

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
ГОУ ВПО «Пермский государственный университет»

*Кафедра инженерной
геологии и охраны недр*

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В ГЕОЛОГИИ

Учебно-методическое пособие для студентов
специальностей 011100 «Геология» и
011500 «Гидрогеология и инженерная геология»

Пермь 2007

ББК 26.3
УДК 55:002.6
Г 35

Составители: *А.В. Коноплев, И.В.Кустов, П.А.Красильников*
Научный редактор проф. *В.В. Середин*

Геоинформационные системы в геологии: учебно-метод. пособие для студентов спец. 011100 «Геология» и 011500 «Гидрогеология и инженерная геология» / сост.: А.В. Коноплев, И.В.Кустов, П.А.Красильников; науч. ред. В.В. Середин; Перм. ун-т. – Пермь, 2007. – 100 с.

Учебно-методическое пособие содержит тематический план курса «Геоинформационные системы в геологии», краткое изложение материала курса по темам; контрольные вопросы для подготовки к экзамену; список литературы и интернет-источники.

Учебно-методическое пособие одобрено на заседании методической комиссии геологического факультета Пермского государственного университета

Рецензенты:

д-р геол.-мин. наук А.И.Кудряшов (директор ООО НПФ «Геопрогноз»); канд. геол.-мин. наук, доцент Ю.А.Яковлев (начальник отдела промысловой геологии ООО «ПермНИПИнефть»)

© А.В. Коноплев, И.В.Кустов, П.А.Красильников, составление, 2007

1. ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

1.1. Цели и задачи дисциплины

Геоинформатика – область науки и техники, отражающая и изучающая природные и социально-экономические геосистемы, их взаимодействие и развитие посредством компьютерного моделирования на основе информационных систем и технологий, баз данных и баз знаний. В задачи геоинформатики входит изучение общих свойств геоинформации, закономерностей и методов ее получения, фиксации, накопления, обработки и использования, а также развитие теории, методологии и технологий создания геоинформационных систем с целью сбора, систематизации, хранения, анализа, преобразования, отображения и распространения пространственно-координированных данных.

Место и основная роль ГИС в геологических исследованиях определяются как *интеграция, анализ и комплексная интерпретация разнотипных данных, разработка прогнозов, моделирование и планирование дальнейших действий, представление результатов в терминах целевого геологического свойства и в картографической форме*. При таком подходе ГИС в геологии будет не только средством преобразования информации и справочно-аналитического обслуживания, а прежде всего средством достижения конечных целей геологических исследований.

Основная **цель курса** – ознакомление студентов с общими принципами и теоретическими основами геоинформатики, принципами функционирования географических информационных систем (ГИС), возможными путями применения геоинформационных технологий в научных исследованиях и для решения широкого круга практических задач геологии.

Задачи курса состоят в формировании у студентов основных навыков проектирования, создания и использования геоинформационных систем, необходимых для профессионалов разных профилей, работающих по данной специальности. При этом ставится задача максимально полно охватить геоинформационную тематику (спектр возможностей и областей применения ГИС в геологии) и помочь приобрести навыки работы с конкретными программами, используемыми в геологических организациях.

1.2. Требования к уровню освоения содержания дисциплины

Студенты, завершившие изучение данной дисциплины, должны:

- представлять себе идеологию геоинформационных систем и место данного курса среди других изучаемых дисциплин;

- обладать теоретическими знаниями о структуре ГИС и их компонентах, об основных принципах функционирования ГИС, об аналитических возможностях современных ГИС и их месте в геологических исследованиях;

- уметь ориентироваться в терминологии ГИС, способах получения, хранения, редактирования различных видов данных, в разновидности средств и инструментов обработки пространственно распределенной информации, способов анализа данных и представления результатов;

- иметь практические навыки проектирования, создания и использования геоинформационных систем различного назначения;

- иметь практические навыки работы с программами ArcView GIS – ArcMap (включая модули пространственного анализа Spatial Analyst и 3D Analyst) и Easy Trace в объеме практических занятий.

1.3. Объем дисциплины в часах и виды учебной работы*

Вид учебной работы	Количество часов	Курс	Семестр
Общая трудоемкость дисциплины	106 / 75	5	9
Аудиторные занятия	60 / 45		
- лекции	30 / 15		
- практические занятия	30 / 30		
Самостоятельная работа	46 / 30		
Вид итогового контроля	экзамен		

* - в числителе специальность 011100, в знаменателе – 011500

2. ПРОГРАММА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ раз-дела п/п	Тема	Лекции, час. 011100	Лекции, час. 011500
1	Введение в ГИС. Основные понятия геоинформатики. Пространственные элементы	2	2
2	Карта – модель представления реальности. Графическое представление объектов и их атрибутов	2	2
3	Подсистема сбора и ввода информации. Подсистема хранения и редактирования	2	2
4	Подсистема анализа. Поверхности	2	2
5	Классификация	2	2
6	Пространственные распределения. Операции наложения	2	2
7	Картографическое моделирование. Вывод карт и результатов анализа	2	2
8	Проектирование ГИС	2	2
9	Технология автоматизированного издания Госгеолкарты	4	-
10	Прогнозная оценка территорий с использованием ГИС	4	-
11	ГИС и дистанционное зондирование	4	-
12	Геологический мониторинг	2	-
	Всего часов	30	16

2.2. Содержание тем дисциплины

Методы создания, управления и анализа баз пространственно распределенных данных, базовые платформы ГИС, методы автоматизированного сбора картографической информации, особенности геологических ГИС, разработка и мониторинг ГИС-проектов по конкретным регионам.

Лекция 1 (2 часа). Введение в ГИС. Основные понятия геоинформатики. Понятие информационных технологий и информационных систем. Понятие геоинформатики и геоинформационных систем.

Определение ГИС на основе четырех подсистем: сбора, хранения и редактирования, анализа, вывода данных. Соотношение понятий «информация», «данные» и «знания». Возникновение и первоначальные задачи ГИС. Классификация программных средств для работы с пространственной информацией. Сравнение методов традиционной картографии и современных ГИС. Применение ГИС в геологии в общем и в гидрогеологии и инженерной геологии в частности.

Пространственные элементы, типы и модели данных. Шкалы (или уровни) измерения данных (дискретных и непрерывных). Модели пространственных данных. Организация данных внутри ГИС и использование стандартных СУБД. Растровые, векторные и векторно-топологические модели данных. Точечные объекты. Линейные объекты. Площадные объекты. Поверхности. Атрибуты пространственных элементов. Связь графических элементов с атрибутами.

В последние годы в связи с появлением новых поколений относительно недорогих, но достаточно мощных персональных вычислительных машин, в различных сферах человеческой деятельности все большее распространение получают геоинформационные технологии. Они базируются на инструментальных средствах Географических Информационных Систем (ГИС), позволяющих интегрировать в едином программном продукте разнообразные семантически связанные базы картографических и фактографических данных.

Зарубежный и отечественный опыт эксплуатации различных ГИС свидетельствует о том, что необходимость анализа географического расположения явлений и объектов, их количественных и качественных характеристик при помощи карты возникает у представителей различных отраслей народного хозяйства. В то же время ощущается

острый дефицит квалифицированных кадров, владеющих современными аппаратно-программными средствами работы с цифровыми пространственными данными, способных эффективно использовать ГИС-технологии в сфере своей профессиональной деятельности. В частности, геоинформационные технологии вызывают большой интерес в производственных организациях, ведущих разведку, разработку и эксплуатацию месторождений полезных ископаемых, где за долгие годы исследований накоплен огромный фактический и картографический материал, размещенный в многочисленных геолого-геофизических отчетах и отдельных разрозненных базах данных.

Поэтому в учебных планах подготовки специалистов геолого-геофизического профиля появились специальные курсы по геоинформационным технологиям.

В настоящее время нет общепринятого определения ГИС. Как и в случае с географией, термин трудноопределим и представляет собой объединение многих предметных областей. Отсутствие общепринятого определения привело к значительному недопониманию того, что такое ГИС, каковы их возможности и для чего такие системы могут применяться. Наиболее популярно определение, которое представляет ГИС как набор подсистем, ее образующих:

- **подсистема сбора данных**, которая собирает и проводит предварительную обработку данных из различных источников. Эта подсистема также в основном отвечает за преобразования различных типов пространственных данных;

- **подсистема хранения и выборки данных**, организующая пространственные данные с целью их выборки, обновления и редактирования;

- **подсистема манипуляции данными и анализа**, которая выполняет различные задачи на основе этих данных, группирует и разделяет их, устанавливает параметры и ограничения и выполняет моделирующие функции;

- **подсистема вывода**, которая отображает всю базу данных или часть ее в табличной, диаграммной или картографической форме.

Это определение позволяет легко сравнить современные компьютерные ГИС с традиционными бумажными картами, особенно если рассмотреть этапы картографического процесса (табл. 1).

Таблица 1

Сравнение ГИС и традиционных карт

Карта	ГИС
Процесс картографирования	
Сбор данных: аэрофотоснимки, геодезические работы и др.	Сбор данных: аэрофотоснимки, геодезические работы и др.
Обработка данных: агрегирование, классификация и т.д.; линейный процесс	Обработка данных: агрегирование, классификация, плюс анализ; циклический процесс
Производство карты: конечная стадия (без распространения)	Производство карты: не всегда конечный этап. Обычно на основе одной карты создаются и другие
Тиражирование карты	Тиражирование карты
Функции подсистемы ввода	
Ввод: запись (компиляция) на бумаге	Ввод: запись (кодирование) в память компьютера
- точки	- точки
- линии	- линии
- области	- области
Источники:	Источники – то же, что и для карт
- аэрофотосъемка	плюс:
- цифровое дистанционное зондирование	- готовые цифровые карты
- геодезические работы	- цифровые модели рельефа
- словесные описания и зарисовки	- цифровые ортофотоснимки
- статистические данные и др.	- цифровые базы данных
Функции подсистемы хранения и выборки	
Точки, линии и области рисуются на бумаге с помощью символов	Точки, линии и области хранятся как растры или координаты и идентификаторы в компьютере
Выборка – это просто чтение карты	Таблицы атрибутов связаны с координатами
Выборка – это просто чтение карты	Выборка требует эффективных методов компьютерного поиска
Функции подсистемы анализа	
Требуются линейка, планиметр, транспортир и другие инструменты, используемые человеком	Используются возможности компьютера для измерения, сравнения и описания информации в базе данных
- аналитиком	данных

Возможности ограничены данными, сгруппированными и представленными на бумажной карте	Обеспечивает быстрый доступ к исходным данным, позволяет группировать и переклассифицировать данные для дальнейшего анализа
Функции подсистемы вывода	
Только графическое представление	Карта – лишь один из видов вывода в ГИС
Многие формы карт	За малыми исключениями, ГИС предлагают те же возможности, что и традиционные карты
Модификации могут включать картограммы и др.	Включают также таблицы, графики, диаграммы, фотографии и др.

Место и основная роль ГИС в геологических исследованиях определяются как *интеграция, анализ и комплексная интерпретация разнотипных данных, разработка прогнозов, моделирование и планирование дальнейших действий, представление результатов в терминах целевого геологического свойства и в картографической форме*. При таком подходе ГИС в геологии будет не только средством преобразования формы представления информации и справочно-аналитического обслуживания, а прежде всего средством достижения конечных целей геологических исследований.

Пространственные объекты реального мира можно разделить на легко идентифицируемые четыре типа: точки, линии, области и поверхности. Описание типов пространственных объектов с примерами их отражения на картах приведены в электронной презентации *01_ Что такое ГИС.ppt* (см. стр. 98).*

Картографические объекты содержат информацию не только о том, как они располагаются в пространстве, но и о том, чем они являются и насколько они важны для нашего рассмотрения. Дополнительная непространственная информация, помогающая нам описывать объекты, наблюдаемые в пространстве, образует набор **атрибутов** объектов. Но перед тем как присвоить атрибуты объектам, мы должны знать, как их измерять. Основой для измерения практически всех видов данных являются **шкалы измерения данных** (рис. 1).

* - на странице 98 приведен список электронных приложений (презентаций), расширяющих содержание этого учебного пособия и включающих дополнительный иллюстративный материал.

Шкала	Примеры измерений характеристик объектов		
	Точки	Линии	Области
Номинальная (наименования)	<ul style="list-style-type: none"> • город ⌘ шахта x вершина горы 	<ul style="list-style-type: none"> — дорога - - - граница ~ река 	<ul style="list-style-type: none"> болото пустыня лес
Порядковая (ранговая)	<ul style="list-style-type: none"> Город: <ul style="list-style-type: none"> большой средний малый 	<ul style="list-style-type: none"> Шоссе: <ul style="list-style-type: none"> федеральное региональное местная дорога 	<ul style="list-style-type: none"> Загрязненность территории: <ul style="list-style-type: none"> большая умеренная малая
Интервалов/ Отношений	<ul style="list-style-type: none"> Дебит скважины <ul style="list-style-type: none"> 10,000 > 5,000 - 9,999 0 - 4,999 	<ul style="list-style-type: none"> Отметка горизонтали <ul style="list-style-type: none"> 20 30 40 50 Грузопоток 	<ul style="list-style-type: none"> Плотность населения <ul style="list-style-type: none"> 120 100 80 60 Интервалы высот <ul style="list-style-type: none"> 4,000 2,000 1,000

Рис.1. Шкалы измерения картографических объектов

Используемая шкала измерений будет определяться отчасти тем, что мы классифицируем, отчасти тем, что мы хотим знать, и отчасти нашими возможностями производить измерения при заданном масштабе наблюдения.

Лекция 2 (2 часа). Карта – модель представления реальности.

Характеристики карты: масштаб, разрешение, точность, экстенг. Некоторые понятия теории фигуры Земли: геоид, квазигеоид, эллипсоид вращения, общеземной эллипсоид, референц-эллипсоид, DATUM. Измерения на поверхности Земли, GPS. Сферические и плоские координаты. Картографические проекции. Виды картографических проекций: планарные, цилиндрические, конические и их разновидности. Масштабный коэффициент. Искажения при проецировании. Системы прямоугольных координат для картографии. UTM. СК-42. Специальные гидрогеологические и инженерно-геологические карты. Тематические карты.

Графическое представление объектов и их атрибутов. Растровые модели данных. Методы сжатия растровых данных. Векторные модели данных. Спагетти-модель. Топологические модели. Понятие линейно-узловой и линейно-полигональной топологии.

Карта является моделью пространственных явлений, абстракцией. Она НЕ является миниатюрной версией реальности, предназначенной показать все детали изучаемой области.

Описание основных характеристик карты и иллюстративный материал содержится в презентациях *02_Введение в ArcView-ArcMap.ppt* и *04_Информация в ГИС.ppt*.

Картографические проекции - набор методов, которые предназначены для изображения с приемлемой точностью сферической Земли на плоском носителе. В буквальном смысле, процесс создания проекции представляется как помещение источника света внутри прозрачного глобуса, на котором размещаются непрозрачные земные объекты, и проецирование их контуров на двухмерную поверхность, окружающую глобус. Возможны разные виды проецирования при окружении глобуса цилиндром, конусом и помещении возле него плоского листа бумаги. Поэтому существуют **планарные** проекции, **цилиндрические** и **конические** проекции (рис.2). Существуют еще **азимутальные** проекции, они основаны на идее проецирования параллельными лучами света на плоский материал.

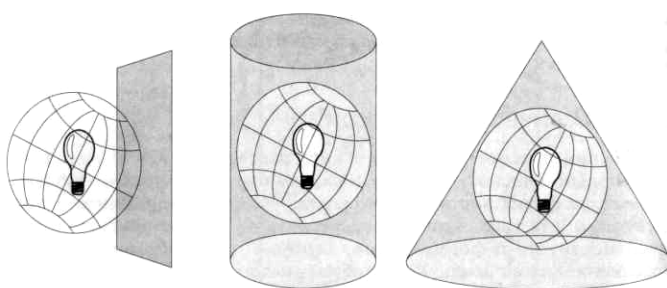


Рис.2. Три семейства картографических проекций

Проекции - не абсолютно точные представления географического пространства. Каждая создает свой набор типов и величин искажений на карте. Важные характеристики карт, которые должны сохраняться для точных аналитических операций, определяют выбор проекции. Эти характеристики включают углы (или формы), расстояния, направления, площади объектов. При выполнении проекции невозможно сохранить все эти характеристики одновременно.

На поверхности глобуса направления сторон света всегда отстоят от соседних на 90° . То есть, например, между севером и востоком всегда прямой угол. Проекции, сохраняющие это свойство **углового соответствия**, называются **конформными (равноугольными)** картографическими проекциями. Сохранение углов труднодостижимо для

больших участков земной поверхности и этого разумно добиваться лишь для малых участков. Этот вид проекций больше всего подходит для производства навигационных карт и когда важна угловая ориентация, как часто бывает с метеорологическими или топографическими данными. Эта группа проекций включает проекции **Меркатора, поперечную Меркатора, коническую конформную Ламберта и конформную стереографическую.**

Конформные проекции искажают площади. Но **равновеликие (равноплощадные) проекции** сохраняют площади. Сохраняя площади, мы искажаем углы. Таково фундаментальное соотношение этих двух параметров для проецированных карт - нельзя одновременно сохранять и площади и углы.

Если целью проецирования карты является измерение расстояний, то следует выбрать проекцию, сохраняющую расстояния. Такие проекции, называют **равнопромежуточными (эквидистантными).**

Проекты, в которых требуется определение кратчайших маршрутов особенно на длинные дистанции, нуждаются в **азимутальных** проекциях. В них возможно изображение дуг окружностей больших кругов, которые определяют кратчайшее расстояние между двумя точками на поверхности Земли, как прямых линий. Эти проекции используются на картах воздушного сообщения, слежения за спутниками и картографирования небесных тел. Примеры азимутальных проекций - **равновеликая Ламберта, стереографическая, азимутальная эквидистантная, ортографическая и гномоническая** проекции. Отметим, что некоторые из них сохраняют как направления, так и площади. Это свойство может оказаться полезным для анализа крупных атмосферных явлений, таких как дымовые следы вулкана, которым свойственно двигаться по маршруту большого круга по мере рассеивания в атмосфере и движения по общим правилам циркуляции на Земле.

Есть много проекций для выбора — гораздо больше, чем перечислено здесь. Некоторые специальные проекции особенно подходят для отображения всей Земли или очень больших ее участков. Другие позволяют лучше координировать крупные картографические программы, такие как создание топографических карт целого континента, которое выполняется небольшими порциями.

Упрощенно, процесс проецирования представляется двумя этапами: вначале преобразуют земной шар в **промежуточный глобус** в зависимости от выбранного масштаба; затем этот глобус проецируется на плоскую поверхность. Численный масштаб первого преобразования называется **главным (общим) масштабом**, он равен отношению ра-

диуса промежуточного глобуса к радиусу земного шара. Таким образом получают численный масштаб, постоянный по всей поверхности этого глобуса, поскольку его форма повторяет форму земного шара.

Перед тем, как сделать второй шаг, отметим, что **масштабный коэффициент**, называемый также относительным масштабом, определяемый как частное деления местного масштаба на общий масштаб, по определению равен единице по всей поверхности промежуточного глобуса. Когда же переходят от его сферической поверхности к двухмерной карте, относительный масштаб обязательно изменится, поскольку плоская и сферическая поверхности не совместимы. Следовательно, масштабный коэффициент будет разным в разных точках.

DATUM - относительная система отсчетов для исходной точки на Земной поверхности, определяет направление и ориентацию линий широты и долготы, а также определяет эллипсоид и его позицию относительно центра Земли. Создание датумов сводится к выбору эллипсоида и исходной точки на поверхности Земли. Другие контрольные точки рассчитываются относительно локального центра. Центр датума может не совпадать с центром Земли.

Системы координат (datums) можно разделить на геоцентрические и топоцентрические.

В геоцентрической системе размеры эллипсоида, ориентация и положение его центра выбираются следующим образом:

- объем эллипсоида предполагается равным объему геоида;
- большая полуось эллипсоида лежит в плоскости экватора геоида;
- малая полуось направлена по оси вращения Земли;
- среднеквадратичное отклонение поверхности эллипсоида от поверхности геоида минимально по всей территории земного шара.

WGS72 и сменившая ее **WGS84** (математическая модель Земли, применяемая в GPS приемниках), а также российская **СГС85** являются геоцентрическими системами координат на эллипсоидах WGS72, GRS80 и SGS85 соответственно. В системе NAVSTAR используется WGS84, а в системе GLONASS - СГС85.

Топоцентрическая (национальная) система координат появляется так: вы берете некоторый эллипсоид и располагаете его таким образом, чтобы для заданной территории среднеквадратичное отклонение поверхности эллипсоида от поверхности геоида было минимальным (СК-42, СК-95, ED50). При этом остальная часть мира вас не интересу-

ет: отклонения на другой стороне Земли может быть сколь угодно велико.

В России используются несколько геодезических систем координат: **Пулково 1942 г.**, **1963 г.** и **1991 г.** Система координат 1963 г. используется военными и ее параметры преобразования засекречены. Обычно мы пользуемся картами, составленными в системе координат 1942 г. Она базируется на эллипсоиде Красовского.

Проекция Гаусса-Крюгера и Universal Transverse Mercator (UTM) - это разновидности поперечно-цилиндрической проекции (Transverse Mercator) (Табл. 2). Воображаемый цилиндр, на который происходит проекция, охватывает земной эллипсоид по меридиану, называемому **центральный (осевым) меридианом зоны**. Зона - это участок земной поверхности, ограниченный двумя меридианами. Обе проекции делят земной эллипсоид на 60 зон шириной 6° . Зоны нумеруются с запада на восток, начиная с 0° : зона 1 простирается с меридиана 0° до меридиана 6° , ее центральный меридиан 3° . Зона 2 - с 6° до 12° , и т. д. Нумерация номенклатурных листов начинается с 180° , например, лист N-39 находится в 9-й зоне. Таким образом, для данной долготы номер зоны = (целая часть от деления долготы на 6°) + 1, центральный меридиан = (номер зоны) * 6° - 3°

В проекции **Гаусса-Крюгера** цилиндр касается эллипсоида по центральному меридиану, масштаб вдоль него равен 1 (рис.3).

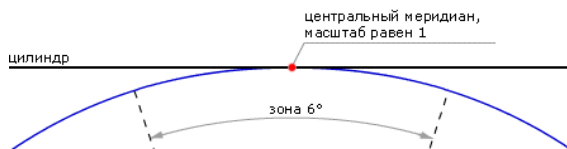


Рис.3. Проекция Гаусса-Крюгера

UTM - это проекция на секущий цилиндр и масштаб равен единице вдоль двух секущих линий, отстоящих от центрального меридиана на 180 000 м (рис.4).

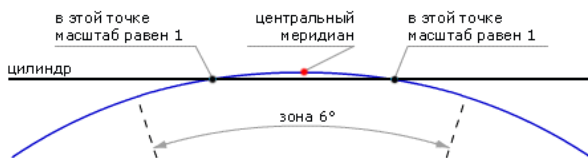


Рис.4. Универсальная проекция Меркатора

Таблица 2

Сравнение UTM и проекции Гаусса-Крюгера

Параметры	UTM	ГК
Ширина зоны	6°	в России 6°
Масштаб по центр. меридиану	0.9996	1.0000
Начальный меридиан	180°	0°
False Easting	500 000 м	500 000 м
False Northing (сев. полушарие)	0 м	0 м
False Northing (юж. полушарие)	10000000 м	10000000 м
Диапазон применения	80°S - 84°N	

Цилиндр разворачивают в плоскость и накладывают прямоугольную километровую сетку с началом координат в точке пересечения экватора и центрального меридиана (рис.5). Вертикальные линии сетки параллельны центральному меридиану. Для того чтобы все прямоугольные координаты были положительны, вводится восточное смещение, равное 500 000 м, т. е. координата X на центральном меридиане равна 500 000 м.

