

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Кафедра «Лесоводства и лесовоспроизведения»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ
ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.Б.04 Геоинформационные системы в лесном хозяйстве и
ландшафтном строительстве**

Направление подготовки: 35.04.01 Лесное дело

Профиль подготовки: Лесоведение, лесоводства и лесная пирология

Квалификация выпускника - магистр

Форма обучения: заочная

СОДЕРЖАНИЕ

1. Конспект лекций

1.1 Лекция № 1 Геоинформатика и географические системы

1.2 Лекция № 2 Пространственные отношения в ГИС анализе

1.3 Лекция № 3 Основные пакеты ГИС, используемые в настоящее время и их характеристики.

2. Методические указания по выполнению лабораторных работ

2.1 Лабораторная работа № ЛР-1 Пространственный объект и пространственные данные

2.2 Лабораторная работа № ЛР-2 Географическая привязка векторных и растровых покрытий

2.3 Лабораторная работа № ЛР-3 Измерения расстояний в растровых моделях ГИС

2.4 Лабораторная работа № ЛР-4 Цифровые модели рельеф

2.5 Лабораторная работа № ЛР-5 Основные пакеты ГИС, используемые в настоящее время и их характеристики.

1. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

1. 1 Лекция № 1 Геоинформатика и географические системы (2 часа).

Тема: «Геоинформатика и географические системы »

(указывается тема лекции в соответствии с рабочей программой дисциплины)

1.1.1 Вопросы лекции:

1. Общие сведения ГИС
2. ГИС и другие автоматизированные системы
3. Классификация ГИС

1.1.2 Краткое содержание вопросов:

1. Наименование вопроса № 1 *Общие сведения ГИС*

Геоинформатика — наука, технология и производственная деятельность по научному обоснованию, проектированию, созданию, эксплуатации и использованию географических информационных систем, по разработке геоинформационных технологий, по приложению ГИС для практических и научных целей.

Входит как составная часть в геоматику. Геоматика (англ. geomatics) — совокупность применений информационных технологий, мультимедиа и средств телекоммуникации для обработки данных, анализа геосистем, автоматизированного картографирования.

Термин, употребляемый как синоним геоинформатики, или геоинформационного картографирования.

Русский термин «геоинформатика» производный от термина «информатика» — иностранного заимствования, обозначающего научное направление, которое изучает теорию, методы и способы накопления, обработки и передачи данных, информации и знаний с помощью ЭВМ и других технических средств, или группу дисциплин, занимающихся различными аспектами применения и разработки вычислительных машин, куда обычно относят прикладную математику, программирование, программное обеспечение, искусственный интеллект, архитектуры ЭВМ и вычислительные сети.

Термин геоинформатика впервые был предложен в 1975 году Арнольдом Куликовичем. Арнольд Евгеньевич Куликович (р. 8 мая 1932, Москва) — советский и украинский геолог, геофизик. Доктор технических наук (1970), профессор (1982). Главный научный сотрудник Украинского государственного геологоразведочного института (УкрГГРИ)

Предметом изучения геоинформатики являются геообъекты, геосреда, геопроцессы (природные и техногенные).

Цель геоинформатики – создание компьютерных технологий (геоинформационных и автоматизированных систем) геологоразведочной деятельности по изучению строения и эволюции Земли, прогнозу и поискам месторождений полезных ископаемых с дальнейшей их разработкой, охране и (экологии?) мониторингу окружающей среды.

Основные задачи геоинформатики:

- разработка технических средств сбора, регистрации и передачи геоинформации с использованием вычислительной техники и вычислительных сетей;
- разработка методов хранения и многократного использования геоинформации на основе баз данных и систем управления базами данных;
- создание автоматизированных и геоинформационных систем по обработке и интерпретации геоданных с дальнейшим их развитием в экспертные системы;
- разработка методов интегрированного системного анализа многоуровневой и разнопараметровой геоинформации;
- построение информационно-аналитических систем.

В качестве **технических средств** геоинформатики выступают:

- цифровые и аналоговые регистрирующие устройства геофизических и геохимических полей;

- устройства автоматической цифровой картографической геоинформации (дигитайзеры – графические планшеты для ввода векторной информации);
- автоматизированные рабочие места и полевые вычислительные комплексы на базе персональных компьютеров и рабочих станций;
- экспедиционные и региональные вычислительные центры, информационно-вычислительный центр отрасли;
- локальные (на базе персональных компьютеров) и глобальные (на базе серверов) сети передачи информации.

Общие сведения о ГИС

Большинство используемых данных, с которыми работают информационные системы, имеют пространственную привязку - географические координаты, т.е. относятся к какому - либо географическому объекту. Это может быть место рождения, проживания, расположения, маршрут движения, наблюдения за фиксированными и движущимися объектами и др. Запросы на такие данные удобнее всего формулировать, указывая интересующий район на карте (страну, город и т.п.) или фильтровать результаты поиска в зависимости от географического района. Например, сервис Google выдает результаты поиска в зависимости от места проживания. Сервис Overture (<http://www.overture.com>) запустил систему контекстной рекламы в результатах локального или географического поиска.

Появилась возможность получить доступ к сведенной воедино географической информации, включающей в себя покрытие всего земного шара космическими снимками, модель рельефа и собственно векторные слои (карты) в системе координат GPS. Сервисы Google Maps и Google Earths, фактически представляющие собой базовую инфраструктуру геоданных, продемонстрировали потенциал уже завоевавших популярность географических информационных систем (ГИС). Простота ввода и агрегации данных с помощью сервиса Google Earth позволяет видеть в нем прообраз ГИС будущего — простых в использовании, открытых сред.

ГИС обеспечивает сбор, хранение, обработку, доступ, отображение и распространение геопространственных данных. ГИС содержит данные о пространственных объектах в форме их цифровых представлений (векторных или растровых), включает соответствующий задачам набор функциональных возможностей, в которых реализуются операции геоинформационных технологий, поддерживается программным, аппаратным, информационным, нормативно-правовым, кадровым и организационным обеспечением .

Инструменты ГИС позволяют осуществлять операции интерактивно и очень быстро, например, доставлять и выводить изображения на экран монитора, перемещаться по изображению, масштабировать изображение, «на лету» проводить обработку изображений, включая функции улучшения изображений, разбивку по каналам, совмещение изображений разного разрешения, использование фильтров и преобразований, вырезку фрагментов, перепроектирование, сборку мозаик изображений. При этом поддерживаются различные типы изображений, которые можно легко объединить. ГИС:

- интегрирует пространственную и любые иные типы информации;
- предлагает единую концептуальную, методическую и технологическую основу для организации и представления географических данных;
- позволяет рассматривать данные, основанные на признаках географического взаиморасположения объектов (близости/удаленности) в окружающем нас мире;
- предлагает новые, более близкие к аналоговым и потому легко воспринимаемые, способы манипулирования и отображения данных (посредством картографических образов).

По территориальному охвату различают **глобальные**, национальные, **региональные** и **локальные** ГИС. В зависимости от предметной области ГИС бывают муниципальные, **природоохранные**, кадастровые - земельные информационные системы. Проблемная

ориентация ГИС определяется решаемыми в ней задачами (научными и прикладными), среди них инвентаризация ресурсов (в том числе кадастр), анализ, оценка, мониторинг, управление и планирование, поддержка решений. Интегрированные ГИС совмещают функциональные возможности ГИС и систем цифровой обработки данных. Полимасштабные или масштабно-независимые ГИС основаны на множественных, или полимасштабных представлениях пространственных объектов, обеспечивая графическое или картографическое воспроизведение данных на любом из выбранных уровней масштабного ряда на основе единственного набора данных с наибольшим пространственным разрешением.

Основные определения

Геоинформационная система- это система аппаратно-программных средств и алгоритмических процедур, созданная для цифровой поддержки, пополнения, управления, манипулирования, анализа, математико-картографического моделирования и образного отображения географически координированных данных. ГИС обеспечивает взаимосвязь между любыми количественными и качественными характеристиками географических объектов и явлений, представленных в БД в виде точек, линий, площадей и равномерных сеток; содержит алгоритмы анализа пространственно-координированных данных.

Значение- единица информации, хранящаяся в слое для каждого пикселя или ячейки. Ячейки одной зоны (или района) имеют одинаковое значение.

Карта – это отображение географической информации, содержащее цифровое изображение файла, пригодное для отображения на мониторе компьютера, данными как таковыми она не является.**Электронная карта**- картографическое изображение, визуализированное с использованием программных и технических средств в заданной проекции, размерности, системе условных знаков на экране компьютера на основе БД. При необходимости электронная карта может быть трансформирована (представлена в другой проекции или масштабе) и дополнена новыми данными (например, текущей информацией).

Картограмма- это карта, показывающая распределение относительных показателей (плотность, интенсивность какого-либо явления, удельные величины и т.п.), по определенным территориальным единицам. Картограмма это один из способов картографического изображения, применяемый для показа относительных статистических данных путем заполнения контуров территориального деления (обычно, административных единиц) цветовыми заливками разного тона, штриховками плотности в соответствии с принятыми интервальными шкалами.

Местоположение- наименьшая единица географического пространства, для которого могут быть приведены какие-либо характеристики или свойства (пиксель, ячейка). Такая частица картографического плана однозначно идентифицируется упорядоченной парой координат - номерами строки и столбца.

Модели объемных тел— расширение векторной объектной модели, где каждая формообразующая точка объекта имеет три пространственных координаты (в «плоской» векторной модели третья координата может быть атрибутом объекта, а не частью геометрического описания). Трехмерный объект может иметь любое число ребер, соединенных произвольно, и граней, на которые могут накладываться растровые текстуры — изображения соответствующих участков объекта реального мира.

Наблюдение (измерение)— это действие, результатом которого является некоторая величина, характеризующая какое-то явление. Наблюдение моделируется как элемент в контексте ИСО 19109. Наблюдение использует некоторую процедуру для получения значений атрибутов экземпляра элемента, которая может осуществляться с помощью датчика или наблюдателя, аналитического метода, моделирования или другого численного процесса.

Пиксель- элемент изображения, который является самым малым неделимым элементом изображения.

Площадной контур (зона)- набор смежных местоположений одинакового свойства. Термин класс (или район) часто используется в отношении всех самостоятельных зон, которые имеют одинаковые свойства. Основными компонентами зоны являются ее значение и местоположения.

Покрытия— специальная разновидность векторной модели данных, где выделяются не изолированные объекты, а области пространства с единым набором характеристик. Элементом модели является однородный полигон (многоугольник), причем обязательным требованием является отсутствие разрывов и перекрытий между полигонами одного покрытия. Функционально покрытие аналогично раству, но во многих случаях обладает меньшей избыточностью. Наиболее популярным видом является сеть нерегулярной триангуляции, составляемая из непрерывной мозаики треугольников. Применяется для записи непрерывных распределений и поверхностей (рельеф, изменения температуры, влажности в виде изолиний). Примерами покрытия является растровое изображение, оверлей полигонов или цифровая модель данных (матрица).

Пространственные данные- цифровая информация о пространственных объектах, включающая сведения об их местоположении и свойствах, пространственных и непространственных атрибутах - обычно состоят из двух взаимосвязанных частей описания пространственного положения и тематического содержания данных. Структура пространственных данных включает широту, долготу и значение объекта (высота земли, глубина моря, границы стран, экономических зон, береговой линии, расположение фирм, пользователей и т.п.). Пространственные данные вместе с их семантическим окружением составляют основу БД. Необходимость учета динамичности, изменчивости данных, их обновления требует, наряду с географией, учета временных аспектов данных, расширяя понятие «пространственные данные» до пространственно-временных данных. Введение временной размерности данных требует создания четырехмерной ГИС.

Удостоверение местоположения пространственного объекта - описание его с помощью набора данных, включающего в себя координаты, идентификатор, наименование (при наличии адреса), топологические отношения с другими пространственными объектами, предоставляемое юридически значимым источником пространственных данных (ГОСТ Р 53339–2009 «Данные пространственные базовые. Общие требования»).

Разрешение- минимальная линейная размерность наименьшей единицы географического пространства, для которой могут быть приведены какие-либо данные. В растровой модели данных наименьшей единицей для большинства систем выступает квадрат или прямоугольник.

Такие единицы известны как сетка, ячейка или пиксель.

Множество ячеек образует решетку, растр, матрицу.

Пространственная сетка может быть как равномерной, так и неравномерной (когда все узлы задаются индивидуально).

Элемент – это объект, представляющий реальное явление, данные о котором собраны, объединены и распространены. Моделирование концептуальных географических элементов представлено в ИСО19101, ИСО19109 и имеет два уровня: уровень экземпляров и уровень типов. На уровне экземпляров географический элемент представлен в виде дискретного явления, которое обусловлено географическими и временными координатами, и может быть отображено с помощью конкретного графического символа. Эти отдельные экземпляры элемента группируются в классы с общими характеристиками – типы элементов. Каталог элементов определяется как каталог, содержащий набор экземпляров элемента для конкретного типа элементов (ИСО19110).

Геоинформационные данные содержат четыре интегрированных компонента:

- географическое положение (размещение) пространственных объектов представляется 2-х, 3-х или 4-хмерными координатами в географически соотнесенной системе координат (широта/долгота);
- атрибуты - свойство, качественный или количественный признак, характеризующий пространственный объект (но не связанный с его местоуказанием);
- пространственные отношения определяют внутренние взаимоотношения между пространственными объектами (например, направление объекта А в отношении объекта В, расстояние между объектами А и В, вложенность объекта А в объект В). Типовые вопросы, на которые способна ответить ГИС: Где находится А? Сколько А расположено в пределах расстояния D от В? Каково значение функции Z в точке X? Как велико по размерам В? Каков результат пересечения А и В? Каков оптимальный маршрут от X до Y? Что находится в X1, X2,..., Xn?;
- временные характеристики представляются в виде сроков измерения данных, они определяют их жизненный цикл, изменение местоположения или свойств пространственных объектов во времени.

Основополагающими элементами базы пространственных данных являются:

- реальный объект - явление окружающего мира, представляющее интерес, которое не может быть более подразделено на явления того же самого типа;
- объект БД - элемент, в том виде, в каком он представлен в БД (объект БД является "цифровым представлением целого или части реального объекта");
- метод цифрового представления явления изменяется исходя из базового масштаба и ряда других факторов.

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

В директиве INSPIRE [10,11] определены 34 объекта - географические наименования, адреса, дорожные сети, почвенный покров, геология и другие, по которым должны быть подготовлены пространственные данные в соответствии со стандартизованными моделями данных.

Качество пространственных данных определяется их точностью измерений, достоверностью и полнотой. Для пространственных данных выполняются операции ввода, экспорта, импорта, обмена, предобработки, обработки, анализа, вывода, визуализации и т.п.

Картографический материал и средства манипулирования этой информацией, включая топологические отношения, интеграция с атрибутивными данными, разного рода модели и методы статистических и геометрических расчетов, интегрированные в единую среду интерактивными графическими интерфейсами, являются мощным инструментом для решения разнообразных задач. ГИС позволяет проводить:

- операции ввода вывода;
- преобразование данных;
- визуальное исследование растровых и векторных данных;
- пространственный правдоподобный вывод;
- поисковые операции.

К операциям ввода вывода относятся:

- загрузка распределенных данных с использованием XML файла ГИС проекта;
- сохранение ГИС проектов и получение данных;
- выбор проекции карты, сохранение и вывод на печать;
- импорт и экспорт пространственных данных из различных векторных форматов, осуществление привязки к различным проекциям;
- организацию связей между картографическими объектами и записями БД;

- организацию связей с СУБД для решения задач управления и хранения информации.

Операции преобразования данных включают:

- конвертирование данных в различные форматы (SXF, DXF/DBF, MIF/MID, SHP, FLT (ASCII), PTS(ASCII), S57/S52, GEN, DGN, GRD, TIFF, EPS, EMF, JPG, PNG, GIF и т.д.);
- оперирование стандартными растровыми форматами и картографическими слоями;
- создание и редактирование сопровождающих картографические слои таблиц атрибутивных данных;
- выполнение картографических запросов (выбор необходимых слоев, вырезка необходимого района, увеличение изображения – ZOOM и др.);
- выполнение многоокритериальных запросов, включая SQL;
- создание тематических карт, отчетов;
- экспорт атрибутивных данных в форматы различных СУБД;
- редактирование картографической информации, координатную сетку;
- вычисление сеточных полей расстояний до векторных объектов, близости, плотности и т.д.;
- вычисление градиента, сглаживание в произвольном скользящем окне, вычисление среднеквадратического отклонения, выделение аномалий и т.д. или с помощью вычисления конструируемых пользователем произвольных функций от нескольких сеточных слоев;
- вычисление статистик конструируемых пользователем произвольных функций от атрибутов нескольких векторных слоев.
- отображение местоположения на фоне карты, пересчет координат, полученных в системах ГЛОНАСС (ПЗ-90) и НАВСТАР (WGS-84) в систему координат 42 года.

