

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ  
ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Б1.В.ДВ.10.01 ГИС в экологии и природопользовании

Направление подготовки (специальность) 06.03.01 Биология

Профиль образовательной программы "Биоэкология"

Форма обучения Очная

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>1. Конспект лекций</b> .....	3
<b>1.1 Лекция № 1 Основные понятия ГИС</b> .....	3
<b>1.2 Лекция № 2 Структура ГИС</b> .....	6
<b>1.3 Лекция № 3 Ввод пространственной информации в ГИС</b> .....	10
<b>1.4 Лекция № 4 Размещение пространственной информации в ГИС</b> .....	14
<b>1.5 Лекция № 5 Атрибутивный анализ информации в ГИС</b> .....	18
<b>1.6 Лекция № 6 Функции атрибутивного анализа информации в ГИС</b> .....	23
<b>1.7 Лекция № 7 Операции пространственного анализа информации в ГИС</b> .....	35
<b>1.8 Лекция № 8 Функции пространственного анализа информации в ГИС</b> .....	50
<b>2. Методические указания по проведению практических занятий</b> .....	52
<b>2.1 Практическое занятие № ПЗ-1 Знакомство с ГИС. Основные функциональные возможности программы. Работа с данными</b> .....	52
<b>2.2 Практическое занятие № ПЗ-2 Создание каталога для хранения ГБД. Создание ГБД. Создание наборов географических данных</b> .....	52
<b>2.3 Практическое занятие № ПЗ-3 Импортирование системы координат. Настройка системы координат фрейма. Создание и настройка подтипа в классе. Создание классов реляционных отношений</b> .....	53
<b>2.4 Практическое занятие № ПЗ-4 Получение местоположений из атрибутивной информации. Построение локатора адресов. Геокодирование адресов</b> .....	53
<b>2.5 Практическое занятие № ПЗ-5 Извлечение и наложение данных, соединение таблиц, статистический анализ данных</b> .....	53
<b>2.6 Практическое занятие № ПЗ-6 Выполнение анализа близости</b> .....	54
<b>2.7 Практическое занятие № ПЗ-7 Решение пространственных задач при помощи запросов и анализа. Анализ данных о местообитаниях</b> .....	54

## **1. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ**

### **1. 1 Лекция №1 (2 часа).**

**Тема: «Основные понятия ГИС»**

#### **1.1.1 Вопросы лекции:**

1. Понятие о геоинформационных системах.
2. Обобщенные функции ГИС-систем.
3. Классификация ГИС.

#### **1.1.2 Краткое содержание вопросов:**

##### **1. Понятие о геоинформационных системах**

Геоинформационные технологии существуют уже около 50 лет. Много ли это или мало для подобного высокотехнологического направления? Почему геоинформатика и геоинформационные технологии представляют собой одно из наиболее бурно развивающихся направлений среди информационных технологий? И вообще, что это – наука, технология, метод, компьютерная программа?

Человек, абсолютно незнакомый с географическими информационными системами, может задать вопрос: “а зачем мне нужно знать, что такое геоинформатика?” Действительно, в жизни большинства из нас далеко не каждый день возникает необходимость обращаться к географическим атласам или картам. Но если разобраться, то геоинформационные технологии представляют из себя несколько больше, чем просто карту, помещенную в компьютер. В то же время, понятие “географическая информационная система (геоинформационная система, ГИС)” неразрывно связано с обычной печатной картой. По сути любая географическая карта есть модель земной поверхности и является объектом анализа её пользователей. Специалисту хватит беглого взгляда на географическое расположение каких-либо явлений или объектов на карте для оценки закономерностей их возникновения и связи с другими параметрами.

Простейший пример – это определение расстояния от одного пункта на карте до другого. Более сложной задачей является определение площадей объектов неправильной формы. В самых сложных задачах устанавливают зависимости между различными тематическими данными карт, например, зависимость популяции снежного барса от рельефа местности или состава почв от геологии коренных пород. Список примеров можно увеличивать. Человек в научной, производственной и управленческой деятельности постоянно сталкивается с необходимостью обработки больших массивов информации, которые связаны с пространственным местоположением разных объектов, описывающих трансформацию их свойств и характеристик в зависимости от времени. В

итоге получают визуальное отображение, а весь процесс визуализации – есть процесс создания карты.

Геоинформационные системы, функции которых включают в себя анализ информации и визуализацию в виде карт и схем, возникли на стыке технологий обработки информации, использовавшихся в системах управления базами данных, и визуализации графических данных в системах автоматизированного проектирования и машинной графики (САПР), автоматизированного производства карт, системах управления сетями. Необходимость использования компьютерных мощностей для обработки географической информации была осознана в 60–70-е гг. XX в. Тогда реализация идеи требовала огромных программно-аппаратных ресурсов и была под силу лишь очень крупным заказчикам, таким, как, например, государственное ведомство в лице министерства обороны. Ситуация коренным образом поменялась с середины 90-х гг., так как в это время на рынке появляются мощные, относительно дешевые ПК, дешевеет и становится более понятным программное обеспечение, пользователи становятся более подготовленными. Эти факторы послужили отправной точкой для интенсивного распространения геоинформационных технологий.

Большинство задач для ГИС можно решить просто, без компьютерного анализа или моделирования. Однако печатать текст можно и на печатной машинке, а мы сейчас предпочитаем использовать компьютер. Это очень удобно, быстро, эффективно. Обычно человек подходит к ГИС незаметно для себя. Все начинается с использования распространенных графических редакторов, таких как Photoshop, CorelDraw, Illustrator. В процессе работы становится ясно, что на нашу схему или тематический слой нужно разместить дополнительные данные из других источников (как нанести изображение на контурную карту). Для таких операций требуется единое координатное пространство. Это является первым шагом к использованию определенных систем координат и картографических проекций.

На следующем этапе возникает необходимость составлять и делать запросы по атрибутивной информации. Простейшие запросы можно делать в графических редакторах, например, найти все полиномы площадью больше чем 50 км<sup>2</sup>. Но часто существует потребность в более сложных запросах, таких, как отметить все офисные многоэтажные здания, построенные из бетонных блоков, или найти нужную улицу на карте. Как только вы начали формировать подобного рода задачи, вы становитесь потенциальным пользователем ГИС.

С одной стороны, применение ГИС для обработки и анализа пространственной информации в различных областях жизнедеятельности способствует возникновению

междисциплинарных понятий и методов. С другой стороны, развитие самой геоинформатики приводит к организации внутренних (собственных) требований к объектам изучения, что приводит к определенным ограничениям методов, используемых в конкретных дисциплинах (строительстве, геологии, биологии и т.д.). Такая ситуация создает атмосферу живого общения людей, которые занимаются различной деятельностью (иногда очень разной), но объединенных геоинформационным подходом к работе или исследованиям.

Определим основные понятия.

Геоинформационная система - специализированная информационная система, предназначенная для работы на интегрированной основе с геопространственными и различными по содержанию семантическими данными.

Геоинформационная технология - совокупность приемов, способов и методов применения аппаратно-программных средств обработки и передачи информации на основе реализации функциональных возможностей.

Геоинформация - пространственно распределенная информация об объектах или явлениях материального и нематериального вида.

## **2. Обобщенные функции ГИС-систем**

1. Ввод и редактирование данных;
2. Поддержка моделей пространственных данных;
3. Хранение информации;
4. Преобразование систем координат и трансформация картографических проекций;
5. Растрово-векторные операции;
6. Измерительные операции;
7. Полигональные операции;
8. Операции пространственного анализа;
9. Различные виды пространственного моделирования;
10. Цифровое моделирование рельефа и анализ поверхностей;
11. Вывод результатов в разных формах.

## **3. Классификация ГИС**

ГИС системы разрабатываются с целью решения научных и прикладных задач по мониторингу экологических ситуаций, рациональному использованию природных ресурсов, а также для инфраструктурного проектирования, городского и регионального планирования, для принятия оперативных мер в условиях чрезвычайных ситуаций др.

Множество задач, возникающих в жизни, привело к созданию различных ГИС, которые могут классифицироваться по следующим признакам:

По функциональным возможностям:

- полнофункциональные ГИС общего назначения;
- специализированные ГИС ориентированы на решение конкретной задачи в какой либо предметной области;
- информационно-справочные системы для домашнего и информационно-справочного пользования.

Функциональные возможности ГИС определяются также архитектурным принципом их построения:

- закрытые системы - не имеют возможностей расширения, они способны выполнять только тот набор функций, который однозначно определен на момент покупки.
- открытые системы отличаются легкостью приспособления, возможностями расширения, так как могут быть достроены самим пользователем при помощи специального аппарата (встроенных языков программирования).

По пространственному (территориальному) охвату:

- глобальные (планетарные);
- общенациональные;
- региональные;
- локальные (в том числе муниципальные).

По проблемно-тематической ориентации:

- общегеографические;
- экологические и природопользовательские;
- отраслевые (водных ресурсов, лесопользования, геологические, туризма и т.д.);

По способу организации географических данных:

- векторные;
- растровые;
- векторно-растровые ГИС.

## **1. 2 Лекция №2 (2 часа).**

### **Тема: «Структура ГИС»**

#### **1.2.1 Вопросы лекции:**

1. Аппаратные средства ГИС.
2. Программные средства ГИС.
3. Данные. Типы данных. Виды структур данных.

### 1.2.2 Краткое содержание вопросов:

В любой ГИС выделяются подсистемы, выполняющие определенные группы функций. Требования к компонентам ГИС определяются, в первую очередь, пользователем, перед которым стоит конкретная задача (учет природных ресурсов, либо управление инфраструктурой города), которая должна быть решена для определенной территории, отличающейся природными условиями и степенью ее освоения.

Если рассматривать ГИС как системотехническое устройство, то она включает в себя:

- аппаратные средства;
- программное обеспечение ГИС;
- геоинформационный менеджмент. Пользователи ГИС – это технические специалисты, разрабатывающие и поддерживающие систему или обычные сотрудники (конечные пользователи).
- данные.

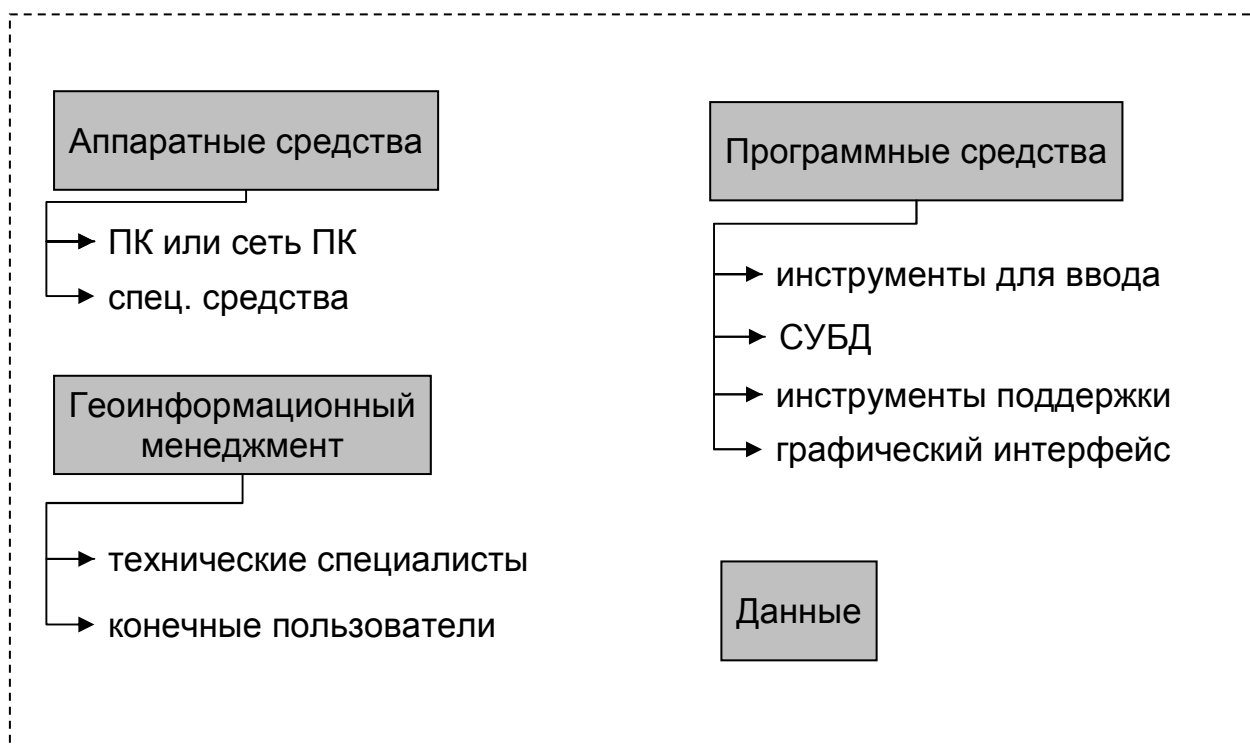


Рисунок - Структура ГИС

#### 1. Аппаратные средства ГИС.

Аппаратные средства – рабочая станция или персональный компьютер (ПК), устройства ввода-вывода информации, устройства обработки и хранения данных, средства телекоммуникации.

Рабочая станция или ПК являются ядром любой информационной системы и предназначены для управления работой ГИС и выполнения процессов обработки данных,

основанных на вычислительных или логических операциях. Современные ГИС способны оперативно обрабатывать огромные массивы информации и визуализировать результаты.

Ввод данных реализуется с помощью разных технических средств и методов: непосредственно с клавиатуры, с помощью дигитайзера или сканера, через внешние компьютерные системы.

Устройства для обработки и хранения данных сконцентрированы в системном блоке, включающем в себя центральный процессор, оперативную память, внешние запоминающие устройства и пользовательский интерфейс.

Внешние запоминающие устройства подключаются к компьютеру, в качестве таких устройств используются: дискеты (1.44 Мбайт), ZIP- диски (100 Мбайт), Магнитные жесткие диски (свыше 30 Гбайт). Для архивации данных служат оптические и магнитные диски CD-ROM и DVD-ROM с емкостью от 650 Мбайт до 9.0 Гбайт.

