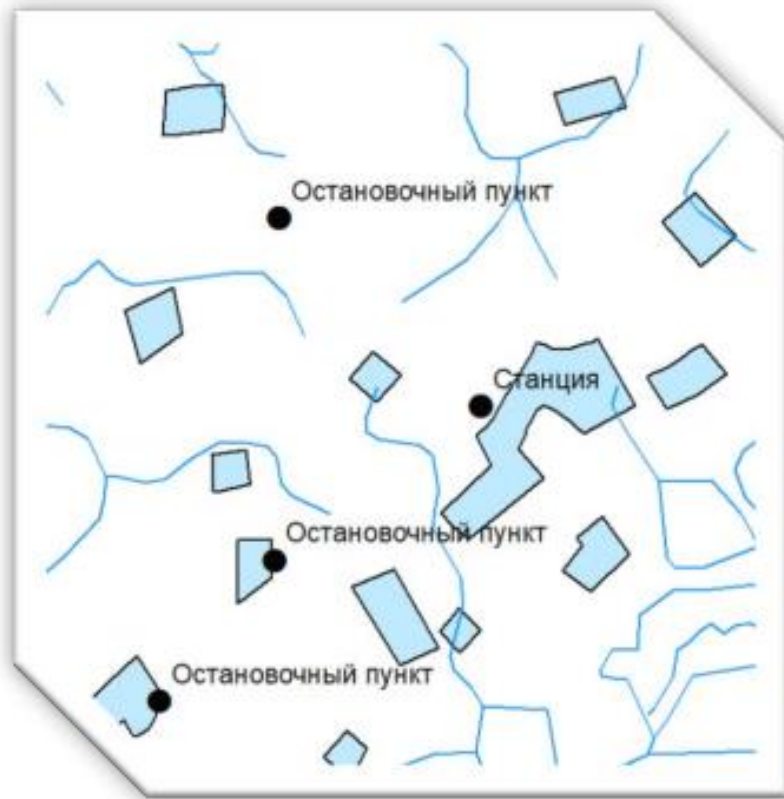
- ▶ – анализ местоположения объектов – поиск, где размещаются объекты;
- ▶ – анализ распределения числовых показателей – выявление, где больше, где меньше;
- ▶ – построение карт плотности – картографирование плотности;
- ▶ – поиск объектов внутри области – поиск того, что внутри;
- ▶ – анализ окружения – поиск того, что рядом;
- ▶ – анализ пространственных изменений – картографирование изменений.

- ▶ Все объекты окружающего мира в геопространственном анализе представлены в виде набора пространственных и атрибутивных данных - **«геопространственные данные»**.
- ▶ **Пространственные данные** – цифровые данные о пространственных объектах, включающие сведения об их местоположении и свойствах, пространственных и непространственных атрибутах.
- ▶ **Атрибутивные данные** – информация в цифровом или текстовом виде о количественных и качественных характеристиках объектов или явлений.

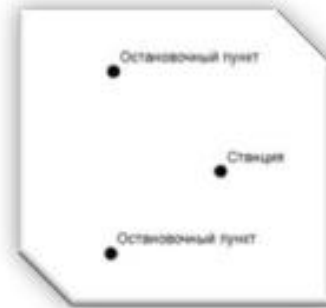
▶ **Геопространственные данные содержат четыре интегрированных компонента:**

- ▶ – **географическое положение** (размещение) пространственных объектов (представляется 2-, 3- или 4-мерными координатами в географически соотнесенной системе координат (широта и долгота));
- ▶ – **атрибуты** – свойство, качественный или количественный признак, характеризующий пространственный объект (но не связанный с его местоположением);
- ▶ – **пространственные отношения** (определяют внутренние взаимоотношения между пространственными объектами);
- ▶ – **временные характеристики** (представляются в виде сроков получения данных, определяют их жизненный цикл, изменение местоположения или свойств пространственных объектов во времени)

- ▶ Элементом пространственных данных, моделирующим конкретный объект реального мира и содержащим пространственные (координаты, длину или периметр, площадь) и атрибутивные (характеристики) данные, является **пространственный объект**.
- ▶ Пространственные объекты имеют качественные и количественные характеристики и подразделяются на **дискретные** (имеют определенное положение в пространстве и форму) (рис. 1) и **непрерывные** (поверхности, или географические поля) (рис. 2).



Векторная модель пространственных данных



Точечные объекты



Линейные объекты

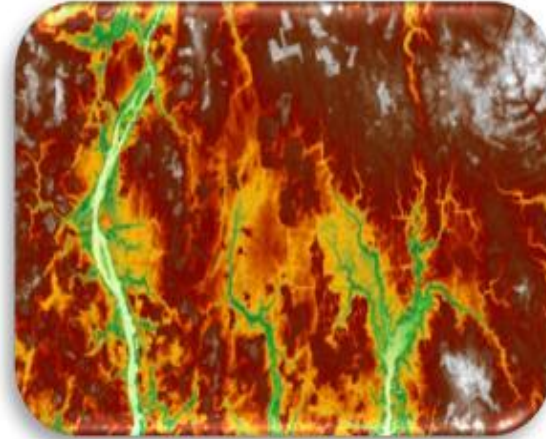


Площадные объекты

Рис. 1. Дискретные пространственные объект



Данные дистанционного зондирования



Интерполяция по точечным данным

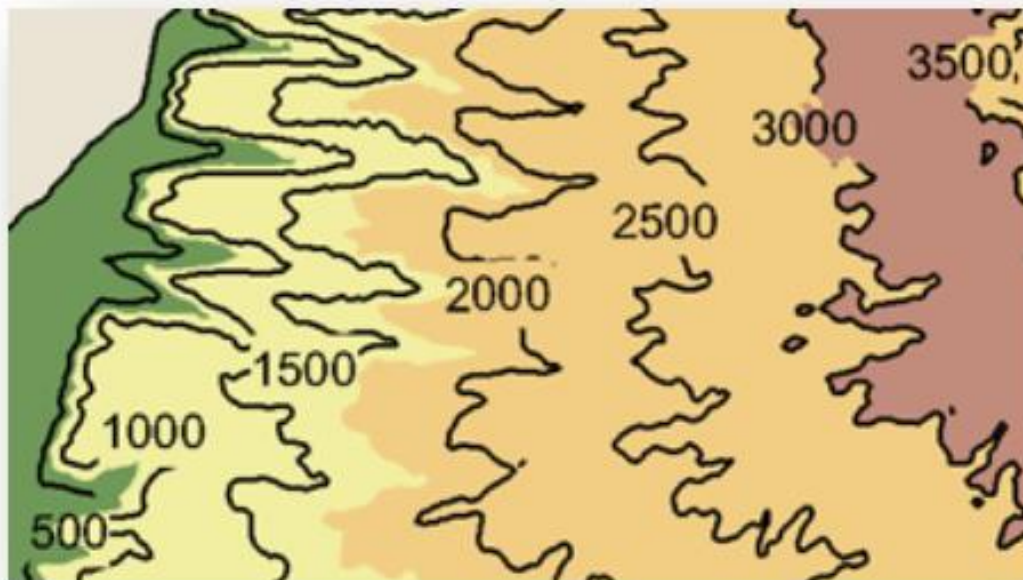
Рис. 2. Непрерывные пространственные объекты

- ▶ Наиболее распространенными способами цифрового описания пространственных объектов являются **растровые и векторные** модели данных.
- ▶ Различают следующие пространственные объекты:
- ▶ – **точки** – нульмерные (точечные) объекты, характеризуемые координатами на плоскости или в пространстве;
- ▶ – **мультиточки** – нульмерные (точечные) объекты, состоящие из нескольких (не менее одной) точек;
- ▶ – **линии (полилинии, полиполилинии)** – одномерные (линейные) объекты, состоящие из последовательности (не менее двух) точек, соединенных между собой отрезками (сегментами, дугами);

не все последовательные точки могут соединяться между собой отрезками, а потому объекты данного типа могут иметь разрывы, т. е. быть топологически несвязанными (топологически связанные линии обычно называют полилиниями, а несвязанные – полиполилиниями)

- ▶ – **ПОЛИГОНЫ** – двумерные (площадные) объекты, состоящие из нескольких (не менее одного) контуров, заданных в виде последовательности замкнутых линий, и частей плоскости внутри контуров;
- ▶ – **сложные фигуры** (фигуры оформления, объекты САПР из систем автоматизированного проектирования) – разнообразные 0-, 1-, 2- и 3-мерные фигуры, используемые в ГИС для оформления.

- ▶ **Аннотации** – это подписи, содержащие параметры отображения текста.

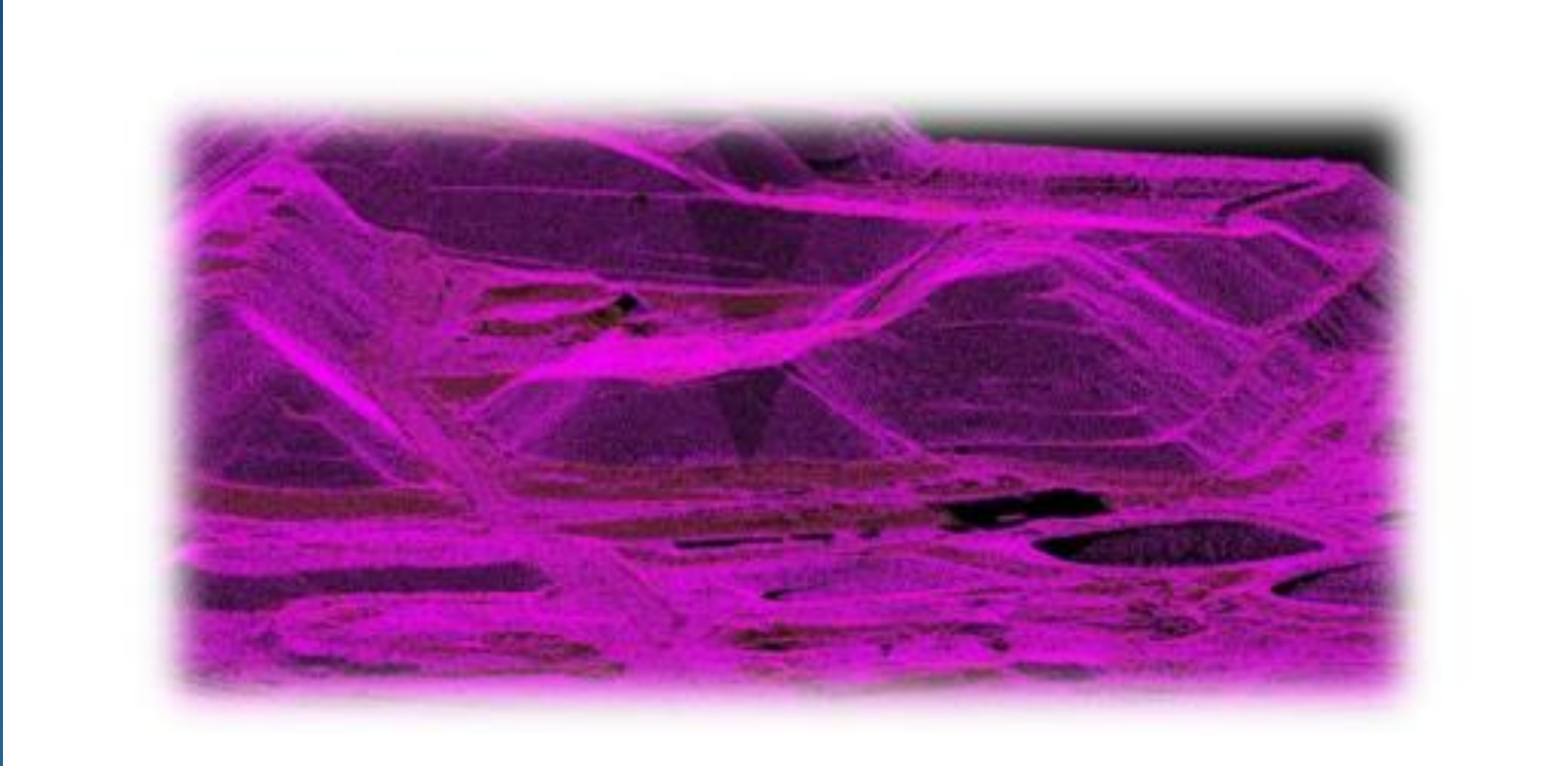


Пример использования аннотаций

- ▶ **Объекты-размеры** – специальный тип аннотации, показывающий специфические длины или расстояния (для указания длины стороны здания, участка земли или расстояния между двумя объектами).
- ▶ **Выровненные объекты-размеры** идут параллельно основной линии и показывают точное расстояние от начальной до конечной точки измерения.
- ▶ **Линейные объекты-размеры** не представляют истинное расстояние между начальной и конечной точками измерений