К операциям визуального исследования растровых и векторных данных относятся:

- проведение картографического измерения сеточных и векторных слоев;
- оценка статистик одного или двух сеточных слоев (мин. макс, среднее, среднеквадратическое отклонение, корреляции и ошибки аппроксимации), построение гистограмм;
- строить графики, разрезы сеточных слоев в виде совокупностей единичных точек и/или полигонов с помощью указания объектов на карте и с помощью автоматического выбора прецедентов по сеточному и точечному слою;
- проведение комплексного анализа по сходству (функция сходства формируется с помощью функции расстояния до прецедентов или как принадлежность к построенным по прецедентам полуинтервалам);
- моделирование освещенности (изученности) данными наблюдений;
- создание композиций карт из растровых и векторных слоев;
- изменение размеров и масштабов закраски, прозрачности, диапазона видимых значений, типа линий и размеров пиктограмм;
- поддержка многих картографических проекций, проведение геометрических измерений по карте, расчет площадных, объемных характеристик и другие операции;
- создание дополнительных элементов графического оформления (подписи, рамки, легенда), а также вывод высококачественных твердых копий на струйные или лазерные принтеры и плоттеры
- построение трехмерных моделей местности, перемещение по ней в реальном масштабе времени;
- отбор на карте объектов одного списка, имеющих определенную пространственную связь с объектами другого списка (вхождение, пересечение, примыкание, удаление в пределах заданного расстояния и тому подобное);

- построение списков объектов на основе атрибутивных характеристик объектов, отбор по условиям над связанными с объектами записями БД, отбор по условным знакам, по вхождению в заданную область, ручной отбор и т.д.;
- поиск минимального маршрута между узлами с учетом значений семантических характеристик ребер сети и нахождение объектов в пределах заданного расстояния от указанного узла (графа удаленности);
- создание диаграмм на карте по значениям семантических характеристик или значениям выбранных полей таблиц БД;
- поиск и отбор объектов по значениям атрибутивных характеристик, размерам, пространственному положению относительно других объектов;
- отображение трехмерных координат, скорости и азимута движения, пройденного расстояния, азимута на заданную точку и других параметров, пройденного пути и выбор маршрутов для дальнейшего движения;
- навигация по изображению, *скроллинг, откат*;
- просмотр содержания метаданных визуализируемого набора данных;
- масштабирование - может выполняться плавно или пошагово перемещением движка масштабной линейки, заданием численного значения знаменателя масштаба, инструментом «лупа» с неизвестным коэффициентом масштабирования и т.п.
- изменение параметров визуализации, заданных по умолчанию (цвет заливки, стили линейных графических элементов и т.п.), расчет расстояний по заданной ломаной линии, подсчет площадей полигона, снятие высотной отметки точки или построение вертикального высотного профиля.

К операциям пространственного правдоподобного вывода относится оценивание функций:

- сходства к выборке прецедентов;
- принадлежности к двум классам;
- непараметрической регрессии;
- предпочтения и нахождение логического выражения, объясняющего решающее правило.

Поиск пространственных данных производится по значениям атрибутов; пространству. Поиск по значениям атрибутов это аналог традиционного механизма поиска в реляционных БД. Задача этой схемы поиска состоит в нахождении объекта или группы объектов по заданным, значениям характеристик искомых объектов. Задача пространственного поиска состоит в нахождении объекта или группы объектов, пространственно-временные координаты которых включают (не включают) некоторое множество заданных пространственно-временных точек.

Поиск пространственных данных по метаданным образует ядро группы функций поиска. Согласно Директиве INSPIRE геопортал должен обеспечивать поиск пространственных данных по ключевым словам, классификаторам данных и геоинформационных услуг (геосервисов), названиям уполномоченных органов, критериям качества и достоверности данных, географическому положению, в соответствии с условиями доступа и использования данных, а также по правилам реализации.

Почти все геопорталы обеспечивают возможность простого (быстрого) поиска, обычно по географическому названию и/или ключевому слову из перечня тем, заданных пользователем или выбираемых им из выпадающего списка или тезауруса. Расширенный поиск, включающий возможности простого поиска, позволяет искать данные по их пространственно-временным характеристикам.

Временной интервал (охват), в котором локализованы данные, может быть задан периодом времени или глубиной ретроспективы. Поиск по пространственному охвату (экстенту) реализуется, помимо указания географического названия, путем задания

числовых значений географических координат углов ограничивающего прямоугольника или по ограничивающей рамке в окне поиска по картографическому изображению.

Тематические функции включают:

- поддержку многослойных матричных карт (в основе лежат геофизические данные), матриц рельефа и матриц качественных характеристик местности со своими легендами;
- построение ортофотопланов по материалам космической съемки центральной проекции, панорамным и щелевым снимкам, аэрофотосъемке;
- построение регулярных и нерегулярных матриц высот по векторным картам или набору точечных измерений;
- формирование изолиний по нерегулярным измерениям;
- поддержку атласа карт - быстрый переход между перекрывающимися картами разных масштабов, систем координат и проекций;
- поддержку стандартных систем классификации и кодирования карт, интерактивная настройка библиотек условных знаков и программирование новых примитивов;
- построение и анализ поверхностей для таких свойств местности как высота рельефа, концентрация загрязнения, количество осадков, уровень радиации, удалённость от заданного объекта и другие;
- создание модели зон затопления, используя измерения глубин и данные о рельефе местности;
- построение дорожной сети, решение транспортных задач.

Сервисы выполняют:

- разработку ГИС-приложений для решения специальных задач с применением языков Делфи, С в персональном варианте и java, РНРи других в серверном вариантах;
- построение мозаики из любого числа векторных, растровых и матричных карт;
- обработку данных топографо-геодезических изысканий в камеральных условиях, нанесения результатов вычислений на электронную карту и формирования отчетных документов по метрическим и атрибутивным данным;
- интерактивное проектирование информационных систем на основе встроенного конструктора форм, отчетов, SQL –запросов, анализа данных и построение графиков, диаграмм, тематическое картографирование, геокодирование;
- расчеты на плоскости и в пространстве с учетом искажений проекций, кривизны Земли, трехмерных координат, матриц высот и качественных характеристик;
- настройку пользовательских форм, создание графиков, диаграмм, обработка связанных БД, печать отчетов, возможности формирования макросов и запросов, организацию связи объектов карты с пользовательскими формами;
- автоматическую расстановку заполняющих знаков и подписей, оформление точек примыкания и пересечения объектов, формирование зрамочного оформления и легенды, размещение OLE-объектов; конвертирование в графические форматы и цветodelение.

В ГИС широко применяются вычислительные алгоритмы (линейные преобразования, нормализация, интерполяция и экстраполяция, статистические функции, приближение методом наименьших квадратов, анализ данных с помощью преобразований Фурье и т.п.). Научные дисциплины, благодаря которым стало возможным появление и развитие ГИС, включают геодезию, географию, дистанционное зондирование земли, информатику, картографию, математику, статистику, теорию управления, топографию, фотограмметрию.

Основными областями использования ГИС являются:

- экология и природопользование;
- земельный кадастр и землеустройство;
- управление городским хозяйством;

- региональное планирование;
- демография и исследование трудовых ресурсов;
- управление дорожным движением;
- оперативное управление и планирование в чрезвычайных ситуациях;
- социология и политология.

Специалисты, работающие в области ГИС и геоинформационных технологий, проводят накопление первичных данных, занимаются проектированием БД и ГИС, планированием, управлением и администрированием геоинформационных проектов, поддержкой ГИС, маркетингом и распространением ГИС-продукции и геоданных, профессиональным геоинформационным образованием и обучением ГИС-технологиям.

Что такое пространственные данные?

Пространственные данные идентифицируют географическое местоположение и свойства естественных или искусственно созданных объектов, а также их границ на земле. Эта информация может быть получена с помощью, дистанционного зондирования, картографирования и различных видов съемок. Пространственные данные содержат четыре интегрированных компонента: местоположение, свойства и характеристики, пространственные отношения, время. ГИС обеспечивает взаимосвязь между любыми количественными и качественными характеристиками географических объектов и явлений, представленных в БД в виде точек, линий, полигонов и равномерных сеток.

Географическое положение (размещение) пространственных объектов представляется 2-х (широта, долгота), 3-х (широта, долгота, высота или глубина) или 4-хмерными (широта, долгота, высота или глубина, время) координатами в географической системе координат. Наиболее универсальными и употребительными способами цифрового описания пространственных объектов являются:

2. Наименование вопроса № 2 ГИС и другие автоматизированные системы

В последние десятилетия информатизация общества и развитие автоматизированных систем, основанных на использовании компьютерных технологий, происходят на основе двух процессов: интеграции и дифференциации.

Дифференциация заключается в разработке специализированных программно-аппаратных средств; интеграция – в объединении систем и технологий и создании на этой основе качественно новых систем.

Основой информатизации в настоящее время является разработка и создание различных автоматизированных систем.

Системой (в предметной области) будем называть множество взаимосвязанных элементов, каждый из которых связан прямо или косвенно с каждым другим элементом, а два любые подмножества этого множества не могут быть независимыми, без нарушения целостности и единства системы.

Автоматизированной информационной системой (АИС) называют организационно-техническую систему, использующую автоматизированные информационные технологии в целях обучения, информационно-аналитического обеспечения научно-инженерных работ и процессов управления.

Данные, которые используются в автоматизированных системах, могут собираться с помощью различных технологий из различных источников данных. Общими характеристиками для всех будут: формат, форма представления.

Формат данных – способ их кодирования для обработки на компьютере. Он чаще всего задается используемыми программными средствами. Преобразование данных одного формата в другой формат без изменения информативности осуществляется с помощью специальных программ-конвертеров.

Форма представления данных определяется способом их визуального представления. Она различна для координатных и атрибутивных данных.

Координатные данные могут иметь табличную и графическую формы представления.

Выбирая те или иные аспекты рассмотрения АИС, мы можем привести их различные классификации.

По принадлежности к конкретной предметной области информационные системы подразделяются на три класса: технические, информационно-аналитические, экономические.

К техническим относят автоматизированные системы научных исследований (АСНИ), системы автоматизированного проектирования (САПР), гибкие производственные системы (ГПС), робототехнические комплексы (РТК) и др.

Информационно-аналитические автоматизированные системы включают: автоматизированные справочно-информационные системы (АСИС), базы данных (БД), экспертные системы (ЭС), статистические информационные системы (СтИС) и т.п.

Примером экономических систем могут служить автоматизированные системы управления (АСУ), бухгалтерские информационные системы (БуИС), банковские информационные системы (БИС), биржевые информационные системы (БиИС), маркетинговые информационные системы (МИС) и др.

По методу реализации АИС различают системы «под ключ» и инструментальные. Первые работают после установки, вторые требуют некоторой настройки в процессе (иногда также и после) установки с учетом конкретных требований пользователя.

По аспекту применения АИС на разных уровнях управления их подразделяют на:

АИС♣ операционного управления (оперативное управление);

АИС♣ для менеджеров среднего звена (тактическое управление);

АИС♣ руководящего персонала (стратегическое управление).

Как система управления ГИС применима на всех трех уровнях.

Главной физически реализуемой частью информационной системы является подсистема. Аспект поддержки системы необходимыми подсистемами позволяет представить информационную систему в виде совокупности поддерживающих подсистем.

Особенностью ГИС является то, что они интегрируют технологии систем трех перечисленных выше классов систем: технических, информационно-аналитических и экономических. Следовательно, ГИС могут быть использованы как любая из этих систем. Инструментальные системы служат основой реализации ГИС.

В конце XX в. благодаря активной автоматизации и компьютеризации информатизация проникла во все сферы науки и практики – от школьного образования до высокой государственной политики.

На базе информационных технологий созданы географические информационные системы (ГИС) – особые аппаратно-программные комплексы, обеспечивающие сбор, обработку, отображение и распространение пространственно координированных данных. Однако из основных функций ГИС – создание и использование компьютерных (электронных) карт, атласов и других картографических произведений.

Первая ГИС была разработана в Канаде на базе ЭВМ и пакетной системы обработки данных в начале 1960-х гг. Позже стало разрабатываться специальное программное обеспечение для решения различных геоинформационных задач. В середине 1980-х гг. были созданы программные продукты для систем автоматизированного проектирования (САПР), с помощью которых производилось автоматизированное составление карт. Появилась возможность создавать системы послойного типизированного представления чертежей и других изображений.

Появление интегрированных программных продуктов и информационных систем, позволяющих осуществлять интеграцию различных видов информации, ознаменовало в начале 1990-х гг. новый этап в развитии ГИС как автоматизированной интегрированной информационной системы.

В настоящее время в рамках ГИС исследуется не только географическая информация, но и все процессы и явления, которые происходят на земной поверхности. Современные ГИС являются интегрированными, поскольку совмещают в себе как данные, так и технологии.

В промышленно развитых странах существуют тысячи ГИС, используемых в экономике, политике, экологии, науки, образовании и т. д.

В создании ГИС участвуют многие международные организации (ООН, ЮНЕСКО и др.), правительственные учреждения, министерства, ведомства, частные фирмы, научно-исследовательские институты и университеты.

Во многих странах образованы национальные и региональные органы, в задачи которых входит развитие ГИС, а также определение государственной политики в области геоинформатики.

В государственных программах России, много внимания уделяется созданию и развитию ГИС разного ранга и назначения для целей управления.

Принято различать следующие территориальные уровни ГИС и соответствующие им масштабы.

Территориальные уровни ГИС

Вид ГИС	Охват территории	Масштабы
Глобальные	$5 \times 10^8 \text{ км}^2$	1:1 000 000–1:1 000 000 000
Национальные	$10^4\text{--}10^7 \text{ км}^2$	1:1 000 000–1:10 000 000
Региональные	$10^3\text{--}10^5 \text{ км}^2$	1:100 000–1:2 500 000
Муниципальные	10^3 км^2	1:1 000 000–1:1 000 000 000
Локальные (заповедники, национальные парки и др.)	$10^2\text{--}10^3 \text{ км}^2$	1:1000–1:50 000

ГИС подразделяются и по проблемной ориентации (тематике). Созданы специализированные земельные информационные системы (ЗИС), кадастровые (КИС), экологические (ЭГИС), учебные, морские, и многие другие системы.

К обязательным признакам ГИС относятся:

географическая♣ пространственная привязка данных;

генерирование♣ новой информации на основе синтеза имеющихся данных;

отражение♣ пространственно-временных связей объектов;

обеспечение♣ принятия решений;

возможность♣ оперативного обновления баз данных за счет вновь поступающей информации.

Любая ГИС базируется:

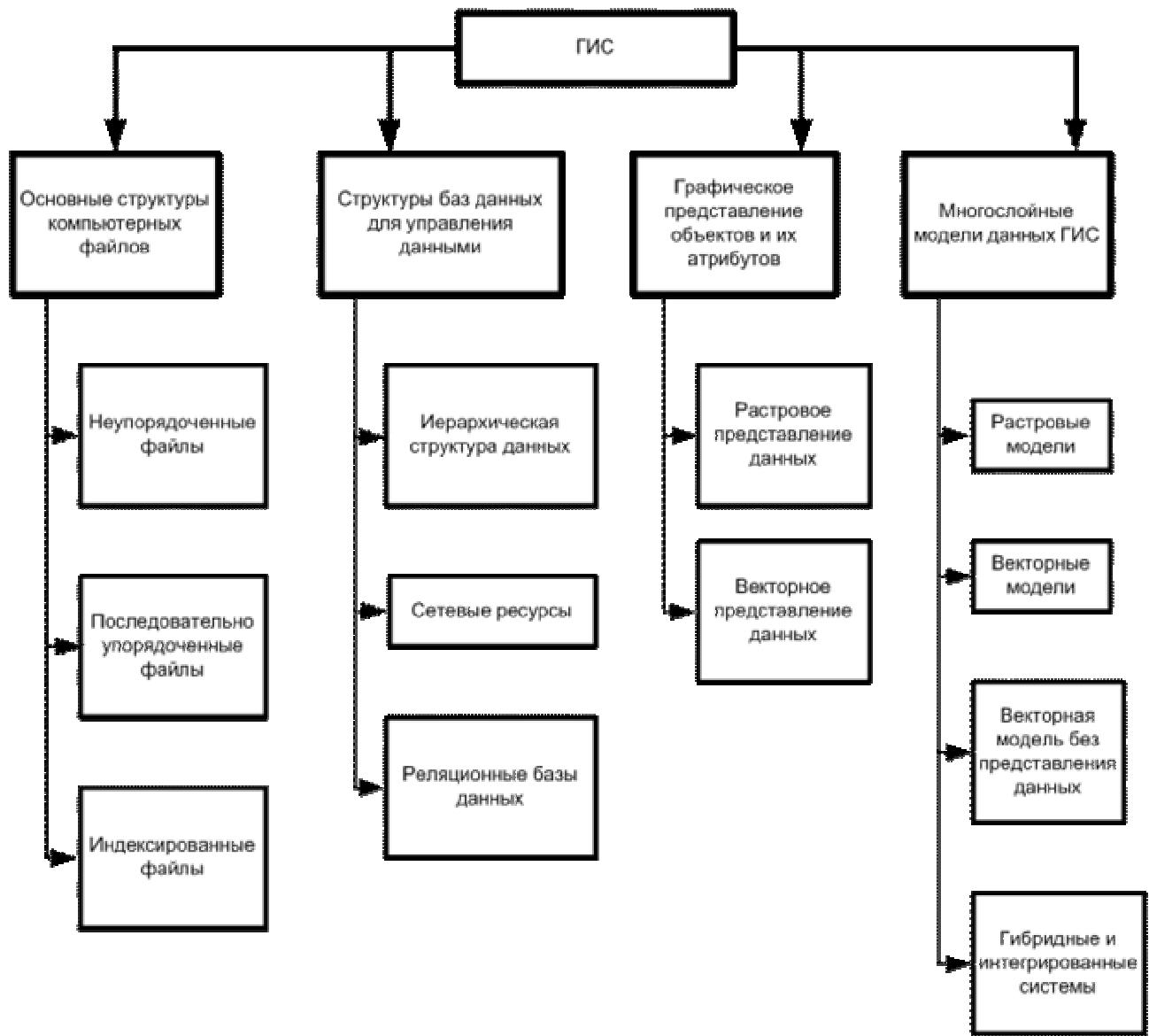
на♣ аппаратных средствах – различных типах компьютеров;

программном♣ обеспечении – программных продуктах, обеспечивающих хранение, анализ, визуализацию пространственной информации и т. п.;

информационном♣ обеспечении – данных о географическом положении, включая материалы дистанционного зондирования, кадастра и т. д.