Устройства вывода данных должны обеспечивать наглядное представление результатов, прежде всего на мониторе, а также в виде графических оригиналов, получаемых на принтере или плоттере (графопостроителе), кроме того, обязательна реализация экспорта данных во внешние системы.

## **2. Программные средства ГИС.**

Программные средства – совокупность программных средств, реализующих функциональные возможности ГИС, и программных документов, необходимых при их эксплуатации.

Структурно программное обеспечение ГИС включает базовые и прикладные программные средства.

Базовые программные средства включают:

- операционные системы (ОС);
- программные среды;
- сетевое программное обеспечение;
- и системы управления базами данных.

Операционные системы предназначены для управления ресурсами ЭВМ и процессами, использующими эти ресурсы. На настоящее время основные ОС: Windows и Unix.

Любая ГИС работает с данными двух типов данных - пространственными и атрибутивными, следовательно, программное обеспечение должно включить систему управления базами тех и других данных (СУБД), а также модули управления средствами ввода и вывода данных, систему визуализации данных и модули для выполнения пространственного анализа.



Прикладные программные средства предназначены для решения для специализированных задач в конкретной предметной области и реализуются в виде отдельных модулей (приложений) и утилит (вспомогательных средств).

### **3. Данные. Типы данных. Виды структур данных.**

Данные – это сведения, полученные путем измерения, наблюдения, логических или арифметических операций и представленные в форме пригодной для постоянного хранения, передачи и автоматизированной обработки.

Тип данных – характеристика набора данных, которая определяет :

- диапазон возможных значений данных из набора;
- допустимые операции, которые можно выполнять над этими значениями;
- способ хранения этих значений в памяти.

Различают простые типы данных (целые, действительные числа и др) и составные (массивы, файлы и др.).

Метаданные – данные о данных (каталоги, справочники, реестры).

Модель данных – совокупность принципов организации данных. Модели данных отличаются друг от друга способами организации связи между данными. Модели данных используются для описания информации модели реального мира.

Сложные модели данных могут включать в себя несколько разнородных структур.

Структура данных – организационная схема записи или массива, в соответствии с которой упорядочены данные для того, чтобы их можно было интерпретировать и выполнять над ними определенные операции.

Различают след. структуры данных:

- *файловые* – наиболее простая структура данных. Файл – совокупность связанных записей, хранящихся во внешней памяти ПК и рассматриваемые как единое целое. Идентифицируется указанием именем, расширением и путем доступа. Состоит из атрибутов и содержимого. Различают текстовые, графические и звуковые файлы.

- *реляционные* данные – основаны на теории отношений, все объекты представлены в виде отношений или таблиц. Таблица характеризуется именем, наименованием строки и столбца. Каждый столбец – атрибут, каждая строка – запись или кортеж.

- *иерархические* данные – логическая структура данных в виде древовидной структуры. Граф иерархической структуры включает два типа элементов: дуги и узлы. Дугами соединяются только те узлы, между которыми есть функциональная связь. Одно из важнейших понятий иерархической структуры – уровень. Уровень – представляет собой совокупность равных между собой по функциональному значению узлов. Для

описания разных уровней применяются понятия: корень, ствол, ветви, листья. Дуги должны быть направлены от корня в листья дерева. Между двумя узлами может быть не более одной дуги.

- *сетевые данные* – логическая структура данных в виде произвольного графа. В отличие от иерархических данных, в сетевых каждый объект может иметь несколько подчиненных и несколько старших объектов.

- *объектно-ориентированные данные* – основаны на принципах пользовательских типов данных, а также наследовании и полиморфизме.

- *объектно-реляционные данные* – отражают модульный подход к созданию абстрактных типов данных.

### **1. 3 Лекция №3 (2 часа).**

#### **Тема: «Ввод пространственной информации в ГИС»**

##### **1.3.1 Вопросы лекции:**

1. Источники данных.
2. Режимы ввода данных в ГИС.
3. Периферийные устройства ЭВМ для ввода данных в ГИС.

##### **1.3.2 Краткое содержание вопросов:**

###### **1. Источники данных.**

В качестве источников данных для формирования ГИС служат:

- картографические материалы (топографические и общегеографические карты, карты административно-территориального деления, кадастровые планы и др.). Сведения, получаемые с карт, имеют территориальную привязку, поэтому их удобно использовать в качестве базового слоя ГИС. Если нет цифровых карт на исследуемую территорию, тогда графические оригиналы карт преобразуются в цифровой вид.

- данные дистанционного зондирования (ДДЗ) все шире используются для формирования баз данных ГИС. К ДДЗ, прежде всего, относят материалы, получаемые с космических носителей. Для дистанционного зондирования применяют разнообразные технологии получения изображений и передачи их на Землю, носители съемочной аппаратуры (космические аппараты и спутники) размещают на разных орбитах, оснащают разной аппаратурой. Благодаря этому получают снимки, отличающиеся разным уровнем обзорности и детальности отображения объектов природной среды в разных диапазонах спектра (видимый и ближний инфракрасный, тепловой инфракрасный и радиодиапазон). Все это обуславливает широкий спектр экологических задач, решаемых с применением ДДЗ.

К методам дистанционного зондирования относятся и аэро- и наземные съемки, и другие неконтактные методы, например гидроакустические съемки рельефа морского дна. Материалы таких съемок обеспечивают получение как количественной, так и качественной информации о различных объектах природной среды.

- результаты полевых обследований территорий, включают геодезические измерения природных объектов, выполняемые нивелирами, теодолитами, электронными тахеометрами, GPS приемниками, а также результаты обследования территорий с применением геоботанических и других методов, например, исследования по перемещению животных, анализ почв и др.

- статистические данные содержат данные государственных статистических служб по самым разным отраслям народного хозяйства, а также данные стационарных измерительных постов наблюдений (гидрологические и метеорологические данные, сведения о загрязнении окружающей среды и т. д)).

- литературные данные (справочные издания, книги, монографии и статьи, содержащие разнообразные сведения по отдельным типам географических объектов).

В ГИС редко используется только один вид данных, чаще всего это сочетание разнообразных данных на какую-либо территорию.

## **2. Режимы ввода данных в ГИС.**

Ввод данных – наиболее узкое место в геоинформационных технологиях. Затраты на ввод данных часто превосходят 80% от общей стоимости ГИС-проекта. Процесс ввода данных обычно требует участия большого количества операторов, сами операции ввода – утомительны (однообразная, рутинная работа), требуется постоянно контролировать ошибки ввода данных.

Поэтому для снижения трудозатрат и стоимости ввода и для повышения качества ГИС-продуктов нужно автоматизировать процессы ввода данных, насколько это возможно.

В ГИС используется несколько режимов ввода данных. Путем ручного ввода (например, с клавиатуры) могут быть введены табличные данные, элементы оформления и дизайна карты, реже пространственные данные (из-за их большого объема). Ручные устройства определения координат, при помощи которых оператор непосредственно указывает местоположение географического объекта и фиксирует его координаты, позволяют оцифровывать карты, выполнять ручное дешифрирование снимков. Автоматизированные устройства ввода автоматически извлекают геоданные с карт и снимков. В настоящее время производители ГИС пытаются использовать для ввода данных новые технологии, например, голосовой ввод, но в общераспространенном

программном обеспечении ГИС эти возможности пока недоступны.

Данные для ГИС-проекта могут быть также получены из других ГИС и CAD/CAM – систем; в этом случае ввод данных сводится к преобразованиям между различными ГИС-форматами. Существуют специальные обменные форматы для передачи пространственных данных между разными ГИС (DFX/DBF, MIF/MID и т.п.). Современные попытки разработки стандартов на пространственные данные и на процедуры обмена базируются на XML.

Одним из способов снижения затрат на ввод данных является также разделение цифровых данных (data sharing), когда несколько коллективов, занятых разработкой ГИС, совместно создают, владеют и используют банк геопространственных данных, что позволяет избежать ситуаций, когда две организации тратят ресурсы на ввод одинаковых карт. Кроме того, сейчас в сети Интернет появляется все больше свободно доступных пространственных данных (космические снимки и цифровые карты GoogleEarth, цифровые модели местности NASA и многое другое).

### **3. Периферийные устройства ЭВМ для ввода данных в ГИС.**

Для ввода данных в ГИС необходимы технические и программные средства преобразования пространственных данных различных типов в цифровую форму. Пространственные данные кодируются в виде списка координат, а атрибутные данные чаще всего представлены в виде таблиц. Для пространственных данных часто требуются преобразования между различными проекциями и системами координат цифровой карты, космического снимка и т.п.

Первыми устройствами для аналого-цифрового преобразования картографической информации в ГИС были *дигитайзеры* – устройства ручной оцифровки карт, схем и планов в виде последовательности точек, положение которых описывается прямоугольными декартовыми координатами плоскости. Дигитайзер состоит из плоского стола и указующего устройства – съемника информации в виде курсора или пера. Рабочее поле стола может быть выполнено из прозрачного материала и иметь подсветку. Дигитайзеры различаются размером рабочего поля (форматы А4–А0), точностными характеристиками: точностью (ассигасу), контролируемой погрешностью курсора, точностью поля дигитайзера, конструктивным разрешением (величиной минимального шага – инкремента). Интегральная точность современных дигитайзеров обычно лежит в пределах сотых или десятых долей миллиметра.

Первые дигитайзеры создавались в начале 1960-х на базе светостолов со столешницей из прозрачного материала, под которой был размещен источник света. Оператор перемещал по закрепленной на столе карте курсор, внутри которого

располагался электромагнит. Магнитное поле, создаваемое курсором, движет расположенный под столом кулачок. Механические перемещения кулачка вдоль осей  $OX$  и  $OY$  кодировались и передавались в ЭВМ, где специальная программа формировала из этих перемещений векторные полилинии и полигоны.

Первые электромеханические дигитайзеры были механически связанными; дигитайзеры со свободным перемещением курсора были очень дороги и нестабильны в работе. Так, в одном из первых дигитайзеров со свободным перемещением курсора курсор генерировал звук, который фиксировался линейкой микрофонов. Дигитайзер выдавал много ошибок из-за проблем с шумами.

В современных дигитайзерах чаще всего используется решетка катушек, спрятанная в столе и детектирующая электромагнитное поле, генерируемое курсором. По величине ЭДС, наведенной в каждой из катушек, процессор дигитайзера определяет положение курсора с точностью лучше 0,1 миллиметра (эта точность выше, чем точность позиционирования курсора любым оператором). Во многих дигитайзерах функция географической привязки изображения по реперным точкам заложена в само устройство или в его драйвер.

Рассмотрим процесс ввода карты в ГИС при помощи дигитайзера. Сначала карта фиксируется на столе: при сдвиге карты привязку нужно проводить заново. Карта должна плотно прилегать к поверхности стола, иначе неизбежно возникают ошибки геопривязки изображения. Для привязки снимаются координаты трех реперных точек – этого достаточно, если используются аффинные преобразования, и есть уверенность в точности определения координат реперных точек. Для контроля ошибок при определении координат или если используется функция преобразования координат более высокого порядка, оператору потребуется определить большее количество реперных точек.

Реперные точки удобно брать в местах пересечения дорог, на углах зданий, в устьях рек и т.п. Для каждой реперной точки должны быть известны её координаты в системе координат дигитайзера (обычно задаются в виде расстояния от края рабочего поля) и в системе координат оцифровываемой карты. Координаты реперных точек используются для вычисления параметров функции трансформации координат.

*Сканеры* – устройства аналого-цифрового преобразования изображения для его ввода в ЭВМ в растровом формате путем сканирования в отраженном или проходящем свете с непрозрачного и прозрачного оригинала. Видеосканеры (телекамеры, светочувствительные матрицы) позволяют менее чем за 1 сек. получать полностью сканируемое изображение, формируя растровый массив значений яркостей, цвета. Полученное при помощи видеосканера изображение содержит значительные

геометрические искривления, что затрудняет использование видеосканеров для ввода карт.

Электромеханические сканеры, более дорогие и более медленные, чем видеосканеры, выдают более качественные изображения. Эти сканеры разделяют на планшетные, барабанные и ручные. В планшетных сканерах над неподвижной картой перемещается источник света и линейка светочувствительных элементов, фиксирующих яркость отраженного от карты света. В барабанных сканерах наоборот – над неподвижным источником света и линейкой светочувствительных элементов «прокатывается» карта. Ручные сканеры, перемещаемые над сканируемым документом вручную, в ГИС используются крайне редко из-за низкой позиционной точности результата и малого формата документа, который можно отсканировать за один проход.

#### **1. 4 Лекция №4 (2 часа).**

##### **Тема: «Размещение пространственной информации в ГИС»**

##### **1.4.1 Вопросы лекции:**

1. Оцифровка карты.
2. Сводка сегментов ГИС-проекта.
3. Генерализация объектов.

##### **1.4.2 Краткое содержание вопросов:**

##### **1. Оцифровка карты.**

Оцифровку содержимого карты можно производить в точечном режиме, когда оператор устанавливает точки явно нажатием кнопки на курсоре, или в потоковом режиме, при котором положение точек снимается автоматически через некоторый промежуток времени (обычно 0,1–1 сек.) или при движении курсора на заданное количество позиций. В точечном режиме точки выбираются субъективно; два оператора никогда не оцифруют одну и ту же ломаную одинаково. Но оператор в этом режиме может размещать точки более правильно, т.е. чаще ставить точки на изгибах линий и реже – на прямых участках. В потоковом режиме точки размещаются независимо от формы кривой, поэтому создается много избыточных точек, которые нужно отфильтровать.

Большая часть существующих бумажных карт создается без учета того, что когда-нибудь их будут оцифровывать, поэтому при оцифровке карт неизбежно возникают проблемы. Часто на картах в целях более наглядного изображения географических объектов жертвуют их позиционной точностью.

Н-р, по узкой береговой полосе проходят ЛЭП, автомобильная и железная дороги (рисунок 1).