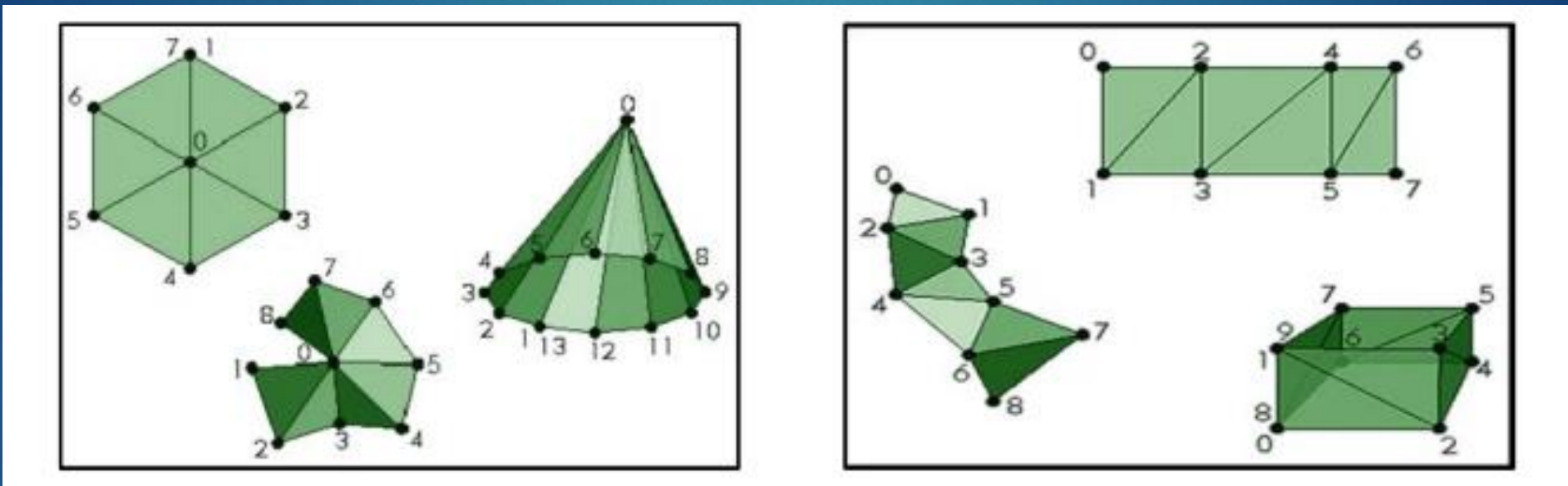
- ▶ **Мультиточки** – пространственные объекты, состоящие из более чем одной точки, используемые для управления массивами очень больших совокупностей точек, таких как кластеры точек LiDAR, которые могут содержать миллиарды пунктов.
- ▶ **Лидар** (LIDAR – Light Identification, Detection and Ranging) – технология получения и обработки информации дистанционного зондирования с помощью активных оптических систем (лазеров), использующих в том числе явления отражения света от поверхности Земли с проведением высокоточных измерений x, y, z координат

- ▶ Лазерное сканирование карьера для создания точной модели рельефа



- ▶ **Мультипатчи** – это 3D-геометрия, используемая для представления внешней поверхности или оболочки объектов, которые занимают дискретную область или объем в трехмерном пространстве.
- ▶ Они охватывают плоские 3D-окружности и треугольники, используемые в комбинации для моделирования трехмерной оболочки, и могут применяться для представления как простых объектов, например, сфер и кубов, так и сложных объектов, таких как изоповерхности зданий

► Пример использования мультипатчей



- ▶ **Классы пространственных объектов** – однородные совокупности однотипных объектов, каждый из которых имеет одинаковое пространственное представление в виде точек, линий или полигонов и общий набор атрибутивных полей, хранящихся в таблице базы данных.
- ▶ **Атрибуты** – это числовые или символьные характеристики, не связанные с местоуказанием, содержащиеся в базе данных, которые могут относиться как к самим геометрическим примитивам (точки, линии, полигоны), так и к объектам, составленным из этих примитивов.

- ▶ **Категории** представляют собой группы схожих объектов. Все объекты с одинаковым значением для категории ведут себя одинаково и отличаются от объектов других категорий.
- ▶ **Ранги** используются для сортировки объектов по порядку от большего к меньшему и устанавливают относительный порядок для объектов.
- ▶ **Численность и абсолютные величины** дают представление о некоторых суммарных количественных характеристиках объектов.
- ▶ **Численность** характеризует реальное число объектов на местности. **Абсолютная величина** представляет собой некоторую суммарную величину, связанную с каждым объектом (процентное соотношение, кратность).

- ▶ **Относительные значения** показывают взаимные отношения между двумя количественными величинами и вычисляются 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.

► **Плотность**, в свою очередь, показывает распределение объектов или величин, отнесенных к единице площади.

► В качестве **характеристик атрибутов** геопространственных объектов могут выступать буквы, числа, индексы, абсолютные, относительные, условные (баллы, индексы) показатели.

Атрибутивные данные геопространственных объектов

представляются в форме специальных атрибутивных таблиц, состоящих из строк и столбцов.

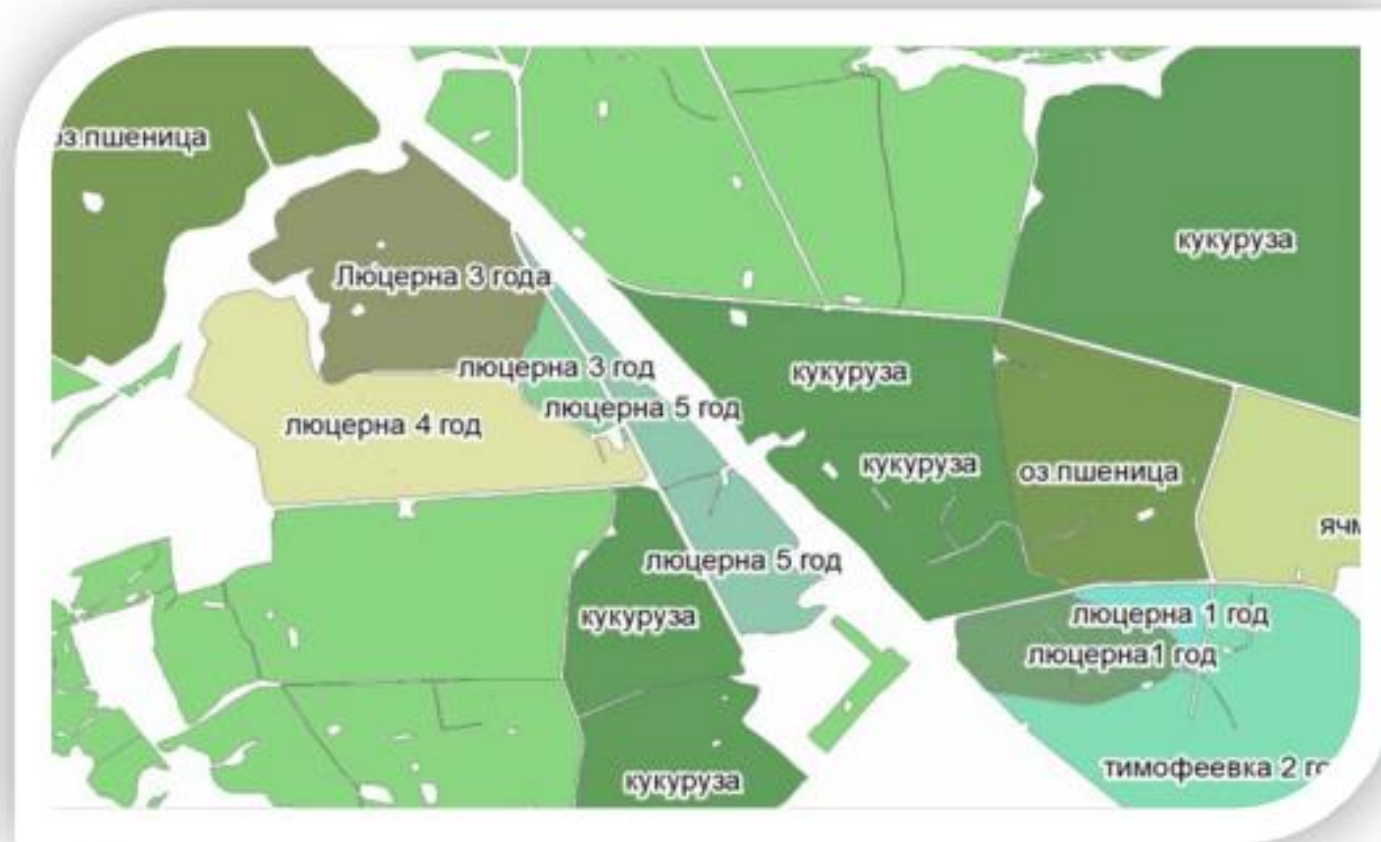
Структура атрибутивной таблицы геоданных

The image shows a screenshot of a software interface displaying a table of geospatial data attributes. The table has several columns: OBJECTID 1*, Shape*, OBJECTID, LandType, LandCode, Name, Area, and SHAPE Leng. The data rows are numbered 1 through 20. Red callouts point to specific parts of the table: 'Название атрибута' (Attribute Name) points to the 'LandCode' column header; 'Значение атрибута' (Attribute Value) points to the value '2.160895' in the 'Area' column of row 4; 'Строка данных' (Data Row) points to the entire row 7; and 'Столбец данных' (Data Column) points to the 'OBJECTID' column.

OBJECTID 1*	Shape*	OBJECTID	LandType	LandCode	Name	Area	SHAPE Leng
1	Полигон	73739	103	121		4.12812	2503.265302
2	Полигон	74529	103	123		6.814829	1294.175956
3	Полигон	74900	101	3		43.106687	5138.790672
4	Полигон	78967	101	3		2.160895	961.050575
5	Полигон	81546	103	121		4.018616	1198.876021
6	Полигон	81781	103	122		3.373324	1876.570167
7	Полигон	81802	101	3		4.323506	882.10441
8	Полигон	85805	103	121		4.234228	1256.554718
9	Полигон	85811	103	121		41.12517	3236.336005
10	Полигон	88293	103	121		107.284978	8887.266748
11	Полигон	88530	103	123		212.104136	11574.121042
12	Полигон	88532	101	3		121.106635	15360.803274
13	Полигон	88533	103	121		5.417847	3062.428276
14	Полигон	88536	103	121		4.874162	2520.444678
15	Полигон	88542	103	121		2.649002	1925.193077
16	Полигон	88546	101	3		5.20105	1306.771918
17	Полигон	88547	101	3		5.244512	1840.560383
18	Полигон	88553	103	121		2.026071	1056.072365
19	Полигон	88558	101	3		65.565314	4301.164861
20	Полигон	88559	101	3		125.096145	4715.849435

- ▶ **Атрибутивные таблицы** позволяют картографировать и визуализировать геопространственные данные.
- ▶ С их помощью можно классифицировать или категорировать атрибуты для обозначения слоя. Например, можно использовать различные цвета для представления каждого типа землепользования в слое земельных участков.