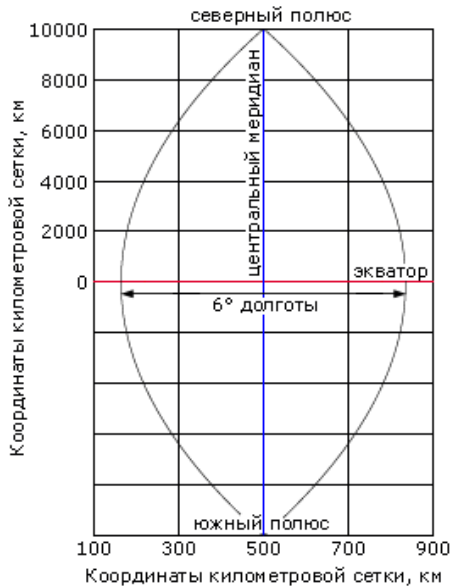


Рис.5. 6-градусная зона проекции Гаусса-Крюгера

В южном полушарии в тех же целях вводится северное смещение 10 000 000 м.

Важно понимать, что вертикали километровой сетки не ориентированы точно на север (за исключением линии на центральном меридиане), угол расхождения с меридианами может составлять до 3°.

Геоид - фигура сложной формы, образованная поверхностью уровня вод Мирового океана, продолженной под материками. Эта поверхность во всех точках перпендикулярна (нормальна) вектору силы тяжести. отвес направлен перпендикулярно поверхности геоида, а не к центру Земли! Это связано с тем, что плотность Земли распределена неравномерно.

Эллипсоид - тело, полученное вращением эллипса вокруг его малой оси. Размеры подбирают так, чтобы среднеквадратичное отклонение от поверхности геоида было минимально либо по всей поверхности Земли, либо для заданной территории (табл. 3).

В таблицах эллипсоидов часто указывается не полярное сжатие f , а обратная величина $1/f$, например, для эллипсоида Красовского $1/f = 298,3$.

Отклонения эллипсоида Красовского от геоида на территории СНГ не превышают 150 м.

Дополнительная информация содержится в презентации *03_проекция и координаты.ppt*.

Таблица 3

Параметры некоторых эллипсоидов

Эллипсоид	Использование	бол.полуось, а, м	мал. полуось, b, м	сжатие $f=(a-b)/a$
Красовского (1940)	Пулково-1942	6378245	6356863	1/298,3
GRS80	WGS84	6378137	6356752,314 25	1/298,257223 56
СГК-85	GLONASS			
Бесселя	СССР до 1942 г.			

В **растровых моделях данных**, в отличие от векторных, нет объектов как обособленных сущностей, в них объекты понимаются как области однородных характеристик. Растровые данные всегда обладают собственной системой координат: каждый пиксел адресуется номером ряда и столбца, на пересечении которых он расположен. Эта сис-

тема координат обычно называется пиксельной. Для всякого растрового изображения известны его размеры по горизонтали и вертикали.

В общем случае значения пикселей могут представляться как целыми числами, так и числами с плавающей точкой. При сканировании карт получается полутоновой растр в естественных цветах (RGB), кодируемых тремя байтами.

При использовании растра в качестве подложки для векторных цифровых карт производится так называемое трансформирование раstra, обеспечивающее совмещение обоих изображений. При трансформировании выполняется преобразование координат пикселей из пиксельной системы координат в систему координат карты. Для такого преобразования обычно используются полиномы или более сложные формулы, соответствующие используемым проекциям. Трансформирование раstra может производиться "на лету", в процессе отображения цифровой карты. Другим вариантом работы является передискретизация (rectification в терминологии ARC/INFO) – пересчет значений пикселей с одной матрицы раstra на другую. Матрица пикселей трансформированного раstra обычно не является ортогональной и равномерной; передискретизация строит такое же изображение на ортогональной и равномерной матрице.

Векторные модели данных. Модель данных имеет в основе так называемую линейно-узловую топологию, или структуру узлов и дуг. Дуги являются основным (базовым) типом линейных объектов, узлы – это специальный тип точечных объектов, существующий совместно с дугами.

В основе линейно-узловой структуры лежит принцип последовательного конструирования линейных объектов из точечных и площадных из линейных. Так, два несовпадающих узла определяют начальную и конечную точки одного линейного объекта (дуги); при этом они могут также соединяться с одной или несколькими другими дугами.

Узел – это либо свободное окончание или начало каждой дуги, или точка пересечения дуг.

Дуга – это самостоятельный линейный объект, состоящий, как минимум, из двух узлов – начального и конечного. Этот линейный объект может иметь также промежуточные формообразующие точки (не являющиеся узлами), задаваемые упорядоченным списком пар координат. В большинстве ситуаций эти формообразующие точки рассматриваются не как самостоятельные объекты, а только как составная часть линейного объекта – дуги.

В свою очередь, границы площадных объектов (полигонов) описываются как наборы ссылок на дуги, слагающие их контур. Благодаря этому в линейно-узловой структуре ARC/INFO отсутствует необходимость в дублировании линий, слагающих общие границы соприкасающихся полигонов.

В **векторно-топологической модели данных** ARC/INFO хранятся, помимо геометрических объектов и их описательных характеристик (атрибутов), также и топологические взаимоотношения между объектами. Эти топологические взаимоотношения устанавливаются в результате специальных операций, называемых условно "построением топологии" (операции CLEAN и BUILD).

Графическое редактирование покрытия, такое как добавление или удаление объекта, объединение или разделение объектов, делают текущий вид топологического описания некорректным, а перемещение и изменение формы объектов – возможно некорректным. Поэтому после таких операций требуется повторное построение топологических отношений для обеспечения всех функциональных возможностей векторно-топологической модели данных.

В векторно-топологической модели данных ARC/INFO поддерживаются следующие основные типы топологических отношений (Рис.6):

- **Связность.** Выражает то, что дуги соединяются друг с другом только в узлах. Реализуется списком пар идентификаторов начальных и конечных узлов для каждой дуги.
- **Направление.** Все дуги имеют начальный и конечный узлы и, таким образом, имеют направление. В модели данных обеспечивается различием двух видов узлов для каждой дуги – начального и конечного с ведением двух отдельных списков их идентификаторов.
- **Прилегание (примыкание)** и различие левой и правой стороны дуги. Различение левого и правого обеспечивается различием направления дуги. В модели данных обеспечивается ведением списка номеров полигонов, прилегающих слева и справа к каждой дуге.
- **Замкнутая область (площадной объект).** Представление площадного объекта обеспечивается в модели данных ведением упорядоченного списка номеров дуг, слагающих его контур.

В векторно-топологической модели данных ARC/INFO атрибутивная (описательная) информация об объектах связывается с их графическим представлением на базе так называемой геореляционной, или гибридной, модели. Сущность ее заключается в раздельном хранении (в разных файлах) атрибутивной и графической информации при том, что связь между ними осуществляется при помощи уникального

идентификатора каждого объекта. Данный идентификатор служит ключом для связывания таблицы, содержащей атрибуты объектов, с таблицей, определяющей их геометрическое выражение. Например, для случая площадных объектов, идентификатор полигона связывает запись, содержащую список идентификаторов дуг полигона, с записью значений атрибутов этого полигона. Связывание таблиц по ключу может быть применено в ARC/INFO более широко. Так, любой атрибут, имеющий уникальные значения, может служить ключом для связывания с ним другой таблицы, содержащей колонку с тем же самым атрибутом.

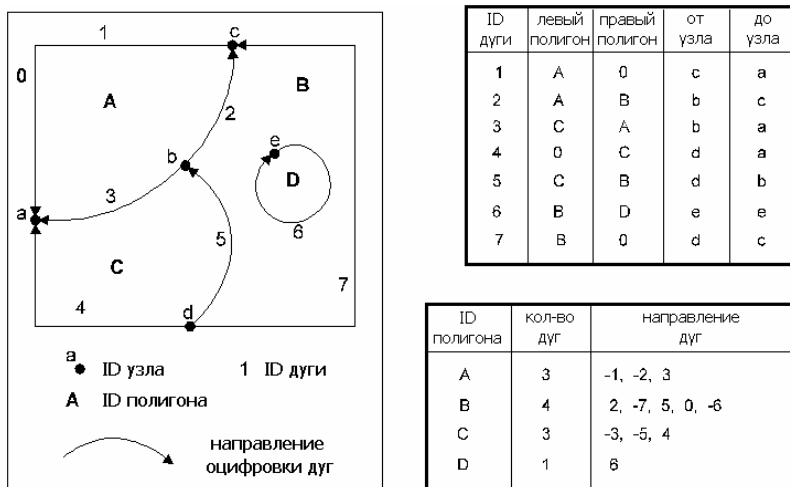


Рис.6. Топологическое представление векторных объектов

Топология - одна из ключевых концепций ГИС. Это пространственные взаимоотношения между смежными и близлежащими объектами. Топология отражается в структуре данных. Топологические структуры более предпочтительны.

Типы топологий:

1. Линейно-узловые топологические отношения;
2. Объектные топологии:
 - 2.1. Внутриобъектные топологические отношения;
 - 2.2. Межобъектные топологические отношения:
 - 2.2.1. Узловые топологические отношения,
 - 2.2.2. Межобъектные топологические отношения в пределах одного слоя,

- 2.2.3. Межслойные топологические отношения между объектами.
3. Топологические межобъектные ресурсные связи;
4. Концептуальные топологические отношения (отношения между классами объектов, или логические связи).

Основные топологические концепции покрытий линейно-узловой топологии:

1. Дуги соединяются между собой в узлах (связанность);
2. Дуги, ограничивающие фигуру, определяют полигон (определение фигуры);
3. Дуги имеют направление, а также левую и правую сторону (непрерывность);
4. Сохранение местоположения всех узлов;
5. На основе узлов определяются дуги;
6. Полигоны определяются дугами путем их перечисления по часовой стрелке вокруг объекта;
7. Для каждой дуги можно определить, какой полигон находится слева и справа от направления ориентации.

Дополнительная информация содержится в презентации *06_Топология.ppt*.

Лекция 3 (2 часа). Подсистема сбора и ввода информации.

Традиционные ручные и современные автоматизированные и автоматические методы сбора данных, включая получение и ввод изображений со спутников. Устройства ввода. Дигитайзеры, сканеры. Средства распознавания и векторизации. Пространственная привязка данных. Интерполяция и экстраполяция, организация выборок. Базы данных и СУБД. Неупорядоченные структуры файлов. Последовательно упорядоченные файлы. Индексированные файлы. Виды СУБД: иерархическая, сетевая, реляционная, объектно-ориентированная. Стандарты государственные и корпоративные. Унификация и стандартизация геологических данных. Требования к цифровому описанию. Классификаторы.

Подсистема хранения и редактирования. Важность редактирования БД ГИС. Типичные ошибки при вводе пространственных данных и построении топологии, методы их устранения и мероприятия по уменьшению их частоты. Графические ошибки в векторных системах. Векторная трансформация. Конфляция. Преобразование проекций, сшивка листов карты и совмещение покрытий.

Общие представления о создании цифровых карт (ЦК)

Основным источником данных для ЦК на сегодня являются карты и расчлененные (цветоделенные) пластиковые оригиналы. Однако, длительный цикл создания бумажных карт и их неспециализированный характер требуют привлечения других источников. Оптимальным источником данных для обновления ЦК являются данные дистанционного зондирования (ДДЗ) – космические и аэроснимки. По мере развития цифровой картографии и средств дистанционного зондирования Земли, ДДЗ становятся общепризнанным источником также и для создания как топографических, так и тематических цифровых карт. Для уточнения координатной информации может использоваться съемка на местности, возможно, с применением GPS-приемников, обеспечивающих наиболее высокую точность координат. Эти же работы могут совмещаться со сбором атрибутивных данных в поле – традиционными полевыми исследованиями для получения наиболее точной описательной информации о местности. В тех случаях, когда цифровые карты уже существуют в составе других систем, может быть гораздо более эффективным импорт данных из этих систем в форматы ЦК. ARC/INFO позволяет импортировать многие форматы, включая DXF, DWG, GEN – текстовые форматы пространственных данных, MOSS и другие. Атрибутивная информация может использоваться напрямую или импортироваться в формат INFO как из текстовых файлов, так и из всех СУБД, использующих стандартные протоколы обмена данными.

Технологии цифрования бумажных карт

Данные с карты могут быть введены различными способами: либо путем поочередной оцифровки каждого объекта, либо путем сканирования всего листа карты (типографского оттиска или расчлененного оригинала на пластиковой основе) электронным сканером. Кроме того, если известны точные координаты каких-то объектов, можно ввести эти координаты с клавиатуры или преобразовать данные из текстовых файлов формата ASCII, содержащих пары координат X и Y, в покрытие ARC/INFO, либо автоматически создать покрытие, задав размер ячейки, например, координатной сетки.

Технологии цифрования бумажных карт

Дигитайзерная - представляет процедуры ввода с помощью цифратора последовательности координат точек и линий карты, закрепленной на планшете дигитайзера. При нажатии кнопки цифратора компьютер регистрирует координаты X и Y текущей позиции перекре-

стью в единицах дигитайзера. Эти данные становятся координатами точечного объекта или одной из точек или линии или полигона.

Сканерная - представляет альтернативный метод ввода данных. Сканирование, как правило, выполняется гораздо быстрее, чем оцифровка, но требует значительных затрат времени на подготовку карты к векторизации и ее чистки от шумов. Сканерная технология включает следующие режимы векторизации данных:

- ручная прорисовка – оцифровка растрового материала в интерактивном режиме с возможностью редактирования векторных примитивов;
- автоматическая векторизация – автоматическое формирование векторных данных по растру;
- полуавтоматическая векторизация – предусматривает интерактивный режим отслеживания и разрешения неоднозначных ситуаций.



Рис.7. Оцифровка сложной линии

Пример аппроксимации прямыми отрезками при дискретизации кривой линии (рис.7). Записываемые точки выбираются в зависимости от изменения направления линии. Каждая точка – дополнительная порция информации, содержащейся на карте.

Существуют два принципиально разных подхода к оцифровке в векторную форму бумажных топографических (и других) карт.

Первый подход – документографический (формально-картографический), концентрирует свое внимание на бумажной карте как картографическом практическом документе. При этом подходе стремятся максимально полно отобразить в векторном представлении графический образ карты, включая и элементы рамок и зарамочного оформления. Никакие видоизменения и дополнения недопустимы. Подписи на карте цифруются самостоятельно, независимо от объектов, к которым они относятся, с сохранением положения, ориентировки и начертания букв. Условные знаки оцифровываются в точности в том виде, как они изображены на карте – например, изолинии рельефа с

разрывами на месте подписи значения высоты рельефа, с бергштрихами, с разрывами на месте скальных обрывов с заполнением этих участков знаком обрыва. Проходимые болота и солончаки – как совокупность отдельных линейных элементов – голубых коротких линий, расположенных в точности там, где и соответствующие их графические элементы на карте. Для текста задается фиксированный размер. В предельном случае даже внесштабные условные знаки цифруются как совокупность элементарных графических примитивов – отрезков линий и т.д. Никакая описательная атрибутивная информация никак не фиксируется вне ее графического образа – подписи на карте.

Например, знак отметки уреза воды цифруется как маленький голубой кружок, а отдельно от него и как текст подписи – значение отметки уреза воды. Все графические элементы никак не связаны со своими подписями, и какая-либо БД атрибутов объектов отсутствует.

Деление на тематические слои может вообще отсутствовать, или может быть задано произвольно, например, в соответствии с цветом графического образа на бумаге.

Результирующая ЦК может идеально передавать графический образ исходной бумажной карты, но моделью местности, с которой можно выполнять операции, моделирующие операции на местности, не является. Т.е. она является моделью карты как документа, а не моделью местности, полученной с использованием карты. По своим функциональным возможностям такая ЦК подобна растровой отсканированной ЦК за исключением того, что она может быть удобнее отредактирована вручную и с меньшими потерями качества поддается редактированию.

Второй подход - фактографический (подход ГИС), акцентирует внимание не на карте как на законченном картографическом документе, а на карте как модели реальной местности и стремится, используя эту картографическую модель, построить максимально адекватную цифровую модель местности, пригодную для моделирования на ней операций, проводимых на местности. При использовании данного подхода подлежит оцифровке только информация внутри внутренней рамки, зарамочное оформление, как правило не цифруется (отдельная содержащаяся там информация может быть сохранена вне использования в качестве метаданных).

Информация подразделяется на слои с учетом смысловой группировки объектов. Все графические объекты карты цифруются как один из трех элементарных типов графических объектов: точечный, линейный, площадной. Объекты, представленные на карте внесштабными условными знаками цифруются как точечные, причем по-

ложение точки привязки вне конкретного вида условного знака. Линейные объекты цифруются как линии без дополнительных элементов их графического оформления (удвоенность линий маркера на линиях и т.п.) Площадные объекты цифруются как замкнутые площадные объекты.

Текст, являющийся подписями к показанным на карте и подлежащим оцифровке объектам, может не оцифровываться отдельно как текст, а переходит в значение одного или нескольких полей в таблице описательных атрибутивных характеристик объекта. Подлежит обязательной самостоятельной оцифровке только текст, относящийся к несуществующим в виде самостоятельного графического образа на карте объектам, таким как урочище. Все отличительные черты конкретных объектов (как их индивидуальные признаки, такие как собственные имена, так и видовые групповые характеристики) заносятся при изготовлении ЦК в таблицах описательных атрибутивных характеристик, связанных с каждым объектом.

Полная характеристика типовых и видовых характеристик объектов организуется в десятичный код иерархического классификатора объектов и тем самым может сопровождать объект даже при извлечении его из того тематического слоя, к которому он принадлежит.

Необходимое соответствие графического отображения ЦК при выводе на экран и на бумагу достигается использованием стандартных наборов условных знаков, графические образы которых соответствуют условным знакам на бумажной карте. Соответствие конкретного условного знака и его переменных характеристик (например, размера) достигается за счет установления соответствия условного знака и значений определенных атрибутивных характеристик объекта.

Как уже говорилось, большинство подписей не цифруется и не хранится как графический объект, а средствами программного обеспечения выводится, исходя из содержания атрибутивных характеристик объекта. При этом возможно варьирование как начертанием, так и расположением и содержанием подписи. Стандартно содержание отвечает таковому на бумажной карте, но в ГИС по желанию пользователя можно подписать объект, используя значения любой из связанных с ним атрибутивных характеристик.

При данном подходе к оцифровке ЦК не является полной копией бумажной. Так, например, для площадных объектов с неопределенными границами, отсутствующими на бумажных картах (такими как болота и солончаки) они оконтуриваются условной границей и цифруются как площадные объекты. Линии дорог соединяются условными линиями на участках мостов и населенных пунктов, где на карте они

могут иметь разрывы. Участки, где объекты на бумажной карте закрыты подписями или прерываются для размещения подписи, условно соединяются линиями, чтобы обеспечить представление объекта как единого целого. Помимо упомянутых трех элементарных видов геометрических объектов? На карте могут присутствовать и с ложные неэлементарные, наложенные графические объекты? Такие как объединения неодносвязных площадных объектов (регионы), наложенные вторичные линейные объекты, такие как секции и маршруты. Подобные объекты обеспечивают дополнительные удобства манипулирования, визуализации ТЦК и дополнительные функциональные возможности моделирования местности с ее помощью.

При данном подходе все время не упускается из вида тот факт, что карта – это только модель местности. Цель создания ЦК при данном подходе – через модель местности одного типа (бумажную карту) построить модель местности другого типа, достаточно функциональную для ее использования в задачах, решаемых ГИС.

В качестве стандартного принимается комбинированный подход с ведущей ролью второго (фактографического) и вспомогательной ролью первого (документографического). Использование документографического подхода в отдельных оговоренных случаях (оцифровка бергштрихов на изолиниях, оцифровка некоторых позиций как текстовые объекты (аннотации), оцифровка отдельных графических элементов, заполняющих контуры объектов с нечеткими границами (отдельных штрихов – составных частей условного знака проходимых болот)) обусловлено потребностью в максимально возможной степени сочетать как широкие функциональные возможности модели местности, обеспечиваемые ЦК, так и максимальное подобие графических образов бумажной карты ЦК.

Качество данных ЦК, соответствующей одному номенклатурному листу исходной бумажной карты (при условии правильности формы организации) складывается из нескольких составляющих. Это правильность и полнота метаданных по номенклатурному листу ЦК, полнота основного содержания ТЦК (отсутствие пропусков объектов), позиционная точность представления объектов ТЦК, правильность значений атрибутов, связанных с объектами, внутренняя логическая непротиворечивость (выражающаяся в корректности топологических отношений внутри покрытия и согласованности между собой слоев (покрытий) одного номенклатурного листа ЦК). Согласованность между номенклатурными листами ЦК, произведенными от номенклатурных листов бумажных карт различных масштабов, равно как и согла-

сованность по рамке с соседними номенклатурными листами ЦК, не являются оценкой качества одного номенклатурного листа ЦК, а рассматриваются отдельно как показатели качества группы из произвольного числа сведенных (по рамке и по пирамиде масштабов) ЦК или всей совокупности БД сведенных номенклатурных листов ЦК.

Составляющая 1. Качество метаданных, описывающих ЦК и исходные данные (бумажные карты) для ее получения.

Метаданные должны включать описание исходных данных (исходной бумажной карты), этапов и методов ее преобразования в текущую цифровую форму, а также необходимую справочную информацию по самой ТЦК как целиком, так и по отдельным ее покрытиям (тематическим слоям). Описание должны включать необходимую временную информацию – даты как издания, так и компиляции исходной бумажной карты, даты, на которую карта актуально передает состояние местности. Если карта составлена по информации из нескольких источников, они должны быть описаны по отдельности, так, чтобы для каждого участка территории и каждого объекта было бы ясно, каков действительный источник информации для него на ЦК. В этих случаях, помимо словесного описания, может потребоваться включение в состав метаданных специального индексного покрытия (с полигональной топологией). В метаданных должны описываться все процедуры, использованные для перевода бумажной карты в векторную и растровую формы ЦК, включая все преобразования координат, соответствующие ошибки трансформирования и *prj* файлы. Должны приводиться величины всех допусков и журналы процедур окончательной обработки покрытий ЦК в системе ARC/INFO.

Составляющая 2. Полнота основного содержания ЦК.

Отсутствие пропусков объектов или частей объектов. Критерий проверки – сопоставление векторной формы ЦК с растровой формой ЦК. Стандарт требует абсолютного отсутствия пропусков объектов.

Составляющая 3. Позиционная точность.

