

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«СИБИРСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ»
(ФГБОУ ВПО «СГГА»)

Институт кадастра и природопользования
Кафедра экологии и природопользования

КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ
ОСНОВЫ ГЕОИНФОРМАТИКИ

Новосибирск
СГГА

ОГЛАВЛЕНИЕ

Тема 1. ГЕОИНФОРМАТИКА И ГИС. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ.....	2
1. Понятие о геоинформатике и геоинформационных системах	
2. «Данные», «информация», «знания» в геоинформационных системах	
3. Обобщенные функции ГИС-систем	
4. Классификация ГИС	
Тема 2. ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ И ЕЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ В ГИС	4
1. Источники пространственных данных и их типы. Способы получения данных.	
2. Представление данных в ГИС.	
3. Системы координат и картографические проекции.	
4. Модели представления пространственных данных: векторная, векторно-топологическая, растровая.	
5. Базы данных (БД ГИС) и системы управления БД ГИС (СУБД ГИС).	
6. Форматы данных.	
Тема 3. БАЗОВЫЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИИ	9
1. Технологии ввода данных.	
2. Географическая привязка данных. Экспорт/импорт цифровых данных.	
3. Способы векторизации. Операции с данными в векторном формате.	
4. Вывод и визуализация данных. Методы и средства визуализации данных.	
5. Методы трехмерного отображения.	
Тема 4. ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И ПРОСТРАНСТВЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ.....	12
1. Основные функции пространственного анализа данных. Выбор объектов по пространственным критериям. Определение картометрических характеристик.	
2. Анализ близости. Анализ видимости/невидимости. Расчет и построение буферных зон. Оверлейный анализ.	
3. Тематических карты как средство анализа пространственных данных.	
4. Цифровое моделирование рельефа и анализ поверхностей.	
Тема 5. ГИС КАК ОСНОВА ИНТЕГРАЦИИ ДАННЫХ И ТЕХНОЛОГИЙ.....	18
1. Проблемы интеграции пространственных данных, технологий. ГИС и дистанционное зондирование,	
2. ГИС и системы спутникового позиционирования.	
3. Сетевые технологии и Интернет	
4. Инфраструктуры пространственных данных	
Тема 6. ТЕХНИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГИС	22.
1. Основные составляющие технического, программного и информационного обеспечения.	
2. Общая характеристика программных коммерческих ГИС-пакетов.	
3. Проектирование ГИС.	

Тема 1. ГЕОИНФОРМАТИКА И ГИС. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Основные вопросы

1. Понятие о геоинформатике и геоинформационных системах
2. «Данные», «информация», «знания» в геоинформационных системах
3. Обобщенные функции ГИС-систем
4. Классификация ГИС

1. Геоинформатика – область науки и техники, изучающая структуру, общие свойства и закономерности пространственных данных, а также методы и процессы по созданию и использованию пространственных информационных систем.

Геоинформатика, как область деятельности, появилась во второй половине XX века в связи с развитием электронно-вычислительной техники и появлением первых геоинформационных систем.

Предмет геоинформатики – пространственно-временные информационные потоки геологической и географической среды.

Метод геоинформатики – пространственно-временное информационное моделирование

Геоинформатика тесно связана с другими науками о Земле, географии, геодезии, картографии, дистанционного зондирования, а также математическими методами обработки информации и технологиями компьютерной обработки данных.

Географическая информационная система или геоинформационная система (ГИС) - это информационная система, обеспечивающая сбор, хранение, обработку, анализ и отображение пространственных данных и связанных с ними непространственных, а также получение на их основе информации и знаний о географическом пространстве.

Считается, что географические или пространственные данные составляют более половины объема всей циркулирующей информации, используемой организациями, занимающимися разными видами деятельности, в которых необходим учет пространственного размещения объектов. ГИС ориентирована на обеспечение возможности принятия оптимальных управленческих решений на основе анализа пространственных данных.

Ключевыми словами в определении ГИС являются - анализ пространственных данных или пространственный анализ. ГИС может ответить на следующие вопросы:

- Что находится в заданной области?
- Где находится область, удовлетворяющая заданному набору условий?

Современные ГИС расширили использование карт за счет хранения графических данных в виде отдельных тематических слоев, а качественных и количественных характеристик составляющих их объектов в виде баз данных. Такая организация данных при наличии гибких механизмов управления ими, обеспечивает принципиально новые аналитические возможности.

2. Конкретизируя термины "данные", "информация", "знания", применительно к оперированию ими в информационной системе, можно отметить, что, имея много общего, эти понятия различаются по своей сути.

Под **данными** понимается совокупность фактов, известных об объектах, либо результаты измерения этих объектов. Данные, используемые в ГИС, отличаются высокой степенью формализации. Данные – это как бы строительный элемент в процессе создания информации, поскольку она получается в процессе обработки данных.

Применительно к ГИС под **информацией** понимается совокупность сведений, определяющих меру наших знаний об объекте.

В таком контексте **знания** можно рассматривать как результат интерпретации информации. Наиболее общее определение: знание – результат познания действительности, получивший подтверждение в практике. Научное знание отличается своей систематичностью, обоснованностью и высокой степенью структуризации.

Информационные системы можно рассматривать как эффективный инструмент получения знаний.

Различия между терминами «данные», «информация» и «знания» прослеживаются в истории развития технических систем, так вначале появились банки данных, позднее информационные системы, затем появились системы, основанные на знаниях – интеллектуальные системы (экспертные системы).

В настоящее время на рынке программных продуктов представлено несколько видов систем, работающих с пространственно распределенной информацией, к ним в частности, относятся системы автоматизированного проектирования, автоматизированного картографирования и ГИС. ГИС по сравнению с другими автоматизированными системами обладают развитыми средствами анализа пространственных данных.

3. Большинство современных ГИС осуществляют комплексную обработку информации.

Обобщенные функции ГИС-систем:

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

Сущность перечисленных функций будет рассмотрена в дальнейшем.

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

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

По функциональным возможностям:

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

Функциональные возможности ГИС определяются также *архитектурным принципом их построения:*

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

По пространственному (территориальному) охвату:

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

По проблемно-тематической ориентации:

- *общегеографические;*

- экологические и природопользовательские;
- отраслевые (водных ресурсов, лесопользования, геологические, туризма и т.д.);
- По способу организации географических данных:
- векторные;
- растровые;
- векторно-растровые ГИС.

Тема 2. ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ И ЕЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ В ГИС

Основные вопросы

1. Источники пространственных данных и их типы. Способы получения данных.
2. Представление данных в ГИС.
3. Системы координат и картографические проекции.
4. Модели представления пространственных данных: векторная, векторно-топологическая, растровая.
5. Базы данных (БД ГИС) и системы управления БД ГИС (СУБД ГИС).
6. Форматы данных.