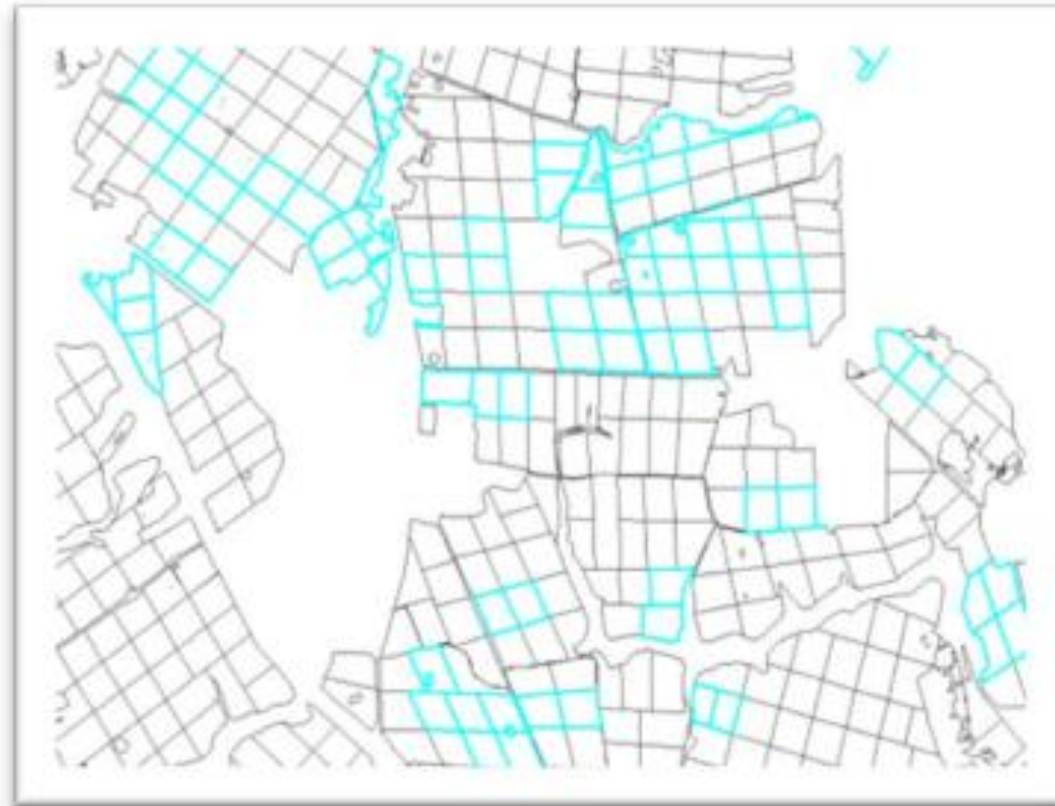
- Визуализация данных атрибутивной таблицы



- ▶ Атрибутивные данные позволяют выполнять **пространственный анализ и пространственные запросы**.
- ▶ Например, можно изучить распределение объектов с определенными атрибутами, создав запрос для выбора объектов, содержащих атрибуты, которые необходимо изучить.
- ▶ На рисунке земельные участки с содержанием меди, большим или равным 3 мг/кг, выбраны с использованием атрибутивного запроса



Атрибутивный запрос



Результат реализации атрибутивного запроса

- ▶ **Анализ местоположения объектов** помогает определить области, соответствующие определенным заданным критериям и установить причины и следствия пространственных взаимосвязей.
- ▶ *Например, используя ГИС, торговая сеть может ежемесячно оценивать распределение количества посещений магазинов и их повторяемость в пределах города и соответственно координировать свою работу.*

- ▶ **Целью выполнения анализа местоположения объектов** является:
- ▶ – получение информации о том, где в пределах целевой территории имеются объекты определенного рода, а где их нет (*например, наличие банкоматов определенного банка в пределах микрорайона города*);
- ▶ – учет типа объекта при анализе и выявление частоты повторений встречи объектов одного типа в том же месте (*например, частота посещения аптек жителями определенного микрорайона города старше 60 лет*).

- ▶ **Визуализация** результатов анализа местоположения объектов осуществляется посредством создания **цифровых картографических изображений.**
- ▶ **Цифровое картографическое изображение** – логико-математическое представление в цифровой форме объектов картографирования и отношений между ними

- ▶ 2. Анализ распределения числовых показателей.
Карты плотности. Поиск объектов внутри области.
Анализ окружения и пространственных изменений

- ▶ **Геопространственные объекты**, как правило, имеют числовые значения, с помощью которых возможно определить объекты, отвечающие определенным критериям, выявить места, требующие вмешательства, или же установить закономерности распределения количественных показателей объектов.
- ▶ **Отображение объектов**, основанное на анализе их количественных показателей, добавляет новую информацию к сведениям об их местоположении.

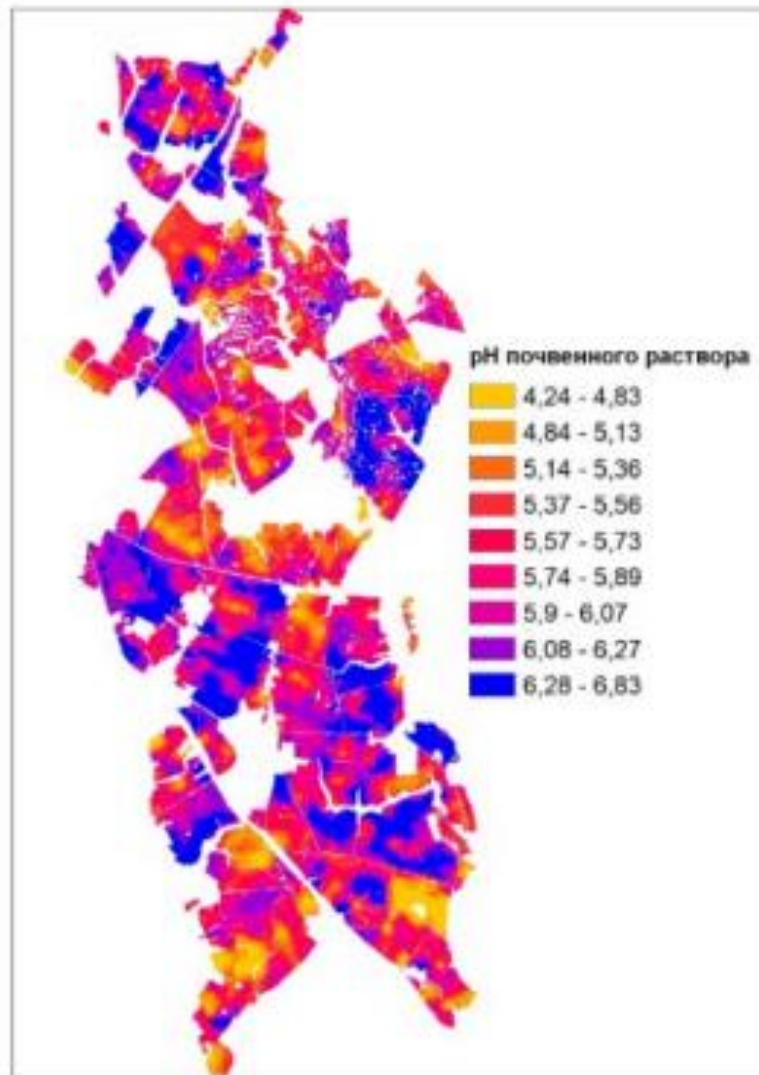
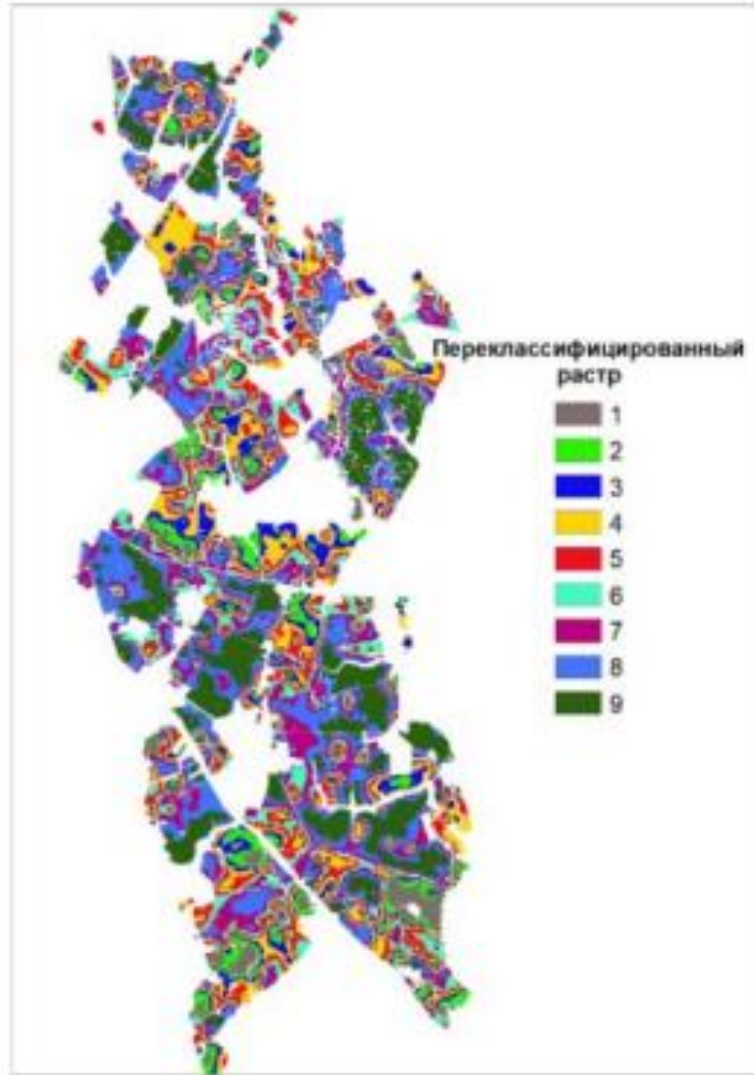
- ▶ Числовые показатели при визуализации могут быть представлены **количеством (величиной), относительными величинами (отношениями), категориями или рангами.**
- ▶ Знание типа числового показателя позволяет выбрать лучший способ для отображения данных.
- ▶ Количество и величина являются **обобщенными характеристиками объектов.** **Количество** обозначает фактическое число объектов в пределах области исследования.
- ▶ **Величина** – обобщенное значение, характеризующее каждый объект. Использование количества или величины позволяет численно сопоставлять однотипные объекты

- ▶ **Отношения** отражают связь между двумя величинами и образуются путем деления одной величины, характеризующей элемент, на другую.
- ▶ Использование отношений позволяет сгладить резкие различия между размерами областей или количеством объектов в них так, что отображение распределения этих величин становится понятнее.
- ▶ Наиболее широко используемые относительные величины – **среднее, отношения и плотность.**

- ▶ **Ранги** позволяют упорядочить объекты в интервале от высокого до низкого и отражают относительные, а не измеренные величины.
- ▶ Ранги используют, когда прямые измерения затруднительны или количественная характеристика зависит от целого ряда факторов. Чтобы указывать ранги, можно использовать описательные признаки (например, очень высокий, умеренный, низкий, очень низкий) или числа (например, от 10 до 100)



Пример использования рангов



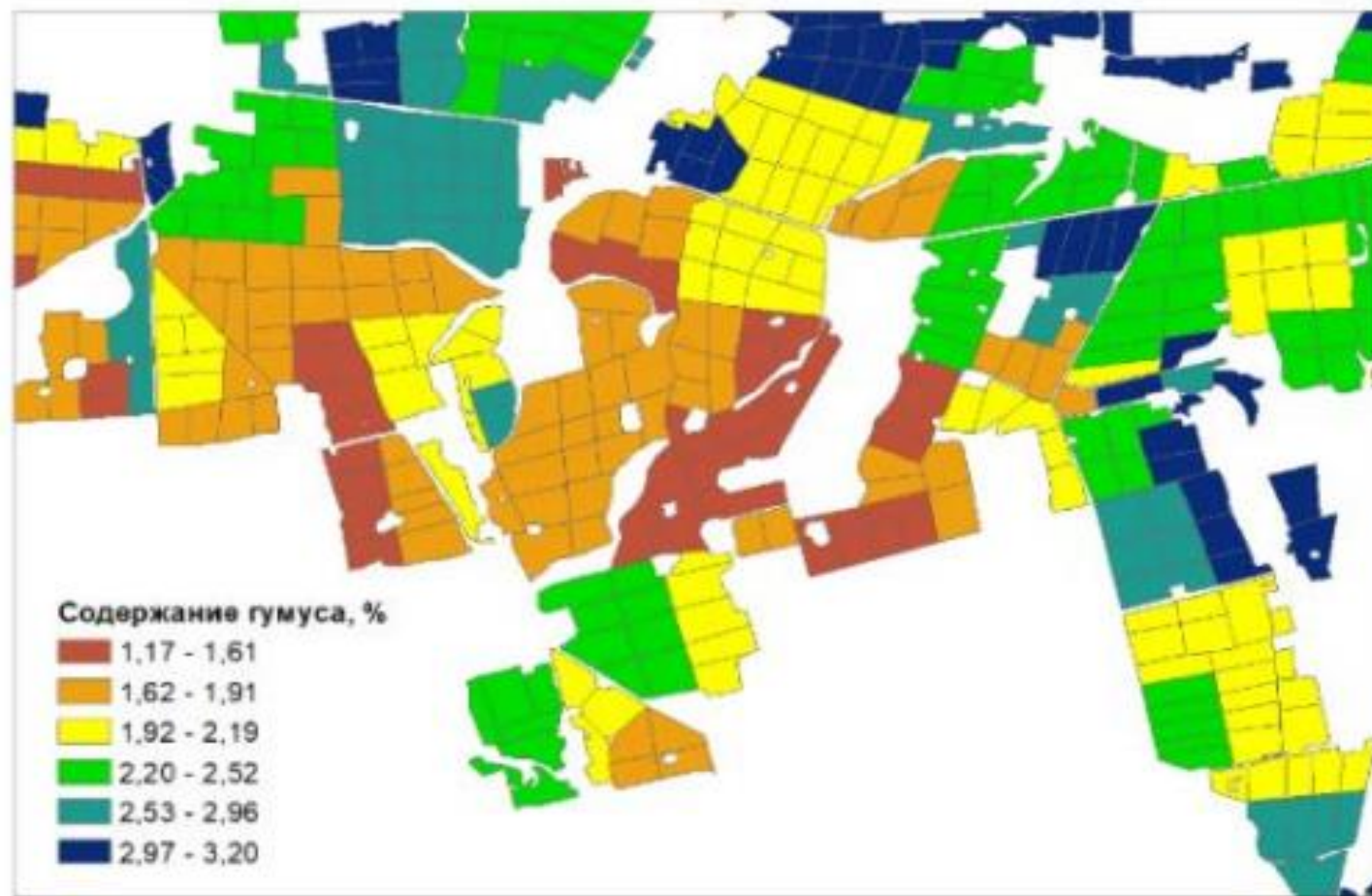
Соответствие градаций pH почвенного раствора присвоенным рангам

- ▶ После определения типа анализируемых геопространственных объектов необходимо выбрать способ их визуализации, присвоив каждому объекту **собственное значение (символ)** или сгруппировав значения объектов **в классы**.
- ▶ **Собственные значения** позволяют осуществлять поиск закономерностей по непроверенным данным, когда работа с исследуемой областью осуществляется впервые или выполняется разведочный анализ данных.