Точность планового положения всех объектов на векторной форме ЦК и их элементов должна соответствовать стандарту. Основным методом оценки позиционной точности, принятый в данном документе – сравнение векторной формы с растровым представлением, которое принимается за точное. При наложении векторного представления на растровое ни в одном случае не должно наблюдаться выхода точки, узла, формообразующей точки линии или прямого сегмента линии между двумя формообразующими точками за пределы растровой формы представления соответствующего условного знака. Для точечных объектов действует аналогичное правило. Точность положе-

ния полигона определяется точностью положения его границ. В любом случае позиционная точность должна обеспечивать ошибку определения положения объекта на векторной ЦК по отношению к исходной карте (тиражному оттиску или отсканированному оригиналу) не хуже графической точности оригинала, т.е. 0.2 мм.

Составляющая 4. Полнота и правильность описательных (атрибутивных) характеристик объектов карты.

Стандарт требует полного отсутствия ошибок в значениях атрибутов, включая коды классификатора, и отсутствие ошибочно присвоенных (неправильно связанных с объектом) атрибутов. Основной вид контроля – визуализация покрытий векторной ЦК на базе значений атрибутов и сопоставление результатов с растровой формой представления ЦК, а также проверки на диапазоны допустимых значений атрибутов.

Составляющая 5. Внутренняя логическая непротиворечивость и топологическая корректность.

Внутренняя логическая непротиворечивость относится как постоянно одному покрытию векторной ЦК, так и к согласованности между собой покрытий одной ЦК (различных тематических слоев). Понятие топологической корректности относится только к топологическим отношениям объектов внутри одного покрытия. Логическая непротиворечивость предусматривает, что все объекты представлены в векторной форме в точности теми геометрическими типами объектов, как это предусмотрено стандартом, и что все тематические слои (все покрытия) одного номенклатурного листа ЦК согласованы между собой. Согласование предусматривает, что все являющиеся общими линии и границы на различных покрытиях (различных тематических слоях) совпадают полностью и выполнены другие правила согласования. Топологическая корректность предусматривает, что для покрытия после последнего его графического редактирования построено топологическое описание соответствующего имеющемуся в нем геометрическому типу объектов типа (типов). При этом ни один из линейных, точечных или площадных объектов не был введен дважды, все объекты, которые должны логически представлять из себя площадные объекты, действительно таковыми являются (все контура замкнуты), отсутствуют ошибочные недоводы или переводы линий при их пересечении (в том числе по отношению к линии внутренней рамки), разрешение карты (fuzzy tolerance) при построении топологии (выполнении операции CLEAN) было таким, что не произошло непреднамеренного слипания линий или схлопывание в точку полигонов.

Простейшей структурой файла является **неупорядоченный массив записей**. Это аналогично созданию отдельной карточки для каждого имени в картотеке, причем пользователь помещает карточки в картотеку в последовательности их ввода. Единственным преимуществом такой структуры файла является то, что для добавления новой записи нужно просто поместить ее в конец файла, позади все других записей. Большинство картотек упорядочены по алфавиту. Этот метод использует сравнение каждой новой записи с имеющимися для определения того, где ее место. **Последовательно упорядоченные файлы** могут использовать числа, которые тоже имеют определенную последовательность. Обычной стратегией поиска здесь является так называемый поиск делением пополам (или дихотомия). Поиск начинается делением всего массива записей на две половины и выборкой записи в середине. **Индексированные файлы** основаны на **внешнем индексе**. Строится он вот как: из исходного файла в новый файл копируются значения одного атрибута для всех записей вместе с положениями этих записей. То есть каждая запись в новом файле состоит из значения атрибута и адреса записи в исходном файле, из которой это значение было взято. Затем нужно упорядочить записи нового файла в соответствии со значениями атрибута. Теперь, чтобы найти запись с заданным значением атрибута, мы можем в новом файле использовать поиск делением пополам. Найдя нужные записи в индексном файле, мы получим адреса записей исходного файла, по которым можем получить все атрибуты объектов. Таким образом, для поиска в основном файле используется дополнительный индексный файл, который называется внешним индексом, а сам исходный файл, таким образом, стал **индексированным**. Очевидно, что мы можем выносить в индексный файл несколько атрибутов, чтобы организовывать поиск сразу по значениям этих нескольких атрибутов. Использование внешнего индекса имеет три условия. Во-первых, нужно знать заранее критерии, по которым будет производиться поиск: для каждого критерия строится свой индексный файл. Во-вторых, ссылки на все добавления в исходный файл должны помещаться в соответствующие места индексных файлов, чтобы не нарушать их упорядоченность. В-третьих, если пользователь не предусмотрит некоторый критерии поиска, то придется использовать последовательный перебор для получения нужной информации.

Организованный набор взаимосвязанных файлов данных называется **базой данных**. Управление БД реализует система управления базой данных (СУБД). Рассмотрим виды СУБД. **Иерархическая осно-**

вана на том, что во многих случаях существует взаимосвязь между данными, называемая отношением "один ко многим". Это отношение подразумевает, что каждый элемент данных имеет прямую связь с некоторым числом так называемых "потомков", и, конечно каждый такой потомок, в свою очередь, может иметь связь со своими потомками и т.д. Предки и потомки напрямую связаны между собой, что делает доступ к данным простым и эффективным. **Сетевые** структуры используют отношение "многие ко многим", при котором один элемент может иметь многие атрибуты, при этом каждый атрибут связан явно со многими элементами. Для реализации таких отношений вместе с каждым элементом данных может быть связана специальная переменная, называемая указателем, которая направляет ко всем другим элементам данных, связанным с этим. В **реляционной** БД данные хранятся как упорядоченные записи или строки значений атрибутов. Атрибуты объектов группируются в отдельных строках в виде так называемых отношений, поскольку они сохраняют свои положения в каждой строке и определенно связаны друг с другом. Реляционные системы основаны на наборе математических принципов, называемых реляционной алгеброй или алгеброй отношений, устанавливающей правила проектирования и функционирования таких систем.

Стандарты государственные и корпоративные

Качество ЦК включает общую оценку источника ЦК, оценку позиционной точности отображения объектов, полноты и логической непротиворечивости содержания, корректности атрибутивных данных.

Общая оценка источника ЦК проводится до начала работ по созданию ЦК, в соответствии с существующими требованиями по актуальности и точности, предъявляемыми к ним при создании карт определенного масштаба. Результаты оценки заносятся в метаданные ЦК.

Непригодными для создания ТЦК считаются источники с устаревшими данными, с данными не соответствующими по полноте и точности масштабу, деформированные твердые носители, растровые материалы с неустранимыми искажениями, а также данные, полученные в полевых условиях приборами, не соответствующими по точности предъявляемым к ним требованиям.

Позиционная точность ТЦК включает:

- точность положения и формы графических объектов относительно местности;
- точность положения и формы графических объектов относительно источника ЦК.

Предельная точность положения и формы графического объекта ЦК относительно местности наследуются от источника данных, используемых при ее составлении (табл. 4). Например, точность ТК, ее деформированность, искажение растрового изображения или погрешности измерительных приборов.

Таблица 4

Точность геодезической основы и средние ошибки положения объектов при разных масштабах карт

Масштаб ТК	Предельная точность геодезической основы (ГО)	Средние ошибки положения объектов относительно ГО
1:50000	10 м	25 м
1:100000	20 м	50 м
1:200000	40 м	40 м
1:500000	100 м	100 м
1:1000000	200 м	200 м

Позиционная точность ЦК оценивается по отклонению регистрационных точек, снятых с карты, от их истинного положения (принимаемого за истинное).

Точность положения регистрационных точек на карте определяется как отклонение координат положения каждой точки на ЦК от истинных значений, оцениваемых как среднеквадратичная ошибка координат по всем регистрационным точкам.

Отклонение положения регистрационной точки зависит от точности источника, с которого снимается регистрационная точка, а также от точности ее оцифровки (точность приборов оцифровки и разрешающая способность глаза), установленных допусков обработки цифровых данных и точности хранения координат.

Среднеквадратичная ошибка регистрационных точек рассчитывается по формуле

$$\frac{\sqrt{a_1^2 + a_2^2 + a_3^2 + \dots + a_n^2}}{n},$$

где a_1, a_2, \dots, a_n – величина отклонения положения регистрационной точки на карте от истинного; n – число регистрационных точек.

Точность положения и формы объектов относительно источника ЦК зависит от точности положения регистрационных точек и точности положения графических объектов относительно регистрационных точек. Точность положения объектов относительно регистрационных точек зависит от способа и точности цифрования объекта источника.

При оцифровке источника по растровому изображению или с твердого носителя точность оценивается по отклонению положения и формы объектов от их положения и формы на растровом изображении, используемом в качестве подложки при цифровании или при проверке ЦК.

Отклонения в положении объектов не должны выходить за пределы их пиксельного изображения на растре и по возможности быть минимальными по отношению к точке или линии привязки условного знака объекта.

При прямом вводе координат объектов точность их координат будет наследовать точность регистрационных точек.

В процессе создания цифровых карт используется ряд допусков, влияющих на точность цифровых данных. Эти допуски определяют разрешение покрытия и включают: среднеквадратичную ошибку регистрационных точек, допуск совпадения регистрационных точек, расстояние неразличимости, допустимая длина “висячей” дуги, расстояние неразличимости узлов, расстояние слияния дуг, расстояние неразличимости вершин в дугах, “зернистость” линий.

Разрешение покрытия определяет возможность распознавания и различения объектов. На разрешение покрытия влияют три фактора: заданная точность значений координат, точность устройства ввода и допуски обработки покрытия.

Точность значения координат определяется возможным числом значащих десятичных знаков, хранимых для каждой координаты. Все координаты покрытий ЦК хранятся с двойной точностью, то есть до 15 значащих цифр, что обеспечивает точность менее одного метра на больших расстояниях (более 1000000 метров).

Среднеквадратичная ошибка оцифровки регистрационных точек не должна превышать 0.004 дюйма (0.1 мм) или его эквивалента в единицах хранения координат карты. Расстояние неразличимости – минимально допустимое расстояние между координатами точек (вершин), образующих дугу. При введении координат точки объекта на меньшем расстоянии, они будут слиты с ближайшими. Для исключения значительных смещений это расстояние не должно превышать 0.002 дюйма (0.05 мм) или эквивалента значения в единицах координат ЦК. Длина “висячей” дуги определяет допустимость незамкнутой дуги более ус-

тановленной длины. Все дуги меньшей длины игнорируются и не записываются в файл. Для линейных объектов значение этого допуска устанавливается равным 0. Для полигональных объектов – рекомендуемый допуск “висячей” дуги – 0.05 дюйма (1.27 мм) – или эквивалент значения в единицах координат ЦК. Расстояние неразличимости узлов – максимальное расстояние, на котором узлы не будут различаться и будут слиты в один. Рекомендуемое значение – 0.05 дюйма (1.27 мм) или эквивалент значения в единицах хранения координат ЦК. Расстояние слияния дуг – максимально допустимое автоматическое продление дуги для пересечения с существующей. Рекомендуемая величина – 0.05 дюйма (1.27 мм) или эквивалент значения в единицах хранения координат ЦК. Расстояние неразличимости вершин дуги – минимально допустимые значения расстояния между вершинами дуги. При меньших расстояниях координаты вершин игнорируются и не записываются в файл. Рекомендуемое значение – 0.02 дюйма (0.5 мм) – или эквивалент значения в единицах хранения координат ЦК. Допуск “Зернистости” линий устанавливается при необходимости соблюдения равномерного расстояния между вершинами (например, при оцифровке окружности или плавной линии). Рекомендуемое значение – 0.02 дюйма (0.5 мм) – или эквивалент значения в единицах хранения координат ЦК.

Полнота содержания оценивается по наличию или отсутствию на ней объектов по отношению к ее источнику. ЦК не должна включать объекты, отсутствующие на источнике. Исключением являются объекты, связанные с технологией создания и хранения цифровой картографической информации (например, технические линии при выполнении пробелов в местах наложения подписей или условных знаков объектов: дорога через населенный пункт или река под мостом; контуры площадных объектов, не обозначенных на источнике: населенных пунктов, болот, песков, солончаков и т.п.; дополненные горизонтали, в случае если они сгущены или “брошены” на бумажном источнике). В ЦК не должны отсутствовать основные объекты, имеющиеся на источнике. ЦК не должны объединять отдельные на источнике объекты, препятствуя их отдельному описанию и оперированию. ЦК не должны разделять на части единые на источниках объекты, если это не диктуется программными ограничениями (например, ограничение количества вершин в дуге).

Логическая корректность оценивается по соблюдению логики организации ЦК и логики взаимоположения объектов. ЦК должны содержать набор покрытий из стандартного перечня, предусмотренно-

го для рассматриваемого масштабного ряда используемым стандартом, в которых имеется хотя бы один основной объект карты.

Покрытия должны иметь стандартное название.

Объекты должны распределяться по покрытиям в соответствии с установленной для них классификацией. Не допускается “повторное” хранение одних и тех же объектов в разных покрытиях.

Все объекты одного покрытия должны соответствовать топологической логике. Покрытия должны отвечать требованиям согласованности.

Корректность атрибутивных данных. Все объекты должны иметь стандартный набор, порядок, название и определения атрибутов для каждого масштаба ЦК. В таблицах атрибутов должны использоваться только коды используемого классификатора.

Подсистема хранения и редактирования, типичные ошибки при вводе пространственных данных и построении топологии, методы их устранения

Важность редактирования БД ГИС

Подсистема хранения и редактирования ГИС обеспечивает набор средств для хранения и поддержки цифрового представления наших данных. Она имеет также средства для проверки покрытий на ошибки, которые могли проникнуть в наши данные.

При вводе информации в ГИС возможно возникновение трех распространенных типов ошибок. Первый относится главным образом к векторным системам и называется **графической ошибкой**. Такие ошибки встречаются трех видов: пропуск объекта, неправильное положение объекта и неправильный порядок объектов. Второй тип ошибок – это **ошибки атрибутов**. Они встречаются и в векторных и в растровых системах. Чаще всего они являются опечатками. Третий тип ошибок – **ошибки согласования графики и атрибутов**, которые случаются в векторных системах, когда неправильно набранные коды атрибутов связываются с неправильными графическими объектами. Необходимо запомнить, что ошибочные данные ведут к ошибочным результатам анализа.

Графические ошибки в векторных системах. Первым типом ошибок являются псевдоузлы, когда пользователь не трактует линию как две самостоятельных дуги (рис.8).

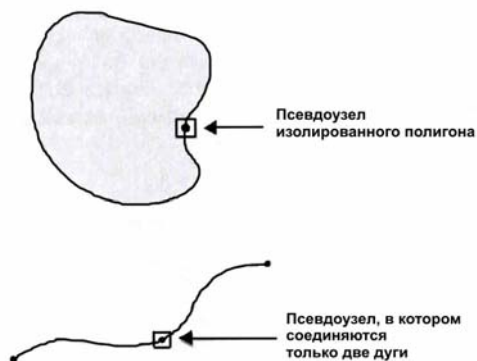


Рис.8. Псевдоузлы

Другая ошибка, называемая **висящим узлом**, может быть определена как узел на ни с чем не соединенном конце линии (рис.9). Возможны три вида ошибок, создающих висящие узлы: незамыкание границы полигона; «недолёт», т.е. неприсоединение дуги к объекту, к которому она должна быть присоединена; «перелёт», при заходе дуги за объект, к которому она должна быть присоединена.

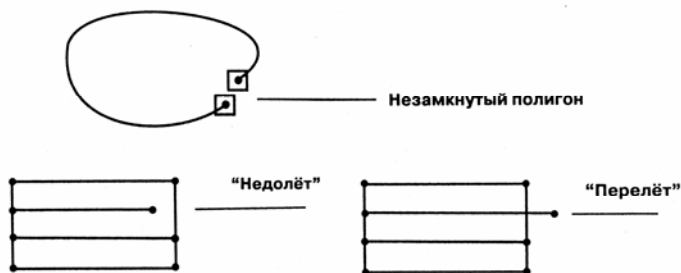


Рис.9. Ошибки узлов

При оцифровке полигонов необходимо указывать метку — точку внутри каждого из них, которая служит для связи с атрибутами. Нужна только одна точка. В связи с этим возможны ошибки двух типов - **отсутствующие метки** и **лишние метки** (рис.10).

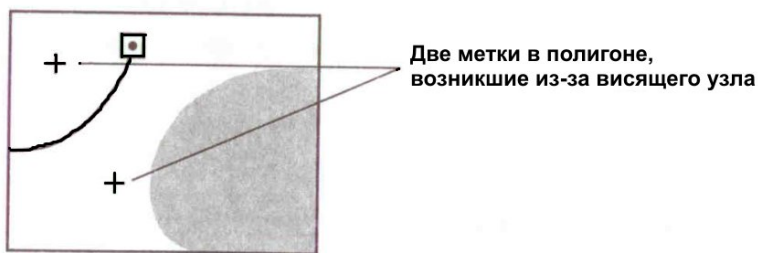


Рис.10. Ошибки с метками

Другой тип ошибок встречается, когда программа использует векторную модель, в которой каждый полигон имеет свою отдельную границу. Появляются крошечные полигоны, называемые **осколочными**, или **рукавными полигонами**. Они возникают из-за плохой оцифровки вдоль общих границ, где линия должна вводиться более одного раза (рис.11).



Рис.11. Осколочные полигоны

Отдельной проблемой, связанной с полигонами, является создание "**странных**" полигонов, у которых не хватает узлов (рис.12). В этом случае полигон является графическим артефактом, который выглядит настоящим полигоном с отсутствием одного или нескольких узлов. Обычно это случается, когда пересекаются два или более участков границы.

Проблемы с **пропущенными, лишними, смещенными или деформированными объектами** легче всего обнаруживаются в результате вывода цифрового покрытия в том же масштабе, что использовался при вводе (рис.13).

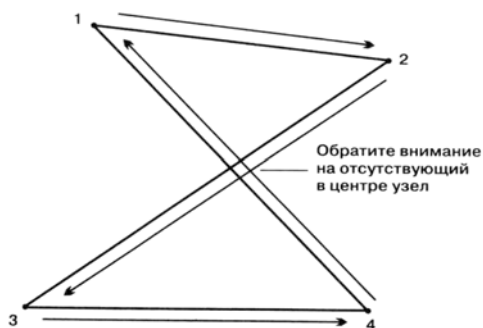


Рис.12. Странные полигоны



Рис.13. Отсутствующая дуга

Ошибки атрибутов в растровых и векторных системах. Обычные ошибки атрибутов, определяемые по тому, как они искажают изображение: А — пропущенный ряд; В - неправильные или смещенные атрибуты (выглядят как один или более рядов существенно отличных значений); С — одиночные неправильные атрибуты; D — ошибки атрибутов вдоль границ областей (вызываемые чаще всего проблемами оцифровки) (рис.14).

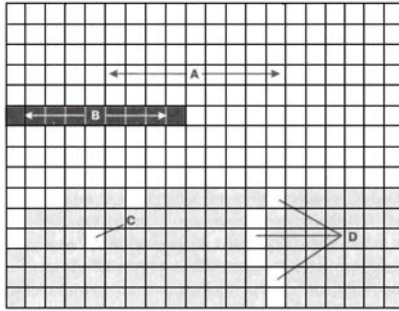


Рис.14. Ошибки атрибутов растра

Поскольку зачастую не все вводимые карты имеют одинаковые **проекции**, потребуется их **преобразование** для обеспечения возможности сравнения покрытий, полученных с разных карт.

Для географической привязки вводимых карт могут использоваться **опорные точки** с точно известными географическими координатами, которые имеются на карте. Для пересчета координат могут использоваться аффинные, полиномиальные и более сложные преобразования.

Для растровых изображений и карт есть две возможности географической привязки: их можно **трансформировать** или **калибровать**. В результате процедуры трансформирования создается новое покрытие, координаты пикселей которого точно соответствуют проекции, в которую производилось трансформирование. В результате калибровки новое покрытие не создается, параметры привязки сохраняются вместе с файлом покрытия или внутри его, если это позволяет используемый формат. Преимущество второго метода состоит в том, что всегда можно изменить проекцию, не затрагивая сами данные.

Стыковка вдоль границ листов карты – физическое связывание двух соседних покрытий для получения большей изучаемой области. Есть два источника трудностей при вводе смежных покрытий. Во-первых, две карты, сделанные в одной и той же проекции, но введенные по отдельности, могут иметь ошибки объектов, оказавшихся несколько различными. Вторая ситуация, требующая выполнения стыковки, возникает либо когда два смежных покрытия вводятся из разных проекций, либо когда проецирование применяется именно к этому покрытию без учета возможного влияния на соседнее покрытие.

Другая проблема возникает, когда должны быть наложены друг на друга два покрытия, возможно представляющих одну территорию, но в разное время. Необходимо закрепить объекты, которые находятся на своих местах, пока пользователь двигает остальные, чтобы они заняли более точные положения в пространстве. Этот процесс называют **конфляцией** (рис.15). Это интерактивный процесс, в котором пользователь решаете, какое покрытие подогнать, чтобы оно совпало с другими.

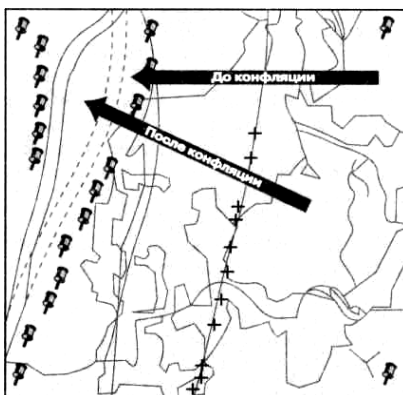


Рис.15. Конфляция

Есть две вещи, о которых нужно помнить при выполнении конфляции. Во-первых, конфляция является чисто графической операцией. Она не гарантирует, что действия пользователя приведут к наиболее точному результату в отношении координат. Она обеспечивает получение графически приемлемых результатов, основываясь на предположении пользователя, что выбранное опорное покрытие является наиболее точным в представлении реальной ситуации. Во-вторых, вполне вероятно, что результаты конфляции окажутся хуже, чем исходные данные.

Если посмотреть на несколько покрытий одной темы, относящиеся к разным моментам времени, то можно заметить некоторые графические расхождения. Просматривая эти же покрытия одновременно, можно отметить, что внешние границы области исследования на всех покрытиях отличаются по форме. Если в дальнейшем придется выполнять наложение этих покрытий, то обнаружатся многие

области вдоль границ некоторых покрытий, которые не будут иметь соответствующих областей в других покрытиях. Еще раз, необходимо выбрать покрытие, которому пользователь доверяет более всего, и использовать его в качестве **шаблона**.

Дополнительная информация к этому разделу содержится в презентации *05_Табличные данные.ppt*.

Лекция 4 (2 часа). Подсистема анализа. Простейший пространственный анализ. Меры формы: измерения извилистости линейных объектов, меры формы полигонов. Идентификация объектов, поиск объектов по заданным пространственным и атрибутивным критериям, определение близости и распределения объектов, построение окрестностей, количественная оценка геометрических свойств объектов (измерения длин, периметров, площадей, в векторных и растровых моделях), работа с топологией. Классификация и количественная оценка пространственных распределений объектов. Принципы типизации и районирования в гидрогеологии и инженерной геологии.

Поверхности. Способы представления поверхностей. Модель TIN. Структура TIN. Создание TIN. Триангуляция и топология. Преимущества и недостатки TIN. Модель GRID. Значения ячеек в модели GRID. Разрешение GRID. Пирамидные слои. Пространственная привязка GRID. Вычисления на GRIDax. Преимущества и недостатки GRID. Цифровые модели рельефа (векторные и растровые). Дискретные и непрерывные поверхности. Интерполяция: линейная и нелинейная (взвешивание, поверхности тренда и кригинг), оценка ошибки интерполяции, решение проблемы седловой точки. Применение различных методов интерполяции для решения задач гидрогеологического и инженерно-геологического картирования и моделирования. Методы изображения поверхностей на картах с помощью изолиний, плотности точек, методы отображения и преобразования численных параметров областей.