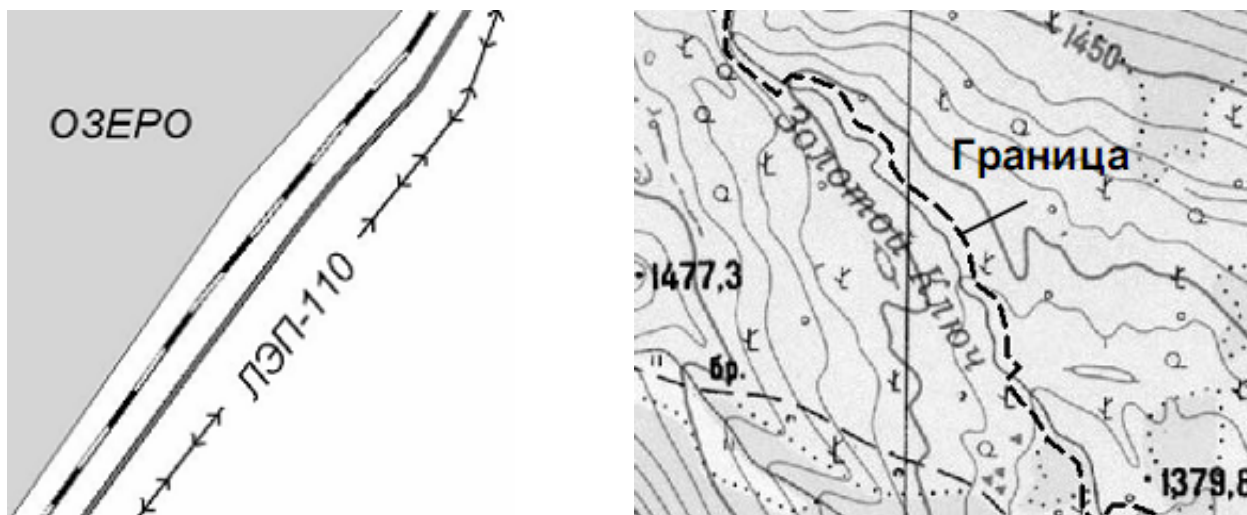


Рисунок 1

Если вынести эти объекты на карту точно по тем координатам, где они расположены, три линии могут слиться в одну. В этом случае эти линии рисуют на небольшом расстоянии друг от друга, пренебрегая позиционной точностью и сохраняя топологию объектов. Если граница территорий проходит по естественным объектам (по реке, не выраженной в масштабе карты по ширине), линию границы изображают поочередно на разных берегах этой реки.

Рассмотрим типичные ошибки при оцифровке карты оператором, представленные на рисунке 2.

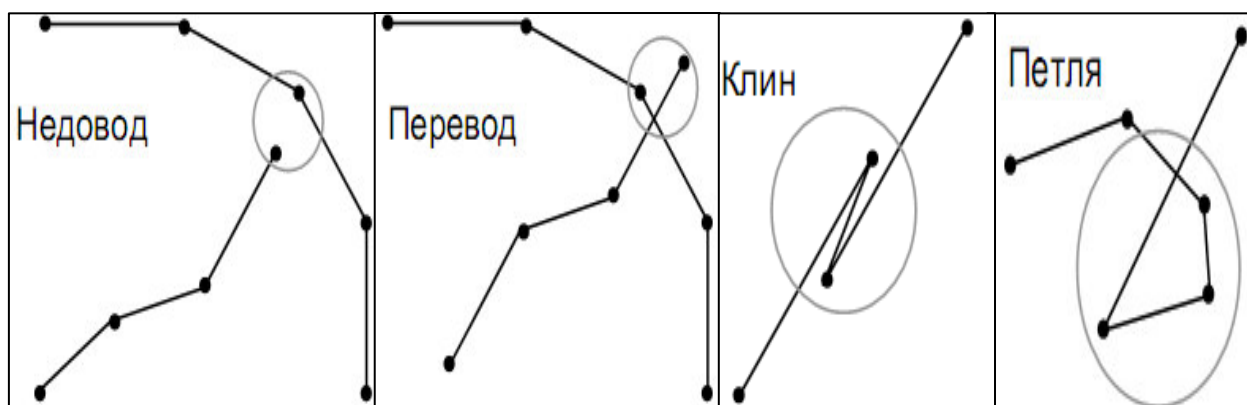


Рисунок 2 - Типичные ошибки при оцифровке карты оператором

## 2. Сводка сегментов ГИС-проекта.

Планшет топографической карты, основной источник данных для создания цифровых карт, является самостоятельным картографическим произведением. В ГИС планшеты цифровых карт часто используются совместно с целью создания топографических основ какой-либо территории, например, административного района или края в целом.

Для решения этой задачи необходимо совмещение тополого-метрической

информации на границах планшетов. Совместное использование планшетов цифровых топографических карт в системе координат Гаусса–Крюгера требует пересчета координат в одну зону. Но даже после этого метрика объекта, пересекающего границы планшета, будет разорвана. Величина расхождения в метрике чаще всего лежит в пределах картографической точности, поэтому корректной будет операция по усреднению метрики объектов на стыках листов. Эта операция называется "сводкой" планшетов топографических карт.

Сводка планшетов сводится к выполнению ряда простых операций. В зависимости от расположения сводимых листов задается широта или долгота сведения. Задается критерий близости объектов – минимальное расстояние между вертексами линейных объектов на соседних листах, при котором они считаются различными. Алгоритм сводки состоит в последовательном сравнении с критерием близости расстояний между вертексами всех элементов декартового произведения множеств объектов двух сводимых листов. Чтобы не перебирать все пары объектов, по заданной ширине полосы сведения выбираются объекты, имеющие выход на границу со сводимым листом. В результате получим множество пар объектов, вертексы которых находятся достаточно близко друг от друга, чтобы считать эти объекты изображением одного предмета. Если расстояние между вертексами объектов не превосходит точности карты, их можно свести без ошибок в одну точку.

### **3. Генерализация объектов.**

Под картографической генерализацией понимают процесс обработки картографического изображения, осуществляемый посредством абстрагирования и содержательного обобщения объекта в соответствии с масштабом и назначением карт. Цифровые карты крупных масштабов являются источником данных для создания мелкомасштабных карт, применяемых для печати обзорных карт небольших форматов. Мелкомасштабные карты создаются путем генерализации исходных цифровых карт.

В ГИС понятие генерализации задается в более обобщенном виде – как редукция "информационной плотности" в пространственной базе данных, при которой сохраняется ее общая структура и семантика. Процесс генерализации в ГИС сложен и требует больших вычислительных затрат. Высокая вычислительная сложность машинной генерализации объясняется тем, что в этом процессе учитываются как геометрические аспекты географических сущностей – форма, структура, детализация, так и негеометрические – роль и важность объекта в контексте карты.

В настоящее время в литературе встречаются работы по моделированию отдельных стадий этого процесса. Достижение полной автоматизации этого процесса невозможно по



причине бесконечного многообразия отношений между объектами и явлениями. Наиболее изученная часть проблемы – упрощение геометрии объектов. Здесь самым известным и часто используемым алгоритмом возможно является эвристический алгоритм Дугласа и Пеке для простой открытой полигональной цепи.

На мелкомасштабных картах отображается обзорное представление картографируемого объекта или явления. Для этой задачи мелкие детали, имеющиеся на картах более крупного масштаба, только препятствуют комплексному взгляду на предмет. Поэтому при создании карт мелких масштабов на исходной карте выделяются наиболее общие классы объектов: реки, озера, крупные населенные пункты, автомобильные и железные дороги.

Содержательная разгрузка карты выполняется также путем удаления мелких объектов. С исходной карты удаляются линейные объекты, длина которых меньше некоторой величины, определяемой масштабом карты. Таким же способом – выборкой по площади – удаляются мелкие полигональные объекты. При уменьшении масштаба объекты могут менять свою пространственную локализацию. Площадные объекты, которые в новом масштабе не выражаются по одному из направлений, заменяются линейными объектами.

Если площадной объект перестает выражаться по всем направлениям, то он заменяется точечным. Линейный объект заменяется точечным, если его длина перестает выражаться в масштабе карты.

Агрегация предполагает переход от частных понятий к общим понятиям и контролируется в основном негеометрическими правилами. Группа близко расположенных объектов при уменьшении масштаба может быть выражена единым условным знаком, обозначающим некоторое собирательное понятие. Геометрическая сторона картографической генерализации алгоритмически наиболее сложна. Для разных типов объектов решение задачи генерализации будет своим. Однако, можно выделить общие операции, которые применяются при генерализации картографических объектов:

- замена ломаной отрезком при заданном предельном угле излома,
- удаление точек, лежащих на одной прямой,
- объединение нескольких условных знаков один,
- замена масштабного изображения внемасштабным.

Существует несколько алгоритмов генерализации полилиний. Алгоритмы, независимые от формы линии, наиболее просты – в них просто удаляется заданное количество точек (например, удаление каждой точки), но генерализируют форму линии очень грубо и могут порождать топологические ошибки.

В локальных алгоритмах чтобы определить, оставить текущую точку или нет, используются характеристики соседних точек. Линейные и площадные объекты цифровой карты описываются последовательностью точек, которые должны быть расположены достаточно близко, чтобы обеспечить плавность линии при визуализации в исходном масштабе карты. В мелком масштабе плавность линий обеспечивается меньшим числом точек. Поэтому ломаная на участках, имеющих небольшой угол излома, заменяется прямой линией. Если несколько идущих подряд точек лежат на одной прямой, они не несут информации и удаляются.

В глобальных алгоритмах генерализации полилиния рассматривается целиком. Типичным примером глобальной генерализации, нашедшим применение во многих современных ГИС-пакетах (в частности, в ГИС ArcInfo), является алгоритм Дугласа-Пекье.

## **1. 5 Лекция №5 (2 часа).**

### **Тема: «Атрибутивный анализ информации в ГИС»**

#### **1.5.1 Вопросы лекции:**

1. Функции обработки описательной информации в ГИС.
2. Запросы по атрибутам и их отображение.
3. Картографические измерения (расстояние, направление, площадь).
4. Статистические функции.

#### **1.5.2 Краткое содержание вопросов:**

##### **1. Функции обработки описательной информации в ГИС.**

Атрибутивные данные в ГИС могут иметь различные способы и технологии формализации, обработки и представления.

К атрибутивной относят ту информацию, которая либо не имеет пространственного привязки, или характеризует пространственные объекты без указания места их размещения.

Например, порядковые номера пространственных объектов, их имена, числовые количественные или качественные значения. Блок атрибутивной информации, привязанной к любому пространственному объекту, может содержать от одного до многих сотен отдельных атрибутивных значений различного типа, характеризующих различные параметры этого объекта.

Для использования в среде ГИС атрибутивная информация подлежит систематизации, структуризации и формализации, что позволяет использовать для дальнейшего ее введения и обработки различные средства автоматизированного поиска, вычислений и визуализации. Для каждого типа пространственных объектов выбирается набор атрибутов, позволяющих идентифицировать конкретный тип объекта среди других и с максимальной полнотой описать его свойства. После определения списка атрибутов

выбираются методы их формализации.

Одним из наиболее распространенных атрибутов пространственных объектов является их имена — названия населенных пунктов, административных единиц, участков рельефа, рек, водоемов, природных урочищ, объектов хозяйствования и др. Такой тип атрибута идентифицирует объект, выделяет его среди других однотипных объектов, позволяет обратиться именно к этому объекту. Такой способ описания атрибута объекта называется номинальным — объект просто получает свое отдельное имя, он равнозначен в списке таких же объектов. К таким атрибутам можно отнести: «г. Оренбург», «Александровский район», «КСП «Рассвет», «скважина № 122» и др.

Любая современная ГИС содержит в себе набор средств для анализа атрибутивной информации. В частности ArcGIS предоставляет возможности как непространственного (табличного), так и пространственного (содержат местоположения) анализа.

Например, непространственная статистика используется для анализа значений атрибутов, связанных с пространственными объектами. Значения атрибутов доступны напрямую из таблицы атрибутов слоев пространственных объектов. Для этого существуют специальные функции. Кроме того диаграммы и графики, например, гистограмма или графики нормальной вероятности являются другим способом анализа непространственных данных. Во всех случаях анализируются только значения. Местоположения объектов, с которыми связаны значения, и любые пространственные взаимоотношения между объектами не учитываются.

Иногда атрибутивная информация об объектах карты бывает организована не так, как вам надо — например, у вас есть демографические данные по районам, а вам надо по областям. Просуммировав табличные данные, можно получить суммарную статистику — в том числе общее количество, среднее, минимальное и максимальное значения — и получить именно ту информацию, которая нужна. ArcMap создает новую таблицу, содержащую суммарную статистику. Прделав это, можно отображать, надписывать или строить запросы к данным, опираясь как на их значения, так и на суммарную статистику.

Выделим основные функции ГИС, связанные с анализом атрибутивной информации. Возможности непространственного (атрибутивного) анализа:

- запрос по атрибутам и их отображение;
- поиск цифровых карт и их визуализация;
- классифицирование непространственных данных;
- картографические измерения (расстояние, направление, площадь);
- статистические функции.

Перечисленные функции обработки описательной информации в ГИС схожи с функциями, используемыми в обычных СУБД

## **2. Запросы по атрибутам и их отображение.**

Запросы в ГИС можно задавать как простым кликом мышью на объекте, так и с помощью развитых аналитических средств. В группе со средствами стандартного языка структурированных запросов SQL (Structured Query Language) аналитические возможности ГИС дают пользователю мощные и настраиваемые инструменты для обработки и управления информацией.

Один из методов, который можно использовать для выборки объектов в слое -

выборка при помощи атрибутивного запроса. Она выполняется при помощи инструмента *Выбрать по атрибуту*. Выбрать по атрибуту позволяет задать SQL-выражение запроса, которое используется для выбора объектов, удовлетворяющих критерию выборки.

Шаги для применения выборки по атрибутам

- Нажмите *Выборка > Выбрать по атрибуту*, чтобы открыть диалоговое окно *Выбрать по атрибуту*.

- Выберите слой, для которого будет выполняться выборка.
- Укажите метод выборки.
- Введите выражение запроса, используя один из следующих методов:
- Создайте запрос, используя инструменты построения выражения.
- Напечатайте запрос в окне выборки.
- Загрузите выражение, сохраненное на диске.
- Подтвердите выражение запроса, нажав *Проверить (Verify)*.
- Нажмите *ОК* или *Применить (Apply)*, чтобы выполнить выражение выборки и работать с ее результатами.