- ▶ **Классы** объединяют геопространственные объекты со схожими значениями, приписывая им одинаковый символ.
- ▶ Их можно создавать вручную или использовать стандартную схему классификации.
- ▶ Необходимость выполнения ручной классификации возникает, когда требуется сгруппировать объекты, отвечающие специфическим критериям, или сравнить значения их атрибутов с конкретной характерной величиной.
- ▶ В этом случае определяется верхняя и нижняя граница интервала для каждого класса и каждому классу присваивается свой символ.

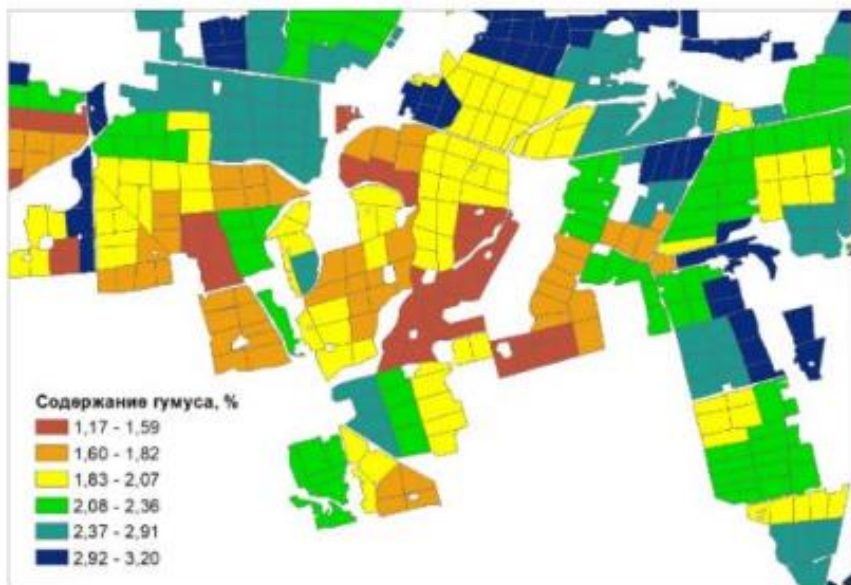
- ▶ Если целью классификации данных является выявление закономерности пространственного распределения, используются стандартные схемы разбивки данных на интервалы.
- ▶ Среди наиболее широко применяемых стандартных схем различают: **естественную разбивку, квантиль, равные интервалы и стандартное отклонение.**
- ▶ При естественной разбивке геопространственных данных на классы группировка значений выполняется в соответствии со скачками в значениях.

- ▶ Классификация геопространственных данных о содержании гумуса методом естественной разбивки

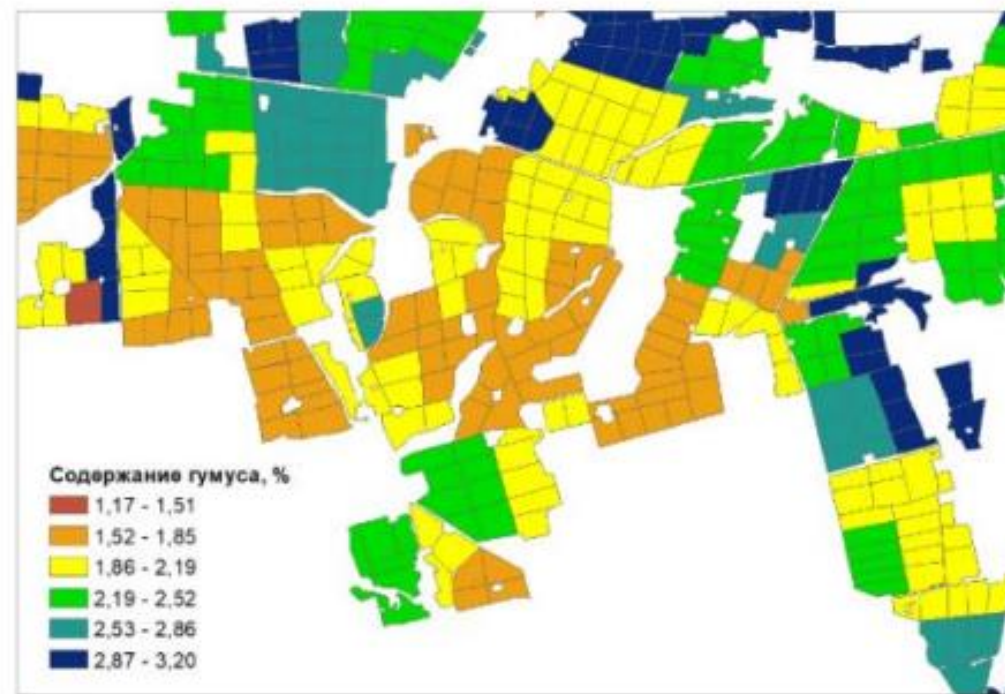


- ▶ При разбивке по **КВАНТИЛЯМ** каждый класс содержит равное число геопространственных объектов, зависящее от установленного числа классов разбивки.
- ▶ **Квантиль в геостатистике** – значение, которое заданная случайная величина не превышает с фиксированной вероятностью. Если вероятность задана в процентах, то квантиль называется процентилем или перцентилем.
- ▶ При использовании **равных интервалов** классификация осуществляется посредством разбивки ряда значений **на интервалы**, равные разности между максимальными и минимальными значениями.

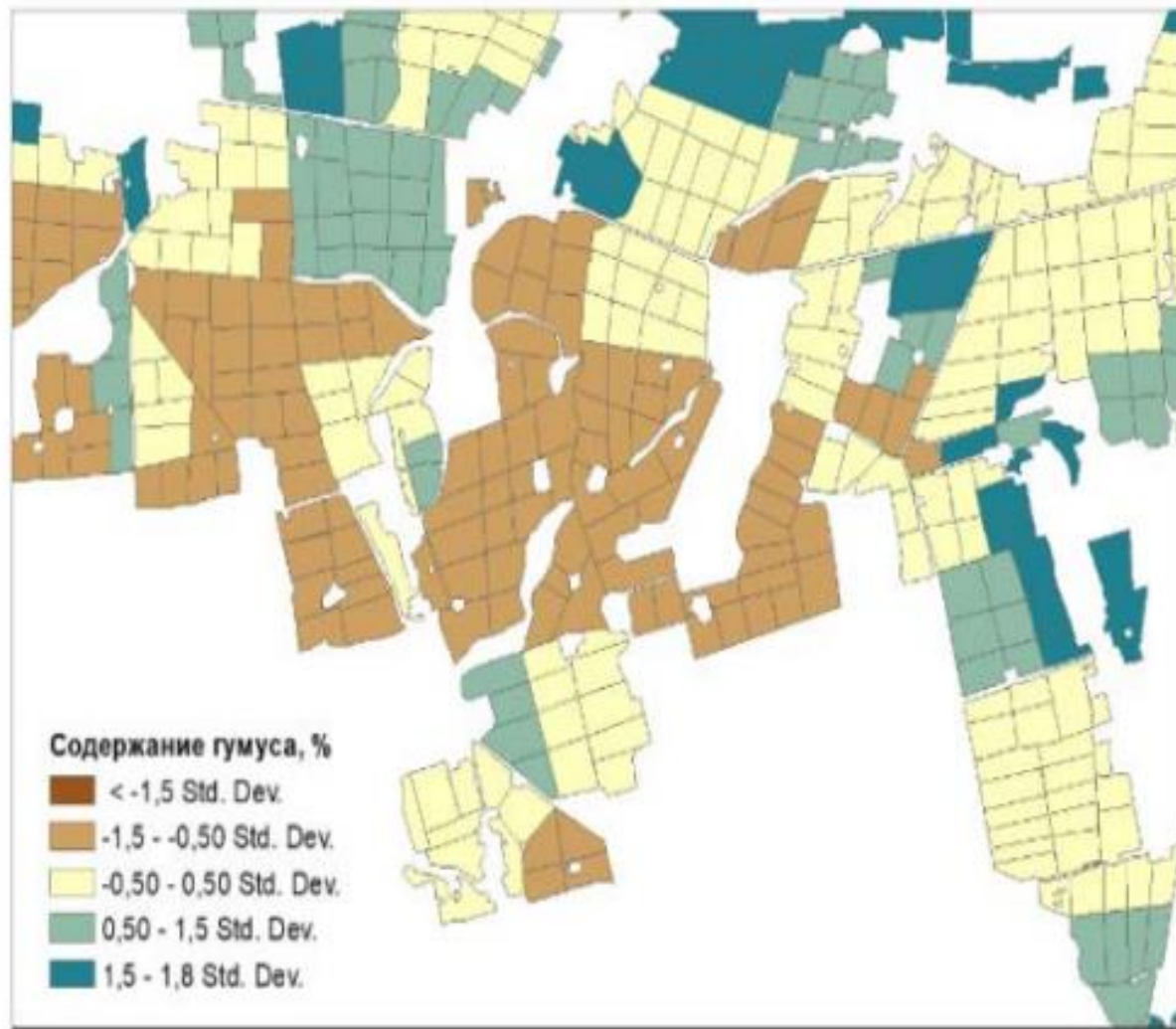
Классификация геопространственных данных по содержанию гумуса по квантилям



Классификация геопространственных данных по содержанию гумуса методом равных интервалов



- ▶ Схема разбивки ряда геопространственных данных с использованием **стандартного отклонения** предусматривает распределение объектов на классы по величине отклонения их значений от среднего и иллюстрирует, насколько отличаются значения объектов от среднего