Управление ГИС осуществляют пользователи, которые разрабатывают и поддерживают систему или просто решают поставленные задачи.

Структуру ГИС обычно представляют как набор информационных слоев. Слой – это совокупность однотипных пространственных объектов, относящихся к одной теме или классу объектов в пределах некоторой территории и в системе координат, общих для набора слоев. Геоинформационная структура данных в ГИС представлена на рис. 2.1.



3. Наименование вопроса № 3.

Классификация ГИС

Отраслевое использование ГИС-технологий

Возможности ГИС-технологий могут быть задействованы в самых различных областях деятельности. Вот лишь некоторые примеры использования ГИС-технологий:

административно-территориальное управление

- городское планирование и проектирование объектов;
- ведение кадастров инженерных коммуникаций, земельного, градостроительного, зеленых насаждений;
- прогноз чрезвычайных ситуаций техногенно-экологического характера;
- управление транспортными потоками и маршрутами городского транспорта;
- построение сетей экологического мониторинга;
- инженерно-геологическое районирование города.

телекоммуникации

- сотовая связь, традиционные сети;
- стратегическое планирование телекоммуникационных сетей;
- выбор оптимального расположения антенн, ретрансляторов и др.;
- определение маршрутов прокладки кабеля;

- мониторинг состояния сетей;
- оперативное диспетчерское управление
- .инженерные коммуникации
- оценка потребностей в сетях водоснабжения и канализации;
- моделирование последствий стихийных бедствий для систем инженерных коммуникаций;
- проектирование инженерных сетей;
- мониторинг состояния инженерных сетей и предотвращение аварийных ситуаций.
- транспорт**
- автомобильный, железнодорожный, водный, трубопроводный, авиа транспорт;
- управление транспортной инфраструктурой и ее развитием;
- управление парком подвижных средств и логистика;
- управление движением, оптимизация маршрутов и анализ грузопотоков. нефтегазовый комплекс
- геологоразведка и полевые изыскательные работы;
- мониторинг технологических режимов работы нефте- и газопроводов;
- проектирование магистральных трубопроводов;
- моделирование и анализ последствий аварийных ситуаций.
- силовые ведомства**
- службы быстрого реагирования, вооруженные силы, милиция, пожарные службы;
- планирование спасательных операций и охранных мероприятий;
- моделирование чрезвычайных ситуаций;
- стратегическое и тактическое планирование военных операций;
- навигация служб быстрого реагирования и других силовых ведомств.
- экология**
- оценка и мониторинг состояния природной среды;
- моделирование экологических катастроф и анализ их последствий;
- планирование природоохранных мероприятий.
- лесное хозяйство**
- стратегическое управление лесным хозяйством;
- управление лесозаготовками, планирование подходов к лесу и проектирование дорог;
- ведение лесных кадастров.
- сельское хозяйство**
- планирование обработки сельскохозяйственных угодий;
- учет землевладельцев и пахотных земель;
- оптимизация транспортировки сельскохозяйственных продуктов и минеральных удобрений.

КЛАССИФИКАЦИЯ ГИС

По архитектурному принципу построения среди геоинформационных систем выделяют:

- закрытые;
- открытые.

Закрытые системы характеризуются низкой ценой, заранее определенным классом решаемых задач, простотой интерфейса и быстрым освоением этих систем пользователями. Открытые системы имеют определенный набор функций и снабжены специальным аппаратом

для создания и встраивания пользователями специальных приложений, расширяя тем самым возможности базовых ГИС.

Открытые системы дороже и могут быть адаптированы к широкому классу задач.

1. 2 Лекция №2 (2 часа).

Тема: «Пространственные отношения в ГИС анализе»

1.1.1 Вопросы лекции:

1. Отношение при ГИС анализе
2. Отношения между векторными примитивами
3. Функциональные возможности ГИС

1.1.2 Краткое содержание вопросов:

1. Наименование вопроса № 1 Отношение при ГИС анализе

Пространственные отношения в ГИС-анализе Для представления пространственных объектов в ГИС используют пространственные и атрибутивные типы данных.

Пространственная информация – описывает положение и плановые очертания объектов (в координатах).

Каждый объект задается набором координат, которые описывают его местоположение и пространственную привязку.

Пространственные данные составляют более половины объема всей циркулирующей информации, используемой организациями, занимающимися различными видами деятельности, в которых необходим учет пространственного размещения объектов.

Атрибутивные данные - это качественные или количественные характеристики пространственных объектов, выражющиеся, в большинстве случаев, в алфавитно-цифровом виде.

Примеры таких данных: географическое название, видовой состав растительности, характеристики почв и т.п.

Природа пространственных и атрибутивных данных различна, в соответствии с этим различны и методы манипулирования (хранения, ввода, редактирования, поиска и анализа) для двух этих составляющих геоинформационной системы.

Одна из основных идей, воплощенных в традиционных ГИС - это сохранение связи между пространственными и атрибутивными данными, при раздельном их хранении и, частично, раздельной обработке.

Общее цифровое описание пространственного объекта включает: наименование; указание местоположения; набор свойств; отношения с другими объектами.

Названием объекта служит его географическое название (в случае если оно есть), его условный код или идентификатор, присваиваемый пользователем или системой. Однотипные объекты по пространственному и тематическому признакам объединяются в слои цифровой карты, которые рассматриваются как отдельные информационные единицы, при этом существует вероятность совмещения всей имеющейся информации.

Все объекты цифровой карты находятся в пространственной и логической зависимости между собой (соседство, пересечение и др.).

Иными словами можно сказать, что все объекты имеют пространственно-логические взаимосвязи.

Пространственно-логические связи условно разделяют на метрические и логические связи.

К метрическим связям относятся: совмещение объектов, наложение объектов друг на друга, примыкание, продолжение на смежном листе.

Данный вид связи на картах передается установлением одной или нескольких общих точек двух объектов. К примеру, при совмещении двух объектов координаты каждой точки метрики одного объекта должны совпадать с каждой точкой другого объекта, находящегося с ним в пространственной связи.

К логическим связям относят связи между объектами, которые не имеют пространственную связь, но имеют прямое отношение друг к другу.

Например, внутренний и внешний контуры объекта должны быть связаны логически; формирование единого водотока, имеющего общее название и разделенного на элементы по разным причинам, например, прерывание его водоемами, изменение ширины и др.

Пространственные данные могут быть представлены в ГИС двумя типами моделей: векторной и растровой.

В векторной модели любому объекту соответствует строка в таблице, и положение его границ в пространстве определено координатами X и Y. (ГИС соединяет данные точки линиями или контурами).

Объекты могут быть представлены отдельными точками, линиями либо полигонами.

Такие места на карте, как адреса пользователей или места совершенных преступлений представляются на карте как точка, имеющая пару географических координат.

Линии, такие как водотоки, дороги или трубопроводы представляются серией координатных пар.

Площади оконтуриваются границами и представляются в виде закрытых полигонов.

Они могут быть определены административно - как участки земли или страны, а могут иметь естественные границы – как речные бассейны. В процессе анализа векторных данных значительно больше времени затрачивается на обработку (обобщение) атрибутов в атрибутивной таблице слоя.

Растровая модель представляет непрерывное пространство в виде матрицы ячеек.

Каждый слой представляет один атрибут (хотя другие могут быть присоединены к нему), и поэтому больше времени уходит на создание новых слоев, несущих значения других атрибутов

2. Наименование вопроса № 2 Отношения между векторными примитивами

Пространственные взаимоотношения между векторными примитивами

Созданная прикладная географическая информационная система традиционно включает серию тематических цифровых векторных слоев на исследуемую местность.

Для выполнения анализа территории при решении конкретных географических задач, к примеру, выбора места для размещения и строительства рекреационного комплекса, школы, промышленного объекта и т.д., необходимо оперативно выполнять сопряженный анализ множества цифровых слоев с точечными, линейными и площадными (полигональными) моделями геообъектов.

В этой связи программное обеспечение ГИС позволяет выполнять аналитические операции, используя следующие типовые классы задач обработки моделей объектов. 1. вид обработки данных ГИС – «Связь: Точка-Точка».

В данном случае производится обработка нескольких точечных цифровых слоев для решения типа задач «определения дистанции от одного точечного объекта до другого» (например, расстояния от точки города (точечная тема «Города») до точки скважины по забору воды (точечная тема «Скважины воды» и др.) или решения типа задач «определения ближайших точек одной темы по отношению к точкам другой темы» (например, задача поиска ближайших точек розничной продажи от местонахождения заданного объекта и т.д.).

2. тип обработки данных ГИС – «Связь: Точка-Линия».

В данном случае выполняется обработка точечной и линейной тем для решения класса задач типа «точка на линии» (например, точки отбора проб воды на гидрохимический анализ на линейной теме «Реки и др.») или решения типа задач «поиск

ближайших точек от заданной линии» (например, определить точки расположения аптек на расстоянии 30 м от линии улицы и т.д.).

3. тип обработки данных ГИС – «Связь: Точка-Площадь».

В данном случае выполняется обработка точечной и площадной тем для решения класса задач типа «точка внутри площади» (например, точки отбора проб воды на гидрохимический анализ на площадной теме «Озеро» и др.) или решения типа задач «поиск ближайших точек от границ площадного объекта» (например, найти ближайшие точечные населенные пункты от границы республики на расстоянии 5 км и т.д.).

4. тип обработки данных ГИС – «Связь: Линия-Линия». В данном случае производится обработка двух линейных тем для решения класса задач типа «пересечение двух линий» (к примеру, отыскать на карте места пересечения линий дорог и линий речной сети и др.) или решения типа задач «перекрещивание двух линий без разрывов» (например, найти места пересечения железных и автомобильных дорог и т.д.), или же задач типа «поток в ...» (например, найти место впадения притока в основное русло реки или основная улица и тупиковый переулок т.д.).

5. тип обработки данных ГИС – «Связь: Линия-Площадь». В данном случае выполняется обработка линейной и площадной тем для решения класса задач типа «сечение двух линий» (например, найти на карте места пересечения линий дорог и линий речной сети и др.) или решения типа задач «пересечение линией полигона» (например, найти протяженность автомагистрали на территории административного района и т.д.), или задач типа «прилегать», когда линия является частью границы полигона (например, найти участки государственной границы, проходящей по реке т.д.).

6. тип обработки данных ГИС – «Связь: Площадь-Площадь».

В данном случае производится обработка двух площадных тем для решения класса задач типа «наложение двух полигонов» (например, указать в границах административного района зоны незавершенного строительства и др.) или решения типа задач «канклав» (например, острова на озере т.д.), или задач типа «общая смежная граница» (например, найти смежные участки государственной границы двух стран т.д.).

3. Наименование вопроса № 3 Функциональные возможности ГИС

Функциональные возможности ГИС

–набор функций ГИС и соответствующих им программных средств ГИС, включают операции геоинформационных технологий и группы операций, отдельные функции и функциональные группы (в их числе: ввод данных; преобразование, или трансформация данных; операции «картографической алгебры»; пространственный анализ; пространственное моделирование, или геомоделирование; визуализация исходных; вывод данных; настройки на требования пользователя; инструментарии разработчика.

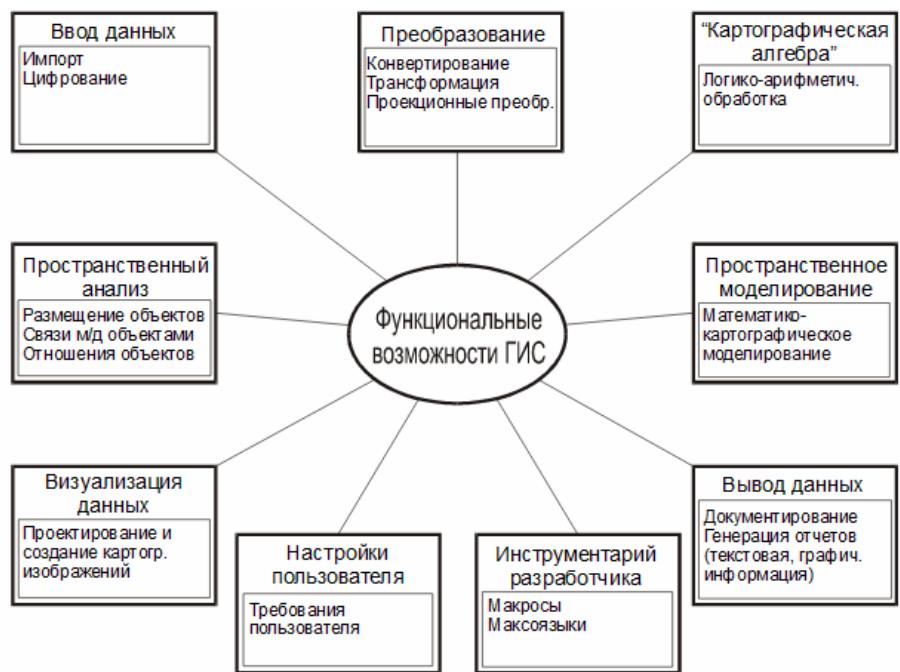


Рис. 1 Функциональные возможности ГИС

Богатство функциональных возможностей ГИС порождает большое количество их пользователей. В результате появляется новый набор терминов, определяющих систему на основе того, что она делает. Например, возможны «информационная система по природным ресурсам», «земельная информационная система» и т.д. поэтому, необходимо структурировать подход к классификации ГИС в виде таксонометрического дерева (рис.2)

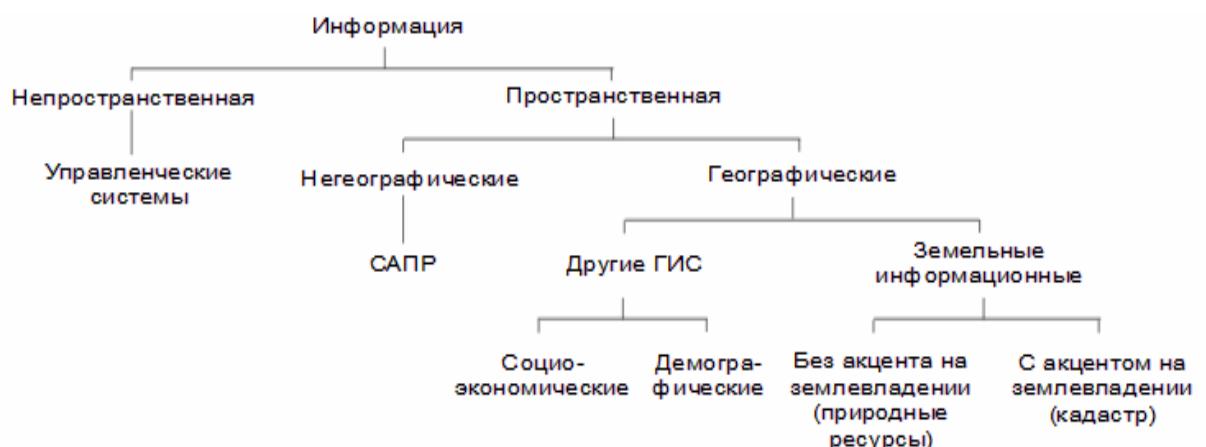


Рис. 2 Классификация информационных систем

Как видно из рисунка, в категории пространственных систем выделяется две подкатегории географические и негеографические ИС.

Негеографические хотя и имеют часто дело с некоторой частью географического пространства, обычно имеют слабую связь с самой земной поверхностью и координатами на ней (не использую геокодирование).