1. В ГИС редко используется только один вид данных, чаще всего это сочетание разнообразных данных на какую-либо территорию. В качестве **источников данных** для формирования ГИС служат:

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

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

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

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

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

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

2. Объекты реального мира, рассматриваемые в геоинформатике, отличаются *пространственными, временными и тематическими характеристиками*.

Пространственные характеристики определяют положение объекта в заранее определенной системе координат, основное требование к таким данным – точность.

Временные характеристики фиксируют время исследования объекта и важны для оценки изменений свойств объекта с течением времени. Основное требование к таким данным – актуальность, что означает возможность их использования для обработки, неактуальные данные – это устаревшие данные.

Тематические характеристики описывают разные свойства объекта, включая экономические, статистические, технические и другие свойства, основное требование – полнота.

Для представления пространственных объектов в ГИС используют *пространственные и атрибутивные типы данных*.

Пространственные данные – сведения, которые характеризуют местоположение объектов в пространстве относительно друг друга и их геометрию.

Пространственные объекты представляют с помощью следующих графических объектов: точки, линии, области и поверхности.

Описание объектов осуществляется путем указания координат объектов и составляющих их частей.

Точечные объекты – это такие объекты, каждый из которых расположен только в одной точке пространства, представленной парой координат X, Y. В зависимости от масштаба картографирования, в качестве таких объектов могут рассматриваться дерево, дом или город.

Линейные объекты, представлены как одномерные, имеющие одну размерность – длину, ширина объекта не выражается в данном масштабе или не существенна. Примеры таких объектов: реки, границы муниципальных округов, горизонтالي рельефа.

Области (полигоны) – площадные объекты, представляются набором пар координат (X, Y) или набором объектов типа линия, представляющих собой замкнутый контур. Такими объектами могут быть представлены территории, занимаемые определенным ландшафтом, городом или целым континентом.

Поверхность – при ее описании требуется добавление к площадным объектам значений высоты. Восстановление поверхностей осуществляется с помощью использования математических алгоритмов (интерполяции и аппроксимации) по исходному набору координат X, Y, Z.

Дополнительные непространственные данные об объектах образуют набор атрибутов.

Атрибутивные данные - это качественные или количественные характеристики пространственных объектов, выражающиеся, как правило, в алфавитно-цифровом виде.

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

Природа пространственных и атрибутивных данных различна, соответственно различны и методы манипулирования (хранения, ввода, редактирования, поиска и анализа) для двух этих составляющих геоинформационной системы. Одна из основных идей, воплощенных в традиционных ГИС - это сохранение связи между пространственными и атрибутивными данными, при раздельном их хранении и, частично, раздельной обработке.

Общее цифровое описание пространственного объекта включает: наименование; указание местоположения; набор свойств; отношения с другими объектами. Наименованием объекта служит его географическое название (если оно есть), его условный код или *идентификатор*, присваиваемый пользователем или системой.

Однотипные объекты по пространственному и тематическому признакам объединяются в *слои цифровой карты*, которые рассматриваются как отдельные информационные единицы, при этом существует возможность совмещения всей имеющейся информации.

3. Картографическая проекция - определенный способ отображения одной поверхности на другую, устанавливающий аналитическую зависимость между координатами точек эллипсоида (сферы) и соответствующих точек плоскости.

В России с 1930 года применяется *равноугольная поперечно-цилиндрическая проекция Гаусса-Крюгера*, вычисленная по параметрам эллипсоида Красовского.

В других странах её аналогом является проекция универсальную поперечно- цилиндрическую проекцию Меркатора (UTM) (Universal Transverse Mercator).

Обе этих группы базируются на одной поперечной проекции Меркатора (Transverse Mercator), однако имеют различную номенклатуру (нумерацию зон) и параметры проекций для каждой зоны

Равноугольная поперечно-цилиндрическая проекция Гаусса-Крюгера вычисляется по параметрам эллипсоида Красовского.

Поверхность эллипсоида на плоскости отображается по меридианным зонам: ширина - 6° (для карт масштабов $1:500000 \div 1:100000$) и 3° (для карт масштабов $1:5000 \div 1:2000$).

По широте зоны делятся на пояса по 4° (обозначаются латинскими буквами от А до V). Именно эти листы и образуют систему листов карты масштаба $1 : 1\,000\,000$. Территория России находится в северном полушарии, поэтому координаты X всех точек имеют положительное значение. Координаты Y имеют отрицательные значения левее осевого меридиана и положительные правее его (чтобы исключить из обращения отрицательные координаты ко всем координатам Y добавляют постоянное число 500000м)

Номенклатура - это система обозначений отдельных листов топографических карт.

4. Для представления пространственных данных в ГИС применяют *векторные* и *растровые* структуры данных.

Векторная структура – это представление пространственных объектов в виде набора координатных пар (векторов), описывающих геометрию объектов (рис.1).

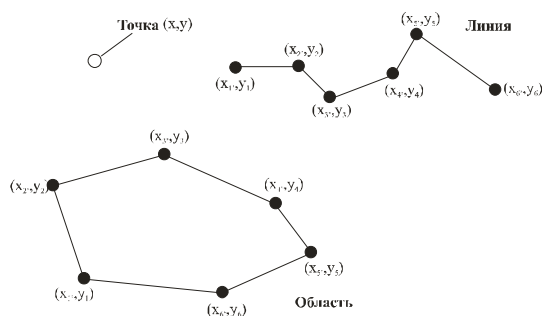


Рис. 1. Векторное представление пространственных данных

Растровая структура данных предполагает представления данных в виде двумерной сетки, каждая ячейка которой содержит только одно значение, характеризующее объект, соответствующий ячейке раstra на местности или на изображении. В качестве такой характеристики может быть код объекта (лес, луг и т.д.) высота или оптическая плотность.

Точность растровых данных ограничивается размером ячейки. Такие структуры являются удобным средством анализа и визуализации разного рода информации.

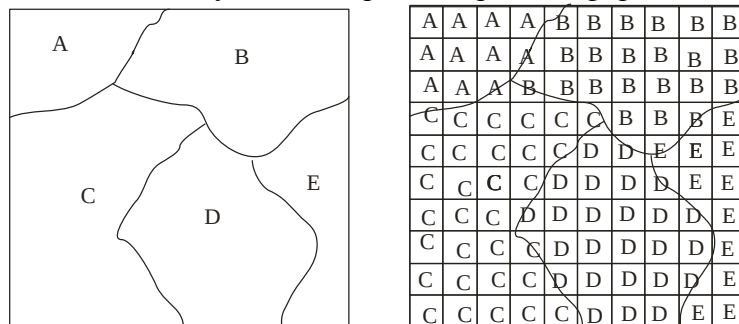
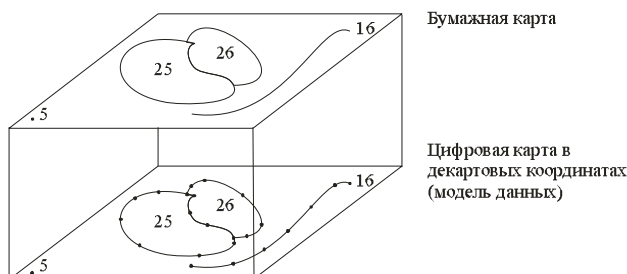


Рис. 2. Растровая структура данных

Для реализации растровых и векторных структур разработаны различные модели данных.