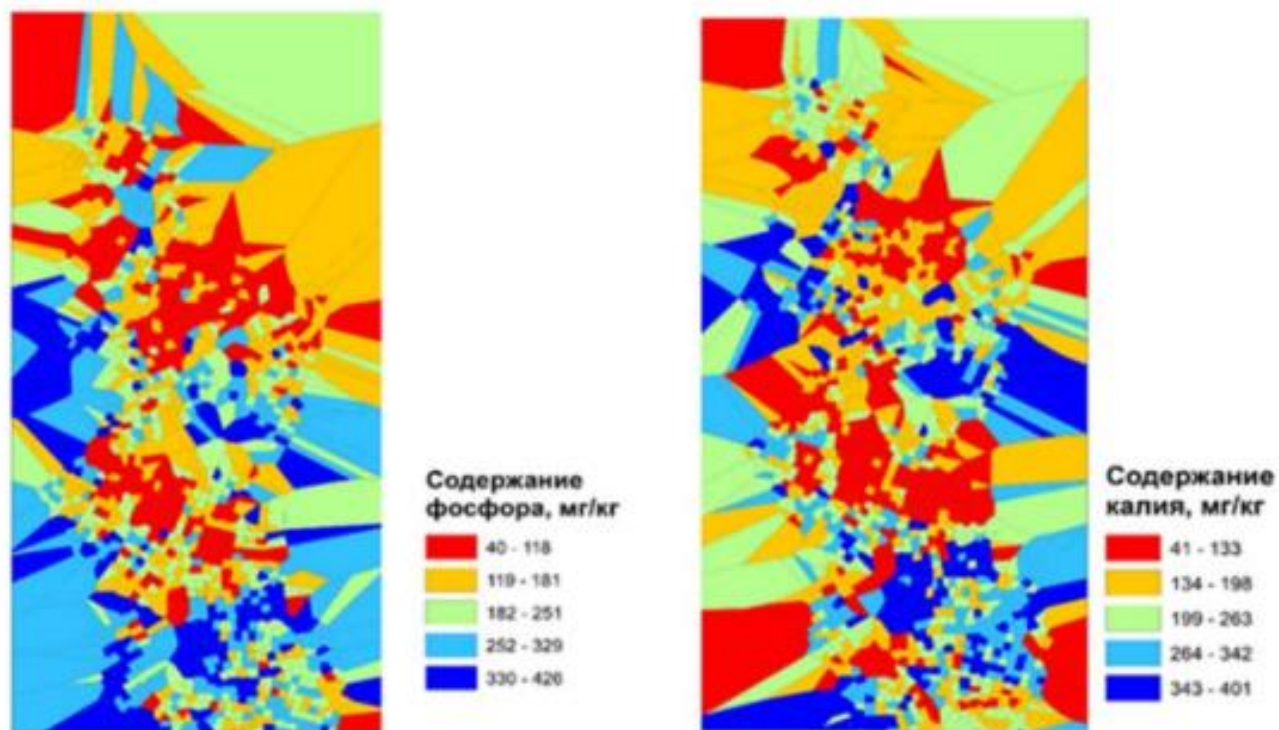


- ▶ Классификация геопространственных данных о содержании гумуса по величине стандартного отклонения

- ▶ В процессе визуализации данных может оказаться, что в выборке присутствует несколько очень высоких или очень низких значений – **пространственных выбросов**.
- ▶ Эти аномальные значения могут исказить диапазоны классов, а следовательно, и те закономерности, которые были выявлены,

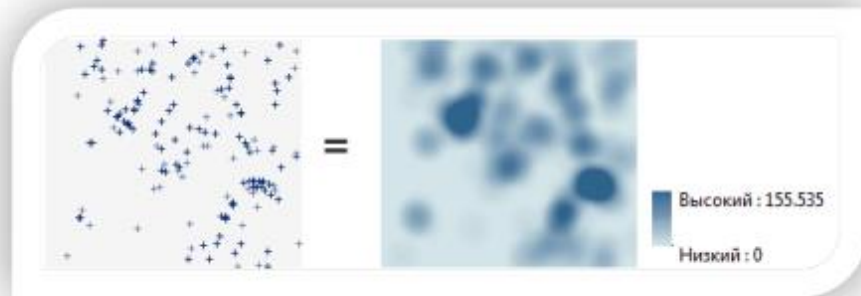
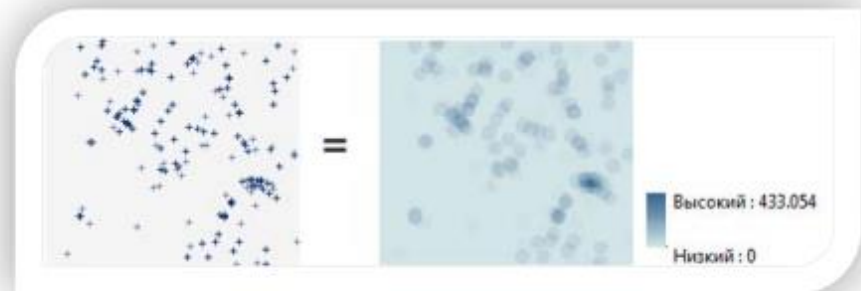
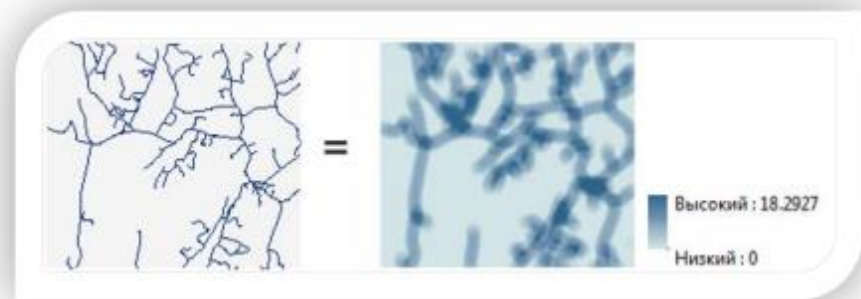
- ▶ Существует несколько вариантов обращения с аномальными значениями в зависимости от того, как они влияют на остальные данные и на закономерности их пространственного распределения:
 - ▶ 1) размещение каждого аномального значения в собственном классе (возможно, если аномальные значения существенно разбросаны);
 - ▶ 2) группировка выбросов вместе в один класс (возможна, если группа аномальных значений локализована в одном месте);
 - ▶ 3) группировка выбросов со следующим самым близким верхним или нижним классом, если они расположены не слишком далеко от других значений в этом классе.

- ▶ Карты Вороного, иллюстрирующие наличие выбросов в содержании подвижных фосфора и калия в почве



- ▶ **Карты плотности** позволяют визуально оценить концентрацию точечных либо линейных объектов в пределах какого-либо участка или всей территории.
- ▶ Карту плотности можно создать как посредством построения плотности дискретных объектов, так и посредством создания поверхности плотности.
- ▶ В ГИС возможно вычисление величины и построение карт плотности **ядер, точек и линий**.

- ▶ При определении величины и построении **карты плотности ядер** с использованием функции ядра для подгонки плавно сужающейся поверхности к каждой точке или полилинии вычисляется количество точечных или полилинейных объектов на единицу площади.
- ▶ При определении **плотности точек** вычисляется количество точечных объектов на единицу площади, попадающих в окрестность вокруг каждой ячейки растра.
- ▶ При определении **плотности линий** вычисляется плотность линейных объектов в окрестности каждой ячейки выходного растра.

*a**б**в*

Вычисление плотности с
использованием возможностей
ГИС:

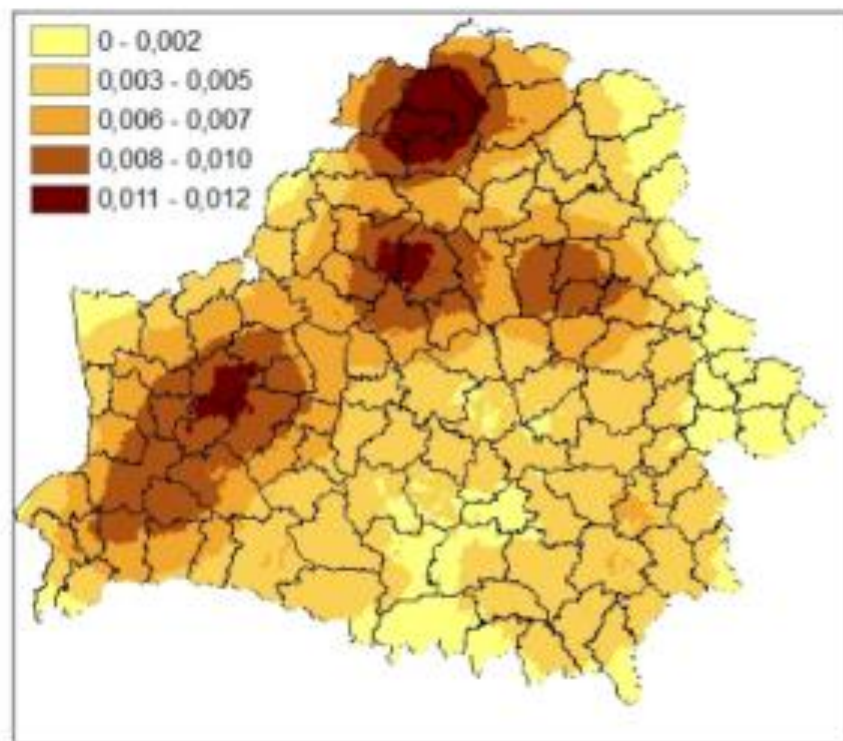
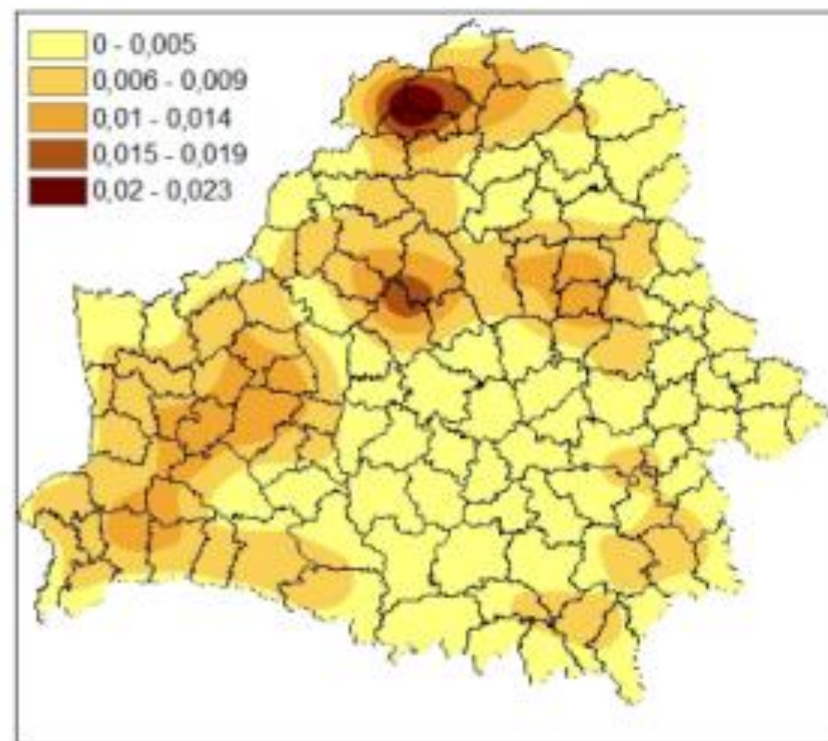
а – плотность ядер;

б – плотность точек;

в – плотность линий

- ▶ **Размер ячейки** при построении поверхности плотности определяет, насколько грубо или детально будут проявляться закономерности в пределах исследуемой территории.
- ▶ Поскольку ячейки представляют собой квадраты, их размер определяется длиной любой из сторон.
- ▶ Размер ячейки подбирается таким образом, чтобы получить от 10 до 100 ячеек на единицу площади.
- ▶ Например, если вычисляется количество жителей на квадратный километр, а размер ячейки дается в метрах, тогда он должен находиться в пределах от 100 до 300 м.

- ▶ Карты плотности промышленных объектов и капитальных сооружений на территории Республики Беларусь, построенные с использованием плотности точек (а) и плотности ядер (б)

*a**б*

- ▶ **Поиск объектов внутри области** позволяет исследовать, что происходит в ее пределах, или обобщить информацию по каждой из исследуемых областей с целью их сопоставления между собой либо с какой-либо референтной областью.
- ▶ Существует **три метода** поиска объектов внутри области:
 - ▶ 1) визуальное сопоставление границ области и объектов;
 - ▶ 2) построение пространственного запроса;
 - ▶ 3) поиск методом наложения слоев.

► Методы поиска объектов внутри области

56

Название метода	Условие использования метода	Типы объектов	Особенности применения
Визуальное сопоставление границ области и объектов	Визуальная оценка объектов, попадающих в определенную область	Точки, линии, полигоны, поверхности	Быстрый и простой метод, однако не позволяет оценивать атрибуты объектов, расположенных внутри области
Построение пространственного запроса	Получение перечня или суммы объектов внутри области	Точки, линии, полигоны	Не позволяет проанализировать несколько различных областей
Метод наложения слоев	Количественная оценка полного или частичного попадания объектов в пределы различных областей	Точки, линии, полигоны, поверхности	Эффективен для анализа как одной, так и нескольких областей, однако требует больших затрат времени для реализации

- ▶ **Анализ окружения** позволяет в пределах заданного расстояния оценить территорию, прилегающую к объекту, либо оценить пространственные изменения самого объекта. Он дает возможность контролировать события, происходящие в заданном окружении, определять территорию воздействия или оценивать его последствия.
- ▶ Различают три основных метода поиска и оценки окружения:
 - ▶ 1) измерение кратчайшего расстояния;
 - ▶ 2) измерение расстояния или затрат по сети;
 - ▶ 3) расчет затрат по поверхности.