Несмотря на то, что ГИС могут быть любого назначения, их строение может быть описано в виде блочной структуры (подсистемы). В соответствии с этим, ГИС имеют следующие подсистемы:

1. Подсистема сбора данных. Здесь собираются, и проводится предварительная обработка данных из различных источников. Эта подсистема также в основном отвечает за преобразования различных типов пространственных данных.
2. Подсистема хранения и выборки данных. Организует пространственные данные с целью их выборки, обновления и редактирования.
3. Подсистема манипуляции данными и анализа. Выполняет различные задачи на основе данных, выполняет моделирующие функции.
4. Подсистема вывода. Отображает всю базу данных или ее часть в табличной, диаграммной или картографической форме. В дальнейшем, нас будет интересовать в основном подсистема манипуляции данными и анализа, так как в ней сосредоточено основная компонента ГИС, ее сердце –АНАЛИЗ.

1.3 Лекция № 3 (2 часа).

Тема: « Основные пакеты ГИС, используемые в настоящее время и их характеристики.»

1.1.1 Вопросы лекции:

- 1. Географическая карта и ее свойства**
- 2. Основные элементы географической карты**
- 3. Виды географических карт**

1.1.2 Краткое содержание вопросов:

1. Наименование вопроса № 1 Географическая карта и ее свойства

Любой грамотный человек легко отличит географическую карту от иных изображений земной поверхности — аэрокосмического снимка или рисунка. Но точно определить, что такая современная географическая карта, не так просто.

При попытке дать такое определение напрашиваются очевидные свойства карт: то, что они представляют собой уменьшенное изображение земной поверхности на плоской бумаге (или ином материале); что их содержание выражено условными знаками; наконец, что на картах географические объекты показаны по необходимости с большим отбором и в обобщенном виде.

Эти перечисленные неотъемлемые качества любой географической карты свидетельствуют, что карты представляют собой своеобразные модели соответствующих участков земной поверхности.

Термин «модель» широко применяется в современной науке. Напомним, что под моделью подразумеваются искусственно созданный объект, который, будучи подобен объекту исследуемому, отображает и воспроизводит в более простом (часто — уменьшенном) виде важнейшие свойства этого исследуемого объекта.

К изготовлению модели прибегают в случаях, когда изучать сам оригинал (исследуемый объект) по каким-либо причинам затруднительно или невозможно.

С учетом сказанного **географические карты** определяют как образно-знаковые модели действительности.

Картографические модели, какими являются географические карты, имеют свои особенности.

Установим прежде всего, что представляет собой сам отображаемый на картах оригинал (исследуемый объект), моделью которого служат географические карты. Это не только поверхность Земли или ее части, но и размещенные на ней или вблизи ее объекты и явления. Здесь подразумеваются, во-первых, все природные явления и объекты,

размещенные в пределах так называемой географической оболочки Земли, которая включает большую часть земной коры, всю гидросферу и всю атмосферу со всеми обитающими в них живыми организмами. Во-вторых, на картографических моделях находят отражение социальные явления, связанные с жизнью и деятельностью человеческого общества.

Все явления, расположенные вблизи земной поверхности, оказываются на картографических моделях как бы спроектированными (совмещенными) с этой поверхностью.

Это создает предпосылку для возможности устанавливать по картам географическое положение изображенных на них объектов, их размеры и взаимное расположение. Реализуется такая предпосылка наличием важного свойства картографических моделей — точности в показе местоположения изображенных на них объектов.

К числу важных свойств картографических моделей нужно отнести также их **обзорность и наглядность**. Свойство обзорности заключается в том, что читатель карты может охватить единым взглядом всю отображенную на ней часть земной поверхности (на мировых картах — поверхность всей Земли).

Связанное с этим свойство наглядности картографических моделей выражается в сравнительной легкости и скорости, с которыми подготовленный читатель воспроизводит в своем мозгу особенности показанных на карте явлений. Этот процесс облегчается тем, что на любой карте все явления действительности и представляющие их предметы местности отображены с отбором и обобщением их качественных и количественных характеристик. Можно сказать, что в результате чтения карты у читателя возникает обобщенный, но адекватный действительности «образ местности».

Например, вследствие чтения в прошлом географических карт у нас возникают мысленные образы Испании, острова Сахалин, когда мы слышим эти названия.

Перечисленными свойствами одновременно не обладает ни один из других видов изображений (моделей) земной поверхности (аэро-и космические снимки, рисунки, математические модели и др.). Поэтому значение географических карт в познании действительности необычайно велико.

Известный советский географ-картограф К.А. Салищев выделил основные функции карт как моделей действительности — коммуникативную, оперативную, познавательную и прогностическую.

Коммуникация, т.е. передача информации, осуществляется посредством карт при их использовании как источника сведений; карты выступают также хранилищем информации. Оперативная функция карт выражается в решении с их помощью различных практических задач, например в навигации, при планировании трасс путей сообщения, разработке планов освоения территории и др.

Познавательная функция карт используется и специалистами разных отраслей науки (и прочей деятельности), и учащимися для приобретения знаний. Прогностическая функция картографических моделей осуществляется при выявлении направления будущего развития изучаемых по ним явлений.

Изучение каких-либо явлений, основанное на анализе и использовании географических карт, называется **картографическим методом исследования**. Разработка этого метода составляет содержание особого раздела картографии, в котором изучаются вопросы использования карт для познания изображенных на них явлений. В то же время это одна из главных задач современной картографии.

Большое значение приобрели географические карты как средство научных исследований. Сфера их использования для познания окружающей действительности широка и многообразна.

Во многих отраслях знаний изучение явлений начинается с анализа существующих первичных карт, проходит этап сопоставления их с особенностями явлений,

наблюдаемыми в натуре, и завершается созданием новых карт. Нередко эти последние сопоставляются между собой для выявления новых фактов и связей и тенденций развития изучаемых явлений.

Такой путь познания особенно типичен для наук естественных, в частности наук о Земле (геологии, физической географии, геоморфологии, зоогеографии, географии растений, географии почв и др.).

Велика роль географических карт в комплексных исследованиях, в процессе которых устанавливают взаимосвязи явлений разнородных, но проявляющихся в одном и том же регионе.

Например, попытки прогнозировать землетрясения привели исследователей к мысли о связи, имеющейся между изменением геохимических свойств термальных вод и назревающими подвижками земной коры. Именно картографический метод исследования позволяет выявить очаги этих изменений, что так важно для определения сейсмической опасности.

Использование **картографического метода** с применением серий географических карт позволяет реализовать в полной мере современные научные принципы системности и комплексности в исследовании природных явлений.

Широко используется картографический метод исследования и в социальных науках. Без карт нельзя правильно оценить географические условия для нужд народного хозяйства, разработать планы охраны и улучшения географической среды, наметить целесообразное размещение производительных сил, указать направление комплексного развития экономических районов.

Можно перечислить много других направлений практического использования географических карт.

На самой местности их используют для ориентировки в пути. На транспорте карты используют для прокладки пути следования судов и самолетов; из телевизионных передач мы знаем, что в центре полетов космических кораблей их положение в каждый данный момент фиксируется на большой стенной карте.

Карты служат основой при проектировании транспортных путей, промышленного строительства, при разработке планов размещения объектов культуры. Незаменимы карты в военном деле. Без карт невозможно обучение.

2. Наименование вопроса № 2 Основные элементы географической карты

Изучение всякого сложного явления требует мысленного расчленения его на элементы, т.е. слагающие его составные части. Основными элементами географической карты являются само картографическое изображение и его математическая основа.

Картографическое изображение — это все те условные обозначения, которыми на карте отражены явления и объекты действительности. Изучая эти условные обозначения и их сочетания, читатель карты осмысливает географические особенности показанной на ней местности.

Характеристика свойств картографического изображения составляет основное содержание большинства последующих глав настоящего пособия.

Геометрические свойства картографического изображения — размеры и форма участков, занятых географическими объектами, расстояния между отдельными пунктами, направления от одного к другому — определяются его математической основой. **Математическая основа** карт включает в качестве составных частей геодезическую основу, масштаб и картографическую проекцию.

Чтобы уяснить значение каждого из перечисленных компонентов математической основы карты, следует представить себе трансформацию, которую должен претерпеть участок земной поверхности от его истинной, натуральной формы до изображения на плоской бумаге. При этом следует помнить, что описываемые ниже преобразования участков земной поверхности осуществляются при создании карты путем математических расчетов.

Поверхность суши Земли со всеми ее неровностями называется **физической**, или **топографической поверхностью** (рис. 1).

Она очень сложна и трудно поддается математическому выражению. Поэтому для построения карт приходится проектировать ее на иную, более простую, теоретическую (т.е. мысленную) поверхность, которая называется уровенной.



Рис. 1. Физическая и теоретические поверхности Земли

Уровенную поверхность представляют как поверхность Мирового океана, мысленно продолженную под материки при условии, что она в любой точке перпендикулярна отвесной линии.

По сравнению с физической поверхностью ее отличает большая сглаженность.

Фигуру Земли, ограниченную уровенной поверхностью, называют **геоидом** (т.е. подобная Земле).

Сложная форма геоида не может иметь математического выражения, но она близка к эллипсоиду (рис. 2).

Эллипсоид — поверхность, образованная вращением эллипса вокруг меньшей оси.

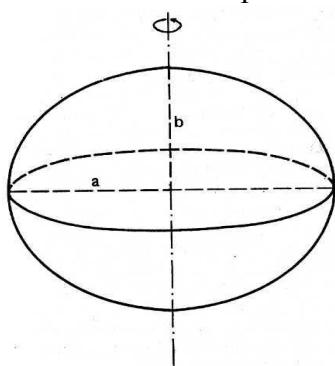


Рис. 2. Эллипсоид вращения (разница полуосей а и b утрирована)

В разных странах размеры земного эллипсоида несколько различаются. В СССР принят эллипсоид Красовского со следующими размерами:

большая полуось (в плоскости экватора) $a = 6\ 378\ 245$ м;

малая полуось (совпадает с осью вращения Земли) $b = 6\ 356\ 863$ м;

разность полуосей $a - b = 21\ 382$ м;

сжатие $= (a - b)/a = 1/298,3$.

Как показывает величина сжатия, эллипсоид Красовского мало отличается от шара, поэтому его называют также сфероидом.

На картах больших территорий истинные размеры земной поверхности оказываются уменьшенными в миллионы раз. При таком уменьшении различие величин

большой и малой полуосей оказывается на глаз незаметным. Поэтому при построении карт для упрощения расчетов Землю принимают за правильный шар с радиусом 6371,1 км.

От размеров принятого эллипсоида зависит положение точек земной поверхности, изображенных на картах, их взаимное расположение, а сам результат вычисления формы и величины земного эллипсоида составляет геодезическую основу карт. Для построения карты точки и линии физической поверхности Земли проектируют нормальми (ортогонально) на поверхность эллипсоида. Затем эту поверхность с проектированными на нее точками физической поверхности Земли уменьшают в нужное число раз.

Степень уменьшения определяется масштабом будущей карты. **Масштаб** выражается дробью, числитель которой равен единице, а знаменатель — величиной, указывающей, во сколько раз производится уменьшение.

Уменьшенную до нужного размера поверхность эллипсоида требуется далее отобразить на плоскости. Для такого перехода применяют ту или иную картографическую проекцию.

Картографическими проекциями называют математические способы изображения на плоскости поверхности эллипсоида (или шара).

Таким образом, для того чтобы получить изображение физической поверхности Земли (или ее части) на плоскости, нужно применить все три элемента математической основы и выполнить следующие операции:

- 1 — перенести ее на уровенную поверхность;
- 2 — выполнить уменьшение до нужных размеров и
- 3 — применить картографическую проекцию.

Естественно, что в результате изображение физической (и даже уровенной) поверхности на плоскости (на карте) оказывается неизбежно деформированным в геометрическом отношении, т.е. искаженным. Особенно заметные искажения проявляются на последней из трех операций — при применении картографических проекций. Картографические искажения, однако, могут быть учтены для внесения необходимых поправок при измерениях расстояний, направлений и площадей участков по картам.

Практически то или иное значение элементов математической основы карты используется следующим образом.

Точки земной поверхности, будучи спроектированными на эллипсOID Красовского, приобретают определенные географические координаты — широту и долготу. Их величина связана с тем, какие меридианы и параллели пересекаются в данной точке.

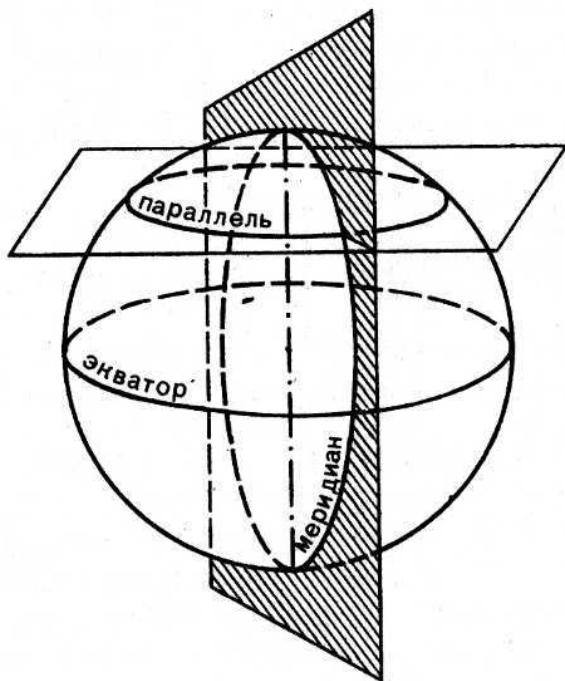


Рис. 3. Меридианы и параллели

Напомним, что **меридианом** точки называют линию пересечения земного эллипсоида плоскостью, проходящей через данную точку и ось суточного вращения Земли (рис. 3).

Параллель — линия пересечения земного эллипсоида плоскостью, перпендикулярной оси вращения. Линии меридианов и параллелей образуют градусную сеть Земли, а их изображение на картах называют **картографической сеткой**.

Попутно вспомним, что **экватор** — параллель, плоскость которой проходит через центр Земли, а полюсами называют точки пересечения оси вращения Земли с поверхностью эллипсоида.

Широту точек определяют как угол, образованный отвесной линией из данной точки поверхности эллипсоида и плоскостью экватора.

Долготой точки называют двугранный угол между плоскостью Гринвичского «нулевого» меридиана и плоскостью меридиана данной точки.

При построении карты сначала на листе бумаги в принятом масштабе и картографической проекции размещают узловые точки пересечения меридианов и параллелей и строят сами эти линии. Затем в образовавшиеся клетки врисовывают географические очертания.

Деформации картографической сетки устанавливаются сравнительно легко (например, путем сличения ее с градусной сеткой глобуса). Выявленные искажения картографической сетки определяют и искажения географического содержания карты.



Рис. 4. Элементы географической карты

Кроме картографического изображения и математической основы, карты могут иметь элементы дополнительной характеристики территории. К ним могут относиться дополнительные (так называемые «врезные») карты с изображением природных или

социальных элементов, не вошедших в содержание основной карты. Элементами дополнительной характеристики территории могут быть также профили, графики и диаграммы, фотографии или рисунки, а также цифровые данные и поясняющие тексты (рис. 4). Обозначения на карте, призванные облегчить читателю ее использование, относят к ее оснащению. Элементами оснащения могут быть: условные знаки (легенда), название карты, обозначение ее масштаба, изображение линий картографической сетки и др.

3. Наименование вопроса № 3 Виды географических карт

С древнейших времен и до наших дней в мире накопилось громадное количество географических карт

. В картографическом отделе библиотеки им. В. И. Ленина в Москве их содержится около 200 тыс. И теперь во всех странах ежегодно выходит из печати до 400—500 новых названий карт и более 1000 атласов. В СССР выпускается каждый год несколько тысяч видов карт миллионными тиражами.

Для удобства хранения и использования их делят на группы (классифицируют) по разным признакам, главными из которых являются охват изображенной территории, назначение, содержание и масштаб.

По охвату территории различают карты мировые, полушарий, материков и океанов, частей материков, в том числе групп стран и отдельных государств, частей государств.

В классификации по назначению выделяют карты учебные, агитационно-пропагандистские и справочные.

Последние подразделяют в зависимости от характера задач, которые с их помощью решают, на научно-справочные, навигационные, дорожные, военные, туристские и другие.

По содержанию карты принято подразделять на общегеографические и тематические. Название общегеографических карт поясняет, что на них представлена разносторонняя характеристика отображаемой территории.

По масштабу карты делят на три группы:

крупномасштабные, имеющие масштаб 1:200 000 и крупнее;
среднемасштабные — с масштабами мельче 1:200 000 и до 1:1 000 000 и мелкомасштабные, у которых масштабы мельче 1:1 000 000.

Такое деление по масштабу имеют и общегеографические и тематические карты.

Крупномасштабные общегеографические карты называют топографическими, среднемасштабные общегеографические — обзорно-топографическими, а мелкомасштабные общегеографические — обзорными.

Кроме географических карт, к картографическим произведениям относят: географические атласы, глобусы, рельефные карты, профили и блок-диаграммы.

Рельефные карты воспроизводят земную поверхность в виде трехмерной объемной модели.