Модели пространственных данных – логические правила для формализованного цифрового описания пространственных объектов.

Векторные модели данных. Существует несколько способов объединения векторных структур данных в векторную модель данных, позволяющую исследовать взаимосвязи между объектами одного слоя или между объектами разных слоев. Простейшей векторной моделью данных является «спагетти»- модель (рис.3). В этом случае переводится «один в один» графическое изображение карты.

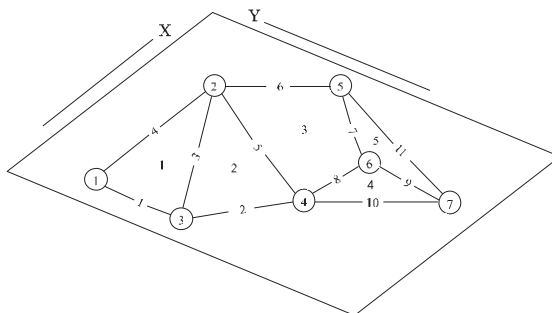


Объект	номер	Положение
Точка	5	Одна пара координат (х,у)
Линия	16	Набор пар координат (х,у)
Область	25	Набор пар координат (х,у), первая и последняя совпадают

Рис. 3. «Спагетти»-модель

В этой модели не содержится описания отношений между объектами, каждый геометрический объект хранится отдельно и не связан с другими, например общая граница объектов 25 и 26 записывается дважды, хотя с помощью одинакового набора координат. Все отношения между объектами должны вычисляться независимо, что затрудняет анализ данных и увеличивает объем хранимой информации.

Векторные *топологические модели* (рис. 4) содержат сведения о соседстве, близости объектов и другие, характеристики взаимного расположения векторных объектов.



Файл узлов			Файл областей	
Номер	Координата	Координата	Номера об-	Список
дуги	Х	У	ластей	дуг
1	19	16	Началь-	1, 4, 3
2	15	15	ный	2, 3, 5
3	20	13	узел	5, 6, 7, 8
4	24	19		
1	1	0	3	1
2	2	0	4	3
3	2	1	3	2
4	1	0	1	2
5	3	2	4	2
6	3	0	2	5

Рис. 4. Векторная топологическая модель данных

Топологическая информация описывается набором узлов и дуг. Узел - это пересечение двух или более дуг, и его номер используется для ссылки на любую дугу, которой он принадлежит. Каждая дуга начинается и заканчивается либо в точке пересечения с другой дугой, либо в узле, не принадлежащем другим дугам. Дуги образуются последовательностью отрезков, соединённых промежуточными точками. В этом случае каждая линия имеет два набора чисел: пары координат промежуточных точек и номера узлов. Кроме того, каждая дуга имеет свой идентификационный номер, который используется для указания того, какие узлы представляют её начало и конец.

Разработаны и другие модификации векторных моделей, в частности, существуют специальные векторные модели для представления моделей поверхностей, которые будут рассмотрены далее.

Растровые модели используются в двух случаях. В первом случае – для хранения исходных изображений местности. Во втором случае, для хранения тематических слоев, когда пользователей интересуют не отдельные пространственные объекты, а набор точек пространства, имеющих различные характеристики (высотные отметки или глубины, влажность почв и т.д.), для оперативного анализа или визуализации.

Существует несколько способов хранения и адресации значений отдельных ячеек раstra, и их атрибутов, названий слоев и легенд.

При использовании растровых моделей актуальным является вопрос сжатия растровых данных, для которого разработаны методы группового кодирования, блочного кодирования, цепочного кодирования и представления в виде квадродерева.

5. Совокупность цифровых данных о пространственных объектах образует множество пространственных данных и составляет содержание баз данных.

База данных (БД) – совокупность данных организованных по определенным правилам, устанавливающим общие принципы описания, хранения и манипулирования данными.

Создание БД и обращение к ней (по запросам) осуществляется с помощью системы управления базами данных (СУБД).

Логическая структура элементов базы данных определяется выбранной моделью БД. Наиболее распространенными моделями БД являются *иерархические, сетевые и реляционные и объектно-ориентированные*.

Иерархические модели представляют древовидную структуру, в этом случае каждая запись связана только с одной записью, находящейся на более высоком уровне.

Такая система хорошо иллюстрируется системой классификации растений и животных. Примером может также служить структура хранения информации на дисках ПК. Главное понятие такой модели уровень. Количество уровней и их состав зависит от принятой при создании БД классификации. Доступ к любой из этих записей осуществляется путем прохода по строго определенной цепочке узлов. При такой структуре легко осуществлять поиск нужных данных, но если изначально описание неполное, или не предусмотрен какой либо критерий поиска, то он становится невозможным. Для достаточно простых задач такая система эффективна, но она практически непригодна для использования в сложных системах с оперативной обработкой запросов.

Сетевые модели были призваны устранить некоторые из недостатков иерархических моделей. В сетевой модели каждая запись в каждом узле сети может быть связана с несколькими другими узлами. Записи, входящие в состав сетевой структуры, содержат в себе указатели, определяющие местоположение других записей, связанных с ними. Такая модель позволяет ускорить доступ к данным, но изменение структуры базы требует значительных усилий и времени.

Реляционные модели собирают данные в унифицированные *таблицы*. Таблице присваивается уникальное имя внутри БД. Каждый столбец – это поле, имеющее имя, соответствующее

щее содержащемуся в нем атрибуту. Каждая строка в таблице соответствует записи в файле. Одно и то же поле может присутствовать в нескольких таблицах. Так как строки в таблице не упорядочены, то определяется один или несколько столбцов, значения которых однозначно идентифицируют каждую строку. Такой столбец называется первичным ключом. Взаимосвязь таблиц поддерживается внешними ключами. Манипулирование данными осуществляется при помощи операций, порождающих таблицы. Пользователь может легко заносить в базу новые данные, комбинировать таблицы, выбирая отдельные поля и записи, и формировать новые таблицы для отображения на экране.