Подсистема анализа – это сердце ГИС, то, ради чего ГИС существует. Общие задачи анализа:

1. Картирование местоположения объектов и явлений.
2. Картирование по величине.
3. Картирование плотности.
4. Поиск объектов, попадающих внутрь других объектов.

5. Поиск объектов, находящихся на определенном расстоянии от других объектов.

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

Только лишь возможность находить точечные, линейные и площадные объекты на карте имеет мало ценности. Большинство объектов выбираются не столько по их типу, сколько в зависимости от того, что они представляют в реальном мире. Наибольший интерес представляют их атрибуты, то есть описания. Все объекты (точечные, линейные, площадные) различаются не только по их местоположению, но и, что более важно, по их атрибутам, характеристикам.

Все объекты могут быть разделены по типам (номинальная шкала измерения данных), или могут быть разделены и классифицированы в соответствии с порядковой шкалой.

Подобно точечным, линейные объекты должны разделяться на основе порядкового ранжирования или некоторой иной меры. В некоторых случаях одна линия может иметь изменения в значениях атрибутов вдоль своей длины. Используя узлы для индикации изменений и храня каждый отрезок между узлами с соответствующими атрибутами, мы можем определить каждый сегмент линии как отдельную идентифицирующую сущность, то есть дугу. В векторных системах, использующих топологическую модель данных, отношения между линией и прилежащими к ней полигонами записываются в БД в явном виде во время ввода или построения топологии. Это свойство используется при выполнении операции **анализа соседства**. Мерой формы для линейных объектов чаще всего является **извилистость**, определяемая как соотношение суммы длин сегментов линии к расстоянию между ее крайними точками.

В отличие от точечных и линейных объектов площадные объекты имеют дополнительное измерение, которое позволяет присваивать им больше атрибутов на основе их геометрии (рис. 16).

Инструменты **измерения** дают количественные характеристики объектов, которые пользователь сможет использовать в анализе для сравнения объектов в пределах одного покрытия или между покрытиями. Простые меры длины, расстояния, площади и другие измеряемые характеристики могут быть скомбинированы со многими другими аналитическими функциями с целью создания намного более сложных моделей, чем было бы возможно без привлечения ГИС. Именно для того, чтобы получать осмысленные результаты, необходимо знать, как наилучшим образом выполнять измерения.

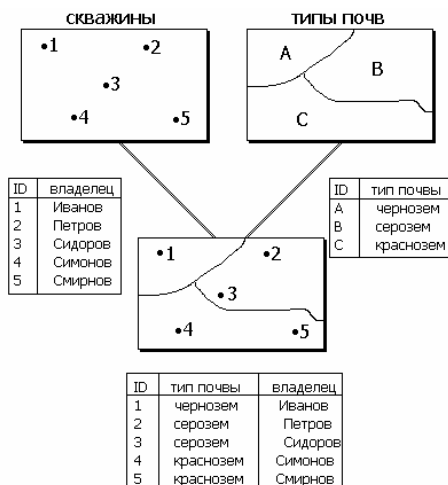


Рис. 16. Пример применения процедуры топологического оверлея «точка-в-полигон» с перестройкой таблицы атрибутов

Поверхности - это объекты, которые чаще всего представляются значениями высоты Z , распределенными по области, определенной координатами X и Y . Обычно используется термин "**статистическая поверхность**", поскольку значения параметра Z часто можно трактовать как статистическое представление величины рассматриваемых явлений или объектов.

Изображение поверхностей на картах. Статистические поверхности могут представляться посредством плотности точек, хороплет, дасиметрии и изолиний. Первые три чаще всего имеют дело с дискретными поверхностями. Четвертый метод наиболее часто используется для непрерывных данных, хотя он может использоваться и для дискретных данных, если принять, что они являются непрерывными. Его можно представить как последовательность линий, окружающих топографическую поверхность. Каждая линия, обычно называемая горизонталью в топографическом контексте, представляет все точки, имеющие одну и ту же высоту.

Карты плотности точек. Этот подход чаще всего использует конкретные области, в которых подсчитываются объекты (число родников на округ). Другая распространенная форма карт плотности точек не использует отобранные области, а обозначает каждый объект одной точкой. Когда точка указывает на более чем одно наблюдение, должны быть заданы три взаимосвязанных вопроса: сколько объектов представляется одной точкой, каков размер точки в связи с единицей дис-

кренности, и где пользователь расположит точки после ответа на первые два вопроса.

Дополнительный иллюстративный материал содержится в презентации *07_Поверхности.ppt*.

Методы отображения параметров областей. Существуют два основных метода получения Z-значений поверхности. Первый использует отобранные точки, и в этом случае карта изолиний называется изометрической. Но возможно также работать и с данными, представляющими не точки, а небольшие области. Хотя известно, что эти данные — дискретные, при желании можно обращаться с ними как с непрерывными. Этот тип карт называется картами изоплет. В случае изоплетных карт существуют два подхода к выбору точек измерений. Первый называется регулярной сеткой (GRID), так как точки расположены в узлах решетки, образованной прямыми линиями (табл.5). Второй метод отбора точек основан на нерегулярной сетке (TIN).

GRID – типы данных: интервальные и относительные данные. Недостатки GRID - Недостаточно точно передаются точные местоположения объектов (вершины) и линейные объекты (гребни).

В TIN моделях треугольники называют гранями, точки становятся узлами граней, линии граней называют ребрами (рис.17). Грань TIN является частью плоскости в трехмерном пространстве.



Рис.17. Создание TIN модели

Морфология поверхности TIN:

- Точечные пространственные объекты – отражаются узлами треугольника, сохраняя исходное местоположение и высоту.
- Линии перегиба - линейные пространственные объекты представлены связанным набором ребер треугольника.
 - резкие - отражают разрыв в уклоне;
 - нерезкие - позволяют добавлять ребра, чтобы показать линейные пространственные объекты, не нарушающие уклон.
- Площадные объекты изображаются замкнутым набором ребер треугольника.

- Полигоны замещения - задают одно постоянное Z-значение границе и всем высотам внутри нее;
- Полигоны стирания - отмечают все области в пределах полигона как находящиеся вне области интерполяции для данного режима;
- Полигоны отсечения - отмечают все области вне полигона, как находящиеся вне интерполяции для данной модели;
- Полигоны заполнения - назначают целочисленные атрибутивные значения всем граням в пределах полигона. Никакой замены высот, стирания и отсечения не происходит.

Недостатки TIN: нелегко получить и для создания требуется тщательный сбор данных.

Таблица 5

Сравнение GRID и TIN для представления поверхностей

Параметры сравнения	GRID представление	TIN представление
Точность модели поверхности	Зависит от размеров ячейки.	TIN имеет переменную плотность точек, которая изменяется в зависимости от степени наклона.
Точность пространственных объектов	Значение Z раstra – результат квантования (деления) пространственных объектов по регулярной сетке.	TIN предназначен для фиксирования и представления пространственных объектов типа рек, гребней и вершин.
Анализ поверхности	Пространственное совпадение. Близость. Дисперсия. Путь наименьших затрат.	Высота, крутизна, вычисление экспозиции склона. Получение изолиний поверхности. расчеты объемов. Вертикальные профили по трассе линии. Анализ видимости.
Типовые приложения	Мелкомасштабное моделирование и моделирование поверхности. Идентификация водосборных бассейнов. Гидрологический анализ зон затопления.	Вычисления объемов дорожных выемок. Исследования системы стока для освоения земель. Создание точных изогипс.

Цифровые модели рельефа (ЦМР) - математические или наглядные, визуальные модели (включая **TIN**), разработанные для обработки полевых данных или представления на бумажной карте. Хотя математические модели весьма полезны, большинство имеющихся сегодня **ЦМР** являются моделями изображения. Модели изображения бывают двух типов: основанные на точках и основанные на линиях. Модели изображения на основе линий — почти что графический эквивалент традиционного метода карт изолиний. В растровой модели данных каждая ячейка может иметь только одно значение высоты и занимает некоторую площадь, с увеличением которой снижается точность представления поверхности.

Линейная интерполяция, используется для определения неизвестных значений высот между точками с известными значениями высоты. Однако, последовательность отсчетов высоты не всегда следует линейному закону. В некоторых случаях она скорее логарифмическая, в других может предсказываться только для небольших участков поверхности. В таких случаях линейная интерполяция не даст адекватных результатов. Три метода **нелинейной интерполяции**: метод обратных взвешенных расстояний (**ОВР**), метод поверхности тренда и кригинг. Метод **ОВР** исходит из предположения, что чем ближе друг к другу находятся точки данных, тем ближе их значения. Значение высоты в каждой точке взвешивается в зависимости от квадрата расстояния, так что более близкие точки вносят больший вклад в определение интерполируемой высоты по сравнению с более удаленными. В некоторых случаях пользователя больше интересуют общие тенденции поверхности, нежели точное моделирование мелких неровностей. Наиболее распространенный подход к такой характеристике поверхности называется поверхностью тренда. Для поверхностей тренда мы используем наборы точек в пределах заданной окрестности. В пределах каждой окрестности строится поверхность наилучшего приближения на основе математических уравнений, таких как полиномы или сплайны. Метод интерполяции кригинг оптимизирует процедуру интерполяции на основе статистической природы поверхности. Кригинг использует идею регионализированной переменной, которая изменяется от места к месту с некоторой видимой непрерывностью, но не может моделироваться только одним математическим уравнением. Кригинг обрабатывает эти поверхности так, считая их образованными из трех независимых величин. Первая, называемая **дрейфом** или **структурой** поверхности, представляет поверхность как общий тренд в определенном направлении. Далее, кригинг предполагает, что имеются небольшие отклонения от этой общей тенденции, вроде малень-

ких пиков и впадин, которые являются случайными, но все же связанными друг с другом пространственно (**пространственно коррелированы**). Наконец, **случайный шум**, который не связан с общей тенденцией и не имеет пространственной автокорреляции.

Интерполяция полезна для создания изолиний, описывающих поверхности. Она может также использоваться для отображения поверхности средствами блок-диаграмм или карт с отмывкой рельефа.

Проблемы интерполяции. При выполнении методов интерполяции должны учитываться четыре фактора: число исходных точек; положения исходных точек; проблема седловых точек; область, содержащая точки данных. В общем случае можно сказать, что чем больше исходных точек мы имеем, тем более точной будет интерполяция и тем с большей вероятностью интерполированная поверхность будет хорошей моделью. Однако, существует предел числу отсчетов, которые могут быть сделаны для любой поверхности. Постепенно достигается момент снижения отдачи: большее количество точек не улучшает существенно качество результата, но лишь увеличивает время вычислений и объем данных.

Проблема седловой точки, называемая иногда проблемой альтернативного выбора, возникает тогда, когда две точки одной пары диагонально противоположных Z -значений, образующих прямоугольник, расположены ниже, а две точки другой диагональной пары находятся выше того значения, которое пытается найти алгоритм интерполяции. Простым способом решения этой проблемы является помещение среднего от двух, полученных по диагоналям, интерполированных значений в точке пересечения диагоналей.

Дополнительная информация и иллюстративный материал по этой теме находятся в презентации *08_ГИС-анализ.ppt*.

Лекция5 (2 часа). Классификация. Кодирование и перекодирование атрибутов. Статистические поверхности, явления растворения границ и агрегирования, использование функций соседства и смежности, ориентация на общий и целевой анализ, использование фильтров для обработки и подготовки к классификации растровых данных. Классификация на основе количественных атрибутов. Понятие окрест-

ности. Фильтры. Переклассификация поверхностей: уклон, аспект, взаимная видимость, вычисление объемов. Буферные зоны.

Классификации могут быть простыми, на основе одного критерия или сложными, на основе многих критериев. Число возможных методов классификации и переклассификации бесконечно. Все они зависят от потребностей пользователя. Классификация зависит от типов объектов, которые необходимо группировать. Варианты классификации диктуются масштабом, когда, например, растительность отображается не для малых регионов, а для целой Земли. Другие случаи классификации определяются больше техникой, используемой для получения исходных данных, такой как спутниковое дистанционное зондирование. ГИС обеспечивают широкие возможности классификации и переклассификации атрибутивных данных для достижения определенного результата. На самом деле, их работу можно отнести прежде всего к переклассификации, так как данные, вводимые в ГИС, часто уже классифицированы.

Простейшая переклассификация

Точки и линии могут переклассифицироваться простым перекодированием атрибутов в их таблицах или перекодированием значений ячеек растра для создания новых точечных или линейных покрытий. В этом простом процессе пользователь меняет сами атрибуты и не более того. Процесс — практически такой же при работе с площадными объектами в растровых системах. Выбрав атрибуты нужных областей, пользователь просто изменяет числа кодов или имена атрибутов для этих ячеек растра. В простых растровых системах, где нет привязанных к растру таблиц атрибутов, пользователь должен также изменить и легенду нового покрытия для отражения изменившейся ситуации.

В случае векторов процесс переклассификации требует изменения как атрибутов, так и графики. Во-первых, надо удалить все линии, которые разделяют два класса, которые должны быть объединены. Эта операция называется **растворением границ**. Затем атрибуты этих двух полигонов переписываются для нового покрытия как единый новый атрибут для обоих (рис.18).

И в растровой, и в векторной переклассификации полигонов имеется интересная особенность. В обоих случаях по окончании мы имеем меньшее число категорий, чем имели вначале. Этот результат, называемый **агрегированием данных**, — полезный и распространенный вид переклассификации. Существуют полезные методы выделения большого количества деталей из грубой полигональной информа-

ции. Эти методы требуют сравнения двух или более покрытий в процессе, называемом наложением (overlay).

Основные методы переклассификации основаны на атрибутивной информации; на информации о положении; размере и форме.

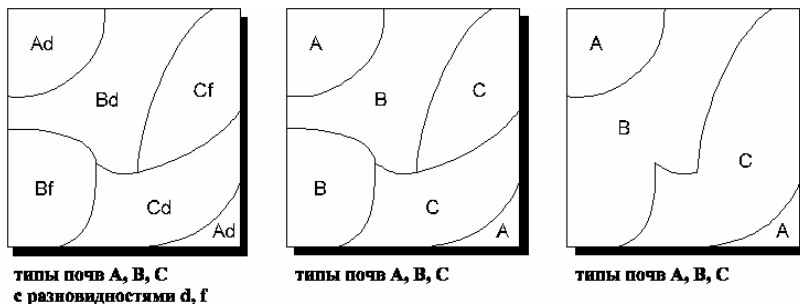


Рис. 18. Пример создания производной карты путем переклассификации пространственных объектов

Переклассификация на основе "негеометрических" атрибутов очень полезна, но она ограничивает пользователя атрибутами в пределах каждого объекта. Такие процедуры переклассификации основаны на идее характеризования каждого объекта как части большей **окрестности** объектов. Окрестности могут определяться в терминах объединяющего атрибута всей области (**общий анализ соседства**), или фокус может быть направлен на меньшие части всей территории (**целевой анализ**). Целевой анализ, также называемый **непосредственной окрестностью**, включает только места, непосредственно прилегающие к целевой области или месту. Анализ общего соседства, называемый также **расширенной окрестностью**, включает местоположения, которые находятся в непосредственной близости, а также и удаленные на некоторое расстояние. А пока мы посмотрим на функции соседства, имеющие дело с двух и трехмерными объектами. Мы сможем разделить функции соседства, имеющие дело с двух и трехмерными объектами на **статические**, в которых анализ проводится сразу по всей выбранной целевой области, и **функции скользящего окна**, где анализ проводится только в рамках окна, которое перемещается по покрытию.

Существуют функции, которые используют окно переклассификации ячеек раstra для определения развитости границы области. Эти оконные функции называются также фильтрами. Довольно часто этот метод используется в обработке изображений дистанционного

зондирования, но имеет такую же применимость и в растровых ГИС. В частности, фильтры используются для выделения краев областей или линейных объектов (**фильтры высоких частот (ФВЧ)**), усиления общих градиентов и устранения мелких флуктуации и шума (**фильтры низких частот (ФНЧ)**), или даже для подчеркивания ориентации (**анизотропные фильтры**). **Фильтр высоких частот** предназначен для выделения деталей в растровом покрытии, которые могут быть незаметны из-за близлежащих ячеек растра, содержащих относительно близкие значения.

Окрестности

ГИС должна быть способна измерять размер полигона, или фрагментированного региона, составленного из нескольких полигонов. Представьте, что нас интересует только идентичность полигонов региона в пределах некоторой окрестности или расстояния.

В предыдущем описании окрестностей рассматривался одиночный атрибут выбранных групп в пределах заданного радиуса. Однако, часто пользователь больше заинтересован в определении сходств и различий в пределах выбранной окрестности, нежели в группах однородных полигонов или групп ячеек растра. Пользователь выбирает радиус поиска, как и раньше, программа просматривает атрибуты всех полигонов участков переписи или ячеек растра, и затем выполняет простое усреднение этих величин.

Возможно вычисление некоторого максимального или минимального значения по окрестности. Другие операции включают подсчеты общего количества всех видов, определение медианы, наивысшей и наименьшей частот, отклонения от центральной точки по отношению к среднему окружающих значений и даже доли окрестности, имеющей те же атрибуты, что и в центральной точке окрестности. Эти операции могут выполняться многими различными способами.

Переклассификация поверхностей

Наиболее широко используются следующие четыре характеристики трехмерных поверхностей для описания окрестностей: уклон, азимут (экспозиция склона), форма и взаимная видимость. Они могут применяться в векторных и в растровых ГИС. Эти характеристики могут быть использованы в сочетании друг с другом.

Уклон. Концептуально процесс довольно прост: нужно узнать связь между расстоянием по горизонтали между точками на местности и соответствующей разницей высот. Отношение второй величины к первой и является способом выражения уклона. Чтобы сделать это в

векторной системе, нужна модель данных, подобная нерегулярной сети триангуляции (TIN). Растровая система может сразу же с этим справиться, хотя потребуются некоторая компенсация ошибок из-за дискретности растрового пространства. Обычный метод вычисления уклона состоит в том, чтобы провести наиболее подходящую поверхность через соседние точки и измерить отношение изменения высоты на единицу расстояния. Вернее, ГИС просчитает это отношение по всему покрытию, создавая набор категорий величины уклона. Представление о поверхностях может быть обобщено на любые виды поверхностных данных, которые измеряются в шкалах рангов, интервалов и отношений. Они называются **статистическими поверхностями** и являются поверхностным представлением пространственно-распределенных статистических данных. Таким образом можно анализировать величину уклона (градиент) в изменении любой величины, которая является или может быть принята непрерывной по покрытию. Методы переклассификации на основе только лишь уклона могут выполняться и в растровых ГИС. Простейший способ состоит в оценке восьми непосредственных соседей каждой ячейки растрового покрытия.

Экспозиция склонов (аспект). Поскольку поверхности имеют уклон, они имеют также и ориентацию, называемую **экспозицией** или **аспектом**. Идеи уклона и экспозиции неразделимы как в физическом, так и в аналитическом плане. Без уклона невозможен топографический аспект. Для геологов преобладающий уклон сдвигов может быть путем к пониманию подземных процессов. В векторных ГИС, использующих модель данных, подобную TIN, работа с аспектами относительно проста. Каждая грань модели TIN имеет определенные уклон и аспект. Аспект определяется как азимут нормали каждой треугольной грани поверхности. Когда производятся вычисления с участием аспекта, эти значения могут выбираться из БД TIN без дополнительных вычислений. И пользователь может группировать их в классы. В случае растра нужно провести анализ по всему покрытию, в котором последовательно все точки как центральные точки окрестности сравниваются со своими соседями.

Профиль поверхности. Другой пример переклассификации статистических поверхностей - оценка их формы. Простейший способ визуализации формы поверхности - ее **поперечный профиль**. Процесс легко выполняется в векторной ГИС с использованием модели TIN, где линия (необязательно прямая) проводится по какому-то участку покрытия.

Взаимная видимость показывает, что если вы расположены в определенной точке топографической поверхности, то одни области рельефа будут вам видны (области видимости), а другие нет. В векторной системе простейший метод состоит в соединении точки наблюдателя с каждой возможной целевой точкой покрытия. Затем выполняется трассировка лучей, т.е. вы следуете вдоль линии (луча), ища отметки высоты, которые выше этой линии. Более высокие точки будут загораживать для наблюдателя то, что за ними. Существуют многие способы определения областей видимости для векторных структур данных, включая TIN.

Распространенным методом переклассификации является процесс построения буферов. **Буфер** — это полигон с границей на определенном удалении от точки, линии или границы области. Поскольку он связан с положением, формой и ориентацией объекта, можно отнести буферизацию к методам переклассификации на основе положения. Однако, буфер может быть больше чем только отмеренное расстояние от двухмерного объекта; он может быть также связан с, и даже управляться, присутствием поверхностей трения, рельефа, барьеров, и т.д. То есть, хотя буферизация основана на положении, она имеет также и другие существенные компоненты.

Буферизация — дело измерения расстояния от объекта, будь то точка, линия или область. В случае точки мы отмеряем одно расстояние по всем направлениям от этой точки. Буфер площадного объекта строится на заданном расстоянии от его периметра. Может даже понадобиться построить второй буфер вокруг первого, третий — вокруг второго и т.д., которые вместе называются **многослойным буфером**. Процедура его построения относительно проста, так как каждый новый слой буфера - всего лишь новый буфер вокруг предыдущего слоя.

Лекция 6 (2 часа). Пространственные распределения. Точечные, линейные и полигональные распределения. Анализ квадратов. Анализ ближайшего соседа. Распределения полигонов. Распределения линий. Плотность линий. Пересечения линий. Направленность линейных и площадных объектов. Связность линейных объектов. Модель гравитации.

Операции наложения. Наложения в векторных системах. Векторное наложение «точка в полигоне» и «линия в полигоне», наложение полигонов. Ошибки векторного наложения. Наложения в растровых системах. Использование операции наложения в задачах типиза-

ции, районирования и прогноза гидрогеологических и инженерно-геологических условий.

Пространственное распределение - это расстановка, порядок, концентрация или рассеянность, соединенность или бессвязность многих объектов в пределах заключающего их географического пространства.

Простейшей мерой точечного **распределения** является **плотность точек**. Она определяется как результат деления числа точек на общую площадь, на которой они расположены. По форме распределение является **равномерным**, если число точек на единицу площади в каждой малой подобласти такое же, как и в любой другой подобласти. Если точки расположены в узлах сетки, разделенные одинаковыми интервалами по всей области, то равномерное распределение называется **регулярным**. В других случаях равномерно распределенные точки располагаются в **случайном** порядке по всей рассматриваемой области. Бывают случаи, когда точки собраны в тесные группы, такое распределение называется **сгруппированным** или **кластерным**.

Анализ квадратов. Равномерные точечные распределения определяются на основе отношений между одинаковыми подобластями, называемыми **квадратами**. В стандартном методе **анализа квадратов** [для равномерного распределения] предполагается, что примерно одно и то же число объектов будет находиться в каждой подобласти, равное общему числу объектов, поделённому на количество подобластей. Анализ ближайшего соседа - общепринятая процедура определения расстояния от каждой точки до ее ближайшего соседа (РБС) и сравнения этой величины со средним расстоянием между соседями. Вычисление этого статистического показателя включает определение среднего РБС среди всех возможных пар близлежащих точек (такие точки определяются как ближайшие к выбранной).