- Дополнительно, перед тем, как закрыть диалоговое окно, можно сохранить свое выражение запроса для дальнейшего повторного применения.

Простое SQL выражение

Выражение запроса использует общую форму следующего вида:

Select \* From <слой или набор данных> Where условие (например, часть выражения SQL, которое идет после SELECT \* FROM <Имя\_слоя> WHERE).

Это общая форма для выражения запроса ArcGIS:

<Имя\_поля> <Оператор> <Значение или строка>


Для сложных выражений используется следующая форма:

<Имя\_поля> <Оператор> <Значение или строка> <Соединитель> <Имя\_поля>  
<Оператор> <Значение или строка> ...

Дополнительно можно использовать круглые скобки () для определения порядка операций в сложном запросе.

### 3. Картографические измерения (расстояние, направление, площадь).

Картографические измерения можно проводить несколькими способами в зависимости от поставленной задачи. Можно применить специальный инструмент, расположенный на панели инструментов или воспользоваться таблицей атрибутов.

Инструмент *Измерить (Measure)* позволяет выполнять измерения линий и площадей на карте. Этот инструмент можно использовать, чтобы нарисовать линию или полигон на карте и получить их длину или площадь, или щелкнуть прямо на пространственном объекте и получить информацию о его размерах. Для этого необходимо выбрать инструмент  на панели инструментов.

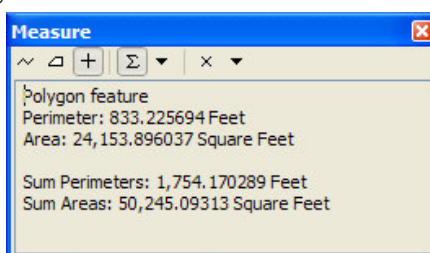









Рисунок 1 – Вид окна инструмента *Измерить*

В диалоговом окне *Измерить (Measure)* можно устанавливать различные опции, чтобы указать, как и что измерять - расстояния, площади или пространственные объекты, использовать ли замыкание и в каких единицах выдавать результаты измерения. Измерения отображаются в этом окне, там их можно легко скопировать и вставить в другое приложение.

Окно *Измерить* одержит инструменты для измерения расстояний и пространственных объектов. По умолчанию, активным будет инструмент *Измерить длину*, пока не будет выбрана другая опция.

Таблица - Возможные опции окна *Измерить*

Обозначение	Назначение
	Измерить длину
	Измерить площадь
	Измерить объект
	Суммарная величина
	Выбрать единицы
	Очистить и переустановить результаты
	Выбрать тип измерений

Инструмент *Вычислить геометрию (Calculate Geometry)* позволяет получать доступ к геометрическим свойствам пространственных объектов слоя. Этот инструмент вычисляет значения координат, длины и площади (в зависимости от типа геометрии входного слоя). Вычисление площади, длины или периметра объекта возможно при условии, если используется проецированная система координат. Необходимо помнить, что у разных проекций разные пространственные свойства и искажения. Если система координат источника данных и фрейма данных отличаются, можно получить разные результаты вычисления геометрии - в зависимости от того, какая система координат используется. При вычислении площадей рекомендуется использовать равноплощадную проекцию.

Шаги для вычисления геометрии

1. Начать редактирование (Start an edit session).

Можно выполнять вычисления, не находясь при этом в сеансе редактирования. Но в этом случае отменить действия будет невозможно.

2. Щелкните правой кнопкой редактируемый и выберите *Открыть таблицу атрибутов (Open Attribute Table)*.

К таблице атрибутов можно применять только геометрические вычисления.

3. Нажмите правой кнопкой мыши заголовок поля, для которого нужно выполнить вычисления, и выберите *Вычислить геометрию*. Либо можно нажать CTRL+SHIFT+G.

4. Щелкните на геометрическом свойстве, которое вы хотите вычислить.

В зависимости от типа слоя, с которым проводится работа, доступны разные геометрические свойства.

5. Выбрать систему координат источника данных или систему координат фрейма данных, в зависимости от задачи.

6. Выбрать единицы вычисления.

7. При необходимости: если вы выбрали записи в таблице, выберите те, для которых вы хотите выполнить вычисления, либо все записи, если вычисления должны быть применены ко всем записям.

8. Нажмите ОК.

#### 4. Статистические функции.

Суммирование с нулевыми значениями


Нулевые значения исключаются из всех статистических вычислений. Например, среднее для 10, 5 и NULL будет 7,5  $((10+5)/2)$ . Вычисление возвращает количество участвующих в статистических вычислениях значений, которых в данном случае 2.

Поле счета (называется с `cnt_prefix`) найдет количество значений, включенных в статистические вычисления. Пересчитываются все значения, исключая нулевые. Для того, чтобы определить количество пустых значений в поле, используйте статистику количества не-пустых значений этого поля, затем посчитайте количество значений в каком-нибудь другом поле где нет пустых значений (например `OID`), а затем вычислите их разность.

Шаги:

1. Щелкните правой кнопкой заголовок столбца, для которого нужно вычислить суммарную статистику, и выберите *Суммировать (Summarize)*.

2. Поставьте флажок рядом с суммарной статистикой, которую вы хотите включить в выходную таблицу.

3. Введите имя и путь, где вы желаете создать таблицу, или нажмите кнопку *Обзор (browse)*  и перейдите к рабочей области.

4. Нажмите *ОК*.

Новый слой добавлен на карту.

5. Когда появится запрос, нажмите *Да (Yes)*, чтобы добавить на карту новую таблицу.

Изучая таблицу, можно получить статистику, описывающую значения в числовых столбцах. Можно увидеть, сколько значений содержится в столбце, а также сумму, минимум, максимум, среднее значение и среднеквадратическое отклонение этих значений. На гистограмме, представленной на рисунке 1, показано также распределение значений столбцов. Статистика вычисляется для всех числовых столбцов в таблице. Чтобы посмотреть описание значений других столбцов, необходимо выбрать нужное название в выпадающем списке Поле.

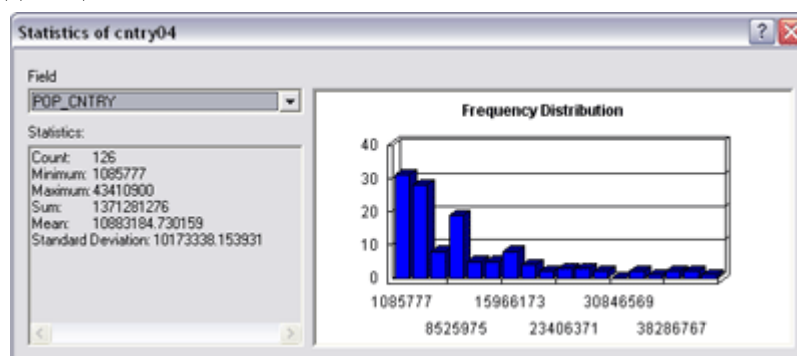


Рисунок 1 – Построение гистограммы

Шаги для получения статистических данных таблицы

1. Щелкните правой кнопкой заголовок поля, содержащего числовые данные и выберите *Статистика (Statistics)*.

В диалоговом окне *Статистика (Statistics)* вы увидите информацию о выбранных вами значениях поля.

Если необходимо просмотреть статистику для другого числового поля, в списке *Поле (Field)* выберите название нужного поля.

## **1.6 Лекция №6 (2 часа).**

### **Тема: «Функции атрибутивного анализа информации в ГИС»**

#### **1.6.1 Вопросы лекции:**

1. Буферизация
2. Оверлейные операции
3. Переклассификация
4. Картометрические функции.
5. Районирование
6. Сетевой анализ

#### **1.6.2 Краткое содержание вопросов:**

Любая современная ГИС содержит в себе набор средств для анализа пространственно- атрибутивной информации являются. Используя аналитические функции ГИС можно получить ответы на такие вопросы, как:

- Где расположен объект А?
- Каково расположение объекта А по отношению к объекту В?
- Какое количество объектов А располагается в пределах расстояния D от объекта В?
- Какое значение имеет функция Z в точке X?
- Каковы размеры объекта В?
- Что получится в результате пересечения объектов А и В?
- Какой маршрут от объекта X до объекта Y будет оптимальным?
- Какие объекты расположены внутри объектов X1, X2, ..., Xn?
- Сильно ли изменится пространственное распределение объектов после изменения существующей классификации?
- Что произойдет с объектом А, если изменить объект В и его местоположение относительно А?

Запросы в ГИС можно задавать как простым кликом мышью на объекте, так и с помощью развитых аналитических средств. В группе со средствами стандартного языка структурированных запросов SQL (Structured Query Language) аналитические

возможности ГИС дают пользователю мощные и настраиваемые инструменты для обработки и управления информацией.

Выделим основные функции ГИС, связанные с анализом пространственно-атрибутивной информации.

Возможности непространственного (атрибутивного) анализа:

- запрос по атрибутам и их отображение;
- поиск цифровых карт и их визуализация;
- классифицирование непространственных данных;
- картографические измерения (расстояние, направление, площадь);
- статистические функции.

Возможности пространственного анализа:

- “оверлейные” операции;
- анализ близости;
- сетевой анализ;
- поиск объектов;
- анализ видимости-невидимости;
- прогнозирование;
- картометрические функции;
- интерполяция;
- зонирование;
- создание контуров;
- декомпозиция и объединение объектов;
- буферизация;
- переклассификация.

Аналитические методики картографических данных в ГИС мало чем отличаются от методик анализа информации на традиционных картах. Измерение количественных параметров объектов и их математическая обработка являются общепринятыми. Однако расчеты проводятся настолько быстро, что это позволяет за малые интервалы времени проверять огромное число предположений и гипотез и подбирать наиболее подходящие из них.

Пространственное расположение объектов исследуется при помощи операций анализа размещения, связей и других геопространственных взаимоотношений объектов и их атрибутов. К таким операциям можно отнести буферизацию, анализ близости, оверлейный и сетевой анализ, районирование и др. Комбинируя перечисленные операции можно решать достаточно сложные пространственные задачи.



Далее мы представим детальное рассмотрение некоторых наиболее ценных функций анализа пространственного расположения объектов, так как функции обработки описательной информации в ГИС (сортировка, группировка, поиск значений, калькуляция, статистика и пр.) схожи с функциями, используемыми в обычных СУБД.

### 1.Буферизация.

Буферная зона (buffer zone, buffer, corridor) – представляет из себя полигональный слой, образованный путем расчета и построения эквидистант, или эквидистантных линий (equidistant line), равноудаленных относительно множества точечных, линейных или полигональных пространственных объектов. Операция “буферизации” (buffering) применяется, например, для целей выделения трехкилометровой пограничной зоны, 20-метровой полосы отчуждения железнодорожной линии и т.п. Буферная зона полигонального объекта может строиться как вовне, так и внутри полигона. В случае если расстоянию между объектами и эквидистантами ставятся в соответствие значения одного из его атрибутов, говорят о “буферизации со взвешиванием” (weighed buffering).

В современных ГИС буферные зоны создаются автоматически, причем построить их можно вокруг объектов любых типов. Говоря проще, буферные зоны – это могут быть эпидемиологические зоны, зоны техногенных катастроф (розлив нефти, авария на атомной станции), зоны дальнего действия различных радиотехнических устройств и систем и т.д.



Рис. . Построение буферных зон заданной ширины для различных графических примитивов.

Представьте, что у вас есть задача создать область, охватывающую объекты, находящиеся в пределах 500 метров по обе стороны от реки. Процесс создания такой области называется созданием буферной зоны. Сама такая зона называется буфером. Вид буфера определяется его радиусом. Радиусом буфера в нашем случае является величина 500 метров.

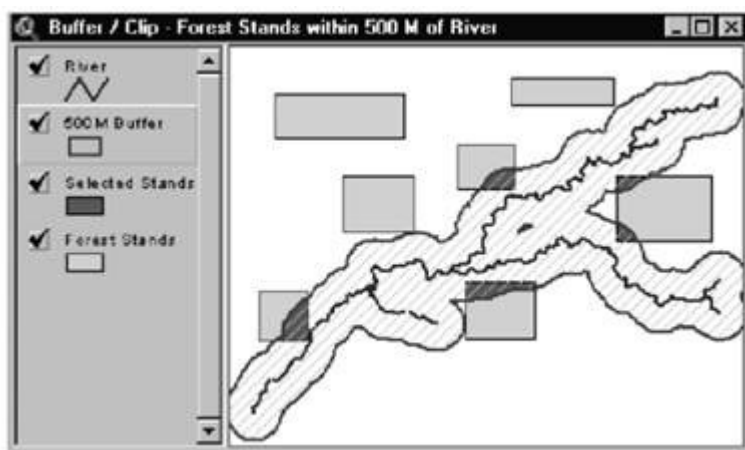


Рис. . Буферная зона вокруг объекта.

Чтобы создать буфер, нужно задать радиус буфера, либо в виде константы, либо в виде колонки таблицы, либо в виде выражения. Затем нужно указать гладкость (число сегментов для буферной окружности). Радиус буфера определяет его размеры. Скажем, чтобы буфер охватывал все объекты, расположенные в пределах 10 километров по обе стороны шоссе, следует задать радиус буфера 10 километров. Если в качестве радиуса используется выражение или данные из некоторой колонки таблицы, то ГИС будет вычислять радиус. Радиус можно задать как постоянную величину (константу), а также использовать значения из некоторой колонки таблицы в качестве значений радиуса. Например, чтобы создать вокруг городов буферные зоны, которые отражали бы численность их населения, можно выбирать значения радиуса буфера из колонки “Население”. Более того, радиус буфера можно задавать в виде выражения. Допустим, нужно создать буферы вокруг городов, отражающие плотность населения. Но в таблице нет колонки, которая содержала бы значение плотности населения. В таком случае надо задать радиус буфера выражением, в котором будет вычисляться плотность населения на основании данных численности населения и площади городов.