Объектно-ориентированные модели применяют, если геометрия определенного объекта способна охватывать несколько слоев, атрибуты таких объектов могут наследоваться, для их обработки применяют специфические методы.

Для обработки данных, размещенных в таблицах необходимы дополнительные сведения о данных, их называют метаданными.

Метаданные – данные о данных: каталоги, справочники, реестры и иные формы описания наборов цифровых данных.

6. Форматы данных определяют способ хранения информации на жестком диске, а также механизм ее обработки. Модели данных и форматы данных определенным способом взаимосвязаны.

Существует большое количество форматов данных. Можно отметить, что во многих ГИС поддерживаются основные форматы хранения растровых данных (TIFF, JPEG, GIF, BMP, WMF, PCX), а также GeoSpot, GeoTIFF, позволяющие передавать информацию о привязке растрового изображения к реальным географическим координатам, и MrSID – для сжатия информации. Наиболее распространенным среди векторных форматов является – DXF.

Все системы поддерживают обмен пространственной информацией (экспорт и импорт) со многими ГИС и САПР через основные обменные форматы: SHP, E00, GEN (ESRI), VEC (IDRISI), MIF (MapInfo Corp.), DWG, DXF (Autodesk), WMF (Microsoft), DGN (Bentley). Только некоторые, в основном отечественные системы, поддерживают российские обменные форматы – F1M (Роскартография), SXF (Военно-топографическая служба).

Довольно часто для эффективной реализации одних компьютерных операций предпочитают векторный формат, а для других растровый. Поэтому, в некоторых системах реализуются возможности манипулирования данными в том и в другом формате, и функции преобразования векторного в растровый, и наоборот, растрового в векторный форматы.

Тема 3. БАЗОВЫЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИИ

1. Технологии ввода данных.
2. Географическая привязка данных. Экспорт/импорт цифровых данных.
3. Способы векторизации. Операции с данными в векторном формате.
4. Вывод и визуализация данных. Методы и средства визуализации данных.
5. Методы трехмерного отображения.

1. В соответствии с используемыми техническими средствами различают два способа ввода данных: дигитализацию и векторизацию. Для ручного ввода пространственных данных применяется *дигитайзер*. Он состоит из планшета (столика) с электронной сеткой, к которому присоединено устройство называемое курсором. Курсор представляет собой подобие графического манипулятора – мыши, имеет визир, нанесенный на прозрачную пластинку, с помощью которого оператор выполняет точное наведение на отдельные элементы карты. На курсоре помещены кнопки, которые позволяют фиксировать начало и конец линии или границы области, число кнопок зависит от уровня сложности дигитайзера. Дигитайзеры бывают разных форматов и обеспечивают разрешение 0,03 мм с общей точностью 0,08 мм на расстоянии 1,5 м. Существуют автоматизированные дигитайзеры, обеспечивающие автоматическое отслеживание линий.

Наибольшее распространение для ввода данных получили *сканеры*. Они позволяют вводить растровое изображение карты в компьютер. Существуют различные типы сканеров, которые различаются: по способу подачи исходного материала (планшетные и протяжные (барабанного типа); по способу считывания информации (работающие на просвет или на отражение); по радиометрическому разрешению или глубине цвета; по оптическому (или геометрическому) разрешению. Последняя характеристика определяется минимальным размером элемента изображения, который различается сканером.

2. Отсканированные исходные карты создавались в определенной картографической проекции и системе координат. При оцифровке эта сложная проекция сводится в набор пространственных координат. Поэтому необходимо преобразовать карту к ее исходной проекции. Для этого в ГИС вводятся сведения об используемой проекции (обычно ГИС позволяет работать с большим числом проекций) и осуществляется ряд преобразований. Разнообразие источников данных для ГИС-проекта определяет длинный список процедур ГИС, помогающих организовать корректный и аккуратный их ввод: конвертация; трансформация проекции; геопривязка; преобразование вектор-растр; векторизация; ввод атрибутов; проверка; построение топологии; сшивка листов карт; генерализация.

Конвертация – это перевод данных из одного формата в другой. Включенные в ГИС программы конвертирования позволяют свести цифровые данные других систем к виду, приемлемому в данной системе. Это могут быть как векторные, так и растровые данные. Также программы-конвертеры делают возможным преобразование между векторной и растровой информацией внутри одной ГИС.

Трансформация проекции необходима для импорта данных, хранящихся в проекции, отличной от той, что принята в проекте. Такая потребность часто возникает при конвертации данных из других ГИС или заимствовании их из других проектов. Программные средства ГИС содержат различные блоки преобразования проекций.

Для проекционных преобразований в ГИС необходимо создать файл описания картографической проекции и выбрать исходный файл. Из набора типов преобразований выбирают необходимое, задают требуемые параметры, и преобразование осуществляется автоматически путем создания новой картографической проекции в заданном слое и соответствующем файле.

Геопривязка растра – перевод сканированного изображения карты в систему координат реального мира. Как правило, оцифрованные с бумажной карты данные хранятся в плоских координатах ее листа. То же относится к аэрофотоснимкам и другим растровым файлам. Их необходимо привязать к координатам реального мира для того, чтобы корректно сопоставлять с другими слоями и использовать при анализе. Также, геопривязка необходима, если для имеющихся данных нет информации о параметрах проекции. Обычно применяют способ привязки по нескольким опорным точкам, координаты которых известны. Трансформация проекций требует знания о параметрах исходной проекции. Если эти данные неточны, корректная трансформация невозможна. При привязке по опорным точкам неважно, в каком виде находились данные до обработки. Результат в любом случае будет удовлетворительным. Геопривязка и трансформация проекций применимы, как к растровым, так и к векторным данным. Если недоступны готовые векторизованные слои, мы можем отстроить объекты на карте по их координатам, словесному описанию или векторизовать растр.

3. Процесс цифрования объектов растрового изображения на экране компьютера называют *векторизацией*. Существует три способа векторизации: ручной, интерактивный и автоматический. При ручной векторизации оператор обводит мышью на изображении каждый объект, при интерактивной – часть операций производится автоматически. Так, например, при векторизации горизонталей достаточно задать начальную точку и направление отслеживания линий, далее векторизатор сам отследит эту линию до тех пор, пока на его пути не встретятся неопределенные ситуации, типа разрыва линии. Возможности интерактивной векториза-

ции прямо связаны с качеством исходного материала и сложностью карты. Автоматическая векторизация предполагает непосредственный перевод из растрового формата в векторный с помощью специальных программ, с последующим редактированием. Оно необходимо, поскольку даже самая изощренная программа может неверно распознать объект, принять например, символ за группу точек, и т.п.

4. Вывод и визуализация данных. Методы и средства визуализации данных.