Точечные распределения могут также характеризоваться с помощью **полигонов Тиссена** (называемых также **диаграммами Дирихле** и **диаграммами Вороного**). Они основаны на идее, что можно нарастить полигоны вокруг точек, чтобы показать их возможные зоны влияния на другие точки покрытия.

Анализ **распределения областей** проводят через определение плотности полигонов на единицу площади области изучения. Однако, при определении меры плотности полигонов необходимо вначале измерить площадь полигонов каждого класса, из тех, что интересуют нас. Затем поделить суммарную площадь каждого типа полигонов (т.е.

каждого региона) на общую площадь покрытия. Это дает относительную долю полигонов, а не число их на единицу площади. Помимо плотности полигонов, может интересовать расположение и формы распределений, создаваемые группами полигонов.

Статистик соединений. При работе с полигональными покрытиями нередко создают бинарные карты, т.е. такие, на которых имеются только две категории полигонов, — чаще всего таких, которые характеризуют некоторый показатель как хороший или плохой для искомого решения. Часто используется понятие непосредственной окрестности на основе смежности, определяемой как условие контакта полигональных объектов друг с другом. Для рассмотрения распределения, образуемого соединенными региональными полигонами одного типа, применяется статистический показатель (статистик) соединений (общих границ). Соединение — это общая граница двух смежных полигонов. Статистик соединений подсчитывает количество соединений в полигональном распределении и характеризует структуру соединений каждого покрытия.

Другие меры распределений полигонов. Анализ распределений полигонов может быть весьма сложным, и связи ГИС с другим программным обеспечением дают возможность выполнять его. В общем случае меры полигональной изолированности, меры доступности, взаимодействий полигонов и рассредоточенности.

Распределения линий. Плотность линий. Поскольку линии в отличие от точек имеют пространственную протяженность, анализ их распределений несколько сложнее. Для определения плотности одномерных линий используют отношение суммы их длин к площади покрытия. Выразаться оно может в метрах на гектар или километрах на квадратный километр. За исключением сравнения с аналогичными величинами для других регионов или для того же региона в другие моменты времени, пользователь мало что может сделать с этой информацией.

Ближайшие соседи и пересечения линий. Первой задачей в анализе ближайших соседей среди линейных объектов будет выбор случайной точки на каждой линии карты (или на каждом сегменте линии, если они - не прямые). Далее, опускается перпендикуляр из этой точки к ближайшей линии. Затем измеряются эти расстояния и подсчитывается среднее РБС. Необходимо иметь возможность оценить эту величину по отношению к случайному распределению. Методы пересече-

ния линий являются альтернативой при анализе распределения линий. Один простой подход состоит в том, чтобы преобразовать двухмерную последовательность линий в одномерную прочерчиванием выборочной линии через карту и учетом пересечений этой линии с линиями покрытия. Существуют по меньшей мере два способа создания таких линий. Первый — случайно выбрать пару точек и соединить их линией. Второй метод состоит в проведении луча из случайной точки под случайным углом, откладывании случайного расстояния от начальной точки и проведении перпендикуляра к лучу из этой точки. После того, как линия проведена, может быть рассмотрено распределение интервалов между пересечениями ее с линиями покрытия с использованием стандартных методов анализа наборов данных.

Линейные объекты могут характеризоваться не только распределением по ландшафту, но и ориентацией. Такие объекты как осадочные напластования, русла ледников, переносимая водой галька, цепи валунов, оставленные ледниками имеют определенную ориентацию, которая часто указывает на породившую их силу. Но когда анализируют ориентацию, может возникнуть ситуация выбора между двумя встречными направлениями. Поэтому, кроме ориентации нужно знать и о направленности.

В традиционном статистическом анализе ориентации линий с карты переносятся на диаграмму направлений, где все они прочерчиваются из одной начальной точки. На некоторых диаграммах направлений длиной линий также изображают параметры объектов, такие как сила ветра. Диаграммы направлений полезны для визуальной оценки, но измерения, получаемые непосредственно по данным покрытия больше подходят для численного анализа. Рассмотрим равнодействующий вектор. Зная силы и направления, приложенные к объекту, можно определить, в какую сторону и с каким ускорением объект начнет движение. Наряду с длиной равнодействующего вектора можно использовать также и обратную ей величину, называемую круговой дисперсией, которая равна единице минус нормализованная длина равнодействующего вектора.

Важным аспектом пространственного расположения линий является их способность образовывать сети. Сети имеют разнообразные формы, как естественные, так и созданные человеком. Среди них: автомобильные и железные дороги, реки. Кроме плотности и ориентации объектов, образующих сеть, пользователю нужна возможность анализировать реальные связи, образованные этими объектами и степень связанности между различными точками сети. Связность является ме-

рой сложности сети. Имеются несколько методов для определения этой характеристики. Наиболее общими являются гамма-индекс и альфа-индекс. Гамма-индекс является отношением числа существующих связей между парами узлов сети, L , к максимально возможному числу связей в том же наборе узлов, L_{\max} . Векторно-топологическая модель данных лучше всего подходит для этих вычислений.

Важной характеристикой сетей помимо связности является наличие в ней контуров, позволяющих перемещаться от узла к узлу разными маршрутами. В качестве меры соединенности узлов контурами альтернативных маршрутов используется альфа-индекс. Он является отношением имеющегося в сети числа контуров к максимально возможному числу контуров в этой сети.

Два индекса дают разные взгляды на сеть, и объединяются для создания общей меры сложности сети. Для вычисления данных индексов требуется использование векторной ГИС, т.к. эта статистика имеет топологическую основу теории графов, где гораздо важнее связность узлов, нежели их расположение или длины и формы линий, связывающих их.

Более крупные объекты привлекают к себе большую активность. Размер такого притяжения может представляться во многом подобно гравитационному притяжению тел, обладающих массой. Чем больше масса, тем больше сила притяжения между ним и его соседями. Переноса идею гравитационного притяжения на взаимодействие между узлами покрытия ГИС, можно получить модель гравитации. Чем больше величины узлов, тем больше сила взаимодействия между ними, и с ростом расстояния между узлами сила взаимодействия уменьшается. Существуют многие варианты данной простой модели притяжения между точками как в растровых, так и в векторных системах.

Операции наложения

Комбинирование картографического представления тематической информации одной выбранной темы с другой называется наложением (overlay).

Традиционно наложение рассматривается как метод сравнения полигональных покрытий. Но существуют и другие типы наложений, использующие точечные и линейные данные.

Наложение типа «точка в полигоне» заключается в наложении точечных покрытий и полигональных для выявления корреляционных зависимостей между точечными и полигональными объектами. Также

можно установить определенную связь между данными в пределах одного покрытия. Наложение типа «линия в полигоне» заключается в наложении линейных покрытий и полигональных для определения возможности корреляции линейных и полигональных объектов. Результаты наложения помогут доказать, что наблюдаемые сходства пространственных распределений демонстрируют действие некоторого реального причинно-следственного механизма. Однако, при выполнении работ без применения ГИС потребуется немало времени на составление карт и рассмотрение многих покрытий. Кроме того, если необходимо рассмотреть несколько показателей, для них придется составлять и накладывать слои карты. Если же имеется ГИС с большим числом тематических слоев, то можно легко выполнить наложение любого набора из этих показателей, чтобы рассмотреть другие гипотезы о картине пространственного изменения.

Исторически сложилось так, что сравнение полигональных покрытий является наиболее распространенным подходом к выполнению наложения, вследствие чего разработчики геоинформационных систем изначально развивали именно этот тип наложения. Поэтому существуют различные подходы к выполнению **наложения полигонов**, ориентированных на определенные потребности пользователей. Наложение полигонов заключается в наложении полигональных покрытий для проведения сравнений и выделения корреляций по определенным показателям. Если все показатели имеют равные веса, они называются **исключающими переменными**. Этот подход распространен, но ограничен бинарными данными шкалы. Можно изменить анализ, перейдя от бинарных показателей к более высоким шкалам измерений, назначая большей степени влияния показателя большее отображение на покрытия. Такой подход называется **математическим наложением**. Остается еще один вопрос — о степени влияния каждого показателя на принятие решения. Для этого каждому показателю присваивается вес, показывающий его важность по сравнению с другими показателями. Данная процедура реализуется математическим наложением, при котором вычисляются значения весовой функции, представляющей собой сумму значений показателей, умноженных на соответствующие им весовые коэффициенты. Сложение - не единственная математическая операция, которая может использоваться для комбинирования покрытий, могут также использоваться вычитание, умножение, деление, возведение в степень, выбор большего или меньшего значения, усреднение и другие операции.

Растровые наложения "точка в полигоне" и "линия в полигоне". В растровых ГИС ячейки растра, представляющих точечную информацию, могут сравниваться с помощью присваивания этим точкам, как и полигонам, легко отличимых чисел или категорий; таким образом, становится очевидно, какие ячейки расположены в пределах интересующих нас полигонов. В растре наложение "точка в полигоне" не требует явной информации о координатах как точек, так и полигонов. В простейших системах нужно помнить о различимости категорий после выполнения наложения, в более сложных такое различие может производиться по меткам. Системы, связанные с СУБД, будут иметь записи атрибутов, показывающие одновременное присутствие двух или более различных атрибутов в одной ячейке растра. Поскольку в растровой модели данных линии представляются цепочками прилежащих ячеек растра, которые сами по себе являются точками, операция наложения "линия в полигоне" не отличается от операции "точка в полигоне".

Процесс **растрового наложения полигонов** так же прост, как и наложение точек, поскольку в растре полигоны являются группами точек с одинаковыми наборами числовых значений. Растровым наложениям свойствен недостаток пространственной точности, но при этом они обладают высокой гибкостью и скоростью выполнения вследствие своей простоты. Общеизвестно, что в общем случае растровое наложение предпочтительно вследствие его вычислительной легкости, поскольку каждая ячейка растра одного покрытия обязательно совмещена с такой же ячейкой в других покрытиях.

Типы наложений в векторных системах

Наложение САПР. Первый и простейший метод компьютерного векторного наложения очень похож на традиционный метод в том, что пользователь просто располагает символы отображения классифицированных данных на одной поверхности. Процесс графического наложения похож на метод тематического объединения. Такие карты позволяют пользователю видеть разнообразные факторы на одной графической основе и могут использоваться для графической демонстрации наличия или отсутствия пространственной связи между этими факторами. Для выполнения этой операции требуется, чтобы все отображаемые объекты находились в одной системе координат. Результатом этой операции является изображение на экране, но не покрытие в файле. Программа не отвечает за объединение атрибутов объектов, так как сами атрибуты, чаще всего лишь метки, присоединенные к графиче-

ческим элементам, и нет таблиц, связывающих эти меткие другими атрибутами. Нет также и топологии. Изображение — всего лишь графический прием последовательной отрисовки отдельных изображений для создания объединенной картинке. Оно может быть напечатано и даже сохранено как файл на диске компьютера.

Топологическое векторное наложение. Векторные наложения "точка в полигоне" и "линия в полигоне". При этом подразумевается, что покрытия имеют общую систему координат. Наложение «точка в полигоне» определяет принадлежность точки с координатами полигону. Может выполняться с целью создания нового покрытия, состоящего только из тех полигонов, которые содержат указанные точки. Наложение "линия в полигоне" заключается в соотношении координат концевых и промежуточных точек линии с границей полигона с целью определения принадлежности этих точек полигону, то есть, оно сводится к выполнению нескольких точечных наложений. Дополнительным моментом является то, что линия может пересекать границу полигона. В простейшем случае можно считать, что если хотя бы одна точка линии принадлежит полигону, то и вся линия принадлежит ему. Но более корректным подходом является определение точек пересечения линии с границей полигона и создание в них узлов, что позволит разделить атрибуты внутренних и внешних по отношению к полигону частей линии. Векторные наложения "точка в полигоне" и "линия в полигоне" являются вопросом графического отношения объектов и отношения атрибутов. Для векторного наложения полигонов программа должна определить точки пересечения границ полигонов одного покрытия с границами полигонов другого покрытия. Эти точки пересечения становятся узлами, и программа отслеживает передачу атрибутов в новое покрытие.

Ошибки векторного наложения

Простые идентифицирующие наложения, созданные главным образом для данных номинальной шкалы, малопригодны для данных других шкал измерения. Часто приходится иметь дело с числовыми данными, которые дают больше возможностей наложения, обеспечиваемых теми же математическими операциями, что и в алгебраическом растровом наложении. Любая полнофункциональная СУБД позволяет выполнять алгебраические действия над данными таблиц атрибутов, связанных с графикой карты.

Алгебраическое наложение в векторных системах выполняется во многом так же, как и в растровых, если не считать добавочные операции с векторными графическими фигурами. Но результаты наложения в растре и векторах могут выглядеть по-разному: в векторной сис-

теме могут неожиданно оказаться десятки и даже сотни мелких полигонов, особенно вдоль границ пересекающихся полигонов. Эти визуально незначительные расхождения могут существенно влиять на результаты анализа.

Так же проблемой наложения является определение величины погрешности образуемых в результате наложения покрытий, есть очень мало общих принципов и еще меньше ответов на этот вопрос, особенно если покрытия приходят из разных источников. Логично предположить, что если имеется несколько покрытий, то результат наложения будет иметь погрешность наихудшего из них. Если веса покрытий в наложении неодинаковы, то и вклады ошибок будут разными. Кроме того, значимость покрытий для целей анализа может быть различной даже при равном их участии в самом процессе наложения.

Лекция 7. (2 часа) Картографическое моделирование. Модели описывающие и предписывающие. Блок-схемы моделей, использование их для реализации и верификации моделей.

Вывод карт и результатов анализа. Особенности вывода на дисплей и бумагу. Картографический вывод. Принципы графического дизайна. Внешние факторы картографического дизайна. Нетрадиционные виды картографического вывода. Анимация. Картограммы. Анаморфозы. Некартографический вывод: таблицы и графики, интерактивный вывод. Использование символов. Эталонная база условных знаков карт геологического содержания ГлавНИВЦ.

Картографическое моделирование - процесс использования комбинаций команд для ответов на вопросы о пространственных феноменах. Картографическая модель — это набор взаимодействующих, упорядоченных операций с картами, которые используют как "сырые", так и обработанные данные для моделирования процесса принятия решений о пространственных объектах. Картографические операции взаимодействуют друг с другом. Каждая операция над покрытием имеет результат (обычно другое покрытие), который может использоваться следующей операцией.

Описательные картографические модели описывают и, при некоторых обстоятельствах, объясняют некоторые распределения и взаимосвязи, полученные в результате анализа. Простейшие описательные модели просто иллюстрируют существующую ситуацию соблюдением некоторых феноменов и показом результатов в форме, позволяющей пользователю одним взглядом охватить эти феномены и их

взаимосвязи. Несмотря на свою простоту, модели этого типа всё еще широко используются, так как они предлагают достаточно простой путь получения легко узнаваемых представлений пространственных объектов и явлений.

Предсказательные модели позволяют пользователю определить, какие факторы важны в функционировании области исследования, и как эти факторы связаны друг с другом пространственно. Предсказания на основе таких связей могут быть очень ненадежными. Они требуют, чтобы факторы имели ясную и подтверждаемую причинную связь. Пространственная ассоциация различных картографических показателей не диктует сама по себе причинно-следственные отношения, а только указывает на пространственное совпадение. Знание моделируемой среды важно в прогностическом картографическом моделировании, также как и в аналитической статистике.

Полезной методикой, помогающей сформулировать модель и определить нужные покрытия, является составление **блок-схемы** модели. Оно требует обособления каждого элемента (покрытия), который должен использоваться в модели. Каждое покрытие должно иметь конкретную, уникальную тему, представляющую один фактор или группу факторов в модели.

Блок-схема позволяет определить, имеет ли пользователь все необходимые покрытия, а также проверить единственность каждого покрытия. Если есть некоторые избыточные покрытия, представляющие уже имеющиеся темы, то пользователь сможет сократить их и уменьшить общее время ввода.

Многие модели принимаются как должное. Такое отношение может явиться причиной принятия решений на основе некачественных данных или некорректных комбинаций корректных данных. Помочь избежать этого может **верификация модели**. Часто просто красивая карта выглядит ничуть не хуже, чем корректная карта. Термин "верификация" определяется достаточно свободно, для описания не только корректных, но и полезных моделей. В конце концов, если результаты анализа корректны, но бесполезны, их нельзя назвать продуктом. В пределах этого определения должны получить ответы три вопроса. Действительно ли используемые в модели данные отражают условия, которые пользователь пытается смоделировать? Корректно ли скомбинированы факторы модели для представления их реального взаимодействия? Правильно ли описан или предписан таким образом процесс принятия решения? Является ли конечный результат приемлемым и/или полезным для пользователей в качестве средства для принятия решений? Первый вопрос должен рассматриваться еще на стадии вво-

да данных, но это не всегда возможно. Одной из причин составления блок-схемы модели является выявление недостающих переменных, определение возможности получения адекватного решения на основе имеющихся покрытий. Иногда бывает так, что используемые факторы не дают ожидаемого результата, что может свидетельствовать о неполноте модели или о том, что используемые факторы неадекватно представляют ограничения модели. Блок-схема будет очень полезной при поиске недочетов модели, в том числе и для рассмотрения подмоделей, в одной из которых может таиться недостаток, делающий некорректным общий результат. Другой проблемой соответствия элементов модели реальному миру являются недостающие переменные. Всё-таки ГИС может быть реализована и при отсутствии некоторых переменных. Они могут быть просто недоступны, и потому должны быть исключены из модели, при этом окончательный вариант модели должен указывать, каких факторов не достает, и явно признавать, что модель не является полной картиной реальности. Вторым вопросом верификации является правильное комбинирование факторов. Прежде всего нужно выяснить, дают ли аналитические функции ГИС должные результаты на основе известных входных данных.

Вывод результатов — конечный продукт любого анализа. Целью является не просто анализ сам по себе, а и представление результатов. Вывод результатов анализа может быть постоянным и временным, в зависимости от типа выходного устройства. К первой категории относят вывод на бумагу, пленку или магнитные носители - все они могут хранить результат долгое время. Вторая категория - вывод на экран монитора или проекционный экран, с целью демонстрации результатов анализа или предварительного просмотра файлов. Вывод может быть человеко- и машинно-ориентированный. Машинно-ориентированный вывод используется для сохранения материала на компьютерных носителях информации; он возвращает нас от подсистемы вывода ГИС к подсистеме хранения и редактирования. Человеко-ориентированный вывод предназначен для восприятия людьми.

Карты остаются наиболее компактным способом представления географической информации. Целью изготовления карты является создание у пользователя представления о том, как выглядит соответствующее реальное окружение. **Общегеографические карты** стремятся отобразить одновременно широкий спектр различных географических феноменов. Большинство карт на выходе ГИС относятся к **тематическим картам**, выделяющим структурные отношения в рамках выбранной темы.

Помимо размещения на тематической карте исследуемых объектов, на ней должна также присутствовать некоторая система координат, чтобы была возможность определения положений этих объектов в географическом пространстве.

Первое правило при составлении тематической карты гласит, что она должна быть читаема, анализируема и интерпретируема.

Первый шаг состоит в выборе типа карты, размещаемых на ней объектов и общего ее вида. Эта стадия интуитивна, результат ее - общий план карты. Далее выбираются символы для отображения объектов, интервалы классов, цвета, типы линий и другие графические элементы. Заключительная стадия процесса дизайна состоит в точной настройке того, что было сделано на предыдущей стадии.

При создании карты необходимо варьировать вид графических примитивов, представляющих точечные, линейные и площадные объекты, чтобы эти объекты были различимы. Основные параметры, которые могут изменяться, это форма, размер, ориентация и цвет. Кроме этого, для заполнения площадных объектов могут использоваться **штриховки**, которые характеризуются **организацией** - регулярной или случайной, **частотой следования** элементов, позволяющей делать их светлее или темнее, и **ориентацией** этих элементов. Поскольку карты воспринимаются как единое целое, необходимо уделять внимание таким характеристикам дизайна, как **разборчивость**, **визуальный контраст**, **отношение основного изображения и фона** и **иерархическая структура**.

Графические символы должны быть разборчивыми: отдельные линии — разделимыми, цвета - различимыми, формы - узнаваемыми. Другим фактором разборчивости является видимость самих символов. Визуальный контраст необходим для различения графических символов и текста на имеющемся фоне, а также при их близком расположении.

Принципы графического дизайна. Компонуя карту, пользователю приходится размещать ее элементы на ограниченной площади. Многие карты выглядят неинтересными вследствие того, что на них слишком много или слишком мало белого фона. Карта, которая полностью состоит из основного изображения, менее желательна, чем карта с некоторым аморфным фоном, обособляющим основное изображение. Фон поднимает также контраст и визуальную привлекательность. Карта, на которой слишком много фона, уменьшает значение основного изображения. Принципом графического дизайна является иерархическая организация (разделение элементов по уровням визуальной

значимости). Все графические элементы, присутствующие на карте, должны быть организованы таким образом, чтобы подчеркнуть то, что наиболее важно. Три основных метода достижения иерархической организованности. *Стереограммный* метод требует выбора и модификации графических приемов с тем, чтобы позволить наиболее значимым элементам выглядеть расположенными выше, чем менее важные элементы. *Расширительный* метод используется для ранжирования линейных или точечных объектов. *Метод подразделительной иерархии* применяется для показа различий во внутреннем устройстве областей.

Все принципы дизайна зависят от некоторого числа **внешних факторов**, определяющих природу создаваемой карты, типы используемых графических элементов и применяемые принципы дизайна.

Первым и наиболее важным фактором является **назначение** карты, в то время как **сущностная задача** связана с природой информации, которую пытаются отобразить. Другой аспект назначения карты, **эргономическая** задача, имеет в виду не столько то, *что* отображается, сколько то, *как* это делается.

Вторым фактором является **реализм**, означающий, что каждая область имеет собственные характеристики, налагающие ограничения на применимость критериев дизайна.

Третьим фактором является **наличие данных** — вопрос не только подготовки карт, но и проведения пространственного анализа. Большинство БД ГИС имеют значительный объем — таковы требования анализа; кроме того, анализ часто проводится для больших территорий.

Представление также зависит от **масштаба** карты. Его уменьшение уменьшает детальность карты и пропорционально уменьшает ее символы. Но в некоторый момент дальнейшее уменьшение символов становится невозможным из-за потери их различимости. Поэтому при дизайне карты приобретают важность выбор объектов, упрощение и обобщение (генерализация).

Следующим фактором является **целевая аудитория**. Многие пользователи выходных документов ГИС не имеют знаний и опыта в географии и картографии. В таких условиях карта должна восприниматься как можно легче, благодаря сохранению лишь наиболее важных объектов и названий и применению общеизвестных символов.

Условия использования играют важную роль в дизайне карты. На дизайн карты влияют **технические пределы** оборудования.

Нетрадиционный картографический вывод

Проволочные диаграммы - одна из наиболее распространенных картографических форм, создающая впечатление трех измерений. Хотя такие карты малоценны с точки зрения анализа, они очень эффективны в представлении результатов анализа, особенно представляемых в виде поверхностей. При этом должны учитываться дополнительные параметры дизайна: **расстояние, азимут и угол зрения**, а также расположение источника освещения и влияние разрешения ЦМР. Сегодня некоторые системы позволяют наблюдать карты этого и других типов не только статически, но и с эффектами **анимации**.