Число сегментов для буферной окружности определяет степень скругления (гладкость). Чем больше сегментов используется для прорисовки буферной окружности, тем больше уровень гладкости буферов. Вместе с тем надо помнить, что большая гладкость требует и большего времени на создание буфера. Стандартное значение гладкости – 12 сегментов для полной окружности.

Любая современная ГИС может рассчитывать ширину буфера от границы объекта двумя методами – для сферических координат и для декартовых координат. Сферические вычисления измеряют расстояние на сферической поверхности Земли. Это означает, что расстояние от границы исходного объекта до нового буферного объекта может изменяться

от узла к узлу. Декартовы вычисления расстояния производятся на плоскости  $X-Y$ , на которую спроецированы данные.

Можно создавать единый буфер вокруг всех выбранных объектов или отдельные буферы вокруг каждого объекта. Осуществить буферизацию для нескольких объектов сразу можно двумя способами. Во-первых, можно создать единый буфер вокруг всех этих объектов. В этом случае следует помнить, что ГИС считает полученный буфер единым объектом типа многоугольник. Если выбрать один из буферных многоугольников, будут выбраны и все остальные. Другим способом является создание отдельных буферов для каждого из объектов.

## **2. Оверлейные операции**

Оверлейная операция, оверлей (overlay) – представляет из себя операцию наложения друг на друга двух или более слоев, результатом которой является графическая композиция (графический оверлей) используемых слоев, либо единственный результирующий слой, несущий в себе набор пространственных объектов исходных слоев, топологию этого набора и атрибуты, которые являются производными от значений атрибутов исходных объектов в топологическом оверлее векторной модели представлений пространственных объектов.

К оверлейным относятся операции:

- определения принадлежности точки полигону;
- определения принадлежности линии полигону;
- определения принадлежности полигона полигону;
- наложения двух полигональных слоев;
- уничтожения границ одноименных классов полигонального слоя с порождением нового слоя;
- определения линий пересечения объектов;
- объединения (комбинирования) объектов одного типа;
- определения точки касания линейного объекта и т.д.

Примером оверлейной операции служит операция топологического оверлея “точка-в-полигон” (point-in-polygon). По существу происходит наложение двух слоев, в результате чего образуется новый слой.

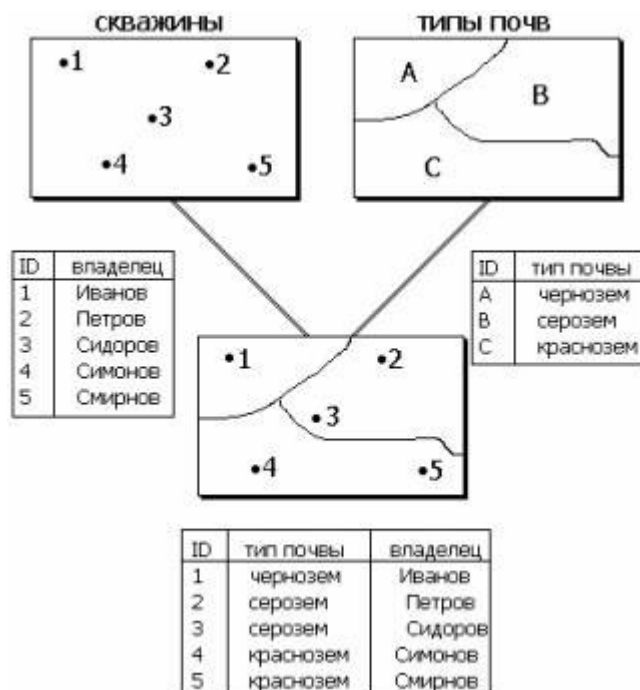


Рис. . Оверлейная операция “точка-в-полигон”.

Операция наложения двух полигональных слоев (polygon-on-polygon) методом вырезания применяется для вырезания части одного слоя, используя для этого другой слой в качестве формы. Эта операция создает новый слой посредством наложения объектов двух слоев. Один из этих слоев должен быть полигонального типа и он используется для определения области отсечения. В полученном слое сохраняют только те объекты исходного слоя, которые попадают в область вырезания. Объектами исходного слоя могут быть любые объекты (полигоны, линии или точки). Объекты нового слоя будут одного типа с объектами исходного слоя. В итоге получают объективную атрибутивную таблицу для нового слоя, которая содержит поля, аналогичные имеющимся полям в атрибутивной таблице исходного слоя.

Помимо операций топологического оверлея существуют операции логического или булевого оверлея. Все операции (всего их четыре) основаны на элементарных логических функциях – логические И, ИЛИ, НЕ и исключающее ИЛИ.

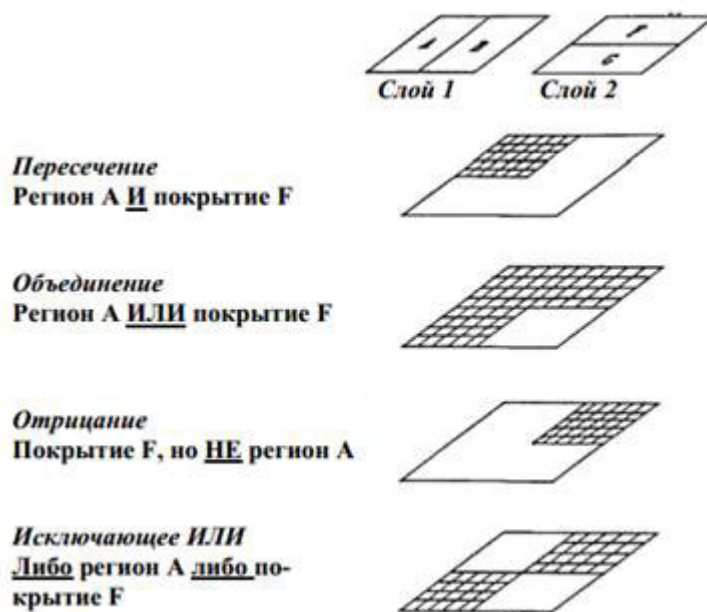


Рис. . Операции логического оверлея.

В качестве примера, на следующем рисунке показана операция пересечения, основанная на логической функции И.

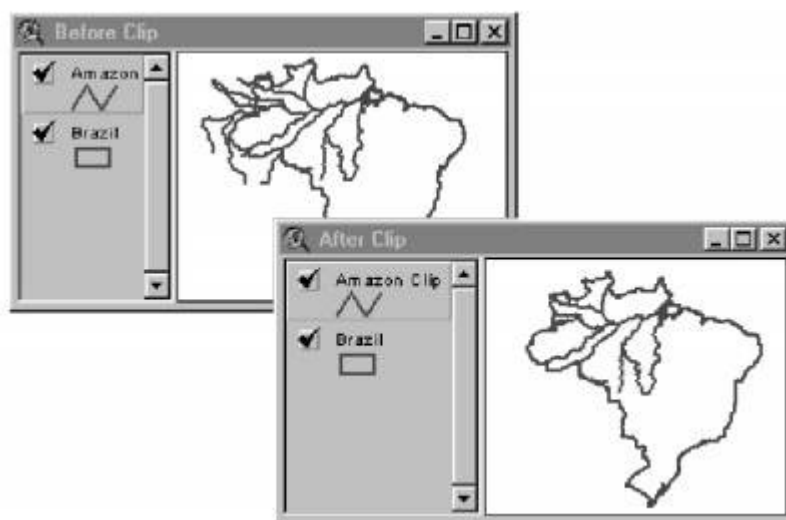


Рис. . Пример операции пересечения.

### 3. Переклассификация

Переклассификация – это аналитическая операция, направленная на преобразование слоя карты по заданному условию. К примеру, на карте нанесены сельхоз угодья с разными типами почв. Кроме того, на карте указаны растительные культуры, произрастающие на данном участке земли. В данном случае операция переклассификации позволяет объединить однородные почвенные зоны в единую область без акцента на растущие на них сельхоз культуры. В этом случае условием переклассификации является принадлежность к одному типу почвы.

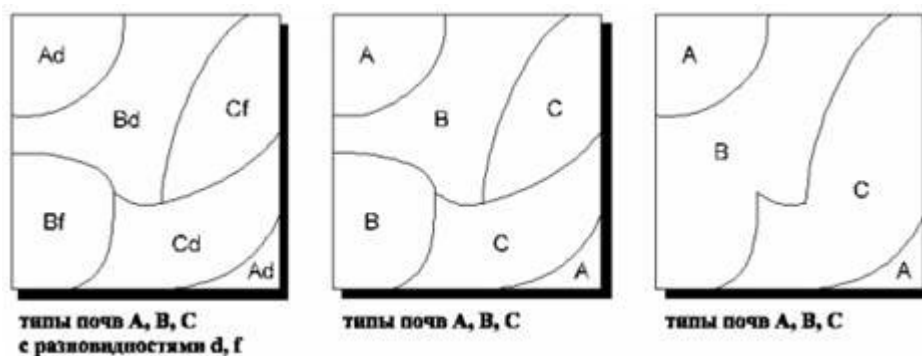


Рис. . Пример аналитической операции переклассификации.

Выделяют несколько основных переклассификационных условий. Одно из первых – это отсеечение объектов, пространственное положение которых не соответствует заданной позиции.

*Оставить только находящиеся на северо-востоке объекты*

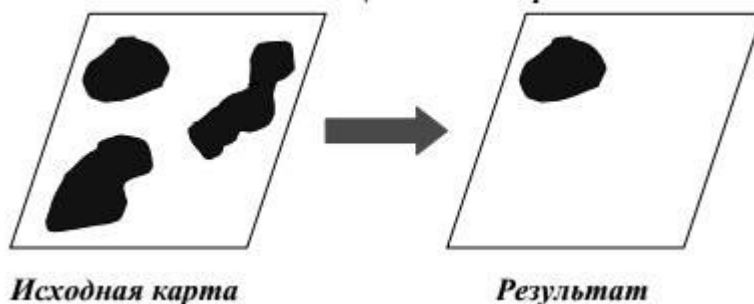


Рис. . Позиционная переклассификация.

Следующее переклассификационное условие – значение какой-либо величины (высота над уровнем моря, зональная температура, количество осадков), отображаемой на карте. Например, на карте нужно изменить футы на метры.

*Преобразовать футы в метры*

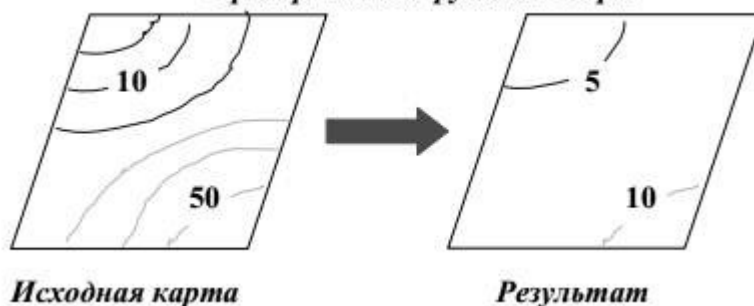


Рис. . Переклассификация по значению величины.

Переклассификация часто производится по размеру объектов. Например, на слое карты необходимо убрать объекты, площадь которых ниже либо выше заданного значения.

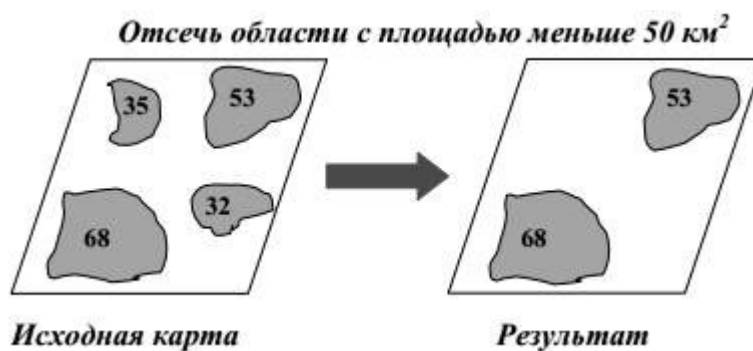


Рис. . Переклассификация по размеру объектов

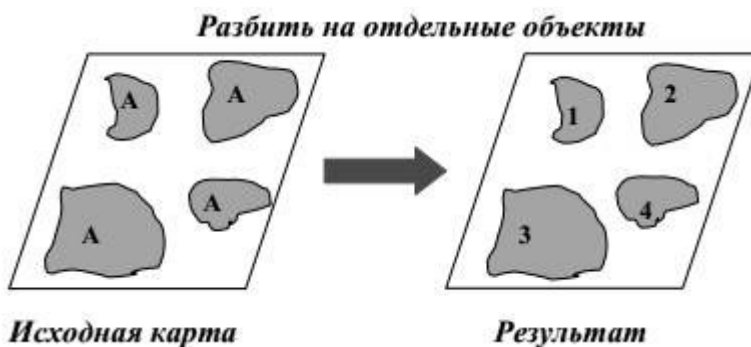


Рис. . Переклассификация единого класса объектов в индивидуальные объекты.

Переклассификация используется для разбиения класса объектов на индивидуальные объекты, так как с ними удобнее работать.

#### 4. Картометрические функции.

Картометрические функции – это операции, позволяющие измерять расстояния, площади, периметры, объемы, заключенные между секущими поверхностями и т.д. Как правило, такие операции являются обязательными внутренними функциями ГИС.



Рис. . Измерение расстояния.

Картометрические измерения тесно связаны с морфометрическими (morphometry) измерениями, суть которых заключается в вычислении морфометрических показателей

(morphometric indexes, morphometric parametrs), т.е. показателей формы и структуры явлений (извилистости, расчленения, плотности и мн. др.) на основе картометрических определений. Измерения и исчисления по тематическим картам иногда выделяют в особый раздел – тематическую картометрию и морфометрию (thematic cartometry and morphometry).