Визуализация (графическое воспроизведение, отображение) - генерация изображений, в том числе и картографических, и иной графики на устройствах отображения (преимущественно на мониторе) на основе преобразования исходных цифровых данных с помощью специальных алгоритмов.

Наиболее компактными и привычным способом представления географической информации остаются карты.

Электронная карта (ЭК) – картографическое изображение, визуализированное на мониторе, на основе цифровых карт или баз данных ГИС.

Электронный атлас (ЭА) – система визуализации в форме электронных карт, электронное картографическое произведение, функционально подобное электронной карте. Поддерживаются программным обеспечением типа картографических браузеров, обеспечивающих поэтапный просмотр растровых изображений карт, картографических визуализаторов, систем настольного картографирования. Помимо картографического изображения и легенд электронные атласы обычно включают обширные текстовые комментарии, табличные данные, а мультимедийные электронные атласы – анимацию, видеоряды и звуковое сопровождение.

Таблицы и графики, включающие различные характеристики объектов (атрибуты) или их соотношения, могут использоваться как самостоятельные или дополнительные к другим средствам визуализации.

Анимации применяют для показа динамических процессов, т.е. последовательный показ рисованных статичных изображений (кадров), в результате чего создается иллюзия непрерывной смены изображений.

Для отображения результатов анализа данных в ГИС реализованы ряд способов, которые применяют при создании тематических карт.

5. Методы трехмерного отображения. Трехмерное изображение поверхности (3D-поверхность) – средство цифрового объемного представления поверхностей в виде проводочных диаграмм, при этом используются различные типы проекции, при этом изображение можно поворачивать и наклонять, используя простой графический интерфейс.

Для отображения рельефа по данным ЦМР могут быть сформированы растровые изображения. Растровая поверхность (изображение) – формируется по Grid-модели, при этом каждому пикселу присваивается значение, пропорциональное высоте соответствующей ячейки сетки. Теневой рельеф (аналитическая отмывка рельефа) – растровое отображение ЦМР, при формировании которого кроме высоты каждого участка сетки Grid-модели, учитывается освещенность склонов.

Реализованы возможности совмещения 3D-поверхностей с другими тематическими слоями. Для достижения реалистичности отображения объектов местности 3D-поверхности совмещаются с картографическими или ортоизображениями.

Виртуальная модель местности (ВММ) – модель местности, содержащая информацию о рельефе земной поверхности, ее спектральных яркостях и объектах, расположенных на данной территории, предназначена для интерактивной визуализации. ВММ позволяет обеспечить эффект присутствия на местности, может быть отображена в виде трехмерной статической сцены (3D-вид) или в режиме имитации полета над местностью, когда наблюдатель находится в точке с заданными координатами.

Тема 4. ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И ПРОСТРАНСТВЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

1. Основные функции пространственного анализа данных. Выбор объектов по пространственным критериям. Определение картометрических характеристик.
2. Анализ близости. Анализ видимости/невидимости. Расчет и построение буферных зон. Оверлейный анализ.
3. Тематических карты как средство анализа пространственных данных.
4. Цифровое моделирование рельефа и анализ поверхностей.
5. Применение пространственных моделей.

1. К средствам пространственного анализа относятся различные процедуры манипулирования пространственными и атрибутивными данными, выполняемые при обработке запросов пользователя. К ним относятся, например, операции наложения графических объектов, средства анализа сетевых структур или выделения объектов по заданным признакам.

Для каждого ГИС-пакета характерен свой набор средств пространственного анализа, обеспечивающий решение специфических задач пользователя, в тоже время можно выделить ряд основных функций, свойственных практически каждому ГИС-пакету. Это, прежде всего, организация выбора и объединения объектов в соответствии с заданными условиями, реализация операций вычислительной геометрии, анализ наложений, построение буферных зон, сетевой анализ.

Выбор объектов по запросу: самой простой формой запроса является получение характеристик объекта указанного курсором на экране и обратная операция, когда изображаются объекты с заданными атрибутами. Более сложные запросы позволяют выбирать объекты по нескольким признакам, например по признаку удаленности одних объектов от других, совпадающие объекты, но расположенные в разных слоях и т. д.

Для выбора данных в соответствии с определенными условиями используются SQL-запросы. Для выполнения запросов разной сложности реализованы возможности использования при составлении запросов математических и статистических функций, а также географических операторов, позволяющих выбирать объекты на основании их взаимного расположения в пространстве (например, находится ли анализируемый объект внутри другого объекта или пересекается с ним).

Обобщение данных может проводиться по равенству значений определенного атрибута, в частности для зонирования территории. Еще один способ группировки – объединение объектов одного тематического слоя в соответствии с их размещением внутри полигональных объектов других тематических слоев.

Определение картометрических характеристик: расчеты геометрических характеристик объектов или их взаимного положения в пространстве, при этом используются формулы аналитической геометрии на плоскости и в пространстве. Так для площадных объектов вычисляются занимаемые ими площади или периметры границ, для линейных – длины, а также расстояния между объектами и т.д.

2. *Анализ видимости-невидимости* – это одна из операций по обработке цифровых моделей рельефа, которая обеспечивает оценку поверхности с точки зрения видимости или невидимости отдельных его частей путем выделения зон и построения карт видимости-невидимости с некоторой точки обзора или множества точек, заданных их положением в пространстве. Пространственный анализ видимости-невидимости основан на оценке взаимной видимости двух точек. Анализ видимости-невидимости применяется для оценки влияния рельефа (в особенности горного) или рельефности городской застройки на величину зоны устойчивого радиоприема (радио-видимости) при проектировании радио- и телевещательных станций, радиорелейных сетей и систем мобильной радиосвязи.

Анализ близости – представляет собой пространственно-аналитическую операцию, основанную на поиске двух ближайших точек среди заданного их множества (поиск кратчайшего расстояния) и используемую в различных алгоритмах пространственного анализа. При обра-

ботке геологической информации это может быть локализация ближайших точек в геохимических аномалиях с заданными параметрами.

Оверлейные операции (топологическое наложение слоев) являются одними из самых распространенных и эффективных средств. В результате наложения двух тематических слоев образуется другой дополнительный слой в виде графической композиции исходных слоев. Учитывая, что анализируемые объекты могут относиться к разным типам (точка, линия, полигон), возможны разные формы анализа: точка на точку, точка на полигон и т.д. Наиболее часто анализируется совмещение полигонов.

Построение буферных зон. Одним из средств анализа близости объектов является построение буферных зон. Буферные зоны – это районы (полигоны), граница которых отстоит на заданном расстоянии от границы исходного объекта. Границы таких зон вычисляются на основе анализа соответствующих атрибутивных характеристик. При этом ширина буферной зоны может быть как постоянной, так и переменной. Например, буферная зона вокруг источника электромагнитного излучения, будет иметь форму круга, а зона загрязнения от дымовой трубы завода с учетом розы ветров будет иметь форму близкую к эллипсу.