Профили — вертикальные разрезы земной коры по определенным направлениям «родственны» картам по таким признакам: они построены в масштабе, содержат условные обозначения, представляют земную поверхность и размещенные вблизи нее явления в обобщенном виде.

Блок-диаграммы представляют собой совмещение перспективного изображения земной поверхности с профилями.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

2.1 Лабораторная работа №1 (2 часа).

Тема: « Пространственный объект и пространственные данные»

2.1.1 Цель работы: Познакомиться с видами пространственных данных в ГИС

2.1.2 Задачи работы:

1. Выделить пространственные данные в ГИС
2. Научиться различать пространственные данные в ГИС

2.1.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Компьютер
2. Программное сопровождение
3. Мультимедийное оборудование.

2.1.4 Описание (ход) работы:

Геоинформационная система — система сбора, хранения, анализа и графической визуализации пространственных (географических) данных и связанной с ними информации о необходимых объектах.

Также используется в более узком смысле — как инструмента (программного продукта), позволяющего пользователям искать, анализировать и редактировать как цифровую карту местности, так и дополнительную информацию об объектах.

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

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

Географические данные содержат четыре интегрированных компонента:

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

Понятие пространственного объекта и пространственных данных.

Объектом информационного моделирования в ГИС является пространственный объект. Это одно из ключевых понятий геоинформатики. Он может быть определен как цифровое представление (модель) объекта реальности (местности), содержащее его местоуказание и набор свойств (характеристик, атрибутов), или сам этот объект.

Некоторое множество цифровых данных о пространственных объектах образует пространственные данные.

Они состоят из двух взаимосвязанных частей: позиционной (топологико-геометрической) и непозиционной (атрибутивной) составляющих, которые образуют описание пространственного положения и тематического содержания данных соответственно.

Основные типы моделей пространственных данных.

Модели пространственных данных – отражают логические правила формализованного цифрового описания объектов реальности как пространственных объектов.

Из цифровых представлений пространственных данных (которые и принято называть моделями пространственных данных) состоит база данных любой ГИС.

Традиционно различают базовые модели пространственных данных:

- векторные модели, подразделяемые на два типа — векторные топологические и нетопологические модели;
- растровые модели;
 - регулярно-ячеистые модели, формально схожие с растровыми.

Векторная модель данных, особенности.

Векторная модель — представление пространственных объектов набором координатных пар, описывающее «геометрию» объектов и их пространственную локализацию.

Векторная модель используется для представления точечных, линейных и площадных объектов, обычно идентифицируемых в терминах координат (с этим фактом связано название «векторная модель»): местоположение точки описывается простым набором координат в двух- или трехмерном пространстве, линии — упорядоченным набором координат точек, область — границей, состоящей из одной или более замыкающихся линий.

Такая модель особенно удобна для представления дискретных объектов в соответствии с объектно-ориентированной моделью отображения реальности. Векторная модель хорошо подходит для представления топографических данных и границ объектов. Разновидностью векторной модели является векторно-топологическая модель данных, которая помимо геометрии описывает также взаимное расположение объектов — их топологические отношения («справа», «слева», «внутри», «примыкает» и т. п.).

Растровая модель данных. Характеристики растровых моделей.

Растровая модель — представление, пространственные объекты и их непрерывные географические изменения совокупностью ячеек конечного размера — растром.

Растровые модели удобны для хранения и анализа данных, распределенных непрерывно на некоторой области (объекты или явления — на некоторой территории) в соответствии с моделью географических полей. Растр представляет собой матрицу элементов изображения (пикселов) с присвоенными им кодами, идентифицирующими либо цвет изображения, либо класс объекта.

Значения пикселов могут быть результатами измерений, вычислений или интерполяции.

Регулярно-ячеистые модели — формально схожие с растровыми; создаются путем построения регулярной прямоугольной (гриды, GRID) или треугольной (триангуляция) сети, их построение в ГИС используют для задач географического анализа и моделирования непрерывных распределений данных.

Размер раstra (пикселя) или ячейки сети определяет пространственное разрешение данных — их пространственную детальность, и позволяет оценить точность (достоверность) моделирования. Разрешение связано с масштабом представления данных или сложностью рисунка местности или карты.

Способы ввода графической растровой информации.

Растровую графику редактируют с помощью растровых графических редакторов. Создается растровая графика фотоаппаратами, сканерами, непосредственно в растровом редакторе, также путем экспорта из векторного редактора или в виде снимков экрана.

Преимущества: Растровая графика позволяет создать практически любой рисунок, вне зависимости от сложности, в отличие, например, от векторной, где невозможно точно передать эффект перехода от одного цвета к другому без потерь в размере файла.

Распространённость — растровая графика используется сейчас практически везде: от маленьких значков до плакатов.

Высокая скорость обработки сложных изображений, если не нужно масштабирование.

Растровое представление изображения естественно для большинства устройств ввода-вывода графической информации, таких как мониторы (за исключением векторных устройств вывода), матричные и струйные принтеры, цифровые фотоаппараты, сканеры, а также сотовые телефоны.

Недостатки: Большой размер файлов у простых изображений. Невозможность идеального масштабирования. Невозможность вывода на печать на векторный граffопостроитель.

Из за этих недостатков для хранения простых рисунков рекомендуют вместо даже сжатой растровой графики использовать векторную графику.

Все реальные объекты отображаются на картах какими либо условными знаками (примитивами): точками, линиями, полигонами или поверхностями. Кроме того, немаловажным фактором является цветовая градация объектов, например изображение ландшафта или распределение плотности населения.

В рамках ГИС объекты реального мира явно представляются тремя типами объектов из указанных. Точки, линии и области могут представляться соответствующими символами, поверхности же представляются чаще всего либо высотами точек, либо другими компьютерными средствами.

Точечные объекты - это такие объекты, каждый из которых расположен только в одной точке пространства (деревья, дома, перекрестки дорог). О таких объектах говорят, что они дискретные, в том смысле, что каждый из них может занимать в любой момент времени только определенную точку пространства. Каждый из них может быть обозначен координатами своего местоположения. Возможность представления объекта точкой зависит от удаленности рассмотрения объекта.

Линейные объекты представляются как одномерные в нашем координатном пространстве (реки, границы, изгороди). Чем дальше мы от них, тем более тонкими они становятся, что оказывается возможным представить их себе как линейные объекты. Для линейных объектов, в отличие от точечных, мы можем указать пространственный размер простым определением их длины. Кроме того, поскольку они не занимают единственное местоположение в пространстве, мы должны знать, по меньшей мере, две точки - начальную и конечную - для описания местоположения линейного объекта в пространстве.

Объекты, рассматриваемые с достаточно близкого расстояния, чтобы иметь и длину и ширину, называются **областями или площадными объектами** (двор, город, континент).

При определении местоположения области в пространстве мы обнаруживаем, что ее граница является линией, которая начинается и кончается в одной и той же точке. Помимо указания местоположения областей через использование линий, мы можем использовать такие характеристики, как форму и ориентацию, а теперь еще и величину площади, которую область занимает.

Добавление нового измерения, высоты, к площадным объектам позволяет нам наблюдать и фиксировать поверхности не как плоскую область, а как трехмерный объект, имеющий длину, ширину и высоту.

2.2Лабораторная работа № 2 (2 часа).

Тема: «Географическая привязка векторных и растровых покрытий»

2.2 .1 Цель работы: Ознакомиться с растровыми данными и их использованием в ГИС.

2.2.2 Задачи работы:

1. Познакомится с определениями растр, пиксел, дистанционное зондирование, спутник, изображение, географическая привязка

2.2.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Компьютер
2. Программное сопровождение
3. Мультимедийное оборудование.

2.1.4 Описание (ход) работы:

Растровые данные используются в ГИС когда необходимо отобразить непрерывное по площади явление, которое нельзя легко разбить на векторные объекты.

Когда мы знакомились с векторными данными, был показан рисунок figure_landscape. Точечные, линейные и полигональные объекты хорошо подходят для отображения некоторых объектов ландшафта, например деревьев, дорог и зданий. Другие объекты отобразить при помощи векторных объектов сложнее.

Например, поля состоят из множества участков с разным цветом и плотностью покрытия. Можно было бы создать по одному полигону на каждое поле, но так мы потеряем большую часть информации из-за упрощения всех объектов в один полигон.

Это происходит из-за того, что атрибуты векторного объекта применяются ко всему объекту, именно по этой причине вектор не лучший выбор для отображения разнородных (не идентичных) объектов.

Другим решением была бы оцифровка каждого небольшого участка, отличающегося цветом травы и покрытием. Недостаток такого подхода в том, что потребуется очень много времени и сил для создания хорошего набора векторных данных.

Некоторые объекты ландшафта легко представить в виде точек, линий и полигонов (например, деревья, дороги, дома).

В других случаях это затруднительно. Например, как представить поля? В виде полигонов? А как тогда быть с различным цветом травы? В случае, если требуется отобразить большие площадные объекты с непрерывно меняющимися значениями, лучше всего использовать раstry.

Решением этих проблем является использование растровых данных. Многие используют растровые данные в качестве **подложки** под векторные слои, чтобы улучшить восприятие содержащейся в них информации.

Человеческий глаз очень хорошо распознает образы, поэтому использование изображения под векторными данными делает карты более понятными и удобочитаемыми. Растровые данные хорошо подходят не только для изображений реальной поверхности (например, спутниковые изображения или аэрофотосъемка), но и для отображения абстрактной информации. К примеру, растр может использоваться для визуализации тенденции осадкой на протяжении года, или для отображения вероятности пожара.

В таких случаях каждая ячейка раstra содержит некоторую величину, например вероятность возникновения пожара по десятибалльной шкале.

На рисунке figure_raster_types показано различие между изображением полученным со спутника и изображением, которое показывает результат расчетов.

Figure Raster Types 1:

Полноцветные раstry (слева) полезны, так как позволяют увидеть детали, которые трудно отобразить в виде векторных объектов, но легко разобрать на растре. Раstry также могут отображать не фотографическую информацию. Например, раstralный слой справа показывает среднюю минимальную температуру в Восточно-Капской провинции в марте.

Географическая привязка
http://docs.qgis.org/2.6/ru/docs/gentle_gis_introduction/raster_data.html - georeferencing

Географическая привязка это процесс определения точного расположения раstra на поверхности Земли. Эта информация хранится вместе с самим изображением. Когда ГИС-приложение открывает снимок, информация о привязке используется для того, чтобы снимок отобразился на своем месте. Обычно привязка включает в себя координаты левого верхнего пикселя изображения, размер пикселей изображения по высоте и ширине, а также угол поворота (если он есть). ГИС-приложению достаточно этой информации чтобы обеспечить правильное отображение раstralных данных. Часто информация о географической привязке содержится в небольшом текстовом файле, сопровождающем растр.

Источники раstralных данных
http://docs.qgis.org/2.6/ru/docs/gentle_gis_introduction/raster_data.html - sources-of-raster-data

Раstralные данные могут быть получены различными путями. Два наиболее распространенных — аэрофотосъемка и спутниковые снимки.

В случае аэрофотосъемки самолет со специальной камерой пролетает над некоторой областью. Затем фотографии загружаются на компьютер и выполняется их привязка. Спутниковые снимки получаются когда спутник, находящийся на орбите посредством специальных сенсоров получает изображение земной поверхности над которой он пролетает. После того как изображение получено, оно отсылается на Землю при помощи радиосигналов.

Сигналы принимаются специализированными приемными станциями, одна из них показана на рисунке *figure_csir_station*. Процесс получения раstralных данных с самолета или спутника называют **дистанционным зондированием**.

Figure CSIR Station 1:

Центр космических исследований CSIP в Хартебестхуке близ Йоханнесбурга. Специальные антенны отслеживают проходящие над центром спутники и получают с них изображения посредством радиоволн.

Также раstralные данные могут быть получены в результате вычислений. Например, страховая компания может взять статистику преступлений и создать раstralную карту страны, показывающую уровень преступности в каждом регионе. Метеорологи (люди, изучающие погоду) могут создавать раstry, показывающие среднюю температуру по региону, число осадко и преимущественное направление ветра, используя данные от погодных станций (см. рисунок *figure_csir_station*). В этих случаях используются такие методы анализа раstralов как интерполяция (которая рассматривается в разделе *Spatial Analysis (Interpolation)*).

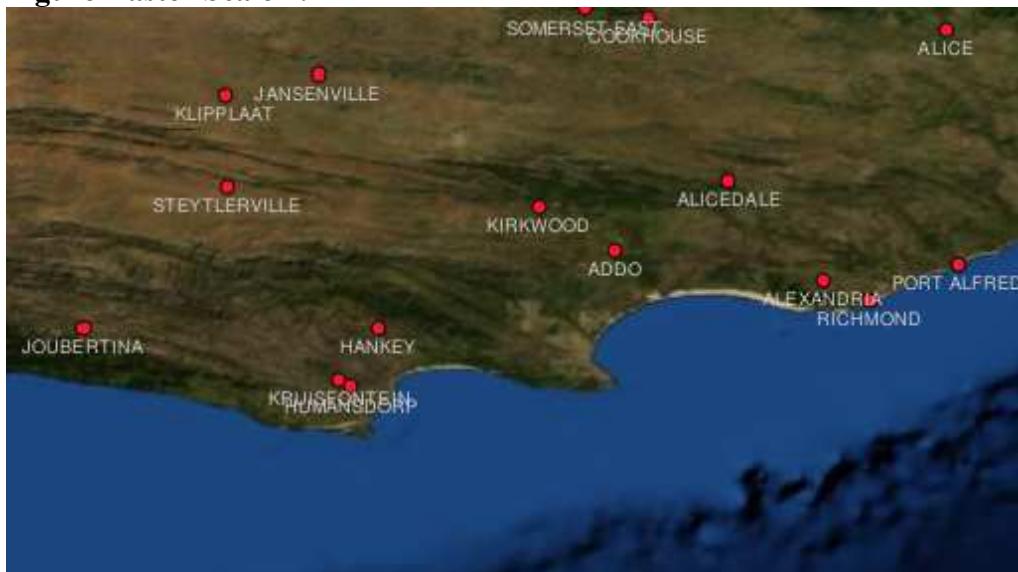
Иногда раstralные данные создаются из векторных данных, т.к. владелец этих данных может захотеть распространять их в удобном для использования формате. К примеру, компания имеющая информацию об автодорогах, железной дороге и кадастровых участках в векторном виде, может создать раstralную версию этих наборов, чтобы сотрудники могли просматривать их в веб-браузере. В большинстве случаев такой подход имеет смысл только если атрибути, необходимые пользователям, могут быть отображены на самой карте в виде подписей или условных знаков. Если пользователю необходимо работать с атрибутами данных, использование раstralных форматов не

лучший выбор, т.к. раstry в подавляющем большинстве случаев не имеют связанных с ними атрибутов.

Пространственное разрешениеhttp://docs.qgis.org/2.6/ru/docs/gentle_gis_introduction/raster_data.html - spatial-resolution

Каждый растровый слой в ГИС имеет пиксели (ячейки) фиксированного размера, которые и определяют его пространственное разрешение. Это хорошо заметно, если сначала посмотреть на изображение в мелком масштабе (см. figure_raster_small_scale), а затем перейти крупному (см. figure_raster_large_scale).

Figure Raster Scale 1:



Спутниковое изображение выглядит хорошо на мелких масштабах...

Figure Raster Scale 2:



...но при увеличении можно разглядеть отдельные пиксели, из которых состоит растр.

Пространственное разрешение определяется несколькими факторами.

В случае данных дистанционного зондирования, пространственное разрешение обычно определяется возможностями сенсора, использовавшегося для получения изображения. Например, спутники SPOT могут выдавать изображения где каждому пикселью соответствуют участок размером 10 м x 10 м. Другие спутники, например MODIS, формируют изображения с разрешением 500 м на пиксель. При аэрофотосъемке, разрешение в 50 см. не такая уж и редкость.

Изображения, у которых пикселям соответствует маленькие участки поверхности, называются **снимками высокого разрешения**, т.к. на них можно разглядеть больше деталей. Изображения, у которых пикселям соответствует большие участки поверхности называются **снимками низкого разрешения**, т.к. количество деталей на них весьма мало.

В случае растровых данных, полученных при помощи пространственного анализа (как в упомянутой выше карте осадков), пространственное разрешение снимка определяется плотностью исходной информации. Так, если требуется создать карту осадков высокого разрешения, необходимо получить данные с большого числа близкорасположенных погодных станций.

При использовании данных высокого разрешения необходимо учитывать требования к дисковому пространству. Представьте себе растр размером 3 x 3 пикселя, каждый из которых содержит число, отражающее уровень осадков. Для хранения этой информации нам необходимо сохранить в памяти компьютера 9 чисел. Теперь представьте, что вам нужен растр на территорию Южной Африки с разрешением 1 км на пиксель. Площадь Южной Африки примерно $1,219,090 \text{ km}^2$. Это значит, что ваш компьютер должен сохранить более миллиона чисел на диске. Уменьшение размеров пикселя значительно увеличивает потребность в дисковом пространстве.

Изображения с низким разрешением могут быть полезны когда требуется работать с большими территориями и нет необходимости рассматривать какую-либо область в подробностях.