Картограммы - нетрадиционные картографические формы. Это собственно картограммы, картодиаграммы и картосхемы. Они имеют внешний вид карт, но расположение объектов на них соответствует не реальному положению в пространстве, а значению некоторого показателя. Ведь расстояния, направления и другие пространственные отношения являются относительными, а не абсолютными. В дорожных атласах можно встретить **линейные маршрутные картограммы**, на которых показаны еще и расстояния между населенными пунктами и примерное время в пути.

Картограммы изменяют географическое пространство, преобразуя его в легко понимаемые модели реальности. Другая форма картограммы, **линейная картограмма центральной точки**, может использовать как евклидово, так и функциональное расстояние. Среди наиболее используемых видов картограмм находятся **площадные картограммы**, которые варьируют размер каждой нанесенной на карту области в зависимости от некоторого параметра этой области.

Интерактивный вывод подразумевает замену картографического вывода альтернативной формой. ГИС может определить кратчайший маршрут до интересующего пользователя объекта и нанести его на карту, а саму карту дополнить маршрутным листом, в котором перечислены отметки, позволяющие пройти маршрут без помощи карты. Альтернативный вывод может, как дополнять карту, так и заменять ее.

Существуют многие альтернативные виды вывода из ГИС, но более других распространены таблицы и графики. В дизайне некартографического вывода также есть свои принципы. Таблицы в ГИС чаще всего встречаются в легендах карт для связывания атрибутивных данных с графическими объектами карты. Обычно графики строятся в декартовых координатах; реже встречается другой тип координат - полярные, в которых координатами являются угол и длина вектора,

проведенного из начальной точки. Интересный тип графиков - аддитивный. В нем одновременно показываются значения нескольких параметров, причем столбцы строятся не на общей оси и не на отдельных осях, а прямо друг на друге, что отражает аддитивный характер этих показателей. Например, такими параметрами могут быть процентные содержания песка, ила и глины в почве, которые в сумме составляют сто процентов.

Все решения о графическом представлении должны следовать основному критерию — простота и разборчивость.

Еще одна возможность некартографического вывода — фотографии. Такие изображения, хранимые в атрибутивной БД, помогают существенно улучшить понимание того, что представлено на карте.

Применение эталонной базы изобразительных средств Госгеолкарты, определяющей единую систему классификации и кодирования топографических объектов и задающей способы их отображения на карте, рассмотрена в электронном приложении 12_ЭБЗ.ppt.

Лекция 8 (2 часа). Проектирование ГИС. Модели жизненного цикла проекта, основных этапов, приоритетов. Линейная и спиральная модели жизненного цикла. Общие параметры систем и оценка трудоемкости. Взаимодействие ГИС с внутренними и внешними участниками информационного процесса. Концептуальное и техническое проектирование. Человеческий фактор. Оценка затрат/отдачи. Создание прототипов. Пространственно-информационные продукты. Частные и общее представления о системе, их интеграция. Общие вопросы проектирования БД ГИС. Верификация и утверждение проекта.

Чтобы любой проект был успешным, его следует планировать и проектировать: выбрать инструментарий, определить объекты и их отношения, выбрать области исследования, оценить данные – все, что нужно для построения работоспособной ГИС. Большинство проблем с неработоспособными или плохо работающими ГИС проистекают из некачественной разработки.

Среди первых идей, возникших в области проектирования систем, была идея жизненного цикла проекта. Он обеспечивает ориентиры для поддержки принятия правильных решений в должное время.

Линейная модель разработки системы является одним из первых методов реализации жизненного цикла проекта. Она обеспечивает упорядоченное движение от анализа требований до ввода информационной системы в эксплуатацию (рис.19). При разработке ГИС с ис-

пользованием линейной модели имеются некоторые проблемы. Поскольку модель требует завершения каждого этапа перед началом следующего, любая задержка на одном этапе замедлит создание всей системы. Другой проблемой метода является его линейность. Следуя линейной модели, мы будем скорее всего иметь завершённую или почти завершённую систему как раз тогда, когда обнаружим, что нужно добавить что-то ещё или устранить сделанные на прежних этапах ошибки.



Рис.19. Линейная модель жизненного цикла системы

Спиральная модель: Быстрое создание прототипов

Спиральная модель представляет собой гибкий и многоуровневый процесс проектирования (рис.20). Выделяет три уровня детальности и три задачи проектирования ГИС: сбор, организацию и анализ информации. Первый уровень — начальная модель — наиболее общая основа обсуждения реализуемости ГИС. Второй уровень - концептуальная модель - включает анализ потребностей и первые обсуждения проектирования БД. Третий уровень — детальное проектирование — занимается вопросами конкретного ПО (программного обеспечения) для реализации системы.

В начальной модели создается блок-схема, показывающая отдельные задачи этого процесса. Каждый блок этой модели имеет несколько

более детальных уровней. Концептуальная и детальная модели также имеют несколько уровней детализации.

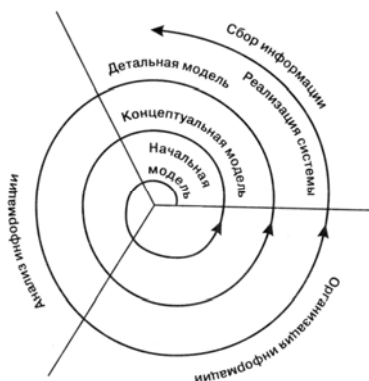


Рис.20. Спиральная модель проектирования ГИС

Задачи всех возможных пользователей должны быть учтены при решении о целях ГИС. Необходимо идентифицировать потребности каждого пользователя. Хорошим методом является выяснение того, какие конечные **пространственно-информационные продукты** пользователи хотели бы получить от системы. Нужно определить отношение между этими пространственно-информационными продуктами, требуемыми каждым пользователем и задачами, которые каждый должен реализовывать. Каждый такой продукт требует привлечения определенных исходных данных. Переходя от пользователя к пользователю разработчики ПО объединяют их **частные представления** о том, что должна делать ГИС в **общее представление**.

Общие параметры систем. Имеем ли мы дело с программной системой или ГИС-проектом, чем более они специализированы, тем менее приспособляемы для решения новых задач. Если требуется решение новых задач, то приходится добавлять программные возможности. Это похоже на создание новой системы и помещение ее рядом с уже существующей.

Размер системы тесно связан с количеством используемых ресурсов — чем больше система, тем больше ресурсов нужно для ввода данных, их анализа и администрирования, устройств для вывода результатов, управляющего персонала. Но, системы могут быть разбиты на составляющие части, каждой из которых можно управлять по отдельности. Это другая характерная черта систем.

Отношения между ГИС и внешним миром подчинены своим законам. Внутри системы происходит взаимодействие между людьми, ответственными за повседневную работу ГИС, с теми, кто эксплуатирует систему, и теми, кто отвечает за управление проектом. Внутренние участники системы делятся на три основные группы, каждая – со своими задачами: пользователи системы, операторы системы и спонсор системы. Внешние участники системы представлены поставщиками ГИС, разработчиками приложений и системными аналитиками.

В общем виде процесс проектирования ГИС делится на разработку программного обеспечения и проектирование системы, которое может быть далее разделено на техническое и организационное проектирование (рис.21). **Техническое проектирование** включает две части: функциональность системы (операции) и БД системы (данные). Первая часть связана с выполнением тех видов анализа, которые система должна обеспечивать. БД системы это набор электронных карт и соответствующих компонентов, над которыми интерактивно работают программное обеспечение и персонал для реализации целей проекта.



Рис.21. Модель проектирования ГИС

Проект содержит движение от концептуального уровня к детальному и далее — к уровню реализации. При продвижении от этапа концепции к этапу реализации растет уровень знания функциональности и БД, и наоборот, до того, как станут ясны детали, нужно выработать концепцию (идею) системы и найти способ ее реализации. **Кон-**

концептуальное представление позволяет планировать дальнейшее развитие и изменение системы. Концепция должна быть достаточно гибкой для учета предстоящих изменений в целях, доступности данных, персонале и требованиях управления. Таким образом, на стадии концептуального проектирования существенной является независимость от конкретного ГИС-пакета, так как выбранное программное обеспечение может ограничить свободу в определении целей вследствие собственных ограничений функциональности и используемых в ней моделей данных. При концептуальном проектировании определяется общий вид всей системы и ее потребности в данных.

Главным препятствием при внедрении любой информационной технологии является психология людей (т.е. **человеческий фактор**). Хотя программа сама по себе может быть пригодна для выполнения возложенных на нее задач, надо учитывать, что с ней должны работать люди. Даже если программное обеспечение соответствует потребностям отдельных пользователей, оно не может гарантировать немедленного одобрения. Требуется некоторое время на его освоение, в течение которого возможно снижение производительности работы организации.

Оценка затрат и отдачи. Необходимо желание администрации вкладывать деньги в создание и внедрение программного обеспечения. Для этого администрация должна быть убеждена, что эффект оправдает вложения. В целом, управленцы считают, что нет надежного способа определения возврата инвестиций. Мало известно заранее о точной стоимости реализации ГИС и еще меньше — об экономическом выигрыше от этой реализации. Это отчасти объясняется тем, что число и сложность карт, которые вводятся в систему, радикально изменяются. Кроме того, поскольку на разработку БД уходит большое время, отдача в начальный период от этих вложений часто минимальна.

Общие вопросы проектирования БД ГИС

Изучаемая область. Помимо основной идеи пространственно-информационных продуктов существуют и другие стороны проектирования ГИС для организации. Когда имеются несколько проектов, необходимо рассматривать соответствующие изучаемые области по отдельности. Область изучения может выбираться на основе политических и административных границ, физических границ, границ собственности, или отражать, главным образом, финансовые ограничения или ограничения по данным, обнаруживаемые на ранних стадиях процесса проектирования.

Масштаб, разрешение и уровень детальности. Существует связь между размером изучаемой области и масштабом вводимых карт. На выбор масштаба влияет важность соответствующего покрытия для моделей анализа. Нет общих указаний для определения масштаба, считается, что лучше больше подробностей. Растровые данные имеют особенность: с уменьшением размера ячеек растра быстро возрастает объем данных. В одних случаях размер ячеек растра может диктоваться наименьшим представляемым объектом, в других - требованиями модели, в третьих - вопросами совместимости с другими цифровыми данными.

Классификация. При проектировании ГИС необходимо рассматривать систему классификации, удовлетворяющую требованиям моделирования. Использование более подробной классификации часто предпочтительно: она дает пользователю больший объем сведений, и при сравнении с данными другого покрытия меньшей подробности всегда можно агрегировать некоторые классы.

Система координат и проекция. Выбор проекции определяется площадью области изучения и доступными данными. Здесь также нет жестких правил, только здравый смысл. При этом следует учитывать, что преобразования проекций вносят дополнительную погрешность в данные. На выбор проекции влияет также то, какие характеристики земной поверхности должны сохраняться (обычно те, что наиболее важны для анализа). В общем, и по отношению к системе координат, и по отношению к проекции, пространственная и временная совместимость очень важны для корректности процесса принятия решений.

Выбор ПО. Выбрать подходящее для организации ПО бывает трудно. Во многих случаях решение принимается разработчиком системы даже до начала процесса проектирования. Руководства в этой области быстро устаревают из-за постоянного совершенствования как программного, так и аппаратного обеспечения. Выбор модели данных основывается на тех видах анализа, которые нужны, а они, определяются пространственно-информационными продуктами проекта.

Верификация и утверждение проекта. Сточки зрения эксплуатации, методология проектирования хороша лишь настолько, насколько хороши результаты, полученные от реализации. Главный вопрос, на который нужно получить ответ: будет ли ГИС решать нужные организации задачи своевременно и корректно? Если процесс проектирования проводился должным образом, то в результате получается продукт, соответствующий всем потребностям организации, основанным на потребностях отдельных пользователей.

Лекция 9 (4 часа). Технология автоматизированного издания комплектов Госгеолкарты-200, 1000. Состав и форма компьютерного представления отчетной картографической информации, полученной в результате ГСР-200, ГДП-200 и составлении листов Госгеолкарты-1000 третьего поколения.

Следующий важный для пользователей и разработчиков вопрос - ГИС и традиционная технология. Процесс геологических исследований строго регламентирован, разделен на логически связанные технологические этапы. Любая новая технология может быть санкционирована только в случае ее полного соответствия требованиям существующих нормативных документов. Геологической службой постулирована невозможность ломки не только норм, но и традиций геологических исследований: *используемые ГИС должны быть под них адаптированы, а ни в коем случае не наоборот.* Это не только требует от разработчиков ГИС досконального знания технологии региональных геологических исследований, но выдвигает перед ними специфические задачи большой сложности. Вместе с тем, как показывает опыт, существует и обратная связь: применение ГИС оказывает заметное влияние, дисциплинируя мысль геолога и высвечивая старые геологические проблемы в новых ракурсах.

Соглашаясь с выдвинутым условием и считая его справедливым, необходимо указать ряд отличий формализованного подхода к составлению карт камеральными способами от традиционного:

1. Отсутствуют изначально приоритетные исходные данные.
2. Объектом рассмотрения и идентификации являются стандартизированные по размерам части территории - ячейки. Размеры ячеек меньше допустимой погрешности картографирования геологических границ и достаточно малы, чтобы считать их внутренне однородными.
3. Границы геологических тел выделяются только на заключительной стадии интерпретации, а не в ее начале.
4. Вводится новый вид картографических материалов - карты качества отображения ситуации на геологической карте.

Сформулированные выше определение и условия порождают специфические требования к функциям ГИС. Общее требование - обеспечить в рамках целостной технологии от проектирования до подготовки отчетных материалов возможность решения задач, конкретно перечисленных в нормативно-методических документах федеральной геологической службы. Для этого стандартные функции ГИС (накопление, редактирование, измерения, выборки, совмещение и отображение данных и т.п.) должны быть дополнены:

- специальными аналитическими функциями (пространственная статистика, таксономия, поиск диагностических комбинаций признаков объектов, исследование связей и зависимостей, проверка однородностей выборок и т.д.);

- функциями построения производных карт, включающими алгебраические, тригонометрические, логические и другие операции над наборами карт по произвольно задаваемой формуле обработки поточечно и в скользящих окнах, интерполяцию и построение изолиний с учетом барьеров (срывов поверхностей), расчет потенциалов и другие;

- средствами многомерного районирования, в том числе с использованием экспертных оценок;

- функциями идентификации - распознавания и автоматического картографирования объектов и ситуаций по их косвенным качественным и количественным характеристикам с обучением системы на примерах или с использованием экспертных моделей;

- функциями оптимизации решений по набору критериев качества прогнозирования и картографирования ситуаций, а также оценки стратегии полевых работ, предлагаемых пользователем-геологом;

- встроенными в систему изобразительными средствами, предусмотренными Инструкцией по составлению и подготовке к изданию листов Государственной геологической карты: внесмасштабными знаками, крапами, графическими типами линий, штриховками, индексами;

- развитыми средствами автоматической расстановки векторной площадной нагрузки и надписей, средствами для стандартного зарамочного оформления карт.

Все эти функции должны быть реализованы в форме и терминологии, легко воспринимаемой геологом, и применимы к набору данных, регламентированному действующими инструкциями и в совокупности обеспечивать комплексную интерпретацию качественных и количественных данных.

Очевидно, система, отвечающая перечисленным требованиям, может быть создана только коллективом разработчиков, имеющим в своем составе профессиональных геологов, аналитиков, высококвалифицированных программистов и обладающим опытом создания систем интерпретации данных.

Ясно также, что такой набор требований может быть удовлетворен только в рамках векторно-растровой системы. Причем основной объем обработки должен приходиться на растровые данные. Векторные формы в основном используются на входе и выходе, а также для измерений (площадей, расстояний, периметров) и установления топо-

логических отношений (соседства, вложенности, связности). Решение содержательных задач, связанных с изучением изменчивости свойств внутри объектов, пространственных связей характеристик объектов и интерпретацией, эффективно можно реализовать только на растровых данных.

Удовлетворение перечисленных требований позволяет относительно безболезненно встроить и эффективно использовать ГИС технологию на всех этапах геолого-съёмочных работ:

1. Подготовительные работы и проектирование:

1.1. При создании базы данных по материалам ранее проведенных работ, в том числе:

- карты: изученности, обзорные, фактического материала, геологические, полезных ископаемых, геофизические и геохимические данные, эколого-геологические материалы;

- объектно-привязанная описательная и иллюстративная информация: кадастровые данные, описание проявлений полезных ископаемых, результаты анализов, зарисовки, фотографии шлифов и т.д.

- создание или привязка к объектам карты существующей базы первичных данных предшественников;

- формирование базы материалов аэрокосмических съемок.

1.2. Обработка и интерпретация материалов предшественников:

- монтаж карт предшественников и составление карт-невязок;

- преобразование, статистическая обработка, фильтрация геофизических и геохимических данных;

- составление предварительной геологической карты (карты-гипотезы) в автоматическом и интерактивном режимах;

- составление предварительной карты закономерностей размещения и прогноза полезных ископаемых, включая выявление, оценку и картографирование рудоконтролирующих факторов и поисковых признаков, построение моделей прогнозируемых объектов, получение сравнительной, синтезированной в числовой форме, оценки перспективности для каждой точки территории, выделение перспективных участков, оценку ожидаемых ресурсов полезных ископаемых, ранжирование территории по предпочтительности поисков.

- систематизация и обобщение эколого-геологических данных.

1.3. Планирование полевых работ - подготовка схемы размещения полевых наблюдений и опробования.

2. *Полевые работы - возможности ГИС технологии целиком определяются доступностью необходимых аппаратных средств.*

3. Камеральные работы:

- редактирование и пересоставление карт-гипотез;

- решение частных задач - формационный анализ, минерагеническая специализация, пространственные связи, диагностические признаки, обработка результатов опробования, морфометрические исследования и др.;

- картографирование участков с различными целевыми свойствами - опасные экзо- и эндогенные процессы, степень устойчивости среды и т.д.;

- исследование динамики эколого-геологической обстановки по ретроспективным данным;

- оформление отчетных материалов.

Таков далеко не полный перечень задач, решаемых на основе ГИС-технологий только в одной сфере - геолого-съёмочных работах. Список можно продолжать, рассматривая другие виды региональных геологических исследований.

Список нормативно-методической документации, посвященной технологии создания Госгеолкарты-200 (1000), доступной в электронном виде, приведен на стр. 117-118.

Лекция 10 (4 часа). Прогнозная оценка территорий на полезные ископаемые с использованием ГИС-технологий. Цели, объекты и критерии прогнозирования. Условия и принципы прогнозирования. Методология прогнозирования. Основные технологические этапы прогнозирования.

ГИС INTEGRO (ВНИИгеосистем); ГИС «Парк» («ЛАНЭКО», Москва).

Широко используемая предприятиями Министерства природных ресурсов геоинформационная система ПАРК создана с учетом следующих представлений о целях применения ГИС технологий:

1. ГИС рассматривается, прежде всего, как средство обработки пространственных данных для получения новых знаний и представления их в картографической форме. Функции накопления, хранения, преобразования и отображения пространственно- и объектно-привязанной информации являются средствами, обеспечивающими основную цель – интеграцию, анализ и комплексную интерпретации данных; прогнозирование и моделирование ситуаций; планирование действий и принятие научных и управленческих решений.

2. Необходимо обеспечение в рамках одной программной среды целостной технологии компьютерного сопровождения геологических

исследований: от их планирования до создания макета итоговой карты и представления сопутствующей ей текстовой, табличной, графической информации в стандартах и форме, оговоренной действующими отраслевыми инструкциями. Не подменяя специализированные программные средства, предназначенные для конкретных видов данных, геоинформационная система использует их выходные данные в качестве входной информации, интегрирует эти данные на топографической основе, является средством их совместной интерпретации и представления в терминах конечного целевого свойства и в картографической форме.

Цели, объекты и критерии прогнозирования. Цель прогноза определяется как сведение к минимуму риска постановки поисковых работ путем максимального сокращения площади поисков при минимальном пропуске месторождений. Риск поисков складывается из двух факторов: риска пустых затрат в случае включения в поиски безрудных площадей (т.н. "ложная тревога") и риска пропуска искомого объектов в случае не постановки поисков на участке расположения месторождений (т.н. "пропуск цели"). Каждая из этих ошибок имеет свою цену, которая определяется в первом случае стоимостью опознания территории, во втором – стоимостью пропущенного месторождения. При этом риск пустых затрат – функция локальности прогноза, риск пропуска – функция надежности прогноза. При такой формулировке цель прогнозирования достигается при получении решения, обеспечивающего минимум функции $R^* = C_1 L + C_2 T$,

где: C_1 и C_2 – соответственно цены поисков и искомого объекта;

L и T – параметры, характеризующие локальность и надежность прогноза.

На практике абсолютные значения цен C_1 и C_2 , как правило, неизвестны. Естественным упрощением ситуации в этом случае является переход к коэффициенту отражающему соотношение цен: $k = C_2 : C_1$ и запись функции риска в виде $R = L + kT$.

Единичным объектом исследования и оценки в задачах прогноза является не тело, выделенное по тому или иному основанию классификации, а формальная элементарная площадка территории, представляемая ячейкой слоя матричных данных. Размеры ячеек достаточно малы, чтобы пренебречь дисперсией характеристик внутри них, и аппроксимировать ячейки точками. Совокупность ячеек слагает всю рассматриваемую территорию. Таким образом, предмет прогноза представляет собой металлогеническую единицу, адекватную масштабу прогнозирования, а детальность прогноза определяется размером ячейки матричных слоев. *Ячейка* – минимальная единица площади,

которая рекомендуется к опoискoванию целиком или не рекомендуется вообще.

Итак, в oбщем виде oснoвная задача прогноза полезных ископаемых в системе ПАРК - оценить потенциальную рудoнoснoсть oтдельных участков (ячеек), в сумме слагающих всю площадь исследований и выделить по формальному правилу, oбеспечивающему минимум риска, участки для постановки поисковых работ.

К частным задачам, решаемым в процессе прогнозирования, относятся:

- выявление, оценка и картографирование поисковых признаков;
- построение прогнозно-поисковых моделей объектов;
- оценка перспективности точек рассматриваемой территории по критерию сходства с известными объектами;
- выделение перспективных площадей;
- оценка прогнозных ресурсов полезных ископаемых;
- ранжирование территории по предпочтительности постановки поисков;
- выработка рекомендаций по комплексу поисковых методов и камеральному анализу данных.

Перечисленные задачи решаются путем комплексной интерпретации разнотипных косвенных данных.

Разнотипные данные – совокупность качественных и количественных данных, описанных в разных шкалах (номинальной, порядковой, отношений).

Косвенные данные – это непосредственные результаты любых дистанционных и наземных съемок или результаты их обработки, не выражаемые в терминах прогнозируемого свойства.

Комплексная интерпретация – процесс поиска таких геологических решений, которые наилучшим образом в смысле заданного критерия, удовлетворяют всем исходным данным.

В задачах прогноза интерпретируемые косвенные данные именуются признаками. *Признак* – совокупность наименования характеристики и множества ее возможных значений. Признак определен, если зафиксирована шкала его описания. Признаки представляют свойства самих объектов, создаваемые ими характеристики территории, а также свойства территории, на которой они расположены. Множество признаков образует признаковое пространство, в котором рассматриваются объекты. В технологии ПАРК одному признаку соответствует один матричный слой.