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

К оверлейным относятся операции:

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

3. Тематических карты как средство анализа пространственных данных. Для отображения результатов анализа данных в ГИС реализованы ряд способов, которые применяют при создании тематических карт.

Способ размерных символов (значков) – анализируемые характеристики объектов отображаются специальными символами, размер которых передаёт количественную информацию, а форма и цвет качественную информацию.

Способ качественного или (количественного фона) – в этом случае группируются данные с близкими значениями и созданным группам присваиваются определенные цвета, типы символов или линий.

Точечный способ – изобразительным средством является множество точек одинакового размера, каждая из которых имеет определенное значение количественного показателя.

Столбчатые и круговые локализованные диаграммы – позволяют отобразить соотношение нескольких характеристик, при этом диаграммы имеют географическую привязку (например, в точке размещения поста наблюдений показывают соотношение загрязняющих веществ).

Способ изолиний – один из широко распространённых способов отображения различных показателей. С их помощью формируют карты изогипс (топографические и гипсометрические), карты изотерм, изобар, изокоррелят и др. С помощью изолиний выделяются территории, которые характеризуются одинаковыми свойствами (температурами, давлением, осад-

ками, одновременностью наступления событий, равной величиной аномалий, равными скоростями тектонических движений и др.)

При этом различают две группы изолиний: истинные изолинии (характеризуют непрерывное изменение какого-либо показателя, к ним относятся горизонтالي) и псевдоизолинии, отображающие данные, имеющие статистическую природу (например, дискретные значения от источников выбросов). Для представления изолиний применяют разные изобразительные средства: линии разных типов, толщины и цвета, послойная цветовая окраска фона (либо штриховка) промежутков между изолиниями.

4. Цифровое моделирование рельефа и анализ поверхностей.

Основой для представления данных о земной поверхности являются цифровые модели рельефа.

Поверхности – это объекты, которые чаще всего представляются значениями высоты Z , распределенными по области, определенной координатами X и Y .

Цифровые модели рельефа (ЦМР) используют для компьютерного представления земных поверхностей.

ЦМР – средство цифрового представления рельефа земной поверхности.

Построение ЦМР требует определённой формы представления исходных данных (набора координат точек X, Y, Z) и способа их структурного описания, позволяющего восстанавливать поверхность путем интерполяции или аппроксимации исходных данных.

Исходные данные для формирования ЦМР могут быть получены по картам – цифрованием горизонталей, по стереопарам снимков, а также в результате геодезических измерений или лазерного сканирования местности. Наиболее распространен первый способ, т.к. сбор по стереопарам снимков отличается трудоемкостью и требует специфического программного обеспечения, но в то же время позволяет обеспечить желаемую степень детальности представления земной поверхности. Лазерное сканирование перспективный современный метод, пока достаточно дорогой.

Построение ЦМР требует определенной структуры данных, а исходные точки могут быть по разному распределены в пространстве. Сбор данных может осуществляться по точкам регулярной сетки, по структурным линиям рельефа или хаотично. Первичные данные с помощью тех или иных операций приводят к одному из наиболее распространенных в ГИС структур для представления поверхностей: GRID, TIN или TGRID.

TIN (Triangulated Irregular Network) – нерегулярная триангуляционная сеть, система перекрывающихся треугольников. Вершинами треугольников являются исходные опорные точки. Рельеф в этом случае представляется многогранной поверхностью, каждая грань которой описывается либо линейной функцией (полиэдральная модель), либо полиномиальной поверхностью, коэффициенты которой определяются по значениям в вершинах граней треугольников. Для получения модели поверхности нужно соединить пары точек ребрами определенным способом, называемым триангуляцией Делоне (рис. 5).

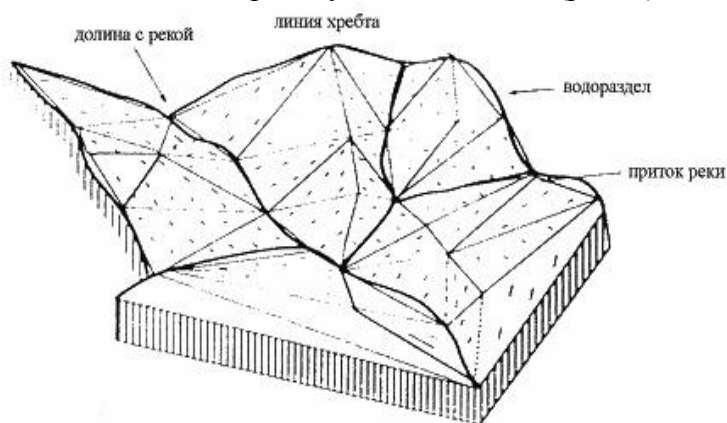
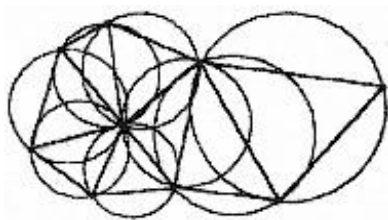


Рис. 5. TIN модель

Триангуляция Делоне в приложении к двумерному пространству формулируется следующим образом: система взаимосвязанных неперекрывающихся треугольников имеет наименьший периметр, если ни одна из вершин не попадает внутрь ни одной из окружностей, описанных вокруг образованных треугольников (рис.6).

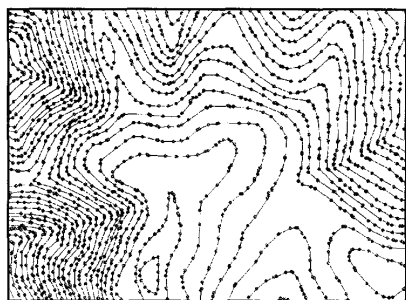


Образовавшиеся треугольники при такой триангуляции максимально приближаются к равносторонним, а каждая из сторон образовавшихся треугольников из противоположащей вершины видна под максимальным углом из всех возможных точек соответствующей полуплоскости. Интерполяция выполняется по образованным ребрам.

Рис. 6. Триангуляция Делоне

Отличительной особенностью и преимуществом триангуляционной модели является то, что в ней нет преобразований исходных данных. С одной стороны, это не дает использовать такие модели для детального анализа, но с другой стороны, исследователь всегда знает, что в этой модели нет привнесенных ошибок, которыми грешат модели, полученные при использовании других методов интерполяции. Немаловажен и тот факт, что это самый быстрый метод интерполяции. Однако, если в ранних версиях большинства ГИС триангуляционный метод был основной, то сегодня большое распространение получили модели в виде регулярной матрицы значений высот.