Хорошим примером является карта облачности — полезно увидеть распределение облаков по стране. А изучение одного облака при большом увеличении никак не поможет в прогнозировании погоды!

С другой стороны, использование низкодетальных растров может быть неоправданным, если вас интересует относительно небольшая область, т.к. в этом случае вы скорее всего не сможете рассмотреть отдельные объекты.

Спектральное разрешение

Когда вы делаете снимок цифровой фотокамерой или камерой мобильного телефона, камера использует специальный сенсор для выделения красного, зеленого и синего цветов. При печати или выводе на экран, красная, зеленая и синяя (RGB) составляющие объединяются и вы видите изображение.

Пока информация остаётся в цифровой форме, эти три составляющие хранятся в отдельных **каналах**.

Хотя наш глаз может воспринимать только волны, с длиной соответствующей цветам RGB, электронные сенсоры камер способны улавливать излучения, невидимые глазу. Разумеется, обычной фотокамере нет необходимости сохранять информацию о **невидимой** части спектра, так как большинство людей просто хочет смотреть на фотографии своей собаки или что там у вас снято. Растровые изображения, содержащие данные о невидимой части спектра называются **мультиспектральными изображениями**. В ГИС использование невидимой части спектра находит широкое применение, например, использование инфракрасной части спектра полезно при идентификации водных объектов.

Так как раstry с несколькими каналами широко применяются в ГИС, растровые данные очень часто поставляются в виде многоканальных изображений. Каждый канал является отдельным слоем. ГИС объединяет любые три канала и интерпретирует их как красный, зеленый и синий, так что человеческий глаз может их воспринимать. Число каналов раstra также называют **спектральным разрешением**.

Если изображение состоит только из одного канала, говорят, что это **изображение в оттенках серого**. Такие раstry можно «раскрашивать», чтобы подчеркнуть различия в значениях пикселей. Раскрашенные изображения обычно называют **псевдоцветными**.

Преобразование растра в вектор

Когда мы рассматривали векторные данные, было сказано, что растровые данные часто используются в качестве подложки, по которой затем выполняется оцифровка векторных объектов.

Другим подходом является использование специализированных компьютерных программ для автоматического распознавания объектов. Некоторые объекты на изображении, например дороги, характеризуются резким изменением цвета соседних пикселей. Программа анализирует такие изменения и в результате создаёт векторные объекты. Такой функционал, как правило, доступен в специализированных (и зачастую дорогих) ГИС-приложениях.

Преобразование вектора в растр

Иногда бывает полезно преобразовать векторные данные в растр. Побочным эффектом такого действия будет потеря атрибутивной информации, связанной с исходными векторными данными. Преобразование векторных данных в растр может быть полезным в случае, когда необходимо предоставить ГИС-данные пользователю не имеющему ГИС. При использовании обычных растровых форматов, человек получивший изображение, сможет легко просмотреть его на своем компьютере без необходимости устанавливать специальное ПО ГИС.

Анализ растров

Существует множество видов анализа, которые используют растровые данные и не могут работать с векторными. К примеру, растры могут использоваться при моделировании потока воды по земле. А затем эта информация будет использована при построении водосборных бассейнов и сети потоков.

Растровые данные широко применяются в сельском и лесном хозяйстве для управления растениеводством. Например, спутниковое изображение полей фермера поможет идентифицировать области с бедной растительностью с тем чтобы потом удобрять их интенсивнее. Лесники используют растровые данные для прогнозирования числа древесины, которую можно собрать на участке.

Растровые данные также очень важны при борьбе со стихийными бедствиями. Анализ цифровой модели рельефа (разновидности растров, где каждый пиксель содержит высоту над уровнем моря) может использоваться для поиска районов, которые могут быть затоплены. Это может потребоваться для выполнения целевых операций спасения или при оказании помощи наиболее пострадавшим районам.

Частые ошибки / о чём стоит помнить

Как мы уже говорили, высокодетальные снимки требуют больше дискового пространства.

Что мы узнали?

Подведём итоги:

- Растровые данные это сетка **пикселей** одинакового размера.
- Раstry хорошо подходят для отображения **непрерывных величин**.
- Размер пикселя определяет **пространственное разрешение** раstra.
- Раstry могут состоять из нескольких **каналов**, охватывающих одну и ту же область, но содержащих разную информацию.
 - Если растр содержит каналы, соответствующие различным диапазонам спектра, он называется **мультиспектральным**.
 - Три канала мультиспектрального изображения могут интерпретироваться как красный, зеленый и синий канал.
 - Одноканальные изображения называются изображением в **оттенках серого**.
 - ГИС может отображать одноканальные изображения в оттенках серого как псевдоцветные.
 - Раstry могут занимать много места на диске.

2.3 Лабораторная работа № 3 (2 часа).

Тема: «Измерения расстояний в растровых моделях ГИС»

2.3.1 Цель работы: Ознакомиться с растровыми данными и их измерениями.

2.3.2 Задачи работы:

1. Познакомится с определениями растр, пиксел, дистанционное зондирование, спутник, изображение, географическая привязка и методами их измерения

2.3.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Компьютер
2. Программное сопровождение
3. Мультимедийное оборудование.

2.3.4 Описание (ход) работы:

Ввод растровых данных следует иной стратегии, нежели ввод векторных данных. Растровый ввод иногда все еще делается с использованием накладной сетки, когда атрибуты вводятся последовательно, друг за другом.

Широкая доступность сканеров быстро вытесняет этот трудный метод ввода, однако его применение хорошо иллюстрирует разные методы, используемые программами оцифровки для ввода ячеек раstra. В прошлом часто использовался также метод оцифровки раstra с помощью дигитайзера, когда полученный с дигитайзера контур объекта в виде векторов затем заполняется пикселями уже самой программой оцифровки.

Прежде всего необходимо решить, какую площадь должна занимать каждая ячейка раstra. Это решение должно быть принято до начала оцифровки или наложения сетки, чтобы сообщить программе оцифровки размер ячейки или дать оператору сведения о размерах квадратов сетки.

Кроме того, нам следует решить, пригодится ли какой-нибудь метод кодирования (типа группового или блочного кодирования), который мог бы сократить процесс. При том, что методы сжатия данных хороши для уменьшения их объема, использование этих методов при вводе может оказаться не менее важным благодаря сокращению времени ввода. Некоторые растровые ГИС, не поддерживающие ввод с дигитайзера или поддерживающие ввод и с клавиатуры, и с дигитайзера, имеют команды, позволяющие вводить данные в виде цепочек или блоков атрибутов. Выбрав метод ввода, вы должны решить, как каждая ячейка раstra будет представлять различные имеющиеся темы. Помимо разрешения раstra, это может быть наиболее важным мнением, которое вы должны принять.

Рассмотрим этот вопрос более подробно.

Для ввода растровых данных наиболее широко применяются сканеры. Однако, следует учитывать, что введенные со сканера тематические данные не становятся автоматически тематическими данными в растровой ГИС.

Дело в том, что однородно закрашенные на карте области после считывания сканером неизбежно получают некоторый разброс значений, вследствие многих причин: неоднородность нанесения краски на карту, незаметная для глаз, неоднородность подсветки в сканере, износ карты и т.д.

Кроме того, тематические карты обычно печатаются офсетным способом, который предполагает образование всего богатства полутонов и цветовых оттенков смешением мельчайших точек красок небольшого числа цветов.

При сканировании эти незаметные на глаз точки, превращаются во вполне самостоятельные пиксели, образующие "винегрет" на месте внешне однородной по цвету области. Естественно, такие карты не пригодны для анализа.

Результат сканерного ввода в сильной степени зависит от соотношения разрешений сканера и полиграфического растра. Именно сложность решения этой проблемы приводит иногда к решению использовать упомянутый выше способ ввода растровых данных посредством векторной оцифровки контуров объектов с последующим преобразованием в растр.

УСТРОЙСТВА ВВОДА

Самые разные типы устройств использовались и используются для ввода информации в компьютер. Большинство из них, если не все, в большей или меньшей степени используются сегодня для ввода в ГИС.

Возможно, первым подходом к картографическому вводу было утомительное и подверженное ошибкам использование прозрачного материала с нанесенной сеткой, с помощью которого данные, ячейка за ячейкой, вводились вручную в компьютер. В большинстве случаев ячейкам растра присваивались числовые значения, которые, опять же вручную, друг за другом вносились в компьютер. Это требовало применения некоторого правила, определяющего, где внутри ячейки растра помещался вводимый объект.

В качестве такой точки может использоваться центр ячейки или любой из четырех ее углов. В то время как знание точного положения точки пространственной привязки каждого элемента принципиально необходимо для векторных систем, также важно определить это и для растровых данных, которые будут представляться внутри компьютера ячейками растра.

Представьте себе, например, измерение расстояния на основе количества ячеек растра: вам нужно будет знать, от чего вы отсчитываете, – от сторон ячеек или от их центров. В конце концов, помните, что всякая ячейка растра занимает некоторую площадь. И чем больше эта площадь (т.е. чем ниже разрешение), тем более значимым становится этот вопрос.

Обычно приходится работать с более современным и сложным оборудованием. Для ручного ввода пространственных данных стандартом является дигитайзер. Он является более совершенным и гораздо более точным родственником наиболее широко используемого графического манипулятора – мыши, которую пользователь может свободно перемещать по практически любой поверхности.

Внутри мыши находятся датчики, которые реагируют на вращение резинового шара, помещенного внутрь корпуса мыши.

Для увеличения точности подобного устройства в дигитайзере используется электронная сетка на его столике. К столику присоединено подобное мыши устройство, называемое курсором, которое перемещается по столу в различные положения на карте, которая к этому столу прикреплена.

Курсор обычно имеет перекрестье, нанесенное на прозрачную пластинку, которое позволяет оператору позиционировать его точно на отдельных элементах карты. Кроме того, на курсоре размещены кнопки, которые (число их зависит от уровня сложности устройства) позволяют указывать начало и конец линии или границы области, явно определять левые и правые области и т.д.

Использование кнопок определяется в основном спецификой программы ввода. Рабочая поверхность дигитайзера может быть гибкой или жесткой, размерами от книжной страницы до очень больших форматов для размещения больших карт, даже с запасом. Некоторые из крупноформатных дигитайзеров имеют подъемно-поворотное основание, позволяющее оператору устанавливать оптимальное для работы положение. Размер стола определяется частично размером вводимых документов.

С расширением использования компьютеров растет и автоматизация ввода в них информации. Для автоматизации ввода карт используются такие устройства, как автоматизированные дигитайзеры и растровые сканеры с программами векторизации или

без них.

Автоматизированные дигитайзеры, или дигитайзеры с отслеживанием линий, имеют устройство, подобное головке оптического считывания проигрывателя компакт-дисков. Оно фиксируется на выбранной пользователем линии (как проигрыватель фиксируется на дорожке записи) и, самостоятельно следя вдоль нее, передает координаты точек линии в компьютер.

Эти устройства требуют постоянного участия оператора, так как их нужно вручную устанавливать на каждую новую линию для продолжения процесса сканирования. Кроме того, они легко могут ошибаться на сложных картах и картах с низкой контрастностью изображения. Например, когда линия расщепляется на две, вполне обычная ситуация, когда сканер не знает, куда идти дальше.

Эта проблема может оказаться еще тяжелее, линии изображаются пунктиром, который дигитайзер не может проследить из-за разрывов или из-за того, что цвет светлее и имеет меньший контраст, чем исходная линия.

Большее распространение получили растровые сканеры. Они позволяют вводить растровое изображение карты в компьютер без вмешательства человека. Для ввода цветных карт и снимков следует использовать цветные сканеры, для панхроматических снимков и топографических карт достаточно черно-белых сканеров, которые несколько дешевле.

Если карта должна храниться в векторной модели данных, то после сканирования растровое изображение должно быть векторизовано. Векторизация в компьютере выполняется подобно тому, как работает сканер с отслеживанием линий, но здесь уже возможно более "разумное" поведение алгоритма, самостоятельно находящего и оцифровывающего линии.

Здесь также наиболее удачно оцифровываются контрастные карты невысокой сложности. Сами растровые сканеры делятся на ручные, роликовые (с протяжкой листа), планшетные и барабанные. Планшетные сканеры представляют из себя прозрачное стекло, на которое кладется оригинал, и под которым перемещается лампа и устройство оптического считывания. Ручной сканер является, по сути, оптической головкой планшетного сканера, и пользователю приходится самому двигать ее по поверхности оригинала.

Очевидно, что точность сканирования ручных сканеров – самая низкая, поэтому устройства этого вида практически не пригодны для ввода карт. Сканеры с протяжкой листа действуют подобно факсовому аппарату, т.е. в них двигается не головка считывания, а сам оригинал, как в пишущей машинке. Эти устройства обладают точностью, меньшей, чем планшетные сканеры, но зато позволяют сканировать очень длинные оригиналы.

В барабанных сканерах оригинал закрепляется на круглом барабане, вдоль которого перемещается головка считывания. Эти устройства могут обеспечить высокую точность сканирования очень больших оригиналов.

Основные характеристики сканеров – оптическое разрешение, скорость сканирования и стабильность.

Для офисных работ обычно используются достаточно быстрые сканеры с невысоким разрешением (300 точек на дюйм). Возможности калибровки обычно отсутствуют. Эти устройства могут использоваться для ввода карт и снимков дистанционного зондирования, когда требования точности позволяют это.

Наиболее продвинутые (и, конечно, наиболее дорогие) сканеры образуют категорию так называемых фотограмметрических сканеров. Другой вид сканеров, барабанный, использует более подробный растровый подход, который на самом деле ближе к векторному режиму. Карта прикрепляется к барабану, который вращается, в то время как чувствительный датчик прибора перемещается под прямым углом к направлению вращения.

Таким образом, сканируется вся карта, линия за линией. Записывается каждое положение на карте, даже если там нет графических объектов. В результате создается подробное раcтровое изображение всей карты. Барабанные сканеры могут давать как монохромное, так и цветное изображение. В последнем случае каждый из основных цветов должен сканироваться по отдельности. Как монохромное, так и цветное изображение должны преобразовываться в векторную форму, если таковая требуется вашей ГИС.

Обе формы создают очень большие файлы данных. Специализированные картографические сканеры большого формата очень дороги по сравнению с дигитайзерами того же формата. Кроме того, векторизация введенного раstra может занять почти столько же времени, сколько и ручная оцифровка, особенно если карта оказалась очень сложной.

Несомненно, по мере совершенствования технологии объем необходимого редактирования будет уменьшаться. Но нельзя верить заявлениям, что сканеры освободят человека от процесса ввода.

Короче говоря, по меньшей мере в ближайшем будущем устройства автоматизированного ввода и программы векторизации будут экономить время только при условии четких карт с высоким контрастом. Чаще всего дорогие сканеры используются фирмами, специализирующими на услугах оцифровки. Вы же можете ориентироваться на оцифровку карт с помощью дигитайзера, или с помощью менее дорогих сканеров, если их характеристики приемлемы для ваших целей

Растровые модели пространственных данных основаны на способах квантования пространства с помощью регулярных сеток, каждый элемент которых содержит идентификатор, к которому можно связать неограниченный по длине набор атрибутов. При этом важным свойством раstra является неразрывная связь между пространственной и атрибутивной информацией в единой прямоугольной матрице, положение элементов которой определяется номерами строки и столбца.

Такая структура представления позволяет в любой момент развернуть любой из привязанных к идентификатору атрибутов в слой с размерностью исходной сетки. С помощью такого способа представления данных возможна формализация пространственно-непрерывной информации, свойственной большинству природных и значительному числу антропогенных объектов.

Растровый способ представления пространственных данных служит более точным аналогом реального мира, поскольку является собой меньшую абстракцию с точки зрения содержательных свойств, воспринимаемых наблюдателем непосредственно. Например, даже неподготовленный пользователь легче отличит лес от поля или луга на растром аэрофотоснимке, чем на тематической карте в векторном формате (без пояснительных подписей).

Кроме того, существуют определенные виды пространственных данных, которые невозможно или чрезвычайно сложно отразить с необходимой степенью детальности в векторном формате. В частности информация об атмосферном давлении, облачности, высотах над уровнем моря, расстояниях от выбранной точки до всех остальных точек поверхности (поле расстояний) трудно представима явно в векторном виде.

Основные характеристики раstrового представления данных - форматы записи и пространственное разрешение.

Форматы записи делятся на:
битовые (булевы);
байтовые;
целочисленные;
действительные.

В битовом формате каждая ячейка раstra описывается значением 1 или 0. Такой формат требует для записи значения ячейки один бит.

В байтовом формате диапазон значений пикселя расширяется до 256, т.е. до 8-ми бит, а в целочисленном и действительном форматах - до 16 и 32 бит соответственно.

Наличие различных форматов позволяет оперировать с огромным числом значащих классов, каждому из которых может соответствовать строка в БД.

Пространственным разрешением растровых моделей местности называется величина, соответствующая минимальным размерам объекта, который может быть отражен в данной модели. Например, разрешение 100 метров означает, что объекты, размером менее 100 м на данной модели, отражены не будут (т. е. сольются с фоном).