- ▶ Анализ пространственных изменений позволяет визуально оценить происходящие изменения, глубже понять причины, их вызывающие, и оценить последствия их воздействия.
- ▶ Различают три основных метода анализа пространственных изменений:
 - ▶ **1) использование временных рядов;**
 - ▶ **2) построение карт слежения;**
 - ▶ **3) количественная оценка изменений**

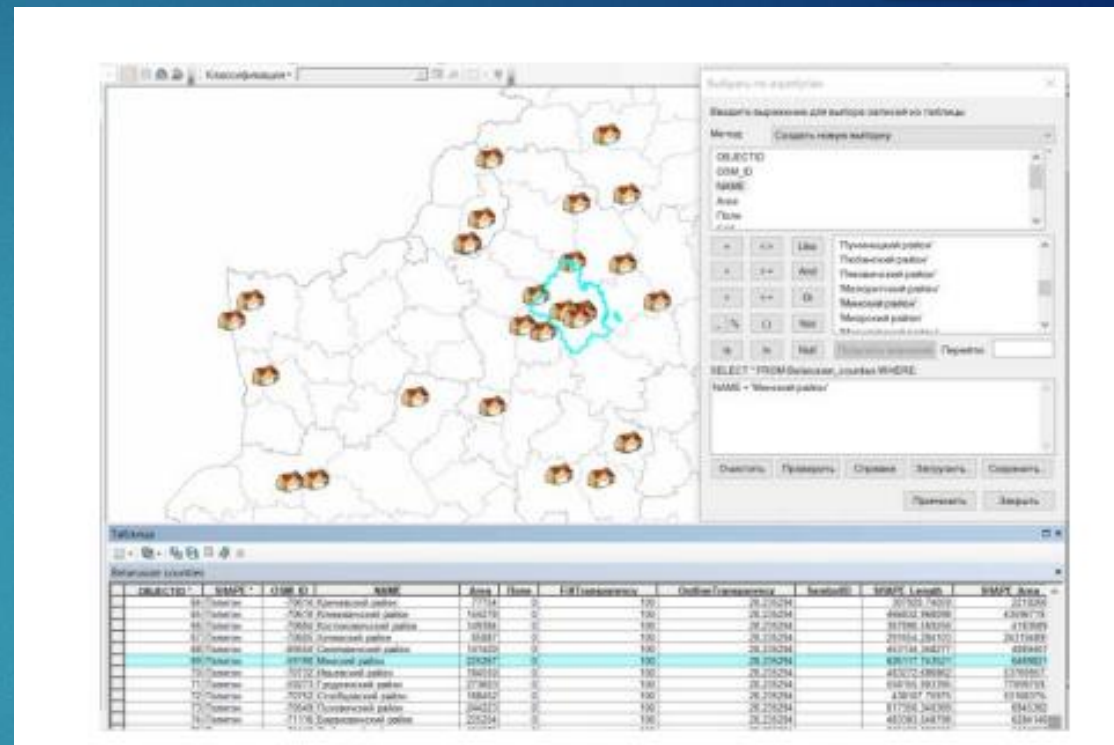
▶ 3. Основные виды векторного ГИС-анализа

- ▶ **Векторный ГИС-анализ** используется при обработке цифровых векторных слоев с учетом атрибутов геопространственных объектов.
- ▶ В векторном анализе данных используются геометрические объекты:
 - ▶ **ТОЧКИ,**
 - ▶ **ЛИНИИ,**
 - ▶ **ПОЛИГОНЫ.**

Основными видами векторного ГИС-анализа являются:

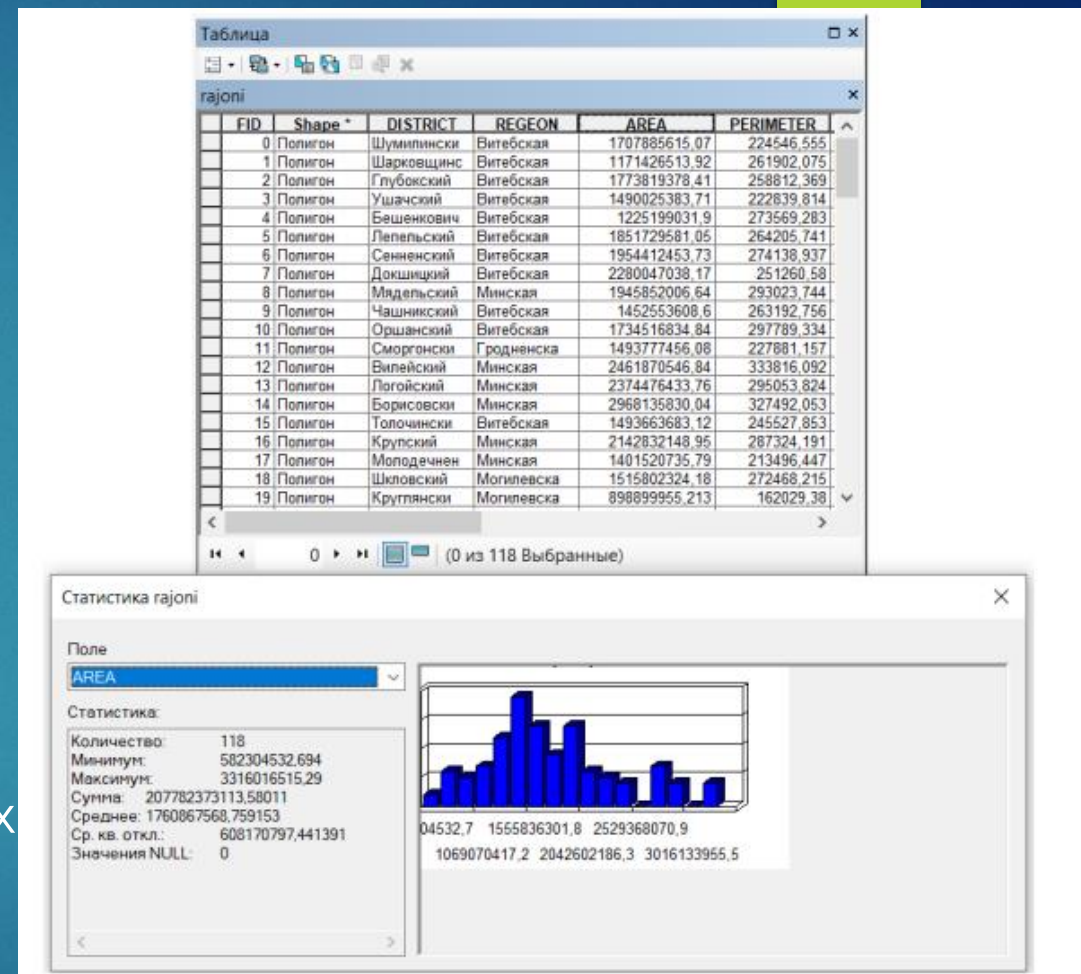
- ▶ 1) **элементарный пространственный анализ;**
- ▶ 2) **пространственная статистика;**
- ▶ 3) **расширенный пространственный анализ;**
- ▶ 4) **сетевой анализ.**

- **Элементарный пространственный анализ** предусматривает просмотр векторных геообъектов в среде ГИС, анализ атрибутивных данных пространственных объектов, картометрические измерения и визуализацию атрибутов посредством создания картографических изображений



Среди операций пространственной статистики в ГИС выделяют: описательную статистику выборки геоданных,

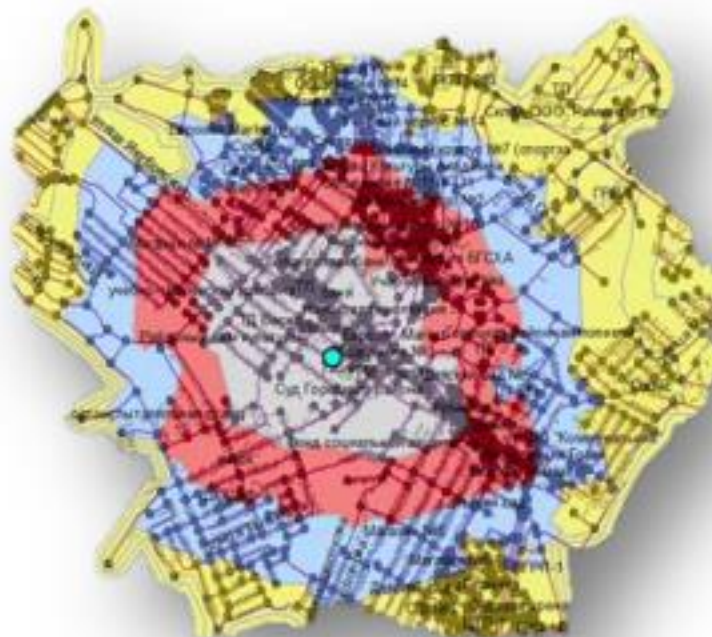
- ▶ операции с базами атрибутивной информации,
- ▶ расширенные операции геостатистики.
- ▶ Статистическая обработка атрибутов позволяет выполнять расчет значений описательной статистики выборки (максимум, минимум, среднее, среднеквадратическое отклонение) массива числовых атрибутивных данных векторных геопространственных объектов.



- ▶ **Расширенный пространственный анализ** предусматривает выполнение оверлейных операций, анализ близости, переклассификацию геопространственных данных, их генерализацию и геообработку.
- ▶ **Сетевой анализ** является одним из наиболее современных и востребованных направлений ГИС-анализа, основанным на теории графов и топологии.

Результат выполнения сетевого анализа:

- ▶ а – построение кратчайшего пути при возникновении препятствия на маршруте;
- ▶ б – определение зон обслуживания торгового объекта с различной удаленности

*а**б*

▶ 4. Основные виды растрового ГИС-анализа

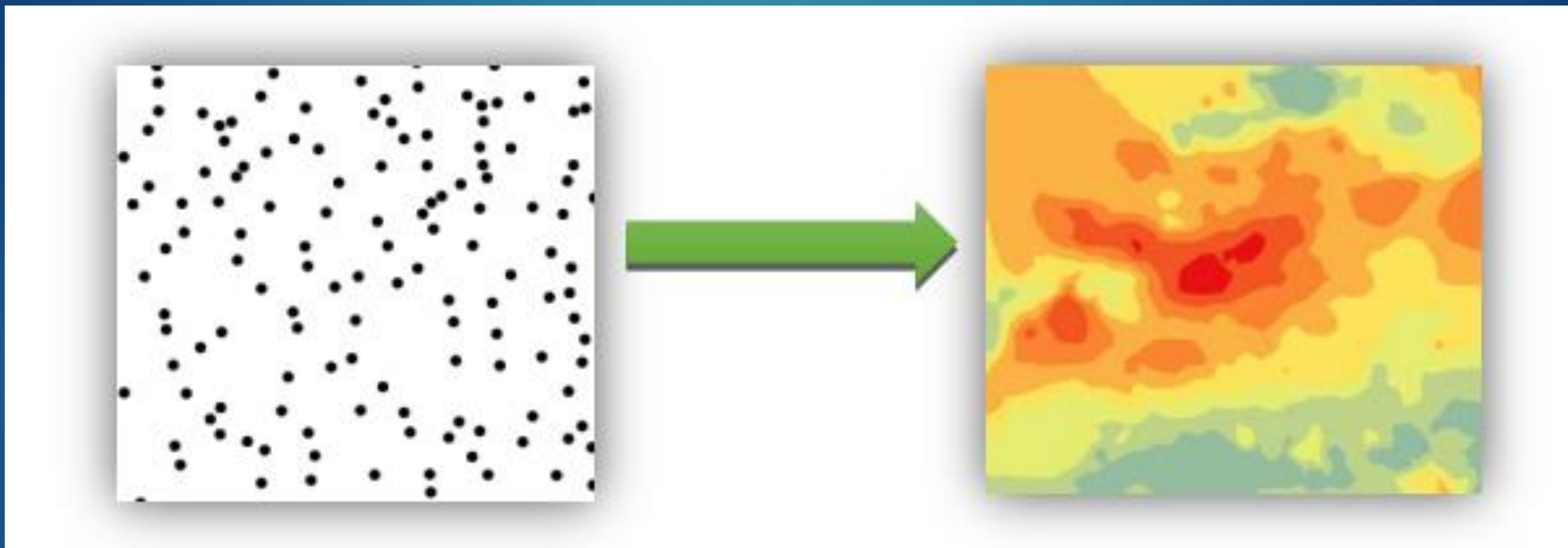
- ▶ **Растровый анализ** – это произведение вычислительных операций с растровыми данными с целью извлечения из них дополнительной информации.