GRID – модель, представляет собой регулярную матрицу значений высот, полученную при интерполяции исходных данных. Для каждой ячейки матрицы высота вычисляется на основе интерполяции. Фактически это сетка, размеры которой задаются в соответствии с требованиями точности конкретной решаемой задачи. Регулярная сетка соответствует земной поверхности, а не изображению.



При использовании GRID-модели существует некоторая сложность в выборе интервала между точками. Например, участки поверхности могут быть как сильно пересеченными, так и выположенными. В первом случае необходимо большее количество точек на единицу площади.

Рис. 7. Плотность точек в модели GRID

TGRID (triangulated grid) – модель, сочетающая в себе элементы моделей TIN и GRID. Такие модели имеют свои преимущества, например, позволяют использовать дополнительные данные для описания сложных форм рельефа (обрывы, скальные выступы).

4. Восстановление поверхностей реализуется на основе интерполяции исходных данных.

Интерполяция – восстановление функции на заданном интервале по известным ее значениям конечного множества точек, принадлежащих этому интервалу.

В настоящее время известны десятки методов интерполяции поверхностей, наиболее распространенные: линейная интерполяция; метод обратных взвешенных расстояний, кригинг; сплайн-интерполяция; тренд-интерполяция.

Кригинг. Метод интерполяции, который основан на использовании методов математической статистики. В его реализации применяется идея регионализированной переменной, т.е. переменной, которая изменяется от места к месту с некоторой видимой непрерывностью, поэтому не может моделироваться только одним математическим уравнением. Поверхность рассматривается в виде трех независимых величин. Первая – тренд, характеризует изменение поверхности в определенном направлении. Далее предполагается, что имеются небольшие

отклонения от общей тенденции, вроде маленьких пиков и впадин, которые являются случайными, но все же связанными друг с другом пространственно.

Наконец, имеется *случайный шум* (например, валуны). С каждой из трех переменных надо оперировать в отдельности. Тренд оценивается с использованием математического уравнения, которое наиболее близко представляет общее изменение поверхности, во многом подобно поверхности тренда.

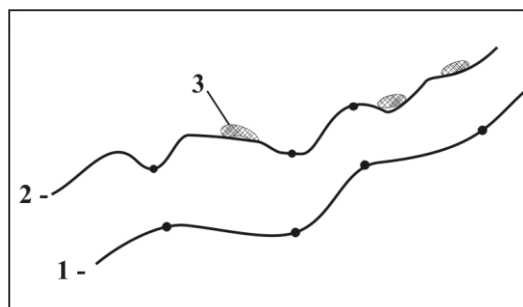


Рис. 8. Элементы кригинга: 1 – тренд, 2 – случайные, но пространственно связанные высотные колебания, 3 – случайный шум.

Ожидаемое изменение высоты измеряется по вариограмме, на которой по горизонтальной оси откладывается расстояние между отсчетами, а на вертикальной – полудисперсия. Полудисперсия определяется как половина дисперсии между значениями высоты исходных точек и высот соседних точек. Затем через точки данных проводится кривая наилучшего приближения. Дисперсия в какой-то момент достигает максимума и остается постоянной (выявляется предельный радиус корреляции).

Интерполяция методом кригинга в большинстве случаев дает хорошие результаты, даже когда плотность исходных точек не велика. Однако, при некотором расположении точек возможно появление резких пиков и впадин.

Метод обратных взвешенных расстояний. Этот метод основан на предположении, что чем ближе друг к другу находятся исходные точки, тем ближе их значения. Для точного описания топографии набор точек, по которым будет осуществляться интерполяция, необходимо выбирать в некоторой окрестности определяемой точки, так как они оказывают наибольшее влияние на ее высоту. Это достигается следующим образом. Вводится максимальный радиус поиска или количество точек, ближайших по расстоянию от начальной (определяемой) точки. Затем значению высоты в каждой выбранной точке задается вес, вычисляемый в зависимости от квадрата расстояния до определяемой точки. Этим достигается, чтобы более близкие точки вносили больший вклад в определение интерполируемой высоты по сравнению с более удаленными точками.

Тренд интерполяция. В некоторых случаях исследователя интересуют общие тенденции поверхности, которые характеризуются поверхностью тренда.

Аналогично методу обратных взвешенных расстояний для поверхности тренда используется набор точек в пределах заданной окрестности. В пределах каждой окрестности строится поверхность наилучшего приближения на основе математических уравнений, таких как полиномы или сплайны.

Поверхности тренда могут быть плоскими, показывая общую тенденцию или более сложными. Тип используемого уравнения или степень полинома определяет величину волнистости поверхности. Например, поверхность тренда первого порядка будет выглядеть как плоскость, пересекающая под некоторым углом всю поверхность. Если поверхность имеет один изгиб, то такую поверхность называют поверхностью тренда второго порядка.

Сплайн интерполяция. Возможность описания сложных поверхностей с помощью полиномов невысоких степеней определяется тем, что при сплайн-интерполяции вся территория разбивается на небольшие непересекающиеся участки. Аппроксимация полиномами осуществляется раздельно для каждого участка. Обычно используют полином третьей степени – кубический сплайн. Затем строится общая функция «склейки» на всю область, с заданием

условия непрерывности на границах участков и непрерывности первых и вторых частных производных, т.е. обеспечивается гладкость склеивания полиномов.

Сглаживание сплайн-функциями особенно удобно при моделировании поверхностей, осложненных разрывными нарушениями, и позволяет избежать искажения типа «краевых эффектов».

Основными процессами построения ЦМР по картам являются:

- 1) *Преобразование исходных карт в растровые изображения, т.е. сканирование.* При сканировании важным является выбор разрешения получаемого изображения, излишне высокое разрешение требует больших объемов памяти для хранения исходной информации, в тоже время разрешение должно обеспечить необходимую точность сбора информации, которая определяется целями формирования ЦМР.
- 2) *Монтаж растровых фрагментов.* Монтаж или «сшивка» - это стыковка нескольких изображений произвольной формы в одно таким образом, чтобы границы между исходными изображениями были незаметны. При монтаже осуществляется геопривязка растровых данных. В ГИС имеются различные модули для решения этой задачи.
- 3) *Векторизация растрового изображения.* Векторизация, или дигитализация горизонталей может выполняться в ручном, полуавтоматическом и автоматическом режимах. Для различных ГИС разработаны отдельные модули, реализующие эту задачу в автоматических режимах, например, Map Edit.
- 4) *Формирование ЦМР.* ЦМР создается на основе методов интерполяции и может быть представлена в разных форматах.
- 5) *Визуализация результатов.* ЦМР обеспечивает визуализацию информации о поверхностях в разных формах.