Процесс вычисления картометрических и морфометрических функций состоит в определении координат, направлений, дистанций, периметров, размеров, площадей, форм объектов, а также параметров дистанционной съемки, полученных по стереопаре (стереологические параметры). При проведении картометрических измерений нужно знать, что:

- процесс вычисления координат объектов различается для разных примитивов: проще всего вычислить координаты точек -  $(x, y)$ , затем линий –  $(x_1, y_1; \dots; x_n, y_n)$ , и, наконец, полигонов –  $(x_1, y_1; \dots x_n, y_n; x_1, y_1)$ . Для линий иногда приходится вычислять дополнительные характеристики, такие как длина и угол простираения. Для полигонов чаще всего определяют периметр, площадь, размеры;

- форму обычно охарактеризовывают такими параметрами, как факторы формы круга и эллипса. Фактор формы круга показывает насколько полигон близок к кругу, т.е. фигуре, площадь которой ограничена наименьшим периметром. Для круга фактор формы круга равняется 1. С увеличением периметра фигуры при неизменной площади значение фактора формы круга уменьшается до 0. Фактор формы эллипса говорит о близости фигуры к эллипсу (изменение значений этого фактора такое же, как для круга);

- вычисление стереологических параметров необходимо для описания объемной (3d) структуры объектов. Фундаментом для расчета параметров служат значения площади и периметра примитива, полученные с карты. В большинстве случаев, этими параметрами описывают структуры, элементы которых связаны между собой в пространстве.

## **5. Районирование.**

Процесс районирования (зонирования) состоит в объединении объектов на карте в большие регионы или территории для обобщения данных по этим территориям. Районирование используется в самых различных задачах, таких, как создание и анализ территорий сбыта, избирательных округов, территорий, обслуживаемых подразделениями аварийной службы, маршрутов доставки, анализ распределения ресурсов и т.д. ГИС создает тематическую карту методом индивидуальных значений, в которой тематической переменной является название территории. На этой карте цветами обозначены различные территории – районы. Специальное окно обычно показывает данные о районах в табличной форме. Кроме того ГИС позволяет динамически отслеживать изменения в



данных по рай- онам при переносе объектов из одного района в другой. Районирование чаще всего используется для оптимизации территориального планирования и решения задач иногда называемых “балансировкой (выравниванием) территорий”.



Рис. . Районы и районные центры Приморского края.

## 6. Сетевой анализ

транспортным задачам, по проектированию и эксплуатации разнообразных сетей инженерных коммуникаций и т.д.

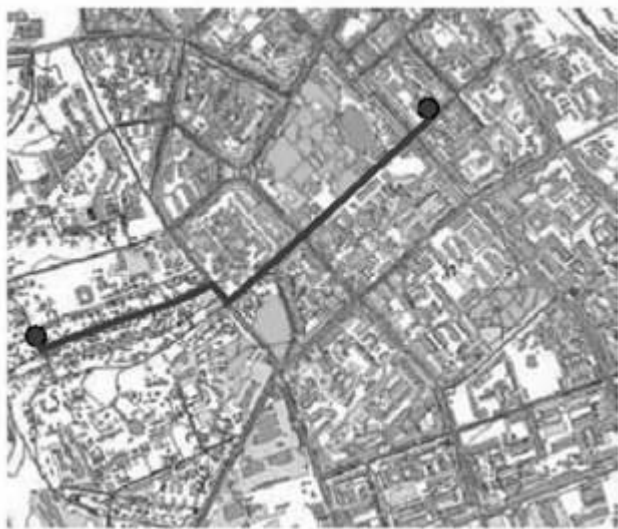


Рис. . Определение наиболее выгодного маршрута.

Сетевой анализ нацелен на обработку данных линейных объектов, которые имеют разветвленную (древовидную) структуру. Он может быть использован, например, при анализе геологических данных по интенсивности спектральных линий.

Для решения более сложных исследовательских задач используется моделирование распределения пространственных и атрибутивных параметров графических объектов методом регулярной ячейки. Этот метод представляет из себя набор пространственных операций, в процессе выполнения которых территория разбивается на регулярные ячейки строго установленного размера и вычисляются статистические значения пространственных или атрибутивных данных объектов в этих ячейках. Регулярная ячейка представляет из себя двухмерный пространственный объект, элемент разбиения земной поверхности линиями регулярной сети, то есть регулярно-ячеистого представления пространственных объектов, в отличие от пикселя (как элемента растрового представления), образуемого разбиением линиями раstra изображения (а не земной поверхности).

#### Другие аналитические операции

Анализ видимости-невидимости – это одна из операций по обработке цифровых моделей рельефа, которая обеспечивает оценку поверхности с точки зрения видимости или невидимости отдельных его частей путем выделения зон и построения карт видимости-невидимости с некоторой точки обзора или множества точек, заданных их положением в пространстве (источников или приемников излучений).

Пространственный анализ видимости-невидимости основан на оценке взаимной видимости двух точек. Анализ видимости-невидимости применяется для оценки влияния

рельефа (в особенности горного) или рельефности городской застройки на величину зоны устойчивого радиоприема (радио- видимости) при проектировании радио- и телевещательных станций, радиорелейных сетей и систем мобильной радиосвязи.

Анализ близости – представляет собой пространственно-аналитическую операцию, основанную на поиске двух ближайших точек среди заданного их множества (поиск кратчайшего расстояния) и используемую в различных алгоритмах пространственного анализа. При обработке геологической информации это может быть локализация ближайших точек в геохимических аномалиях с заданными параметрами.

## **1. 7 Лекция №7 (2 часа).**

### **Тема: «Операции пространственного анализа информации в ГИС»**

#### **1.7.1 Вопросы лекции:**

1. Картометрические операции
2. Операции пространственной статистики изображениями
3. Оверлейный анализ (Послойный анализ)
4. Анализ Географических сетей
5. Анализ Растровых изображений
6. Виды непространственного анализа в ГИС

#### **1.7.2 Краткое содержание вопросов:**

##### **Анализ пространственных данных.**

Применение пространственного анализа в ГИС опирается на свойства метричности картографической информации.

##### **1.Картометрические операции.**

Главные картометрические операции – расчет длин линий, расчет длин ломаных линий, расчет периметров полигонов, площадей, изменение масштаба, генерализация изображения, перевод из одной системы координат в другую, расчет координат центроидов полигонов, определение точности изображения.

Доп. ошибка измерений:

В городе -  $f_{\text{доп}}=10\text{см}$ , в сельской местности -  $f_{\text{доп}}=20\text{см}$ , вне населенного пункта -  $f_{\text{доп}}=40\text{см}$

##### **2. Операции пространственной статистики изображениями:**

Расчет среднего центра и стандартного радиуса для множества точек растрового изображения.

Определение характера размещения точек:

-регулярный характер

-случайный

-кластерезирующий.

Операция сопровождается расчетом математического ожидания стандартного отклонения и коэффициентов вариации.

Расчет компактности полигона, образованного ячейками раstra.

Идеальная фигура - круг.- самая компактная.

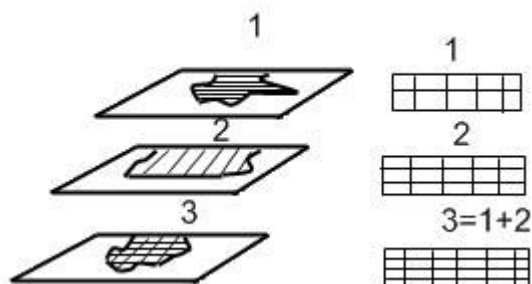
Генерирование векторного файла на основе растрового изображения, т. е. автоматизация процесса векторизации.

### 3. Оверлейный анализ (Послойный анализ)

Является наиболее распространенным, наиболее технологически разработанным для всех ГИС.

Основой этого вида анализа составляет наложение двух и более картографических слоев с целью создания новых производных объектов, возникающих при наложении исходных объектов (изображений).

Главное достоинство ГИС состоит в том, что атрибутивная информация связана с пространственными объектами наследуется производными картографическими объектами в автоматическом режиме или по заданным логическим формулам.



Оверлейные операции в ГИС осуществляются на основе использования пространственной логики Буля, основанной на формализации процедуры анализа пространственного перекрытия.(рис1)

Рис1

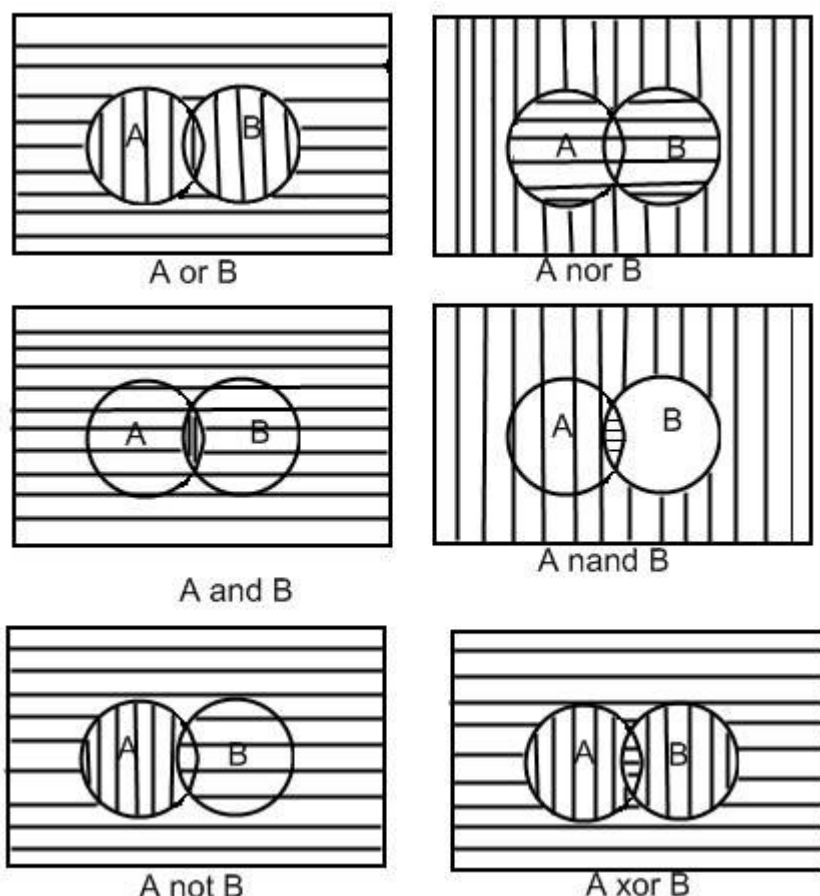


Рис2

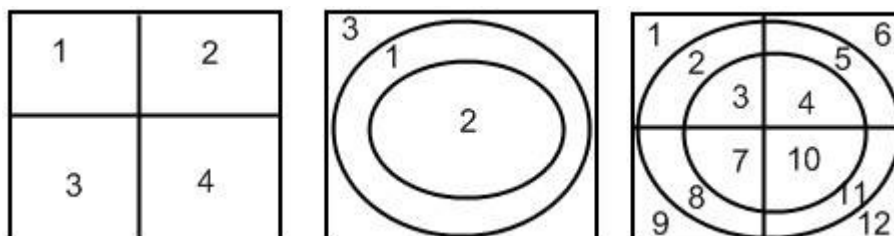


Рис2- при формировании производных объектов в ходе Оверлейного анализа ГИС сохраняет топологию объектов, или наследует топологию исходных объектов.

#### 4.Анализ Географических сетей

Географическая сеть- совокупность линейных объектов природного или антропогенного происхождения, образующих систему.

Системы бывают двух видов – регулярные и нерегулярные.

Элементами географической сети являются узлы и грани (которые соединяют узлы).

Регулярными сетями являются те, в которых пространственное наложение подчиняется строго определенной математической зависимости. Целью сетевого анализа является выявление закономерностей строения географических сетей,

сп 3
+3
+1
+2
+6
+6
/п

закономерности формирования для развития сетей, мониторинг состояния сетей, управление и оптимизация сетей.

#### Задачи анализа географических сетей

1.представление и хранение в базе данных метрической и топологической информации по структуре сети.

2.Визуализация графических сетей в виде дисплейных карт-схем с возможностью интерактивного запроса к базе атрибутивных данных для получения информации как о сети в целом, так и по каждому из элементов сети.

3.Анализ структуры сети на основе алгоритмов теории графов (элемент графического изображения) и построения моделей развития сети также на основе теории графов.

Теория графов — раздел дискретной математики, изучающий свойства графов. В наиболее общем смысле граф представляется как множество вершин (узлов), соединённых рёбрами. В строгом определении графом называется такая пара множеств  $G=\{R, V\}$ , где  $V$  есть подмножество любого счётного множества, а  $R$  - подмножество  $V \times V$ .

Теория графов находит применение, например, в геоинформационных системах (ГИС). Существующие или вновь проектируемые дома, сооружения, кварталы и т. п. рассматриваются как вершины, а соединяющие их дороги, инженерные сети, линии электропередач и т. п. — как рёбра. Применение различных вычислений, производимых на таком графе, позволяет, например, найти кратчайший объездной путь или ближайший продуктовый магазин, спланировать оптимальный маршрут.

Целью изучения географических сетей является выявление закономерностей их строения, формирование и развитие, мониторинг (за текущим) и управление с точки зрения оптимизации, функционирования и управления сетей.

ГИС в сетевом анализе обеспечивает возможность компьютерного представления моделирования и анализа сколько угодно больших объектов по числу вершин и ребер.

Сетевой анализ в ГИС сопровождается тематическим картографированием, интерактивным редактированием и многообразными средствами визуализации сетевых моделей.

#### Основные задачи решаемые с помощью сетевого анализа в ГИС

Анализ географических сетей в ГИС осуществляется на основе использования теории графов.

1. Оптимизация пути между двумя узлами сети предполагает расчет наилучшего варианта сети между заданными начальной и намеченной вершинами графа сети с учетом целевой функции (время, расстояние, топливо, стоимость). Дополнительные возможности

при решении этой задачи обеспечиваются путем внесения дополнительных ограничений и условий (указания вершин и ребер по которому обязан пройти искомый путь вершин и ребер, движения через которых запрещено).

2. Типическая задача определения радиуса допустимости фиксированного узла. Находятся и помечаются все вершины графов, расположенные в пределах установленного радиуса допустимости.

3. Поиск кратчайших маршрутов в интерактивном режиме сходно с первой задачей по содержанию, однако, данные о запретах и ограничениях узлов и ребер в сети, а также положение объекта относительно их определяется в режиме реального времени и постоянно изменяется.