Данный вид анализа осуществляется в следующих основных направлениях:

- ▶ – интерполяция растра;
- ▶ – анализ гипсометрических поверхностей;
- ▶ – анализ плотности и расстояний;
- ▶ – использование функций картографической растровой алгебры.

- ▶ **Интерполяция** – это процесс прогнозирования значений для точек, где нет измеренных значений, по ограниченному набору опорных точек с известными значениями.
- ▶ Интерполяция используется для создания поверхности по ограниченному числу значений какого-либо параметра.
- ▶ Каждый объект слоя точек – это место (пункт), где проводилось измерение процесса или явления. С помощью интерполяции рассчитываются значения между точками, в которых не производилось измерений

► Результат выполнения интерполяции



Методы интерполяции, используемые для моделирования пространственного распределения данных

ДЕТЕРМИНИРОВАННЫЕ создают поверхности из измеренных значений

Метод обратных взвешенных расстояний
(Inverse Distance Weighted)

Интерполяция по методу глобального
полинома (Global Polynomial Interpolation)

Интерполяция по методу локального
полинома (Local Polynomial Interpolation)

Радиальные базисные функции (Radial Basis
Functions)

Интерполяция с барьерами (использующая
в процессе интерполяции проницаемые или
полупроницаемые барьеры)

- - ядро диффузии (Diffusion kernel)
- - сглаживание ядра (Kernel smoothing)

ГЕОСТАТИСТИЧЕСКИЕ используют для построения поверхности статистические свойства измеренных значений

Ординарный кригинг (Ordinary Kriging)

Простой кригинг (Simple Kriging)

Универсальный кригинг (Universal Kriging)

Индикаторный кригинг (Indicator Kriging);

Вероятностный кригинг (Probability Kriging);

Дизъюнктивный кригинг (Disjunctive Kriging);

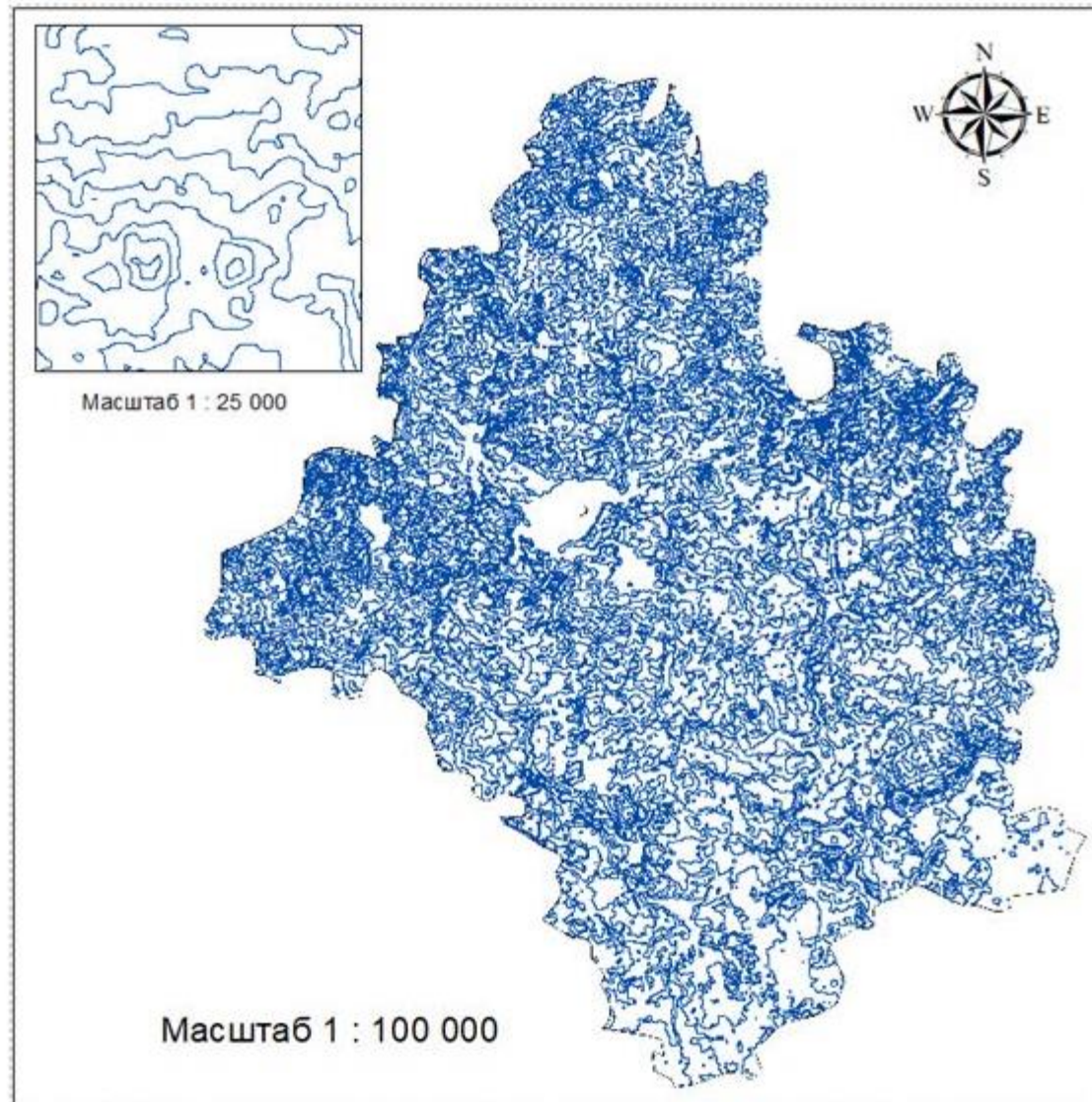
Площадная интерполяция (Areal
interpolation)

Эмпирический байесовский кригинг
(Empirical Bayesian Kriging)

- ▶ Среди методов анализа гипсометрических поверхностей в ГИС наиболее широко используются **построение изолиний и расчет морфометрических характеристик рельефа**.
- ▶ Изолинии – это линии, которые соединяют местоположения с равным значением в наборе растровых данных, представляющем непрерывное явление, например, рельеф.
- ▶ По созданной методами интерполяции поверхности (например, цифровой модели рельефа) можно сформировать векторный слой изолиний.

Результат извлечения изолиний из цифровой модели рельефа Минского района

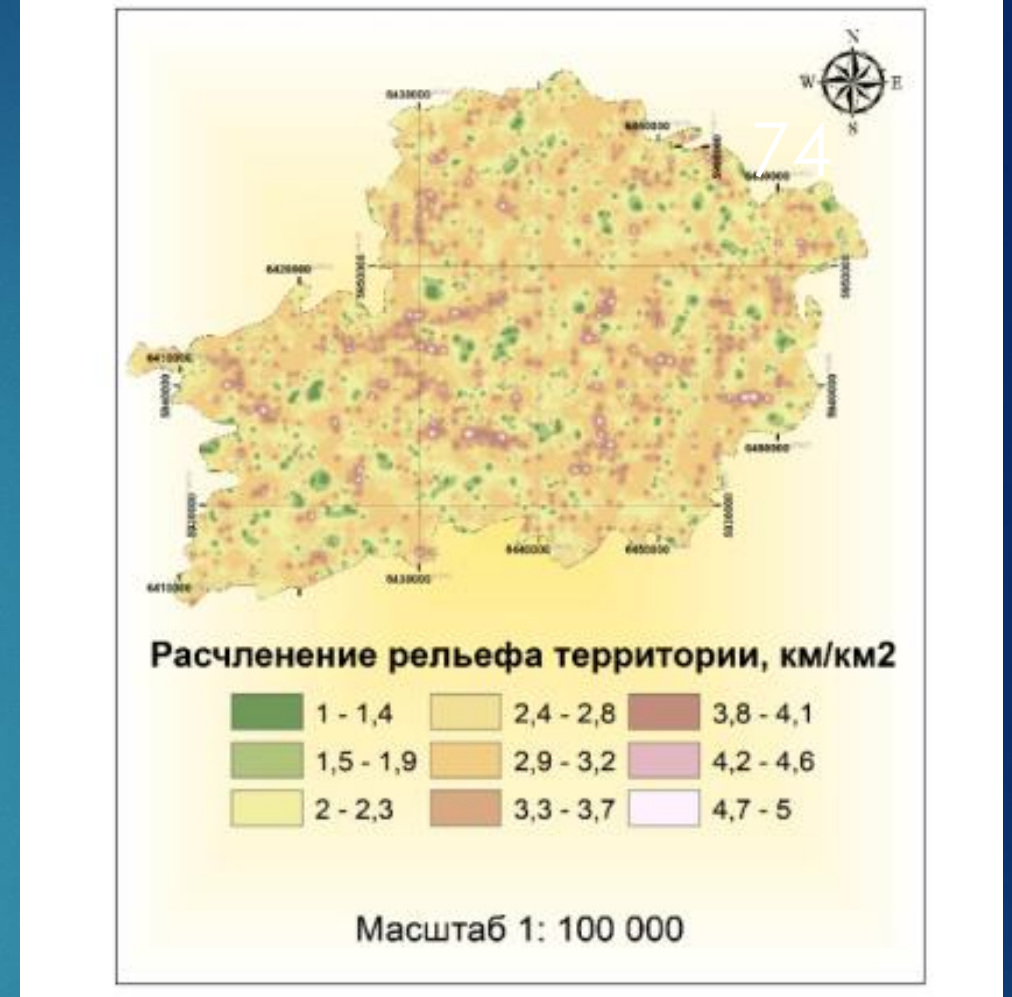
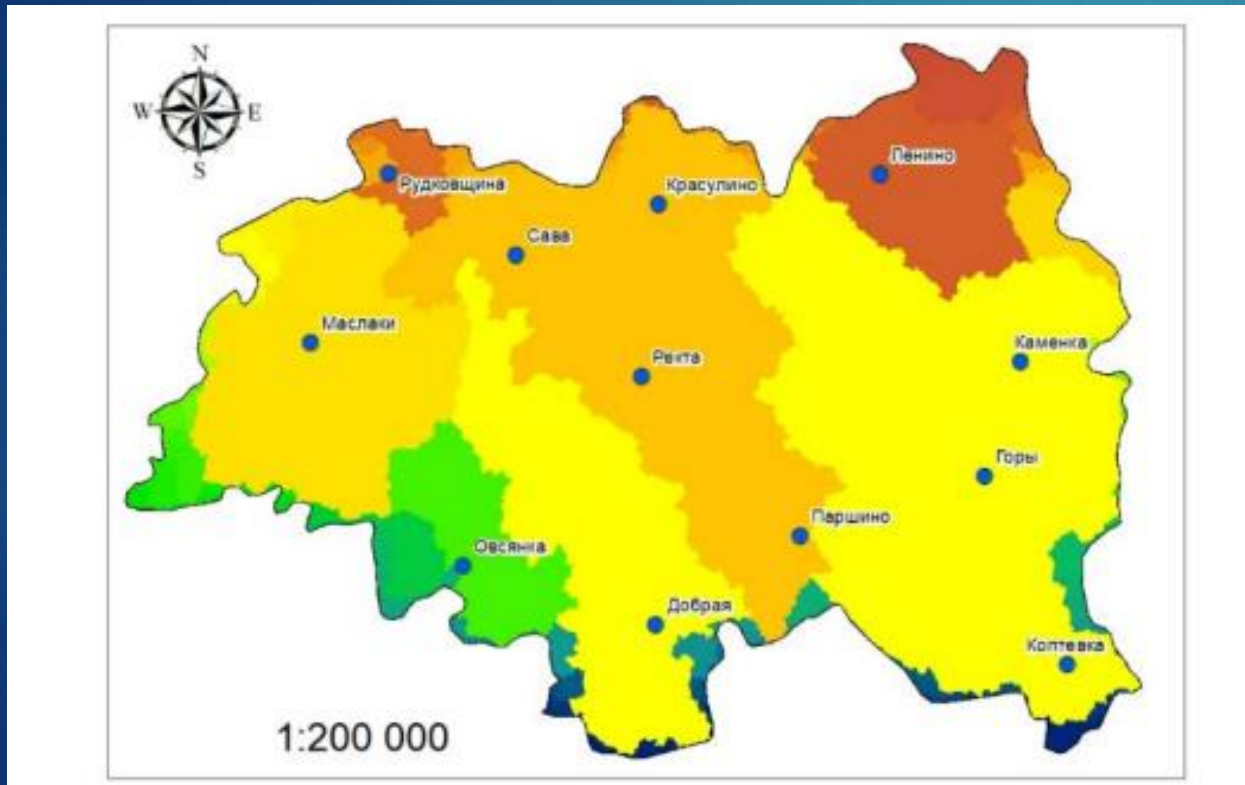
72



- ▶ **Морфометрический анализ** цифровой модели рельефа выполняется с целью получения информации о крутизне и экспозиции склонов в пределах исследуемой территории, кривизне поверхности, густоте эрозионной.