К достоинствам растрового формата можно отнести быстроту формализации и представления в машинно-читаемом виде.

Современные способы получения цифровых аэро- и космофотоизображений предоставляют возможность обновления геоданных в системе реального времени без применения сложной и дорогостоящей аппаратуры цифрового ввода данных в векторном формате или дорогостоящих полуавтоматических векторизаторов.

Недостатком растрового представления информации является значительный объем файлов, сказывающийся в основном на скорости обработки информации на компьютерах с небольшими размерами оперативной памяти и времени вывода изображения на экран.

Для преодоления подобных недостатков используются различные способы сжатия (упаковки) информации от простейшего группового или лексикографического кода (run length code), до создания иерархической пирамидной структуры (pyramid layers, reduced resolution datasets) или организации блокированной структуры с прямым доступом к каждому блоку - обычно небольшому квадратному участку изображения. (tiled format).

Для ускорения и упрощения визуализации применяются способы предварительного создания изображений, загруженных в 2-4-6 раз, с хранением их в отдельных файлах и вызовом слоя необходимого загрузления в зависимости от требующейся операции.

История применения растрового способа представления пространственных данных состоит из нескольких периодов. В начале развития ГИС-технологий растровому способу отдавалось предпочтение, поскольку не были развиты средства ввода векторной информации и алгоритмы манипулирования векторными данными. Поэтому все более-менее серьезные ГИС-проекты ориентировались на растровое представление информации в виде вложенных друг в друга регулярных матриц различного пространственного разрешения.

Каждая ячейка такой матрицы содержала необходимый (иногда достаточно значительный) объем тематической информации.

В дальнейшем, с развитием как аппаратной, так и программной части ГИС, векторный способ представления географических данных, перейдя из области автоматизированной картографии, возобладал над растровым, в основном благодаря меньшему объему требований к аппаратной части проектов и заимствованию методов из программ инженерной графики. В этот период резко возросло количество проектов, называвшихся геоинформационными, но выполняемых на уровне сложных инженерных решений средствами и методами САПР. В результате, резко повысившееся качество презентации решений инженерно-технических задач на местности, с использованием приемов автоматизированной картографии и САПР, привело к выхолащиванию сущности пространственного анализа методами ГИС как таковыми и, зачастую, подмене понятий.

Растровое представление пространственной информации осталось только в системах обработки ДДЗ, как неотъемлемая часть самой технологии получения такого рода информации, достигнув в этом секторе ГИС-технологий значительного прогресса.

В настоящее время, в связи с повышением роли экологического фактора в жизнедеятельности общества, наметились серьезные изменения приоритетов развития технической и научной мысли.

Перед специалистами всех областей знаний, особенно в Науках о Земле, были поставлены задачи анализа функционирования техногенных систем в природном

окружении, контроля качества окружающей человека среды, мониторинга состояния природных и антропогенных объектов.

С целью решения подобных задач опережающими темпами развивается математическое моделирование в ГИС-технологиях. Поток данных, фиксирующих непрерывно распределенные характеристики и явления, значительно возрос, а именно эти данные наиболее целесообразно представлять в виде растровых моделей.

В ГИС-технологии через систему наук о Земле пришли понятия ядерно-экотонной структуры природных и антропогенных геокомплексов, в которой отсутствует понятие резких границ, характерное для векторных моделей данных. Все шире применяются методы анализа пространственных объектов на основе статистических характеристик, дескриптивных множеств, нечетких классификаций и параметризаций, формализованные в виде алгоритмов обработки именно растровых моделей данных. В результате сравнения, удобства использования аналитических алгоритмов обработки пространственной информации в различных форматах, был сделан вывод о предпочтении растрового представления данных в ГИС-проектах для целей анализа информации и поддержки принятия решений.

Поэтому растровый способ представления геоданных переживает сейчас подъем на качественно новый уровень использования в ГИС-технологиях. Кроме того, во всем мире пересматривается отношение к использованию растровых моделей в представлении информации пользователю.

Если раньше использование растровых слоев в ГИС сводилось к роли пассивной подложки, призванной украсить и оживить внешний вид выходного изображения, то в настоящее время растровые слои стали важными наглядными источниками информации о пространстве, заменить которые не в силах никакие другие.

В частности информация о температуре поверхности с локальными минимумами и максимумами, показатели удаленности и времени достижения различных объектов из определенной точки местности, непрерывно меняющиеся характеристики окружающей среды (плотность почвы, лесопокрытость территории, степень проходимости болот, загазованность городской среды и т.п.) наиболее точно и достоверно представляются именно в растровом виде.

Программные средства, использующие растровые цифровые модели делятся на четыре группы

К первой группе относятся пакеты, использующие растровые изображения в качестве подложек, в том числе и для векторного ввода информации.

К ним относятся пакеты MapInfo, ArcView, GeoGraph, GeoDraw, Atlas GIS и многие другие. Использование растровых представлений данных в этом случае, ограничивается принципом увидел - обвел, то есть в лучшем случае растр используется как источник данных, а в худшем - как декоративная картинка. А всевозможный пользователь сам все увидит и оценит.

Средств тематической обработки раstra в этих пакетах не предусмотрено по определению.

Вторая группа средств ПО - системы обработки ДДЗ и растрового анализа представляют собой яркий пример программ, обладающих широким спектром средств и способов работы с растровыми моделями данных.

Такими моделями выступают цифровые или оцифрованные на сканерах данные дистанционных исследований: аэрофото и космоснимки, данные сканерной, радиолокационной, тепловой, эхолокационной, гравиметрической, и других видов съемки с разнообразных носителей.

Вся мощь технологий этих пакетов направлена на качественное и количественное преобразование значительного объема растровой информации с целью дешифрирования, то есть создания растровых карт и их дальнейшего анализа с помощью полуавтоматических методов и защищенных в пакет автоматических средств.

Примерами таких программ являются PCI, ERDAS Imagine, ER Mapper, и др. Большинство из них ориентированы на UNIX платформы и предназначены для рутинной обработки значительных объемов аэрокосмической информации. В каждом из них модули растрового анализа заложены в неявном виде, поэтому работать с ними на высоком уровне могут в основном профессионалы.

Третий тип программ предназначен для растрового анализа. К нему относятся такие пакеты, как EPPL7, GRASS и др. В какой то мере к ним можно отнести пакеты математического моделирования типа Surfer.

Обладая неплохими аналитическими функциями, они, тем не менее, мало приспособлены к построению собственно картографических моделей презентационного качества, в которых возможности растровых ГИС сочетались бы с функциями дешифрирования ДДЗ.

Четвертый тип ПО использующего растровые модели данных, на мой взгляд, является наиболее продвинутым в области сочетания растровых моделей с возможностями обработки ДДЗ. К этому типу можно отнести программы ILWIS, IDRISI.

Разумное сочетание растрового моделирования с дешифрированием ДДЗ, возможность использовать векторные модели, представленные в явном виде модули пространственного анализа делают подобные пакеты удобными для использования, как начинающими, так и опытными пользователями.

Рассмотрим некоторые возможности пространственного моделирования на примерах, взятых из аналитического модуля программы IDRISI 1.0 для Windows

Модуль состоит из нескольких групп операций.

В состав первой группы входят операции связанные с запросами к данным и математическому преобразованию на основе матричной алгебры. Таковы например модули гистограмма (построение гистограммы распределения значений пикселов), извлечь (извлечение данных из файла посредством бинарной маски), табулирование (создание таблицы перекрестной классификации или файла на ее основе), классы (уменьшение количества значащих классов путем агрегирования). Особо хочется отметить свойства модуля оверлей.

Оверлейные операции в растровых моделях производятся гораздо легче, чем в векторных за счет отсутствия ошибок несовпадения границ полигонов в отдельных слоях и практически полном отсутствии мусора в виде генерируемых полигонов очень маленького размера. Операция оверлея в растровом анализе заключается в арифметических преобразованиях значений соответствующих пикселов накладываемых растровых слоев.

При этом результат зависит от вида операции (сложение, вычитание, умножение, деление и др.).

Группы операций анализа дальности и близости позволяет оценивать расстояния от выбранных объектов до любой точки поверхности с учетом наличия препятствий, полупроницаемых барьеров, неоднородности и анизотропности пространства, а также затраты на прохождение пути с учетом действующих на движущийся объект внешних сил.

Операции контекстного анализа служат для определения мер неоднородности пространства, анализа ближайшего соседства, построения полей видимости-невидимости, выделения бассейнов и другие.

В заключение можно отметить возросшую роль растровых моделей данных как инструмента оценки состояния процессов и явлений и средства помощи в принятии решений.

С ростом возможности компьютерной техники в области хранения и обработки больших файлов, положительные свойства растровых моделей все более и более превалируют над недостатками, поэтому будущее аналитических ГИС-пакетов несомненно за ПО, ориентированные на работу с растровыми моделями.

2.4 Лабораторная работа № 4 (2 часа).

Тема: «Цифровые модели рельефа»

2.4.1 Цель работы: Ознакомиться с цифровыми моделями рельефа.

2.4.2 Задачи работы:

1. Познакомится с определениями растр, пиксел, дистанционное зондирование, спутник, изображение, географическая привязка и методами их измерения

2.4.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Компьютер
2. Программное сопровождение
3. Мультимедийное оборудование.

2.4.4 Описание (ход) работы:

Цифровое моделирование рельефа как одна из важных моделирующих функций геоинформационных систем включает две группы операций, первая из которых обслуживает решение задач создания модели рельефа, вторая — ее использование. Под *цифровой моделью рельефа (ЦМР)* принято понимать средство цифрового представления трехмерных пространственных объектов (поверхностей или рельефов) в виде трехмерных данных, образующих множество высотных отметок (отметок глубин) и иных значений аппликат (координаты Z) в узлах регулярной или нерегулярной сети или совокупность записей горизонталей (изогипс, изобат) или иных изолиний.

Первые эксперименты по созданию ЦМР относятся к самым ранним этапам развития геоинформатики и автоматизированной картографии первой половины 60-х годов XX в. С тех пор разработаны методы и алгоритмы решения различных задач, созданы программные средства моделирования, крупные, в том числе национальные и глобальные, массивы данных о рельефе, накоплен опыт решения с их помощью разнообразных научных и прикладных задач .

В проблематику создания ЦМР традиционно входят вопросы оценки источников данных о рельефе (в том числе их точности), выбора моделей пространственных данных для его описания, методы реализации модели применительно к решаемой задаче, верификация полученной модели.

Способы получения ЦМР

Несмотря на кажущуюся простоту моделируемого объекта — рельефа, хорошо, на первый взгляд, описываемого математически как поверхность или поле, практика предлагает множество способов и технологий создания ЦМР. Множественность типов источников исходных данных о рельефе вызвана, в свою очередь, многообразием способов получения и организации первичных измерительных сведений и их производных.

Среди них геодезические работы и топографическая съемка местности, стереофотограмметрическая обработка фототеодолитных, аэро- и космических снимков, альтиметрическая съемка (рельеф суши), промерные работы и эхолотирование подводного рельефа акваторий океанов и внутренних водоемов, радиолокационная съемка рельефа ледникового ложа и небесных тел.

Разнообразны и вторичные источники сведений о рельефе, например топографические и батиметрические карты и планы (карты, где есть информация об абсолютных высотах).

Пространственная организация исходных данных о рельефе как множество опорных точек модели (точек с известными высотными отметками) также различна. Их распределение может быть регулярным, структурным и хаотическим.

С учетом технологии получения и предобработки (характера фотограмметрической обработки стереомоделей и технологии цифрования карт) можно выделить системы высотных отметок рельефа в случайно расположенных точках — узлах нерегулярной сети (получаемых, например, в результате тахеометрической съемки), в частично упорядоченных множествах точек (инженерные изыскания, эхолотирование), в узлах регулярных решеток (специальные виды площадного нивелирования, цифровая фотограмметрическая обработка, предварительная обработка других моделей), линейно упорядоченные множества точек, получаемые путем цифрования карт (обводом линий или сканированием), полностью или частично упорядоченные множества точек, генерируемые в процессе фотограмметрической обработки стереомоделей местности. Выделяют четыре типа исходных множеств:

- 1) нерегулярно расположенных точек;
- 2) нерегулярно расположенных точек, положение которых связано со структурой рельефа (структурные линии поля);
- 3) точек, регулярно расположенных вдоль линий, слабо связанных со структурой поля (на изолиниях или профилях, например галсы попутного промера);
- 4) регулярно расположенных точек (прямоугольные, треугольные или шестиугольные регулярные сети).

Карта как источник массовых данных для ЦМР

Среди перечисленного выше разнообразия источников данных для моделирования рельефа двум из них — картам и аэрокосмическим материалам — принадлежит особая роль массовых источников. В отношении данных дистанционного зондирования — материалов аэро- и космосъемок, заметим лишь, что их роль по разным причинам будет расти, а доля и роль карты — снижаться. Это технологические и технические причины: рост пространственного разрешения систем сканерной космической съемки (< 1 м), широкое распространение относительно недорогих и доступных цифровых фотограмметрических станций, в том числе на платформе персональных компьютеров, появление принципиально отличного от стереофотограмметрического метода экстракции высот — интерферометрии, широко известной в приложениях к обработке радиометрических данных.

Аэроснимки широко используются для контроля качества и верификации ЦМР. С относительно крупномасштабной стереомодели аэроснимков, принимаемой за условно истинную, берутся контрольные точки со значениями высотных отметок, точность которых заведомо намного выше, чем у верифицируемой модели. Данные дистанционного зондирования в целом и процедуры их обработки, в том числе экстракции высот, тоже не лишены недостатков.

В условиях плотной городской застройки или высокой залесённости (при стопроцентной сомкнутости крон древостоя) полученная цифровая модель в существенной своей части будет отражать геометрию зданий и сооружений или полога леса и требовать вмешательства оператора в автоматизированный процесс ее построения

Так или иначе, пока карта остаётся бесспорно основным источником данных для ЦМР.

К картографическим источникам принадлежат топографические карты и планы, используемые для создания ЦМР суши, и морские навигационные или топобатиметрические карты для ЦМР акваторий. Типовая технология генерации ЦМР основана на цифровании горизонталей как основной ее составляющей, а также высотных отметок и других картографических элементов, используемых для отображения рельефа, с привлечением данных по другим объектам карты (элементов гидрографической сети).

При наличии готовой цифровой топографической или аналогичной ей карты, используются соответствующие им слои.

На современных общегеографических картах суши рельеф представлен композицией трех средств картографической выразительности с разной пространственной

локализацией элементов: системой изолиний (горизонталей, изогипс), множеством отметок высот и совокупностью точечных внemасштабных, линейных и площадных знаков, дополняющих изображение рельефа горизонталями (знаки оврагов и промоин, сухих участков рек, обрывов, бровок, оползней, осипных участков, скал, карстовых воронок, курганов, наледей, ледников и т.д.).

Как источник данных для ЦМР, топографическая карта, при всех ее достоинствах, не лишена недостатков. Один из них связан с изображением рельефа горизонталями.

Во-первых, общеизвестно, что две функции горизонталей — соединять точки с одинаковыми высотами и служить средством «правильного», «географически достоверного» описания (передачи) форм рельефа на карте — находятся в трудно разрешимом противоречии между собой. «При пользовании способом горизонталей важно видеть в горизонталях не только математические линии равных высот, но и линии, рисующие формы рельефа.

По начертанию горизонталей судят о типе рельефа. Мягким формам рельефа свойственны округлые, плавные горизонтали, резким формам — извилистые и угловатые: каждому типу рельефа свойственен неповторяющийся своеобразный рисунок горизонталей».

Важный практический вывод, следующий из анализа мелкомасштабных общегеографических карт, заключается в том, что топографические и иные карты суши масштаба 1:500 000 и мельче практически непригодны для создания ЦМР. Во-вторых, как и любой другой элемент картографического изображения, горизонтали проведены на ней с определенной точностью, которая при прочих равных условиях (масштабе, методах съемки или составления карты путем генерализации крупномасштабных картографических источников) зависит от типа, морфологии рельефа.

Принципиально важно, что нормативными документами изначально определено, что карта в части изображения рельефа неравноточна; не менее неравноточна будет ЦМР, созданная на ее основе, с учетом погрешностей, вносимых в процессе ее аналого-цифрового преобразования, т.е. цифрования горизонталей и обработки полученных записей при трансформации в одну из упоминавшихся выше типов моделей.

Типы цифровых моделей рельефа

Растровая модель пространственных данных — разбиение пространства (изображения) на далее неделимые элементы (пиксели) — применительно к ЦМР обозначает матрицу высот: регулярную (обычно квадратную) сеть высотных отметок в ее узлах, расстояние между которыми (шаг) определяет ее пространственное разрешение. Именно таковы ЦМР, создаваемые национальными картографическими службами многих стран. Преимущество такой модели — в удобстве ее компьютерной обработки.