4. Сценарный анализ и модификация сети. Содержание задачи – это редактирование исходной сети путем добавления новых ребер и вершин и путем придания специального статуса определенным элементам сети. Вновь образованная сеть ее варианты сохраняются в виде сценария, который может быть использован для последующего анализа, для выбора оптимального варианта сети.

5. Территориальное планирование сферы обслуживания. Суть – определение границ зон обслуживания сети сервисных центров (магазины, больницы, склады). В результате моделирования исходной сети и анализа связей происходит расчленение участков сети на ряд графов с определением центров притяжения каждого графа.

### **5. Анализ Растровых изображений**

Растровые изображения в ГИС анализируются с помощью пространственно временной статистики и операций картографической алгебры.

Операции Пространственной статистики включают два вида:

Инкрементальные и зональные функции.

К инкрементальным функциям относятся следующие виды анализа:

-расчет площади участка на двумерной поверхности.

-расчет компасных направлений фронтальной поверхности ячеек на трехмерной поверхности.

-расчет направления поверхностного стока на каждую ячейку из соседних ячеек (водосборы и водоразделы)

-расчет длины границ на трехмерной поверхности ассоциированы с ячейками.

-расчет крутизны уклона для каждой ячейки на трехмерной поверхности.

-расчет длины транспортной сети, элементами которого являются растровые ячейки.

-расчет объемов образованных сечением плоскостями трехмерной поверхности.

К зональным функциям относят следующие виды анализа:

-Вычисление и идентификация уникальных комбинаций пересечений зон на различных слоях.

-Вычисление произведений сумм процентного соотношения ячеек, встречаемых в каждой зоне в различных слоях.

#### Картографическая алгебра

Многие пространственно-распределенные явления реально связанные между собой зависимостями ( функциональными или статистическими) , в тех случаях, когда такие зависимости не выражены явно, они - зависимости могут быть представлены, как функция пространства и времени при помощи абстрагирования, генерализации и представления сложных функций более простыми. Такого рода задачи реализуются в полнофункциональных ГИС в виде специальных модулей.

Картографическая алгебра реализуется по средством решения следующих групп функций:

1. Локальные функции, работают с индивидуальным положением ячеек путем вычисления их значений в одном или нескольких слоях изображения.

2. Фокальное значение - анализирует окружение каждой отдельно взятой ячейки и вычисляет для нее новое значение в зависимости от свойств окружения, направления радиуса процесса или типа математической операции.

3. Инкрементальные функции. Работая с анализом окружения отдельно-взятой ячейки, эти функции перевычисляют значения, как приращения одно, двух или трехмерных картографических форм. Анализ окружения вычисляется, как в одном, так и в нескольких слоях изображения.

4. Зональные функции работают с ранее определенными группами ячеек, вычисляя их новое значение на одном картографическом слое, относительно значений этих зон на других картографических слоях.

#### **6. Виды непространственного анализа в ГИС**

Включает группу непространственной статистики и группу стандартных арифметических и геометрических операций.

К стандартным операциям относят следующее:

1.Вычисление синуса, косинуса, тангенса, арксинуса и т. д. для каждой ячейки анализируемого слоя.

2.Сложение, вычитание, умножение, деление значений ячеек базового слоя и сравниваемых картографических слоев.

3.вычисление корня или степени для значений ячеек базового слоя в сравнении с другими слоями изображений.



- 4.Присвоение порядковых номеров всем ячейкам геоизображений.
- 5.Вычисление среднего значения ячеек в данной зоне
6. Вычисление сумм произведений , разностей ячеек в заданной зоне поиска.
7. Вычисление процента ячеек ,значение которых равны анализируемому.
- 8.Вычисление дистанции от ячеек производных слоев до центра ячейки в базовом слое.
9. Вычисление наиболее/наименее/средне часто встречающихся значений в заранее заданной зоне.

К группе непространственной статистики относят:

- 1.Расчет статистических параметров атрибутивных признаков в пределах всего изображения ( математическое ожидание, стандартное отклонение).
- 2.получение суммарных статистических характеристик выбранных объектов изображения (min, max, сумма, среднеарифметическое, стандартное отклонение и др.)
- 3.Регрессионный анализ двух геоизображений. Результатом является график линий тренда, диаграмма распределений, уравнение регрессии, коэффициент корреляции и показатели значимости.
- 4.Выявление статистической зависимости двух геоизображений, атрибутивные признаки которых изменены в качественных шкалах. В результате строится таблица сопряженности, рассчитывается число степеней свободы и др. дополнительные статистические показатели.
5. Генерирование и построение случайных гипотетических геоизображений, построенных на основе статистических моделей распределения с заданными параметрами распределения. Эта процедура может быть реализована пространственном анализе для построения стохастической (непрерывной) поверхности с целью оценки вероятности появления определенных событий.
6. Расчет коэффициентов пространственной автокорреляции, либо всего геоизображения, либо его части.
7. Расчет среднего центра для множества точек растрового изображения.

### **Способы формализации пространственной информации в ГИС**

Пространственные данные представляют собой информационную основу ГИС. Способы формализации (представления) этой информации является технологической основой действия ГИС.

Существует два основных вида пространственной информации: растр и вектор.

Выбор организации пространственных данных зависит от типа исходных данных от специфики решаемой задачи и от свойств компьютера.

## Формализация растровых данных

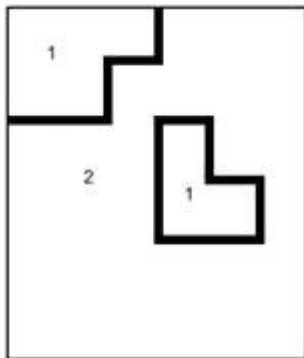
Растровая модель пространственных данных (растровая модель данных) заключается в изображении пространственных объектов в виде мозаики, покрывающей всю территорию объекта.

Растровая модель представляется в идее регулярной сети, состоящей из индивидуальных ячеек, пикселей. Форма которой может существенно отличаться. Наиболее простой вариант:

- прямоугольная форма ячеек ( система)
- треугольная форма ячеек T/N применяется в программах arcmap, arcview, arcinfo и др.
- возможно шестигранное, пятигранное построение раstra.

В стандартном случае в растровой модели пространственная информация кодируется в идее прямоугольной матрицы, положение каждого элемента раstra в этой матрице определяется номера столбца и строки, в которой расположен этот элемент изображения. При кодировании раstra, столбцы располагаются в направлении с-ю, а строки – з-в. В качестве начальной ячейки с координатами (0;0) или (1;1) чаще всего принимается ячейка в верхнем левом углу изображения.

■



111222

112222

222122

222112

222222

222222

Закодированное :

3.13.2

2.14.2

3.21.12.2

3.22.11.2

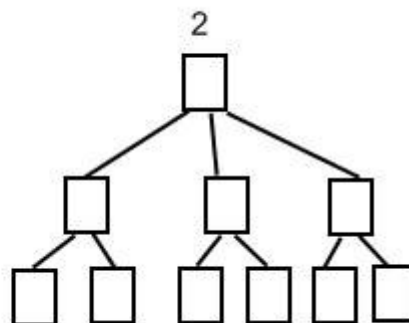
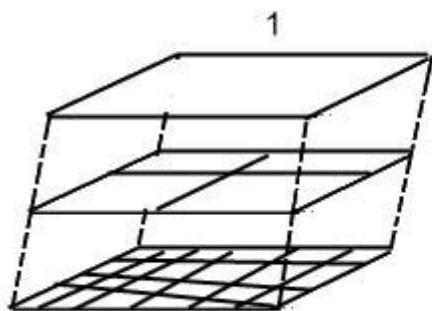
6.2

6.2

Большинство объектов растровой модели данных выражаются в виде иерархических моделей, в которых каждый следующий уровень связан с предыдущим, каждый вышележащий уровень обобщает информацию, содержащуюся в нижних уровнях

1- пирамидальная организация информации

2- древовидная.



При иерархическом способе формализации растровых данных, удваиваются длины сторон ячейки при переходе от одного уровня к другому, увеличение размера изображения составляет около 30 %. При пирамидальной системе формализации растровой информации, если за 1 уровень принять всю поверхность земли, то на 15 уровне разрешение составит около 20 м, а на тридцатом уровне субсантиметровое.

Растровое представление подобного типа объектов обладает отрицательными качествами, связанными с использованием больших объемов машинной памяти, поэтому в практике широко применяется сжатие растровой информации.

### **Модели сжатия**

1. Основанная на алгоритме группового кодирования.

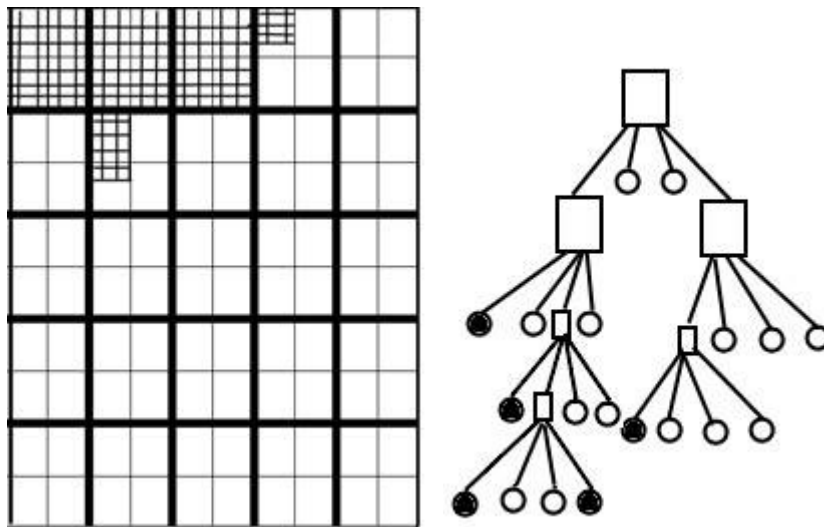
Групповое кодирование заключается в кодировании информации содержащейся в каждой строке исходной матрицы, с помощью пар значений, первая из которой представляет собой количество следующих друг за другом одинаковых значений кодируемого элемента.

2. Основана на присвоении значений 0 и 1 каждой из ячеек, при этом 0 соответствует ячейкам лежащим вне контура, а второе значение – 1 – ячейкам находящимся внутри контура. В этом случае используется строчный код.

1 1,3; 2 1,2; 3 4; 4 4,5; 5 6

3. Квадратомическая структура сжатия растровой информации.

12



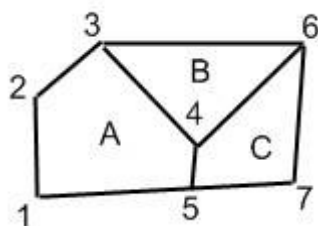
В сочетании с жестко – заданной архитектурой пирамиды и отсутствием необходимости хранить информацию о незначущих фрагментах раstra, обеспечивают значительную ( до 30 раз) экономию машинной памяти и позволяет осуществлять быстрый доступ к данным по ветвям квадратомиического дерева.

Векторное изображение состоит из 3-х основных элементов : точка, линия, полигон., которые могут быть представлены с помощью разных типов структуризации векторных данных.

1. точечной полигональной структуры.

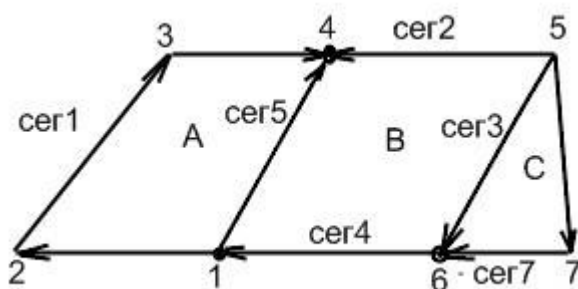
D	
	1, 2,3,4,5
	3,

	4,6	
	5,	
	4,6,7	
	Координаты	
	Y	
	X1	1
	X2	2



2. Следующим типом представления векторных данных в ГИС является Сегментно-топологический тип (IDME) основным элементом кодирования является точка и сегмент. Сегмент представляет собой совокупность линий начало и окончание которой фиксируется узловыми точками.

Под узловой точкой понимается точка пересечения трех и более линий.

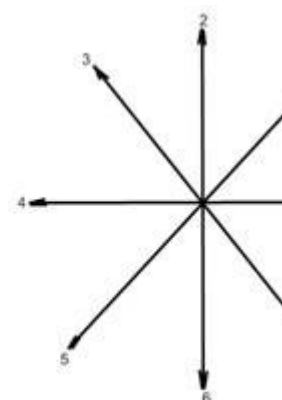
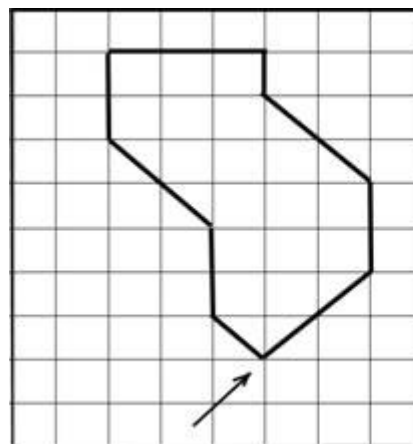


	Коорд	
	инаты	
	У	
	X1	2
.	....	.
	X7	7

				П	Л	
ег	ач. т.	он. т.	Крав.	еое		Т
			олож	олож	Почка	
	1	4	А	С		1
					2,3,4	

	5	4	C	B	4,5
	5	6	B	C	5,6
	6	1	B	C	6,1
	1	4	B	A	1,4
	5	6	C	C	5,7,6

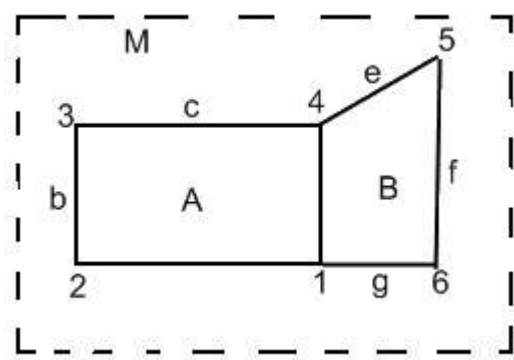
3. Код Фримена, с помощью которого в регулярной сети квадратных полигонов задается код одного из 8 направлений, который фиксирует положение сегмента. Исходная точка кодирования задается произвольно.