Морфометрический анализ выполняется с учетом трех аспектов: **линейного, площадного и рельефного**

- ▶ Результат моделирования водосборных бассейнов для агрогородков, расположенных на территории Горецкого района



Показатель общего расчленения рельефа территории
Климовичского района

▶ 5. Основные операции моделирования в ГИС

- ▶ **ГИС-моделирование** является имитацией процессов, происходящих в реальном мире в определенный момент времени или в течение длительного периода с помощью функциональных возможностей геоинформационных систем и с использованием данных с географической привязкой.

В ГИС выделяют четыре основные группы моделирования:

- ▶ семантическое,
- ▶ инвариантное,
- ▶ эвристическое
- ▶ информационное.

- ▶ **Семантическое моделирование** взаимосвязано с задачами кодирования и лингвистического обеспечения и выполняется в процессе сбора геопространственной информации, ее структурирования и поиска ошибок.
- ▶ **Инвариантное моделирование** основано на работе с полностью или частично унифицированными информационными элементами или структурами и предусматривает использование общих свойств моделируемых объектов (свойств типов или классов) независимо от специфических характеристик отдельных объектов.

- ▶ **Эвристическое моделирование** применяется при необходимости экспертных решений, учете дуальных свойств объектов на видеоизображениях и при решении специальных нетиповых задач и реализуется посредством использования возможностей машинного обучения.
- ▶ **Информационное моделирование** связано с созданием и преобразованием различных форм информации (графической, текстовой) в вид, задаваемый пользователем, и реализуется посредством создания подсистемы документационного обеспечения

► Типы ГИС-моделей

79



- ▶ **Процесс ГИС-моделирования** представляет собой последовательное прохождение четырех этапов:
- ▶ – **первый этап** – определение цели модели;
- ▶ – **второй этап** – разбиение модели на элементы и определение свойств каждого элемента и взаимодействия между элементами;
- ▶ – **третий этап** – внедрение и калибровка модели;
- ▶ – **четвертый этап** – проверка модели на точность.

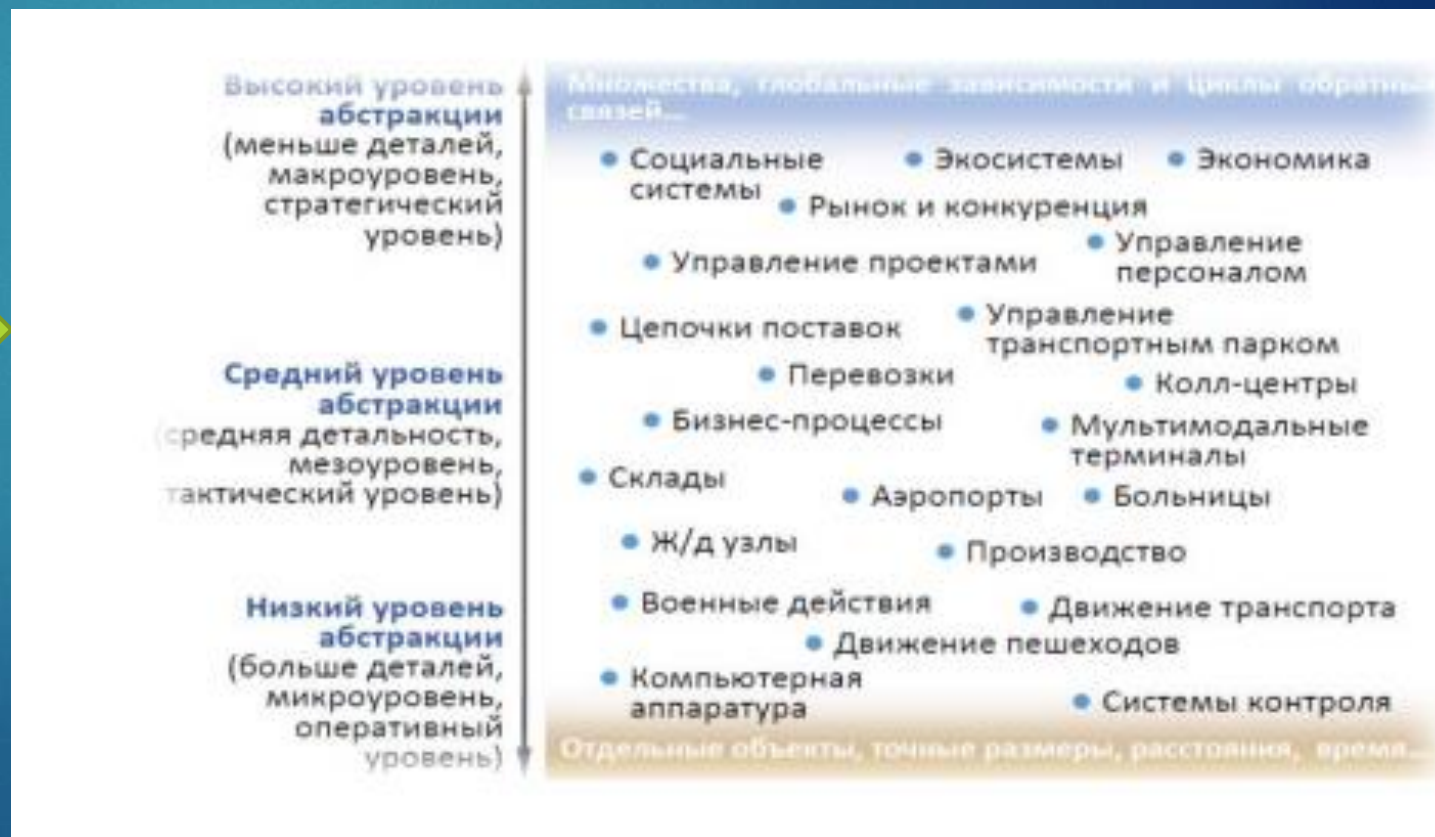
▶ ОСНОВНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОСУЩЕСТВЛЕНИЮ ГИС-МОДЕЛИРОВАНИЯ

81

- ▶ – **процедура** – элементарная операция, выполняемая в процессе обработки информации (поиск по атрибуту, создание выборки данных);
- ▶ – **задача** – совокупность процедур для получения одного вида геопространственных данных (агрегирование полигонов, фильтрация, отсечение шумов в пределах растра);
- ▶ – **процесс** – совокупность задач, обеспечивающих реализацию типового цикла преобразования геоданных (постклассификационная обработка растровых данных);
- ▶ – **функция** – группы специализированных задач, выполняющих взаимосвязанные действия, в ходе которых осуществляется получение комплекта специализированной ГИС-продукции (информации) (реализация моделей пригодности);
- ▶ – **комплекс работ** – совокупность работ, заканчивающихся выпуском комплекта проектных документов (цифровой проект организации территории сельскохозяйственного предприятия);
- ▶ – **интегрированные работы** – поддержка и автоматическое обновление базы данных; внесение данных в экспертную систему; выдача наряду с типовым комплектом документации прогнозов, рекомендаций, экспертных оценок; информационный обмен с сетями баз данных и ГИС (геопортал ЗИС, публичная кадастровая карта).

- **Имитационное моделирование** – один из путей выбора оптимальных решений при анализе динамических систем, позволяющий смоделировать поведение объектов в системе посредством создания набора правил, согласно которым система переходит из одного состояния в другое.

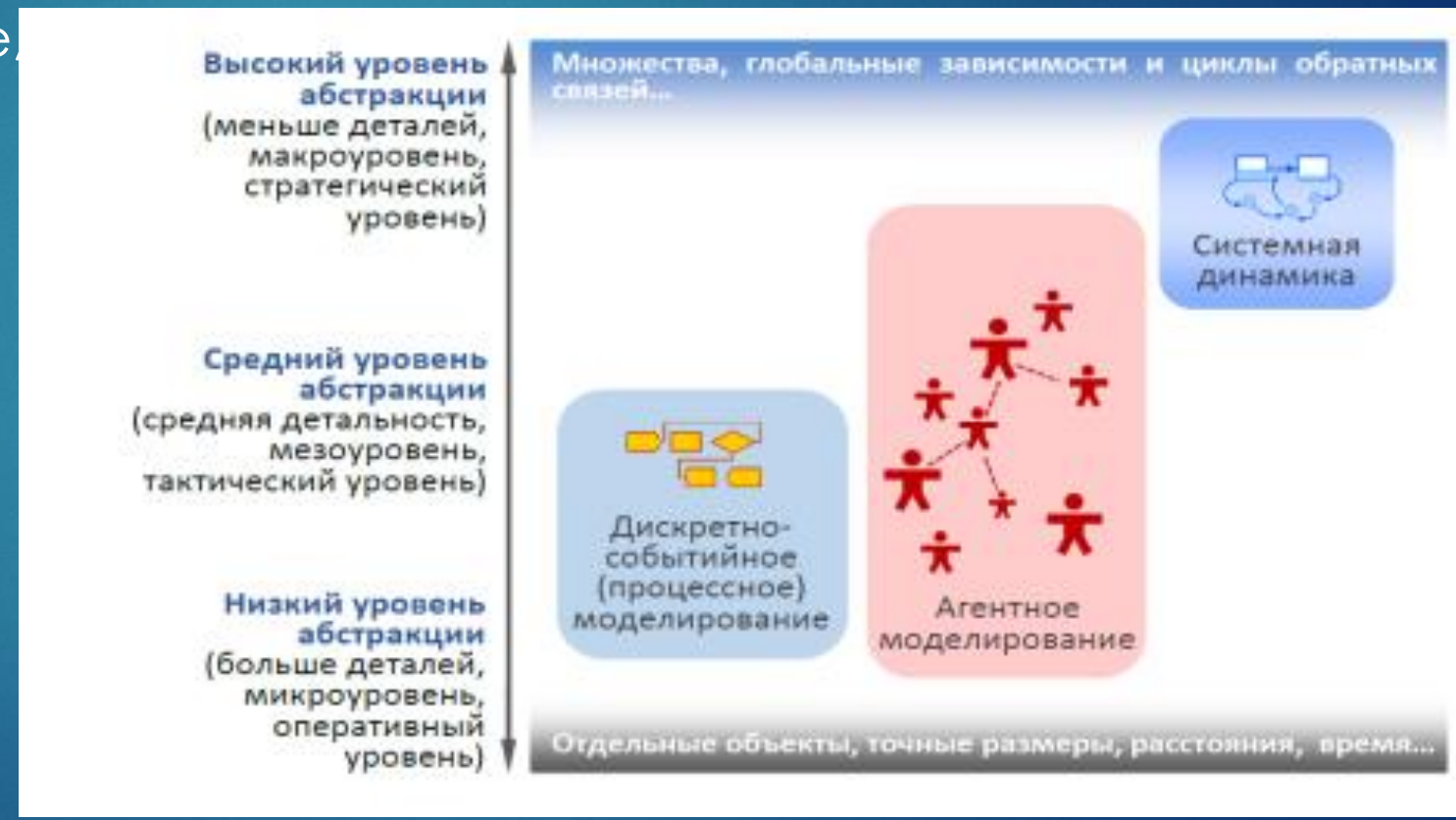
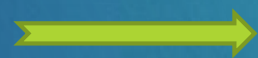
Области применения имитационного моделирования



▶ **В имитационном моделировании** используются три методологии, каждая из которых предусматривает наличие того либо иного уровня абстракции:

- ▶ дискретно-событийное моделирование,
- ▶ агентное моделирование,
- ▶ системную динамика,

Взаимосвязь методов имитационного моделирования и уровней абстракции



- ▶ **Дискретно-событийное моделирование** (discrete-eventsimulation) – вид имитационного моделирования, в котором функционирование системы представляется как хронологическая последовательность событий, которые происходят в определенный момент времени и знаменуют собой изменение состояния всей системы.
- ▶ **Агентное моделирование** (agent-basedmodel) – метод имитационного моделирования, исследующий поведение децентрализованных агентов и то, как оно определяет поведение всей системы в целом.

- ▶ **Системная динамика** – направление в изучении сложных систем, исследующее их поведение во времени и в зависимости от структуры элементов системы и взаимодействия между ними. Данный метод предполагает очень высокий уровень абстракции и используется для стратегического моделирования.

▶ СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!