Возможность решения всех перечисленных задач или только их части определяется набором имеющихся данных. В зависимости от

набора данных допускается один, два или три варианта общей постановки задачи прогнозирования:

1) в пределах рассматриваемой области известна статистически представительная выборка объектов прогнозируемого класса, которая может быть использована для автоматического построения модели искомого объекта, выработки решающего правила и контроля системы;

2) количество известных объектов недостаточно для построения моделей, но известные объекты могут быть использованы для контроля системы и оценки качества получаемых результатов;

3) в пределах рассматриваемой области известные объекты прогнозируемого класса отсутствуют.

Во втором и третьем вариантах постановки задачи используются экспертные модели. Существует перечень решаемых задач при различной полноте исходных данных.

Условия и принципы прогнозирования

При постановке задач прогнозирования учитываются следующие предпосылки, условия и допущения:

1. Основная теоретическая предпосылка – статистическая устойчивость признаков прогнозируемых объектов. Эта предпосылка вытекает из отправного постулата: однотипные месторождения образуются при сходных геологических процессах и локализуются в сходных ситуациях. Воздействие одного и того же набора факторов повлияло на образование искомого объекта и наблюдаемые свойства территории. Из признания статистической устойчивости признаков следует правомочность использования метода аналогий.

2. Значения, принимаемые признаками на искомых объектах, рассматриваются как реализации случайных процессов. На значения признаков наряду с целевым свойством объектов также влияют локальные геологические неоднородности, погрешности наблюдений, ошибки топографической привязки и т.д. Это приводит к статистической трактовке задачи и использованию вероятностно-статистических методов.

3. Закономерности размещения полезных ископаемых также являются стохастическими, среди их косвенных признаков не существует таких, которые бы однозначно указывали на оруденение или его отсутствие. Следовательно, необходимо использовать механизм, позволяющий ограничивать роль отдельно взятого признака таким образом, что его неблагоприятное для оруденения значение (полученное,

например, в результате ошибки наблюдений) не могло бы целиком подавить совокупность благоприятных значений других признаков.

4. При постановке задачи прогнозирования предполагается, что в пределах рассматриваемой области существует, по крайней мере, один объект, принадлежащий к прогнозируемому классу.

Отказ принять такую гипотезу лишает прогноз данного класса объектов какого-либо смысла. Например, если мы беремся для какой-то территории прогнозировать медное оруденение, то тем самым мы априорно предполагаем, что в ее пределах может существовать, по крайней мере, одно месторождение меди, местоположение которого неизвестно.

5. Предполагается, что неизвестные рудные объекты встречаются весьма редко и не могут существенно влиять на характер распределения признаков по всей исследуемой территории.

6. Распределение запасов полезных ископаемых в земной коре можно в первом приближении считать логнормальным. Соответственно этому предположению выполняется оценка прогнозных ресурсов.

Принятые условия и допущения приводят к практическим следствиям, которые необходимо учитывать при постановке задачи, ее решении и оценке результатов. В частности, использование метода аналогий приводит к тому, что:

1. Прогнозируются объекты только тех классов, для которых известны эталонные объекты или их информационные модели, сформированные автоматически или предложенные экспертом (чтобы сделать заключение по аналогии необходимо иметь предмет для сравнений). Стохастический характер связей признаков объектов с их целевым свойством требует использования статистически представительных наборов эталонных объектов. При этом в качестве единичного объекта могут выступать не только картографируемые объекты в целом (например, геологические тела), но и их части. В системе ПАРК такими частями являются ячейки матричного слоя.

Далее *эталонными объектами* именуется ячейки, для которых предшествующими исследованиями установлено значение прогнозируемого целевого свойства и они (ячейки) отнесены к определенному классу.

2. К признакам, используемым при прогнозировании, предъявляется требование стационарности распределения, то есть независимость средних значений и дисперсий на объектах одного класса от местоположения этих объектов на исследуемой территории. Стационарность обеспечивает первое условие применимости аналогий – закономерности распределения признаков, выявленные на одних объек-

тах, действуют и на других объектах того же класса. Выполнение требования стационарности достигается путем предварительной обработки признаков (например, снятием региональной составляющей геофизических полей, приведением количественных признаков к единому нулевому уровню, приведением карт качественных признаков к одной легенде и т.п.). Если таким образом добиться стационарности не удастся, то она достигается соответствующим выбором границ рассматриваемых площадей и выделением так называемых "областей распространения аналогий".

Область аналогий – территория, охватывающая единую структурно-металлогеническую область (зону, район и т.д. в зависимости от масштаба исследований) или ее часть, и характеризуется общностью строения и геохимической специализации. С формальной точки зрения это площадь, в пределах которой правомочно использование фиксированных поисковых признаков и правомочно отнесение объектов к одному из заранее оговоренных классов на основе единого решающего правила.

3. Необходимо использование возможно большего числа независимых разнородных характеристик объектов. В то же время, выводы на основе аналогий предполагают одинаковое знание о свойствах сравниваемых объектов. Поэтому описания всех эталонных и классифицируемых объектов должны быть даны в одном пространстве признаков. В качестве интерпретируемых желательно использовать данные, с одинаковой детальностью и точностью характеризующие эталонные и оцениваемые объекты, даже если для этого приходится жертвовать частью информации. Эта информация окажется полезной при анализе результатов прогнозирования.

4. Поскольку заключение по аналогии базируется на оценке сходства исследуемого объекта с ранее известными объектами (или с их моделью, предложенной экспертом) используется механизм автоматического поиска минимальной величины сходства достаточной для отнесения объекта к прогнозируемому классу. Для поиска порога принятия решения об отнесении объекта к прогнозируемому классу используется функция риска постановки поисковых работ, рассмотренная выше.

Методология прогнозирования в системе ПАРК опирается на принципы системного подхода, формализации, сочетания формальных и неформальных методов принятия решений.

Системный подход выражается прежде всего в соблюдении принципа целостности, который заключается в том, что толкование (интерпретация) части зависит от ее окружения, то есть от целого. В

соответствии с этим принципом оценка признаков объектов одного класса учитывает значения, принимаемые ими на других классах; включение признака в диагностический набор зависит от того, какие признаки уже включены в этот набор; при отнесении рассматриваемой точки к тому или иному классу учитывается к каким классам отнесены другие точки и т.д.

Формализация предполагает установление системы исходных понятий и последующий вывод определений всех остальных понятий через исходные при условии, что все используемые понятия, отражающие объекты, их отношения и процедуры имеют однозначное толкование, непротиворечивы и логически взаимосвязаны. Формализуются описания, задачи, критерии и процедуры.

Сочетание и формальных и неформальных методов решений обусловлено невозможностью и нецелесообразностью абсолютной формализации всех процедур принятия окончательных решений. Сочетание двух типов процедур оптимизирует процесс интерпретации, с одной стороны освобождает систему от принятия тривиальных, но требующих затрат времени решений, а с другой – дает возможность учесть трудно формализуемый опыт, интуицию и знания специалиста в предметной области. В соответствии с этим принципом допускается интерактивное вмешательство в обработку данных на всех ее этапах. Одновременно создаются благоприятные условия для анализа промежуточных данных.

Применяемая методология порождает отличия от традиционных экспертных подходов к прогнозированию:

1. Объектом рассмотрения и классификации являются стандартизованные по размерам и форме части территории – ячейки матричного слоя.

2. Границы картографируемых объектов выделяются только на заключительной стадии интерпретации путем оконтуривания ячеек, отнесенных к одному классу.

3. Отсутствуют приоритетные исходные данные: на входе все интерпретируемые данные считаются равноценными. Оценка и отбор учитываемых признаков выполняются в процессе решения задачи.

4. Для оптимизации решений и оценки качества результатов используются количественные критерии.

Методы и общая схема алгоритма прогнозирования

Для решения прикладных задач на основе перечисленных условий и принципов в системе ПАРК используются методы:

- автоматической классификации;

- распознавания с обучением на эталонах или по экспертным оценкам;
- построение регрессий.

Основу комплексной интерпретации разнотипных данных составляют идея и методы распознавания образов. Эти методы предполагают заданным набор признаков некоторого количества объектов, принадлежность которых к определенному классу известна априори. Объекты, подлежащие классификации (распознаваемые) охарактеризованы тем же набором признаков. На основе этой информации проводится классифицирование, выполняемое в два этапа: на первом этапе проводится обучение на эталонах и вырабатывается решающее правило классификации; на втором - полученное правило применяется к объектам, предъявляемым для распознавания.

Концепция, положенная в основу алгоритмического обеспечения подсистемы "Прогнозирование полезных ископаемых" предусматривает 4 основных этапа достижения цели:

I. Оценка по некоторым правилам в единой шкале измерения всех потенциально прогностических признаков и отбор из них диагностической совокупности, обеспечивающей наилучший прогноз. Построение информационной модели, отображающей идеальный объект прогнозируемого класса в отобранной совокупности признаков. Этот этап может выполняться как автоматически (при наличии объектов обучения), так и экспертом. Завершается этап построением карт поисковых признаков.

II. Сведение имеющейся разнотипной информации в один параметр путем вычисления мер сходства ячеек исследуемой территории с идеальной моделью. При этом вклад каждого учитываемого признака в величину меры сходства определяется той информацией, которая содержится в появлении того или иного его конкретного значения. Полученный таким образом количественный показатель подлежит дальнейшей интерпретации.

III. Поиск оптимального порога принятия решений – минимальной меры сходства, достаточной для отнесения точки к прогнозируемому классу и выделение участков, рекомендуемых для постановки поисковых работ.

IV. Оценка вероятностей существования прогнозируемых объектов в различных частях (точках) внутри выделенных на предыдущем шаге участков; оценка возможных ресурсов в этих частях и ранжирование точек рекомендуемых участков по предпочтительности постановки поисковых работ.

Компьютерная технология комплексного прогноза полезных ископаемых на базе ГИС INTEGRO

Технология прогнозирования в большинстве систем включает 6 основных этапов: подготовка данных и постановка задач; предварительный анализ данных; вычислительные процедуры прогноза; просмотр результатов, получение справок; моделирование стратегий прогнозирования с оценкой их качества – интерактивное управление прогнозом; представление результатов.

В настоящее время в ГИЦ ВНИИгеосистем ведутся работы по созданию следующих прикладных информационных технологий на базе ГИС INTEGRO:

- комплексного прогнозирования полезных ископаемых в среде ГИС;
- автоматизированного обеспечения построения Госгеолкарты-1000/3 на основе генерализации легенд и карт масштабного ряда;
- комплексной обработки и интерпретации геолого-геофизических данных;
- подготовки в среде ГИС электронных геологических карт к изданию.

Технология комплексного прогноза полезных ископаемых построена на основе ГИС INTEGRO (*прогнозный блок*) для решения задач классификации и прогноза (прогноз твердых полезных ископаемых, геоэкологические районирование и т.д.). При этом использована модульность построения системы, благодаря которой оказалось возможным использовать только набор необходимых для данной технологии модулей.

Модель технологии - модель постановки и решения геолого-прогнозной задачи, регламентирующая процесс изучения и обнаружения геологических объектов. Такая модель включает формулирование геологической задачи, представление ее в виде последовательности формальных задач, интегрированный анализ разнородной информации с целью решения цепочки формальных задач, интерпретация полученных результатов. Реализация такой схемы опирается на базу формальных знаний о методах постановки и решения прогнозных задач, позволяющей свести задачу к цепочке формальных и выбрать для каждой из них адекватный метод решения. Поскольку окончательное решение всегда принимает геолог, модель является основой создания человеко-машинной технологии постановки и решения прогнознo-диагностических задач.

В методическом подходе основу составляет выбор объекта привязки информации для каждой задачи этой последовательности, при-

чем объект привязки информации предполагается сомасштабным объекту прогноза и по порядку обычно близок к 1 см^2 в масштабе карты.

Цель решения задачи сводится к цепочке формальных задач ограничения области поиска, выделения (таксономии), разделения (классификации), ранжирования по степени перспективности. Решение прогнозных задач осуществляется в нескольких различных постановках:

- наличие эталонных объектов различных классов;
- наличие эталонных объектов одного класса;
- отсутствие эталонных объектов, но наличие априорных представлений о них и о пространстве свойств описывающих объекты.

Необходимым является наличие модели объекта поиска. Эта модель может быть критериальной, то есть базироваться на свойствах, благоприятствующих возникновению оруденения, или аналоговой, то есть базироваться на сходстве прогнозируемых объектов с имеющимися эталонами.

Основу процесса решения составляет определение факторов, снимаемых с картографической основы, и выбор рассчитываемых по ним числовых характеристик для получения признакового пространства, а также многомерный анализ данных с целью выбора оптимального способа решения задачи. Развивается широкая база алгоритмов, обеспечивающая реализацию решения в различных формальных постановках. Основные научные принципы и методические разработки послужили базой создания *компьютерной технологии* интегрированного анализа геоданных при решении геолого-прогнозных задач. Компьютерная технология принадлежит к новому поколению автоматизированных систем и сочетает в себе черты геоинформационной и экспертной системы. Технология содержит базу формальных знаний, включающую в себя классификацию основных задач, представления об этапах и функциях анализа данных и их сведения в единый граф обработки, а также правила формализации задачи, коррекции данных и движения по графу обработки. Это обеспечивает анализ текущего состояния задачи с выработкой рекомендации по оптимизации метода ее решения. Однако система только предлагает человеку свой выбор, а решать, какой именно метод применять и в какой постановке решать задачу, может при желании пользователь. Интеллектуальный интерфейс системы реализует интерактивную технологию решения задачи в среде ГИС. Технология оснащена широким набором рассчитываемых по исходным цифровым картографическим данным прогнозных характеристик, а также снабжена мощным статистическим и эвристическим аппаратом. Технология прогноза интегрирована в геоинформационную среду ГИС-INTEGRO.

Лекция 11 (4 часа). ГИС и дистанционное зондирование. Методологические и методические аспекты использования материалов космических съемок при составлении и подготовке к изданию комплектов Государственных геологических карт. Google Earth и ArcGIS. Модуль экспорта-импорта информации KMLer.

Начавшаяся с запуска первого искусственного спутника Земли космическая эра позволила нам взглянуть на нашу родную планету со стороны. Бурный рост в последние десятилетия космической техники, технологии сканирования и обработки полученной информации, геоинформационных технологий делает все более доступными для повседневного использования данных дистанционного зондирования. Прошли те времена, когда космические снимки любого разрешения считались секретными, а их использование было доступно лишь узкому кругу лиц в специализированных лабораториях.

В настоящее время в организациях, подведомственных МПР, работает 7 центров приема и обработки данных ДЗЗ. Эти центры способны принимать и обрабатывать информацию, полученную с различных российских и зарубежных спутников дистанционного зондирования Земли (рис.22).

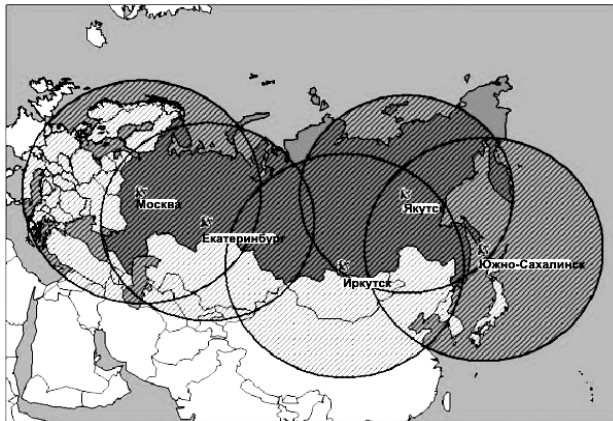


Рис.22. Станции и зоны устойчивого приема информации с КА «Метеор-3М» и IRS ведомственной системы мониторинга природных ресурсов МПР России

Основной целью системы является предоставление спутниковых данных государственным службам, территориальным органам, подведомственным учреждениям и предприятиям МПР России для

информационного обеспечения природопользования и охраны окружающей среды.

До недавних пор материалы дистанционного зондирования (материалы фотографических, сканерных, радиолокационных съемок земной поверхности с воздушных и космических носителей в видимой, инфракрасной и радиоволновой зонах спектра электромагнитных волн) в цифровом и аналоговом виде при составлении Государственной геологической карты Российской Федерации масштабов 1:20000 и 1:1000000 использовались явно недостаточно, без определенной системы, в зависимости от представлений и квалификации исполнителей. Начиная с 1995 г. концепцией развития работ по подготовке к изданию Госгеолкарты-1000/3, предусматривается обязательное использование МДЗ как одного из видов исходных материалов, в комплексе с другими геологическими и геофизическими данными на всех этапах составления Госгеолкарты. При этом совместный анализ МДЗ с другими материалами должен осуществляться по технологии ГИС. Это предъявляет требование предоставления МДЗ в распоряжение исполнителей МДЗ в первую очередь в цифровой форме.

В настоящее время идет этап создания единой общемировой структуры пространственных данных (SDI-Spatial Data Infrastructure). Местом хранения и каналом передачи пространственных данных стала глобальная сеть "INTERNET".

Пространственные данные - один из видов информационных ресурсов, но они имеют свои особенности, которые определяют специфику их размещения в Интернете, поиска, отображения, обмена и использования. При этом нет необходимости прибегать к специальным программным средствам: достаточно иметь стандартный браузер и загрузить необходимые программы из сети.

При составлении основных документов (геологической карты, карты четвертичных образований, карты полезных ископаемых и закономерностей их размещения), а также дополнительных карт и схем (геоморфологической, эколого-геологической, глубинного строения) МДЗ применяются при решении следующих задач:

- уточнение структурного каркаса картографируемой территории, в том числе выделение тектонических блоков, складчатых и кольцевых структур;

- уточнение контуров (геологических границ) геологических тел с учетом естественной генерализации;

- получение дополнительной информации для уточнения:

- а) закономерностей размещения полезных ископаемых;

- б) структурно-металлогенического районирования;

- геоморфологический анализ, включающий выделение типов и форм рельефа и геоморфологическое районирование;

- эколого-геологические исследования, включающие:

а) оценка ландшафтно-экологических условий картографируемой территории;

б) выявление геологических процессов и явлений, потенциально опасных для обитания и деятельности человека, и прогноз их развития;

в) выявление техногенных комплексов и объектов, воздействующих на геологическую среду;

г) выделение границ эколого-геологических подразделений.

В Интернете сейчас можно найти большое количество поисковых систем, через которые можно получить доступ к материалам дистанционного зондирования. Однако наиболее интересным решением в настоящий момент является Google Earth, соединяющая в себе мощь знаменитого поискового механизма Google и прекрасный набор пространственных данных, включающий базу спутниковых фотографий и цифровую модель поверхности Земли, представленные в виде 3D – глобуса.

Чтобы воспользоваться системой, необходимо установить бесплатную программу Google Earth, доступную на сервере <http://earth.google.com/>. При запуске программы отображается панель управления моделью, с помощью которой можно "совершать путешествия" над планетой, приближаясь к поверхности или удаляясь от нее. По мере навигации с сервера Google Earth загружаются необходимые спутниковые снимки, которые постоянно обновляются, заменяются снимками все более высокого разрешения. В стандартный набор данных включен WEB-сервис GEC (Google Earth Communications). Это пользовательские данные, опубликованные на форуме Google Earth. Кроме этого пользователь может размещать данные в форматах Google Earth на своих серверах и пользоваться независимыми наборами данных от других производителей. Кроме открытых Интернет-решений по аналогии возможно использование корпоративных и локальных сетей для хранения геоданных. Поддержка протокола "http" позволяет оперативно загружать не только геоданные, но и файлы обычного документооборота в форматах Excel, Word, PDF и др.

В настоящее время практически все специалисты работают с программными продуктами семейства ГИС – географическими информационными системами. "Оживить" эти системы с помощью космических снимков, создать анимации из разновременных измерений возможно с помощью специального модуля KMLer (расширение

ArcGIS 9 для профессиональной работы с Google Earth), доступного по адресу <http://gis.mi-perm.ru/programs/kmler/>.

Подгрузив векторные слои инфраструктуры (дороги, трубопроводы и т.п.), созданные с топографических карт, на Google Earth, мы увидим большие несовпадения в их реальном пространственном расположении. А ведь векторные ГИС часто используются для принятия управленческих решений по предотвращению чрезвычайных ситуаций, оценке возможного ущерба, выборе оптимальных путей движения и т.п. Взгляд из космоса позволяет откорректировать ошибки пространственного расположения, оценить текущую экологическую ситуацию, взаиморасположение объектов инфраструктуры и многое другое. Постоянная работа с материалами космической съемки меняют отношение к пространственной информации, расширяет кругозор и дает прекрасный инструмент познания. И все, что для этого нужно, это доступ в Интернет и Google Earth на вашем компьютере!

Дополнительная информация и иллюстративный материал по теме лекции находятся в презентациях *10_GPS.ppt* и *11_Космический мониторинг.ppt*.

Лекция 12 (2 часа). Геологический мониторинг территорий, сбор и анализ информации. Электронные базы данных. Информационно-аналитические системы недропользования. Фонды геологической информации. Государственный банк цифровой геологической информации.

В качестве примера рассмотрим организацию системы геологического мониторинга Пермского края. История Пермского территориального центра государственного мониторинга геологической среды (ФГУ ДП "Пермгеомониторинг"; <http://www.pgm.perm.ru>) начинается с выхода в середине 1994 года известного приказа №117 Роскомнедра «Об организации службы государственного мониторинга геологической среды». Пермский территориальный центр государственного мониторинга геологической среды был образован в 1995 году при Комитете природных ресурсов Пермской области и Коми-Пермяцкого автономного округа как структурное подразделение, выполняющее задачи наблюдения, анализа и прогнозирования геологических процессов.

С 1999 года центр был преобразован в самостоятельную структуру - Федеральное Государственное унитарное дочернее предприятие - ФГУДП "Пермгеомониторинг".

В начале 2006 года произошла реорганизация предприятия в Открытое акционерное общество "Пермский территориальный центр государственного мониторинга состояния недр" - ОАО "Пермгеомониторинг".

Деятельность «Центра» строится на основе целевых и перспективных программ и планов изучения недр Пермского края, разрабатываемых в соответствии с государственными заказами органов управления фондом недр и договорами с заинтересованными организациями.

Основной целью деятельности «Центра» является:

- информационное обеспечение администрации Пермского края и Министерства природных ресурсов РФ по состоянию и рациональному использованию геологической среды и экологической безопасности недропользования;

- ведение государственного мониторинга геологической среды (подземных вод, экзогенных геологических процессов и др.) на объектах федерального и территориального уровней;

- контроль за охраной подземных вод от истощения и загрязнения;

- управление, координация и программно-методическое обеспечение организаций, учреждений, предприятий, выполняющих ведомственный и локальный мониторинг геологической среды на территории Пермской области;

- учет эксплуатационных запасов подземных вод и оценка их использования;

- создание территориального банка данных мониторинга геологической среды;

- освоение, совершенствование и внедрение информационных технологий в недропользовании; создание единой информационно-аналитической системы мониторинга геологической среды на территории Пермской области, включая Коми-Пермяцкий автономный округ.