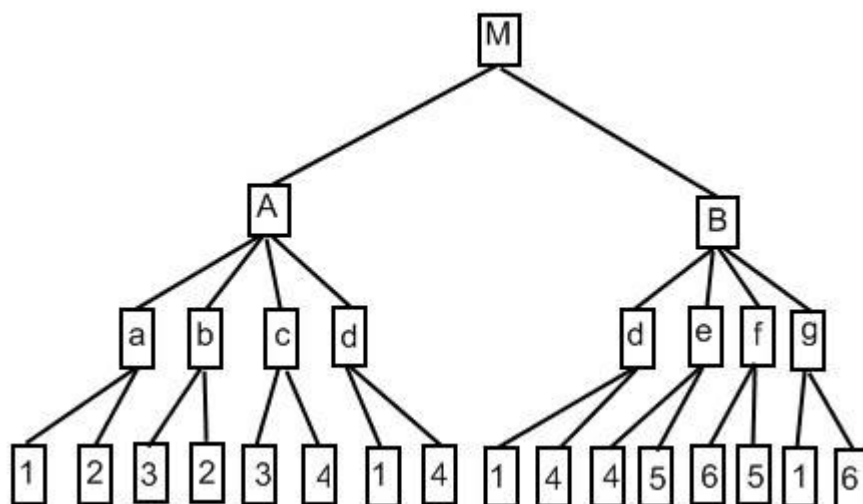


11223324446677667

4. Цепное кодирование Применяется в тех случаях, когда расстояние между точками изображения настолько небольшое, что приращение координат между смежными точками выражается 10 мм и сотыми долями единицы. В этом случае записывается код координат только исходной точки, дальше записывается точка приращения координат для каждой последующей точки цепи.

5. Иерархическая система Представления векторных данных





Иерархические уровни моделей данных:

1. Уровень – М - карта
2. Полигон – Squire
3. Линия - Line
4. Точка – Point

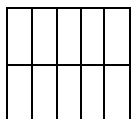
При иерархическом представлении векторных данных топология задается принадлежностью объектов разных уровней.

6.Реляционная организация данных при которой для каждого иерархического уровня создается своя таблица содержащая данные о связях элементов изображения соседних иерархических уровней.

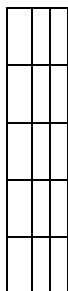
1.



2.



3.



В современных полнофункциональных ГИС применяется преимущественно векторно-топологическая модель кодирования данных.

**Основные этапы разработки программного обеспечения для ГИС**

Любая ГИС предназначена для решения конкретной задачи и опирается на существующий пакет программных продуктов. Создать универсальную ГИС пригодную для решения любых задач невозможно, поэтому существующий программный продукт подстраивается под решения конкретной задачи, создается специальный программный продукт с узкоспециальной направленностью в области ГИС. При создании новых пакетов программ стандартно выполняется несколько основных этапов:

1. анализ требований предъявляемых к системе – занимает 10% времени;
2. Определение спецификации - 10%;
3. проектирование - 15%
4. Кодирование – 20%
5. Тестирование-45%
6. Эксплуатация и сопровождение программного продукта—

Анализ требований к системе

Включает следующие вопросы:

Время обработки информации, стоимость, точность, защита от несанкционированного доступа, вероятность ошибок и прочие вопросы.

На этом этапе выясняются проблемы стоящие перед разработчиком программы, точно выявляется цель и задачи. Решаемые с помощью программного обеспечения.

Результатом первого этапа является концепция, очерчивающая общие контуры применения данного продукта.

Определение спецификации

Определяет конкретные функции исполняемые программным обеспечением, раскрывает содержание этих функций без описания технологии выполнения функций. На этом этапе задается структура входных и выходных данных, определяется структура файлов, описывается организация ввода и изъятия данных.

Проектирование

Представляет собой разработку алгоритмов, выполнение функций заданных спецификаций, разрабатывается общая структурная схема вычислительной системы, определяются время и ответственные исполнители по каждому из блоков. Создается программа выполнения работ.

Кодирование

Представляет из себя выполнение реального программирования с использованием алгоритмических языков.

Тестирование

Осуществляется в два под этапа:



- автономное тестирование
- комплексное тестирование.

Автономное - испытание созданного программного продукта по блокам, модулям на которые разбивается программа.

Комплексное - испытание всего программного продукта в разных режимах.

### **Словарь терминов**

**Данные-** 1. зарегистрированные факты, описания явлений реального мира или идей, которые представляются достаточно ценными для того, чтобы их сформулировать и точно зафиксировать.

**Дигитайзер** - устройство для ручного цифрования картографической и графической документации в виде множества или последовательности точек, положение которых описывается прямоугольными декартовыми координатами.

**Дисплей-** устройство отображения с помощью которого осуществляется визуализация выводных данных.

**ЗИС** - земельно-информационная система представляет собой специализированную ГИС земельно-ресурсной и кадастровой направленности. В ряде случаев ЗИС подразумевает базу данных кадастровой или ресурсной специализации, не связанную с пространственными объектами.

**Идентификатор-** уникальный номер, присваиваемый пространственному объекту слоя, может присваиваться автоматически или назначаться пользователем, служит для связи позиционной и непозиционной части пространственных данных.

**Интерактивная обработка-** обработка данных в режиме двухстороннего диалогового взаимодействия человека (пользователя) и компьютера, обмена между последовательностью запросов (вопросов) и ответов, с целью вмешательства и управления вычислительным процессом.

**Интерфейс-**совокупность средств и правил, обеспечивающих взаимодействие вычислительных систем, входящих в их состав устройств, программ, а также пользователя с системой.

**Информационное обеспечение-** совокупность массивов информации, систем кодирования, классификации и документации, обслуживающая систему обработки данных.

**Картографирование** - Совокупность процессов и технологий создания карт, атласов и т. д.

**Картографический метод исследования**- метод научного исследования, в котором карта выступает как модель изучаемого объекта из промежуточного звена между объектом и исследователем.

**Картографический образ**- пространственная комбинация картографических знаков воспринимаемая читателем карты или распознающим устройством.

**Картометрия**- Измерения по картам.

**Карта-схема**- карта с неточно выдержанным масштабом и проекцией, упрощенным изображением элементов содержания.

**Квадротомическое представление** – Один из способов представления пространственных объектов в вид иерархической, древовидной структуры, основанный на декомпозиции пространства на квадратные участки.

**Квантование** - Операция преобразования данных из непрерывной формы в дискретную. 2. разбиение данных на подгруппы.

**Конвертирование форматов**- преобразование данных из одного формата в другой, воспринимаемый иной системой.

## **1. 8 Лекция №8 (2 часа).**

### **Тема: «Функции пространственного анализа информации в ГИС»**

#### **1.8.1 Вопросы лекции:**

1. Анализ сетей
2. Программные средства ГИС.
3. Данные. Типы данных. Виды структур данных.

#### **1.8.2 Краткое содержание вопросов:**

Практически все современные развитые ГИС содержат исчерпывающий набор запросных функций. Это относится как к инструментальным ГИС, так и к ГИС-вьюерам. Запросы позволяют формировать множество различных объектов (в том числе – пространственных) на основе заданных критериев, которые можно формулировать на языке пространственных взаимоотношений. Самой простой формой пространственных запросов являются получение характеристик объекта по указанию его курсором на экране и отображение объектов с заданными значениями атрибутов (обратная операция). В более развитых системах можно отбирать объекты, например, по признаку их удаленности от других объектов, соседства, совпадения и др. Классические функции пространственного анализа включают полигональный оверлей, анализ близости, буферизацию, алгебру карт, построение и анализ моделей рельефа, моделирование сетей. Операция буферизации обеспечивает такие возможности как, например, построение карт зон зашумленности,

доступности, распространения загрязнения по территории. При помощи оверлеев можно рассчитывать статистику и строить карты совместной встречаемости явлений. Результатом анализа сетей могут стать, например, карты транспортной доступности, распространения загрязнений по речной сети. Многие из этих операций требуют очень серьезных вычислительных затрат. Дополнительно ГИС предоставляют такие функции, как измерение длин, площадей, углов и проч.

Приведем далее краткий перечень основных функций пространственного анализа:

Полигональные операции

- Наложение полигонов.
- Определение принадлежности точки полигону.
- Определение принадлежности линии полигону.
- Снятие границы и слияние полигонов.

Анализ близости

· Построение буферных зон: на множестве точек, относительно кривых, на множестве полигонов, возможность взвешивания.

- Генерация полигонов Тиссена.

### **1. Анализ сетей**

- Поиск кратчайшего пути.
- Суммирование значений атрибутов по элементам сети.
- Размещение центров и распределение ресурсов сети.
- Поиск пространственной смежности.
- Поиск ближайшего соседа.
- Поиск по адресам.

Функции картографической алгебры

- Перекодирование и переклассификация.
- Средние, максимальные и минимальные значения ячейки по множеству слоев.
- Логические комбинации слоев.
- Сложение/вычитание, умножение/деление слоев карт.
- Возведение в степень, дифференцирование.
- Операции анализа в режиме скользящего «окна».
- Группировка или идентификация неразрывных зон равных значений.
- Характеристики формы (вытянутость, фрагментированность).

Цифровое моделирование рельефа

- Вычисление углов наклона.
- Определение экспозиций склонов.

- Интерполяция высот.
- Определение границ зон видимости для точечных объектов.
- Определение зон видимости для линейных объектов и полигонов.
- Генерация горизонталей с задаваемым пользователем сечением.
- Расчет дренажной сети и оптимального пути по поверхности.
- Генерация профилей поперечных сечений.
- Вычисление объемов относительно заданной плоскости.

Прочие функции

- Логические операции с множеством карт.
- Генерация случайной пространственной сети опробования.
- Работа с базами атрибутивной информации.

В качестве средств работы с атрибутивной информацией ГИС могут использовать внутренние или внешние СУБД.

Как правило, внутренние СУБД обладают более узким набором возможностей.

Для мощных систем характерно наличие «живых» связей с мощными серверами реляционных баз данных.

## **2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ**

### **2.1 Практическое занятие №1 (2 часа).**

**Тема: «Знакомство с ГИС. Основные функциональные возможности программы. Работа с данными»**

#### **2.1.1 Задание для работы:**

1. Ознакомится с ГИС
2. Научиться работать с данными

**2.1.2 Краткое описание проводимого занятия:** Изучение ГИС, основные функциональные возможности программы и работа с данными.

**2.1.3 Результаты и выводы:** В результате работы студенты должны ознакомиться с ГИС, основными возможностями программы и работой с данными.

### **2.2 Практическое занятие №2 (2 часа).**

**Тема: «Создание каталога для хранения ГБД. Создание ГБД. Создание наборов географических данных»**

#### **2.2.1 Задание для работы:**

1. Создание каталогов для хранения ГБД
2. Создание ГБД
3. Создание наборов географических данных

**2.2.2 Краткое описание проводимого занятия:** Создание каталогов для хранения ГБД, создание ГБД, создание наборов географических данных.

**2.2.3 Результаты и выводы:** В результате работы студенты должны научиться создавать создание каталогов для хранения ГБД, создание ГБД и создание наборов географических данных.

### **2.3 Практическое занятие №3 (2 часа).**

**Тема: «Импортирование системы координат. Настройка системы координат фрейма. Создание и настройка подтипа в классе. Создание классов реляционных отношений»**

#### **2.3.1 Задание для работы:**

1. Импортирование систем координат
2. Настройка систем координат фреймов
3. Создание и настройка подтипа в классе
4. Создание классов реляционных отношений

**2.3.2 Краткое описание проводимого занятия:** Импортирование систем координат, настройка систем координат фреймов, создание и настройка подтипа в классе, создание классов реляционных отношений

**2.3.3 Результаты и выводы:** В результате работы студенты должны импортировать системы координат, настраивать системы координат фреймов, создание и настройка подтипа в классе, создание классов реляционных отношений

### **2.4 Практическое занятие №4 (2 часа).**

**Тема: «Получение местоположений из атрибутивной информации. Построение локатора адресов. Геокодирование адресов»**

#### **2.4.1 Задание для работы:**

1. Получение местоположений из атрибутивной информации
2. Построение локатора адресов
3. Геокодирование адресов

**2.4.2 Краткое описание проводимого занятия:** Получение местоположений из атрибутивной информации, построение локатора адресов, геокодирование адресов.

**2.4.3 Результаты и выводы:** В результате работы студенты должны получать местоположение из атрибутивной информации, построение локатора адресов, геокодирование адресов.

### **2.5 Практическое занятие №5 (2 часа).**

**Тема: «Извлечение и наложение данных, соединение таблиц, статистический анализ данных»**

### **2.5.1 Задание для работы:**

1. Извлечение и наложение данных
2. Соединение таблиц
3. Статический анализ данных

**2.5.2 Краткое описание проводимого занятия:** Извлечение и наложение данных, соединение таблиц, статистический анализ данных.

**2.5.3 Результаты и выводы:** В результате работы студенты должны извлечение и наложение данных, соединение таблиц, статический анализ данных.

## **2.6 Практическое занятие №6 (2 часа).**

**Тема: «Выполнение анализа близости»**

### **2.6.1 Задание для работы:**

1. Выполнение анализ близости.

**2.6.2 Краткое описание проводимого занятия:** Выполнение анализа близости.

**2.6.3 Результаты и выводы:** В результате работы студенты должны выполнять анализ близости.

## **2.7 Практическое занятие №7 (2 часа).**

**Тема: «Решение пространственных задач при помощи запросов и анализа. Анализ данных о местообитаниях»**

### **2.7.1 Задание для работы:**

1. Решение пространственных задач при помощи запросов и анализа.
2. Анализ данных о местообитаниях.

**2.7.2 Краткое описание проводимого занятия:** Решение пространственных задач при помощи запросов и анализа, анализ данных о местообитаниях.

**2.7.3 Результаты и выводы:** В результате работы студенты должны научиться решать пространственные задачи при помощи запросов и анализа, анализировать данные о местообитаниях