Иногда, а в последнее время довольно часто, следуя терминологии программных средств ГИС клона ArcInfo (ESRI, Inc., США), регулярная сеть (решетка) применительно к представлению рельефа называется «градом», а операция по пересчету нерегулярных данных в ее узлы — «гридингом», что многими пока признается термином научного жаргона.

К растровой, или как ее чаще называют матричной или регулярной модели, путем интерполяции, аппроксимации, сглаживания и иных трансформаций могут быть приведены ЦМР всех иных типов, что чаще всего и делается на практике.

Для восстановления поля высот в любой его точке (например, в узле регулярной сети) по заданному множеству высотных отметок (например, по цифровым записям горизонталей) обычно применяются разнообразные методы интерполяции.

Среди них наиболее употребительными считаются: метод кригинга, средневзвешенная интерполяция по методу Шепарда, полиномиальное и кусочно-полиномиальное сглаживание.

Использование ЦМР

Готовая цифровая модель способна обеспечить решение самых разнообразных задач благодаря развитым функциям цифрового моделирования рельефа, которые

встроены в современные универсальные полнофункциональные инструментальные программные средства ГИС. Обычно функционально обособленные модули обработки ЦМР в составе таких программных продуктов поддерживают следующие группы функций:

- расчет «элементарных» морфометрических показателей: углов наклона (уклонов) и экспозиций склонов;

Под углом наклона (крутизной ската, крутизной склона) понимается одна из характеристик пространственной ориентации элементарного склона — угол, образуемый направлением ската с горизонтальной плоскостью, выражаемый в градусах или в безразмерных величинах уклонов, равных тангенсам углов наклона, а также в процентах или промилле. Экспозиция склона численно равна азимуту проекции нормали склона на горизонтальную плоскость и выражается в градусах, либо по 4, 8, 16 или 32 румбам (при этом экспозиция плоского склона с нулевой крутизной не определена).

- оценка формы склонов через кривизну их поперечного и продольного сечений;
- генерация сети тальвегов и водоразделов (сепаратрисе) и других особых точек и линий рельефа, нарушающих его «гладкость»; подсчет положительных и отрицательных объемов относительно заданного горизонтального уровня в пределах границ участка;
- построение профилей поперечного сечения рельефа по направлению прямой или ломаной линии;
- аналитическая отмывка рельефа;
- трехмерная визуализация рельефа в форме блок-диаграмм и других объемных каркасных (нитяных), полутоновых (светотеневых) и фотoreалистичных (текстурированных) изображений, в том числе виртуально-реальных, например путем драпировки поверхности рельефа цифровыми космо- или аэрофотоизображениями;
- оценка зон видимости или невидимости с заданной точки (точки) обзора (анализ видимости/невидимости);
- построение изолиний по множеству отметок высот (например, генерация горизонталей);
- интерполяция значений высот, другие трансформации исходной модели (например, осреднение, сглаживание, генерация, фильтрация и т.п.);
- ортотрансформирование аэро- и космических снимков .

Моделирование рельефа, его анализ и изучение по построенным моделям постепенно становятся неотъемлемой частью исследований в науках о Земле (геология, тектоника, гидрология, океанология, климатология и т.д.), в экологии, прикладной географии, земельном кадастре и инженерных проектах. Компьютерная обработка и представление в виде цифровых моделей рельефа пространственных данных находит широкое применение при анализе распространения участков загрязнений, в метеорологии и климатологии, в моделировании месторождений, коммуникаций, сооружений, видимости и затопления территорий, в изучении склоновых процессов, водного стока, миграции химических элементов, а также во многих проектах по устойчивому развитию территорий.

Стоит отметить, что одной из наиболее перспективных областей применения является использование цифровых моделей рельефа для ортотрансформирования аэрофото- и космоснимков.

2.5 Лабораторная работа № 5 (2 часа).

Тема: «Основные пакеты ГИС, используемые в настоящее время и их характеристики»

2.5.1 Цель работы: Научиться выводить данные в картографической форме

1. Знать методику решения задач

2.5.2 Задачи работы:

1. Работать с картой на профессиональном уровне

2.5.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Компьютер
2. Программное сопровождение
3. Мультимедийное оборудование.

2.8.4 Описание (ход) работы:

Ввод и редактирование электронных карт

Ввод картографической информации

- ввод объектов с экрана дисплея по растровой подложке с непрерывным обеспечением топологической корректности объекта. Вам не нужно беспокоиться о «замыкании» полигональных объектов. Они просто не могут создаться другими;
- становление межобъектных топологических отношений;
- установление межслойных топологических отношений;
- ввод координат точек, отрезков, полилиний и полигональных областей с клавиатуры;
- возможность выполнения геометрических построений на эл. карте;
- трассировка контуров объекта по границам соседних уже отвекторизованных объектов с автоматическим установлением топологических отношений;
- импорт готовых цифровых карт в федеральном формате F20V, MIF/MID, Shape, а также в формате DXF;
- экспорт в формате DXF, MIF/MID;
- возможность ввода сопутствующей семантической информации непосредственно в процессе ввода картографической информации;
- создание и использование произвольных векторных (масштабируемых и немасштабируемых) символов. Повороты, масштабирование и растяжки символов;
- управление гарнитурой и размерами шрифтов, цветными и штриховыми палетками при компоновке карт;
- возможность конструирования пользователем произвольных типов линий и контуров полигональных объектов путём размножения вдоль линии произвольного графического символа; Вы сможете сконструировать чрезвычайно сложные линии, например, такие, в узлах которых может стоять символ одного типа, а из узла (в узел) может выходить (входить) «исходящий» («входящий») символ, направленные вдоль отрезков полилиний, связанных с данным узлом. Это не под силу любой ГИС, имеющейся на рынке, - в т.ч. любой западной. Поэтому, рисовать, например, сеть городского электроосвещения на картах крупных масштабов Вы сможете так же легко, как и простую полилинию;
- «заливка» полигональных областей любым сконструированным Вами символом;
- «заливка» полигональной области прозрачной штриховкой; Вы сможете наблюдать «под» таким полигоном даже те объекты, которые «накрыты» им;
- возможность работы с полупрозрачными слоями (для растров и заливок векторных полигонов), что позволяет видеть объекты не только "над", но и "под" сплошной заливкой.

Визуализация карт на экране компьютера

- векторный слой могут образовывать различные представления объектов определённого тематического класса. Эти представления могут быть подклассами (например, кирпичные и деревянные дома класса "Дома");
- отображение соседей объекта, относящихся к тому же классу (например, соседних земельных участков);
- скроллинг растрово-векторного изображения карты внутри окна независимо от масштаба и по всей территории;
- отслеживание координат мыши, селектируемой точки, длины линий, значений углов, длины периметра и площади полигона. Эти значения всегда показываются в информационном окне при выборе Вами любого объекта, который может иметь эти характеристики;
- определение слоя, к которому принадлежит выбранный объект простым его выбором;
- просмотр выбранной территории (включение/выключение слоёв [в т.ч. растровых], увеличение/уменьшение, панорамирование);
- адресное кодирование - получение доступа на карте к объекту с указанным адресом, улице - по названию, перекрёстка - по названиям двух улиц.

Редактирование картографической информации

- наличие развитых интерактивных средств редактирования информации (удаление границ, сдвиг вершин, удаление и добавление вершин, разбиение границ, сдвиг узлов, стягивание концов сегментов). При этом система непрерывно сохраняет топологическую корректность (объектную и межобъектную) изображения на электронной карте.
- Т.е. система сохраняет межобъектные топологические отношения между объектами при их редактировании;
- сервисные возможности (отображение вводимой информации на экране, увеличение-уменьшение изображения, удаление ошибочно введённых объектов, «откат» к предыдущим состояниям на произвольное число шагов и др.);
- привязка графических объектов к опорным объектам (точкам, полилиниям, полигонам);
- автоматическая трассировка создаваемых линий и границ полигонов по границам смежных отвекторизованных ранее объектов;
- поддержка межобъектной топологии в пределах одного слоя;
- поддержка межобъектной межслойной топологии;
- элементы концептуальной топологии между слоями;
- возможность придания статуса «жёстких» или «гибких» объектов при операциях редактирования топологически связанных с ними объектов, что позволяет системе автоматически поддерживать корректную топологическую структуру при редактировании карты;
- возможность ввода и редактирования координат с клавиатуры;
- согласование, при необходимости, содержимого семантических и картографических баз данных (подписи к объектам берутся из семантических таблиц и могут интерактивно модифицироваться с автоматической перерисовкой текста на карте);
- динамическая модификация атрибутов графических объектов с изменением стиля отображения всех объектов соответствующего слоя на карте;
- каждый объект может иметь несколько стилей отображения, которые можно в любой момент изменить, в т.ч. из внешних программных расширений. Это позволяет работать с изменяющимися («оживленными») объектами (открытие/закрытие задвижки, вкл./выкл. светофора и т.п.);

- возможность редактирования сопутствующей семантической информации в любое время работы пользователя (при санкционированном доступе);
- использование для создания новых объектов и слоёв операций картографической алгебры (слияние, [сложение] полигонов, получение общих наложенных участков [умножение], вырезок и т.д.);
- проведение необходимых измерений непосредственно на экране компьютера.

Ведение семантической базы данных

- использование многоаспектных семантических таблиц по объектам (с помощью тематических закладок); у Вас никогда не будет тесно на экране от обилия семантических характеристик объекта;
- динамическое (в интерактиве) изменение совокупности аспектных таблиц по любым объектам слоя, а также добавление новых или исключение старых столбцов таблиц, когда Вам это будет угодно;
- связь представлений данных в картографической, графической и табличных формах с автоматическим изменением их вида при внесении изменений в одну из них;
- ввод с использованием экранных форм (диалоговых окон), близких к форматам входных документов;
- использование классификаторов при вводе кодовых показателей в поля семантических таблиц.

Просмотр и документирование семантической информации

- возможность просмотра любой комбинации показателей по любой заданной таблице семантической базы данных (с возможностью сортировки выводимой информации по любому показателю);
- возможность выборки для просмотра только тех записей базы данных, которые удовлетворяют произвольному логическому условию, формируемому в интерактивном режиме;
- вывод на принтер любого фрагмента просматриваемой информации;
- возможность использования в качестве полей семантических таблиц чисел, строк, даты, времени, изображения, звука, справочников, документов в форматах внешних приложений (напр., Excel, Word, Visio и т.д.) и др., - всё что может Windows.

Запросы «КАРТА <=> ТАБЛИЦЫ»

Запросы из картографической в семантическую базу данных

- поиск в семантической базе данных и выдача характеристик произвольного объекта путём выбора его курсором;
- отображение информации по найденному объекту в унифицированном формате;
- возможность внесения изменений в отдельные показатели с использованием унифицированного формата;
- получение распечатки (твёрдой копии) характеристик, выбранного по карте объекта;
- отображение (подсветка) на экране объектов, попавших в обведённую на карте область и выдача списка объектов, попавших в указанную область вместе с подробной информацией о них;
- выдача списка соседей указанного на карте полигона;
- выдача подробной информации по каждому из соседей.

Запросы из семантической в картографическую БД

- просмотр содержимого семантической базы данных, выбор интересующих записей и «подсветка» на экране объектов, соответствующих выбранным записям;
- поиск по семантической базе данных всех объектов, которые удовлетворяют формируемому в интерактивном режиме произвольному логическому условию;

- в ГИС "ИнГео" реализована такая система запросов, что более полную, видимо, реализовать трудно;
- ГИС "ИнГео" в качестве семантических данных может хранить любые мультимедийные файлы (звуки, кинофильмы и т.д.);
- Для имен файлов, хранимых в семантических таблицах, легко вызываются любые программные пакеты.

АНАЛИЗ

Проведение расчётов и совместный анализ картографической и семантической информации:

- полный набор функций картографической алгебры;
- построение буферных зон;
- расчёт баланса площадей полигональных объектов (например, баланса земель) (в ГИС "ИнГео" можно получить суммарную площадь всех объектов зарегистрированных в карте слоёв, а также всех объектов выбранных слоёв) - экспликацию земель;
- выбор отображаемых на картограмме показателей и типов штриховок (цветов заливки) для отображения различных значений выбранных показателей;
- автоматическая штриховка (или заливка) контуров объектов в соответствии со значениями выбранных показателей из таблиц семантической базы данных.

ВЫВОД ДАННЫХ

- экспорт данных через Clipboard или по DCOM с внешними программами. Возможность работы ядра ГИС как клиента и как сервера по отношению к внешней программе;
- вывод информации по любому объекту из семантической базы данных в формате, удовлетворяющем требованиям пользователя (за счёт внешних приложений в среде Windows);
- формирование отчётов по информации из семантической базы данных и их вывод (за счёт внешних приложений);
- формирование и вывод документов по результатам расчётов;
- возможность редактирования выходных документов перед их выводом на печать.

Формирование и вывод картосхем

- выбор одной или произвольной комбинации карт (слоёв) для последующего вывода;
- вырезка из выбранной карты (или комбинации карт) произвольного фрагмента для формирования картосхемы;
- вывод на любой принтер (ф.А4-А0, цветной или монохромный) любого произвольного фрагмента просматриваемой на экране карты. Система производит растеризацию векторного изображения карты перед печатью, что позволяет печатать карты большого формата на принтерах (плоттерах) с относительно небольшой внутренней памятью, например, т.е. аналогично дополнительному модулю к ГИС ArcInfo - ArcPress);
- оформление выводимой картосхемы (название, поясняющие тексты и т.п.) - интерактивный генератор выходных печатных форм;
- возможность подкладки растровой подложки под выводимые картосхемы;
- возможность задания поворота изображения перед выводом его на печать для более оптимального использования листа.

Экспорт-Импорт цифровых карт из внешних обменных форматов

- импорт из F20V, GEN, Shape;
- импорт\экспорт в\из DXF, MIF/MID;
- ГИС "ИнГео" имеет свой обменный формат (IDF), который будет передавать и топологические связи между объектами;

- используя межпрограммный интерфейс, Ваши программисты могут написать свои конверторы в любые известные им форматы.

Система электронных карт

Новым мощным средством повышения эффективности применения автоматизированных систем управления народным хозяйством, решения многочисленных прикладных, расчетных и информационных задач на основе ГИС являются электронные карты (ЭК).

Система электронных карт представляет собой набор ЭК, объединенных общим замыслом, упорядоченную и согласованную по масштабам, системам координат, содержанию и условным знакам.

Она формируется в растром и векторном виде на магнитных (оптических и др.) носителях программными и техническими средствами с использованием существующих карт, космических снимков или другой информации.

Содержание системы ЭК составляют:

1. цифровые карты (модели) местности.
2. Система условных знаков
3. Аэро- космические снимки
4. Справочная (текстовая) аудио - видеоинформация
5. Программные средства отображения ЭК на экранах совместно со специальной информацией.

Основное преимущество ЭК перед бумажным вариантом состоит в том, что ЭК обеспечивает возможность в реальном времени отображать любой участок местности и с любой степенью детализации, получать справки о местности, наносить и корректировать специальную информацию, решать расчетные и информационные задачи и отображать результаты их решения на картографическом изображении.

Классификация ЭК

ЭК классифицируются:

1. по видам использующих их автоматизированных систем:
 - для использования в автоматизированных системах управления (АСУ)
 - в автоматизированных системах народно-хозяйственного значения (АСН)
2. по назначению
 - для решения расчетных задач отображения и моделирования оперативной информации и местности
 - для задач отображения обстановки и местности на экранах коллективного и индивидуального пользования
3. по видам и масштабам:
 - электронные планы городов масштабов 1:10 000, 1:25 000;
 - электронные топографические карты масштабов 1:25 000, 1:50 000, 1:, 1: 1:, 1:1 ;
 - электронные авиационные карты масштабов 1:, 1:1 , 1: 2 , 1:4000000.
 - Электронные тематические карты
4. по способам представления информации:
 - двухмерные модели (x, y)
 - трехмерные модели (x, y, H)
 - четырехмерные модели (пространственно-временные) (x, y, H, t)
5. по формам представления:
 - векторные
 - растровые.

Под векторной формой понимается способ представления метрической картографической информации в виде набора векторов заданной длины и ориентации.

Под растровой формой понимается способ представления картографической информации в виде матрицы, элементами которой являются значения кодов цвета карты.

Растр – это набор клеток, сориентированных относительно выбранной системы координат, каждая из которых независимо от другой имеет значение свойства.

Вектор – это набор взаимосвязанных координат, которые могут быть соотнесены с соответствующими характеристиками.

Растровый и векторный способы организации структур пространственных данных представляют собой совершенно различные подходы к моделированию географической информации, но не взаимоисключающие друг друга. И тот и другой имеют как преимущества так и недостатки.

В зависимости от целей исследования, типа изучаемых объектов следует в каждом отдельном случае выбирать ту структуру, которая позволяет решать задачу наиболее быстро и эффективно.

При этом возможно сочетание обеих структур, использование алгоритмов перехода от растровой к векторной модели и обратно.

Векторные модели данных строятся на векторах, занимающих часть пространства в отличие от занимающих все пространство растровых моделей. Это определяет их основное преимущество - требование на порядки меньшей памяти для хранения и меньших затрат времени на обработку и представление.