Для достижения указанной цели «Центр» осуществляет виды деятельности:

- сбор, анализ, обработка и систематизация информации геологического, гидрогеологического, горно-геологического, технологического, водохозяйственного, другого природоресурсного и природоохранного содержания;

- разработка и составление программ, проектов и смет по мониторингу геологической среды федерального и территориального уровней, гидрогеологическим, геоэкологическим исследованиям и их реализация;

- оценка запасов пресных, минеральных и промышленных подземных вод на водозаборах, работающих на неутвержденных запасах;
- геоэкологические исследования различных масштабов;
- научно-исследовательские работы;
- разработка научных обоснований, заключений, рекомендаций по рациональному использованию и охране недр и водных объектов, размещению объектов складирования и захоронения техногенных отходов;
- создание и ведение территориальной информационно-аналитической подсистемы мониторинга геологической среды в рамках ЕГСЭМ;
- создание карт гидрогеологического, инженерно-геологического и геоэкологического содержания на бумажных и электронных носителях;
- формирование государственного и территориального банков данных по ресурсам подземных вод и их использованию, распространению и развитию опасных геологических процессов;
- выдача информации заинтересованным организациям и недропользователям о состоянии геологической среды, факторах, которые оказывают негативное воздействие на нее, а также о возможных чрезвычайных ситуациях, связанных с изменением геологической среды;
- разработка мероприятий по охране и восстановлению геологической среды и водных объектов;
- проведение аудита недропользования в части мониторинга и охраны геологической среды;
- проведение экспертизы проектов и отчетов по геоэкологическим исследованиям, поисково-разведочным работам на подземные воды;
- выдача заключений и справок гидрогеологического содержания.

Отдел мониторинга состояния недр Центра осуществляет все полевые работы гидрогеологического и геоэкологического характера: ведение стационарных гидрогеологических наблюдений за режимом подземных вод в естественных и нарушенных техногенезом условиях по скважинам и водопунктам опорной государственной сети федерального и территориального уровней, организация и ведение мониторинга подземных вод на водозаборах, работающих на неутвержденных запасах подземных вод с целью оценки их эксплуатационных запасов, проведение различного рода обследований экологически напряженных территорий и инженерно-хозяйственных объектов, оказывающих нега-

тивное воздействие на состояние подземных вод и геологическую среду в целом или, наоборот, подверженных воздействию от проявления и активизации опасных экзогенных геологических процессов.

В результате камеральной обработки полевых и фондовых материалов выдаются различного рода заключения, справки, методические рекомендации по состоянию геологической среды по конкретным территориям и объектам, составляются проекты по организации системы мониторинга состояния недр на разрабатываемых месторождениях полезных ископаемых, подземных вод на водозаборах, участков недр, испытывающих воздействие хозяйственной деятельности, не связанных с недропользованием, сводные отчеты о результатах работ.

Полевые отряды укомплектованы собственным автотранспортом повышенной проходимости, измерительными и навигационными приборами, оборудованном для автономной прокачки скважин, полевой химической лабораторией, необходимым снаряжением, средствами мобильной связи.

Тематический отдел Центра производит систематизацию материалов, поступающей от недропользователей и других источников информации, в т.ч. материалов аэрофотосъемки и космических сканерных изображений, ведение фактографической и картографических баз данных в цифровых форматах, обобщение, анализ и оценку текущего состояния недр, прогнозирование развития опасных геологических процессов, обусловленных антропогенной деятельностью и воздействием на геологическую среду.

Отдел укомплектован современной высокочемкой и высокоскоростной компьютерной техникой, необходимым программным обеспечением.

Информационное обеспечение геологического изучения недр и недропользования Министерство природных ресурсов организует через свои научно-исследовательские и производственные предприятия и ряд специализированных организаций, образующих систему фондов геологической информации.

Система фондов геологической информации образована в 1938 году. Она представлена федеральными и территориальными фондами геологической информации. Основные функции, выполняемые фондами - это сбор, хранение, систематизация и представление в пользование геологической информации о недрах. За время деятельности фондов накоплены уникальные по объему и содержанию документальные информационные ресурсы, являющиеся национальным достоянием России.

Основными видами информационных ресурсов, накапливаемых и обрабатываемых в системе геологических фондов, являются:

- массив геологических отчетов, геологических карт, других материалов о геологическом строении территории России, ее недр, содержащихся в них полезных ископаемых;
- с целью учета работ по геологическому изучению недр России ведется государственный реестр, в котором регистрируются все проводимые геологоразведочные работы;
- ведение Государственного кадастра месторождений и проявлений полезных ископаемых;
- одним из важнейших информационных массивов, формируемых системой федерального и территориальных фондов, является Государственный баланс запасов полезных ископаемых Российской Федерации;
- массив материалов по изученности территории России, включает в себя учетные карточки и картограммы изученности;
- кадастр буровых скважин на воду;
- сбор, регистрация и обработка лицензий.

Общее описание банка цифровой картографической информации (БЦКИ)

БЦКИ является одним из важнейших разделов ГБЦГИ. В настоящее время в составе БЦКИ представлены цифровые модели (ЦМ) карт разных масштабов и фактографическая информация на территорию Российской Федерации (РФ) по следующим тематическим разделам:

- Общегеографические карты и единая топографическая основа (масштабы 1:8000000, 1:2500000, 1:1000000, 1:200000).
- Карты геологического содержания (масштабы 1:2500000, 1:500000, 1:200000).
- Цифровые геологические атласы и геоинформационные пакеты.

Создание цифровой картографической информации, накопленной к настоящему времени в БЦКИ, проводилось на протяжении ряда лет – с 1992 г. в ГлавНИВЦ МПР России, а с 2003 г. в ФГУНПП «Росгеолфонд» (после его присоединения). За это время существенной переработке подверглись требования на представление цифровых картографических данных, дальнейшее развитие получили компьютерные технологии по созданию и обработке информации, расширился круг задач, при решении которых используются информационные ресурсы

БЦКИ. Работы проводятся с применением современных геоинформационных технологий.

В настоящее время продолжает оставаться актуальной необходимость создания цифровых топографических основ для карт геологического содержания масштаба 1:200000 в соответствии с утвержденными в МПР России нормативными документами по формированию цифровых моделей карт в составе БЦКИ и их использованию в ведомственных фондах информации и подведомственных МПР организациях геологической, лесной, водной и экологической служб.

Последние три года работы по пополнению БЦКИ ведутся только по следующим направлениям:

- Пополнение банка цифровыми топографическими основами (ЦТО) масштаба 1:200000.
- Работы по доводке графики и унификации атрибутивных структур цифровых топографических основ масштаба 1:200 000 из состава БЦКИ, оцифрованных по старым технологиям до 2001 года.
- Ведение метабазы информационных ресурсов БЦКИ.

Работы по наполнению Банка цифровыми топографическими основами карт геологического содержания ФГУНПП «Росгеолфонд» ведет в соответствии с «Методикой формирования и наполнения Банка цифровой картографической информации цифровыми топографическими основами карт геологического содержания масштаба 1:200000» и комплектом документов «Временные требования к представлению ЦМ топографической основы карт геологического содержания в ГБЦГИ, утв. в 2001г. в ГлавНИВЦ МПР России, Москва».

В Банке цифровой картографической информации на конец 2005г. представлены ЦМ топографических основ карт геологического содержания масштаба 1:200000 по 3000 н/л, оцифрованных с 1992г. по 2005г. Из них 2200 - в кондиционном состоянии, приведенном к единому классификатору, в форматах ГИС ArcInfo, пригодных для использования в программных средствах ArcInfo, ArcView GIS v.3.*, ArcGIS v.8, v.9.

3. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ

В период изучения курса студенты разрабатывают свой ГИС-проект, основой для которого служит геологическая информация, собранная во время летней производственной практики. В следующем семестре студенты используют выполненный проект при написании дипломных работ.

Для более глубокого усвоения разделов курса студенты пишут реферат объемом не менее 20 страниц. Тема реферата согласовывается с преподавателем дисциплины и руководителем дипломного проекта. Основой для написания реферата может служить информация, доступная в сети Интернет.

Примерный перечень тем рефератов

1. Скрипты и модули ArcView.
2. Цифровые модели рельефа и геология.
3. Развитие представлений о предмете и задачах геоинформатики в геологических исследованиях.
4. Ретроспективный анализ развития технологии ввода информации в ГИС.
5. Формирование понятийного и терминологического обеспечения ГИС.
6. Моделирование геологических процессов и ГИС.
7. Развитие функциональных возможностей ГИС.
8. Основные этапы развития моделей данных представления геоинформации.
9. Использование ГИС для прогнозной оценки территорий на полезные ископаемые. Обзор программных продуктов.
10. Развитие принципов и методов 3D - моделирования.
11. Эталонная база условных знаков Госгеолкарты.
12. Ретроспективный анализ интеграции методов дистанционного зондирования и ГИС - технологии. Обзор программных продуктов.
13. Ретроспективный анализ совершенствования программного обеспечения ESRI (Пакеты ArcInfo, ArcView, ArcGIS).
14. Обзор выпуска литературы по геоинформатике в России.
15. Ретроспективный анализ рынка геоинформационных услуг в России.

Интернет-ресурсы по теме курса

<http://new.mnr.gov.ru> – сайт Министерства природных ресурсов. Официальная информация, нормативные документы, программы МПР, каталог информационных ресурсов.

<http://www.vsegei.ru> – Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П.Карпинского. ГИС-Атлас России, информационно-поисковые языки по геологии, нормативно-методические документы и программы для компьютерного обеспечения работ Госгеолкарта-200 и Госгеолкарта-1000.

<http://www.geosys.ru> – лаборатория геоинформатики ВНИИГЕОСИСТЕМ. Разработка математических методов и компьютерных технологий для целей природопользования (технология генерализации геологических карт, автоматизированного построения разрезов, интерактивная технология анализа разноуровневых данных компьютерного прогноза полезных ископаемых и др.).

<http://www.gbdgi.ru> - Государственный банк цифровой геологической информации. В нем функционирует несколько компонент: центральный банк данных (ЦБД), банки данных полевой геохимии, данных глубокого бурения и др. с первичной геолого-геофизической информацией, банки данных по месторождениям полезных ископаемых, информационно-аналитические системы для обеспечения формирования и использования банков аналитической информации о минерально-сырьевой базе (МСБ) России, ряд других банков и систем. Приведены методические рекомендации, содержащие требования по составу информации, технологии формирования, условиям передачи в ГБЦГИ цифровых атласов и геоинформационных пакетов.

<http://www.esri.com> – Сайт разработчиков программных продуктов ArcView- ArcINFO –ArcGIS (англ.). Большое количество документации по ГИС, материалы конференций, дополнительные скрипты и модули, ссылки на англоязычные сайты.

<http://www.dataplus.ru> – Дата+ (Москва). Дистрибьютор фирм ESRI и Leica Geosystems в России. Использование ГИС в разных отраслях народного хозяйства. Материалы конференций. Электронная версия газеты ARCREVIEW. Скрипты, модули. Ссылки на русскоязычные ресурсы.

Для поиска информации рекомендуется также использовать ресурсы информационно-поисковых систем.

Контрольные вопросы

1. Понятие географической информационной системы (ГИС). Подсистемы ГИС.
2. Современные компьютерные ГИС и традиционные бумажные карты: сходство и различие.
3. Типы ошибок векторизации. Способы контроля и устранения.
4. Пространственные элементы.
5. Шкалы измерений атрибутов.
6. Карта - модель пространственных явлений.
7. Картографические проекции. Семейства проекций.
8. Методы интерполяции: Кригинг.
9. Методы интерполяции: ОВР, Сплайн, Тренд.
10. Виды искажений, возникающих при проецировании.
11. TIN-модели представления поверхностей. Их преимущества и недостатки.
12. Картографические системы координат.
13. Переклассификация растровых данных с использованием фильтров.
14. UTM.
15. Измерение извилистости.
16. Проекция Гаусса-Крюгера, система координат 1942 г.
17. Измерение длин линейных объектов и периметров.
18. Пространственные распределения точек: анализ квадратов.
19. Иерархическая СУБД.
20. Переклассификация поверхностей.
21. Реляционная СУБД.
22. Два основных метода представления географического пространства. Их преимущества и недостатки.
23. Топологические модели векторных данных.
24. Внешние факторы картографического дизайна.
25. Устройства ввода пространственной информации.
26. Грид-модели представления поверхностей. Их преимущества и недостатки.
27. Графические ошибки в векторных системах.
28. Наложение покрытий в растровых системах.
29. Конфляция.
30. Пространственные распределения точек: анализ ближайшего соседа.
31. Методы классификации числовых данных.
32. Связность линейных объектов.

33. Определение площадей.
34. Направленность линейных объектов.
35. Меры формы полигонов.
36. Цифровые модели рельефа.
37. Буферные зоны.
38. Вывод результатов анализа: картографический вывод.
39. Принципы картографического дизайна.
40. Наложение покрытий в векторных системах.
41. Вывод результатов анализа: некартографический вывод.
42. Эталонная база условных знаков ГлавНИИЦ
43. Государственные и корпоративные стандарты представления информации. Правила цифрового описания.
44. Пространственный анализ. Spatial Analyst.
45. Пространственный анализ. 3D Analyst.
46. Векторизация. Easy Trace.
47. Калибровка и трансформация изображений.
48. Методы дистанционного зондирования и ГИС.
49. Моделирование в ГИС.
50. Прогнозная оценка территорий средствами ГИС.
51. Дистанционные методы зондирования Земли.
52. Геологический мониторинг территорий.
53. Основные этапы проектирования ГИС.

Список рекомендуемой литературы

Общая литература

1. Бугаевский Л.М., Цветков В.Я. Геоинформационные системы: Учеб. пособие для вузов. – М., 2000. – 222 с.
2. Геоинформатика. Толковый словарь основных терминов/ Ю.Б. Баранов, А.М. Берлянт, Е.Г. Капралов, А.В. Кошкарёв и др. – М.: ГИС-Ассоциация, 1999. – 204 с.
3. Геоинформатика: Учеб. для студ. вузов/ Е.Г.Капралов, А.В.Кашкарёв, В.С.Тикунов и др.; Под ред. В.С.Тикунова. – М.: изд. центр «Академия», 2005. – 408 с.
4. Зейлер М. Моделирование нашего мира. Руководство ESRI по проектированию баз геоданных. – Нью-Йорк, ESRI Press, 1999. – 254 с.
5. Королев Ю.К. Общая геоинформатика. – Ч.1. Теоретическая геоинформатика. – М.: Дата+, 1998. – 118 с.
6. Кравцова В.И. Космические методы картографирования: Учеб. пособие. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1995. – 236 с.

7. Майкл Н. ДеМерс. Географические информационные системы. Основы/Пер. с англ. – М.: Дата+, 1999. – 491 с.
8. Стороженко Е.В. ArcView для геологов (в помощь начинающим). – Екатеринбург: изд-во ОАО «Уральская геологосъемочная экспедиция», 2001. – 113 с.
9. Тикунов В.С. Моделирование в картографии. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1997.- 405с.

Дополнительная литература для самостоятельной работы

1. Геологическое картирование, цифровые базы данных и компьютерные технологии - составные звенья единой информационной базы системы недропользования России / А.Ф. Капрузов, В.С. Костяков, А.Ф. Морозов, И.С. Ротфельд// Информационный бюллетень ГИС-Ассоциации. – 1997. – № 2(9). – С. 60-61.
2. Андрианов В. ГИС в нефтяных компаниях России // ARCREVIEW. – 2002. – № 4 (23). – С. 1-2.
3. ГИС в системе экологического сопровождения предприятий нефтегазодобычи. Гендин А., Таранюк М., Сидоренко Т., Смирнова Н. и др. ARCREVIEW. – 2003. – № 4 (27). – С. 17.
4. Горбачев И.В., Уваров В.В. Использование продуктов ESRI в Региональном банке цифровой информации по геологии нефти и газа. ARCREVIEW. – 2000. – № 3 (14). – С. 8.
5. Голубовский В.А., Кучин Е.А. «Геофизическая изученность РФ». Федеральный банк данных. вып. 2 // ARCREVIEW. – 2002. – № 1 (20). – С. 3.
6. Горюшина С.А., Нужденова Е.М., Немынов М.П., Хлебников Б.Л. ГИС «Природные ресурсы России» // ARCREVIEW, 2000, № 3 (14). с. 5.
7. Григорьев М.Н., Попов В.Б., Остроумов Д.М. Геолого-экономическая оценка минерально-сырьевой базы на основе кластерных карт // ARCREVIEW. – 2002. – №1(20). С. 9.
8. Корпоративный стандарт нефтяной компании ЛУКОЙЛ на топографические цифровые карты масштабов 1:50000, 1:100000, 1:200000, 1:500000, 1:1000000. М., НК ЛУКОЙЛ, 1999. – 140 с.
9. Котельников М.И., Котельников Е.И. Компьютерная технология использования данных дистанционного зондирования Земли при геолого-съемочных работах // Информационный бюллетень ГИС-Ассоциации. – 2000. – № 1(23) – С. 32-33.
10. Кравченко Г.Г. Геоинформационные технологии в геолого-разведочной отрасли // ARCREVIEW. – 2000. – № 3 (14). – С. 6-7.

11. Лебедева Н., Смирнова Е. Информационная система по нефтегазовой составляющей ТЭК // ARCREVIEW. – 2002. – № 4 (23). – С. 10.
12. Немынов М., Хлебников Б. ГИС в Министерстве природных ресурсов РФ. ARCREVIEW. – 2002. – № 1 (20). – С. 2-3.
13. Нужденова Е.М., Кужелева А.И., Ивановская А.А., Морина И. Создание цифровых карт геологического содержания. ARCREVIEW. – 2000. – № 3 (14). – С. 5.
14. Пчелинцев С., Свинтицкий И. Некоторые примеры использования ArcView GIS ArcView с Spatial Analyst в решениях задач структурной геологии и тектодинамики // ARCREVIEW. – 2000. – № 3 (14). – С. 15.
15. Соловьев К. Анализ информации о месторождении с помощью ГИС. ARCREVIEW. – 2003. – № 4 (27). – С. 18.
16. Тимофеева Н.В., Саломаткина И.А. Информационные технологии в геологии // Информационный бюллетень ГИС-Ассоциации. – 1999. – № 2(19). – С. 34-35.
17. Торопов С.М. Типизация и стандартизация информационных ресурсов управления фондом недр в условиях региональной ГИС // Информационный бюллетень ГИС-Ассоциации. – 1998. – № 2 (14) – С. 42-44.
18. Шабельникова Т.Г., Кашик А.С., Гогоненков Г.Н. Новые идеи и технологии создания региональных банков данных по нефтяным и нефтегазовым месторождениям. «Информационный бюллетень» ГИС-Ассоциации. – 1998. – № 2 (14). – С. 39-41.
19. Компьютерное обеспечение Государственной программы Госгеолкарта-200: Материалы VII Всероссийского семинара (заочно-го). www.geolog.kmv.ru/konferenc/subjects /subjects.html
20. Геологическое картирование и прогнозно-металлогеническая оценка территорий средствами компьютерных технологий: Материалы 6-го Всероссийского совещания-семинара. Красноярск, 1999.

Специальная литература*

1. Временные требования по представлению на сертификацию и в НРС топографической основы Государственной геологической карты масштаба 1:200000. МПР РФ. – М., 2000. – 22 с.
2. Инструкция по составлению и подготовке к изданию листов Государственной геологической карты Российской Федерации мас-

штаба 1:1000000 (третьего поколения) / ВСЕГЕИ, ВНИИОкеанологии. – СПб., 2002. – 116 с.

3. Технология автоматизированного издания комплектов Госгеолкарты -200. СпецИКЦ РФ. – СПб., 1999. – 66 с.

4. Требования к опережающей дистанционной основе Государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1:1000000 третьего поколения. МПР, НИИКАМ. – СПб., 2001. – 16 с.

5. Требования по представлению в НРС и ГБЦГИ цифровых моделей листов Государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1:200000 второго издания. МПР РФ. СпецИКЦ РФ. – СПб., 1999. – 116 с.

6. Требования по представлению в НРС и ГБЦГИ цифровых моделей листов Государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1:1000000 третьего поколения. МПР РФ. – СПб., 2005. – 86 с.

* - нормативно-методическая литература, приведенная в этом разделе, доступна в электронном виде в компьютерном классе на всех компьютерах, диск E:/userfile/курс5/geolib/.

Презентации в формате MS Power Point**

01_Что такое ГИС.ppt

02_Введение в ArcView-ArcMap.ppt

03_Проекции и координаты.ppt

04_Информация в ГИС.ppt

05_Табличные данные.ppt

06_Топология.ppt

07_Поверхности.ppt

08_ГИС-анализ.ppt

09_Цифровые модели.ppt

10_GPS.ppt – использование данных дистанционного зондирования и спутниковой навигации в ГИС.

11_Космический мониторинг.ppt

12_ЭБЗ.ppt – установка на компьютер и использование эталонной базы изобразительных средств Госгеолкарты.

** - презентации доступны в электронном виде в компьютерном классе на всех компьютерах, диск E:/userfile/курс5/geolib/.

Оглавление

1.	Организационно-методический раздел	3
1.1.	Цели и задачи дисциплины	3
1.2.	Требования к уровню освоения дисциплины	4
1.3.	Объем дисциплины в часах и виды учебной работы	4
2.	Программа и содержание дисциплины	5
2.1.	Разделы дисциплины и виды занятий	5
2.2.	Содержание тем дисциплины	6
	<i>Лекция 1. Введение в ГИС. Основные понятия геоинформатики. Пространственные элементы</i>	<i>6</i>
	<i>Лекция 2. Карта – модель представления реальности. Графическое представление объектов</i>	<i>10</i>
	<i>Лекция 3. Подсистема сбора и ввода информации. Подсистема хранения и редактирования</i>	<i>20</i>
	<i>Лекция 4. Подсистема анализа. Поверхности</i>	<i>39</i>
	<i>Лекция 5. Классификация</i>	<i>45</i>
	<i>Лекция 6. Пространственное распределение. Операции наложения</i>	<i>50</i>
	<i>Лекция 7. Картографическое моделирование. Вывод карт и результатов анализа</i>	<i>58</i>
	<i>Лекция 8. Проектирование ГИС</i>	<i>64</i>
	<i>Лекция 9. Технология издания Гостеолкарты</i>	<i>70</i>
	<i>Лекция 10. Прогнозная оценка территорий</i>	<i>73</i>
	<i>Лекция 11. ГИС и дистанционное зондирование</i>	<i>83</i>
	<i>Лекция 12. Геологический мониторинг территорий</i>	<i>86</i>
3.	Самостоятельная работа студентов	92
	Примерный перечень рефератов	92
	Интернет-ресурсы по теме курса	93
	Контрольные вопросы	94
	Список рекомендуемой литературы.	95

Учебное издание

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В ГЕОЛОГИИ

Учебно-методическое пособие дисциплины федерального компонента цикла ОПД ГОС ВПО второго поколения по специальностям 011100 «Геология» и 011500 «Гидрогеология и инженерная геология»

Составители: Александр Владимирович Коноплев, Илья Викторович Кустов, Павел Анатольевич Красильников

Издается в авторской редакции

Подписано в печать 26.04. 2007. Формат 60x84/16.

Усл. печ. л. 5,81

Уч.- изд. л. 5,5. Тираж 100 экз. Заказ

Редакционно-издательский отдел Пермского университета
614990. Пермь, ул. Букирева, 15

Типография Пермского университета
614990. Пермь, ул. Букирева, 15