Тема 5. ГИС КАК ОСНОВА ИНТЕГРАЦИИ ДАННЫХ И ТЕХНОЛОГИЙ

Основные вопросы

1. Проблемы интеграции пространственных данных, технологий. ГИС и дистанционное зондирование,
2. ГИС и системы спутникового позиционирования.
3. Сетевые технологии и Интернет
4. Инфраструктуры пространственных данных

1. Эффективную работу современных ГИС трудно представить без спутниковых методов исследования территорий нашей планеты. Дистанционное спутниковое зондирование нашло широко применение в геоинформационных технологиях как в связи с быстрым развитием и совершенствованием космической техники, так и со свертыванием авиационных и наземных методов мониторинга.

Дистанционное зондирование (ДЗ) – научное направление, основанное на сборе информации о поверхности Земли без фактического контактирования с ней. Процесс получения данных о поверхности включает в себя зондирование и запись информации об отраженной или испускаемой объектами энергии с целью последующей обработки, анализа и практического использования.

Исторически дистанционные исследования начинались с использования фотосъемки в видимом диапазоне. К настоящему времени разработаны съемочные системы (датчики или сенсоры), позволяющие выполнять зондирование Земли в разных диапазонах спектра, так, кроме фотографической, на спутниках устанавливают оптико-электронную (сканерную) и радиолокационную аппаратуру. Для того, чтобы обеспечить чувствительность в том участке электромагнитного спектра, в котором ведется сбор данных, система должна иметь соответствующую аппаратуру: оптику (зеркальную или линзовую), приемные устройства для видимой и инфракрасной области спектра, антенну СВЧ-диапазона, позволяющую облучать объекты радиоволнами и принимать отраженные радиолокационные сигналы.

Информативность космических изображений определяется пространственным и радиометрическим и спектральным разрешениями.

Пространственное разрешение или разрешающая способность является одним из главных параметров, определяющих обзорность и детальность изображений. Под пространственным разрешением понимается минимальный линейный размер объектов местности различимых на изображении. Для цифровых снимков пространственное разрешение представляет собой размер пикселя на местности, который является наименьшим элементом цифрового изображения, внутри которого отдельные объекты не различаются. Разрешающая способность определяется конкретными особенностями съемочной системы. Выделяют данные низкого (более 100 м), среднего (10...100 м), высокого (1...10 м) и сверхвысокого (менее 1 м) разрешений.

Целесообразность применения сенсоров с тем или иным разрешением определяется задачами, стоящими перед исследователем.

Для глобального обзора с высокой периодичностью подходят изображения с низким разрешением (до 1 км), достаточно детальное изучение многих компонентов природной среды обеспечивают системы со средним разрешением. Съемочные системы с высоким разрешением и сверхвысоким позволяют получать информацию, соответствующую по детальности требованиям для крупномасштабной топографической съемки.

Следующим по важности параметром является *спектральная разрешающая способность* – количество спектральных зон, их ширина и размещением по электромагнитному спектру. Большинство систем дистанционного зондирования могут работать в нескольких спектральных диапазонах. Требуемое количество спектральных зон обеспечивается фильтрами. Наиболее высокое спектральное разрешение достигается применением призм или дифракционных решеток. Первые съемочные системы имели один канал с очень широким диапа-

зоном чувствительности, который охватывал видимый и часть ближнего ИК-диапазона. В настоящее время уже существуют датчики, которые имеют сотни каналов.

Под радиометрическим разрешением понимается ширина динамического диапазона датчика и число градаций сигнала в каждой спектральной зоне. Большинство сенсоров обладают радиометрическим разрешением 8 бит. Что наиболее близко мгновенному диапазону зрения человека, но есть сенсоры и с более высоким радиометрическим разрешением (например, 11 бит – 2048 градаций для IKONOS), что позволяет различать больше деталей на очень ярких или очень темных областях снимка.

Временное разрешение определяется периодичностью съемки одного участка. Решение различных задач по данным ДЗ требует получения снимков с различной периодичностью. Так, для большинства сельскохозяйственных задач, требуются снимки каждые 7–15 дней. Контроль же чрезвычайных ситуаций и быстропротекающих процессов (например, пожары) требует высокой периодичности – от суток до нескольких часов.

Многоспектральные и гиперспектральные изображения. Первоначально съемку Земли выполняли с помощью фотоаппаратов на различные типы пленок. В зависимости от того, к какой части спектра в наибольшей степени чувствительна фотоэмульсия, фотопленки разделялись на следующие сорта: *ортохроматическая* (дополнительная чувствительность к зеленым и желтым лучам), *панхроматическая* (светочувствительность ко всем лучам видимого спектра, но пониженная чувствительность к лучам зеленой части спектра), *изопанхроматическая* (ко всем лучам видимого спектра). Современные технологии позволяют получать цифровые изображения одного и того же участка земной поверхности в нескольких отдельных зонах спектра. Такие данные называются многозональными (многоспектральными, мультиспектральными, спектрзональными) снимками. При этом из изображений, полученных в различных спектральных зонах, появилась возможность синтезировать множество вариантов цветного изображения (*в ложных цветах*).

Многозональные снимки получают системами, имеющими достаточно широкие зоны съемки, преимущественно 100 нм (или 0,1 мкм). При небольшом числе каналов такое спектральное разрешение устраивало потребителя.

Дальнейшее развитие съемочных систем позволило осуществлять так называемую гиперспектральную съемку, со спектральным разрешением в 10 нм. Принцип получения гиперспектральных изображений тот же, что и многоспектральных. Четкого различия между терминами многоспектральные и гиперспектральные данные нет, но к последним принято относить те, у которых нет разрыва между поддиапазонами, т.е. в некоторой части спектра получается практически непрерывный диапазон принимаемых данных.

Для получения данных ДЗ используются: пилотируемые космические корабли и орбитальные станции и автоматические искусственные спутники Земли. Траектории движения спутников различаются по форме, высоте и по положению относительно Солнца.

Высоты, на которых работают съемочные платформы, подразделяются на группы:

- 1) малые высоты: 100...500 км (пилотируемые корабли и орбитальные станции);
- 2) средние высоты: 500...2000 км (ресурсные и метеорологические спутники);
- 3) большие высоты: 36000...40000 км (геостационарные спутники).

Период обращения вокруг Земли - от 1,5 часов до суток.

Основные типы спутников в зависимости от положения относительно поверхности Земли:

- *геостационарные* (спутник движется со скоростью, равной угловой скорости вращения Земли, поэтому обеспечивает съемку одной и той же части планеты);

- *полярно-орбитальные* (плоскость полярной орбиты примерно перпендикулярна плоскости вращения Земли, поэтому спутник регулярно через определенный период времени, оказывается над заданным районом наблюдения);

- *солнечно-синхронные* (орбиты имеют постоянный угол между плоскостью орбиты и направлением на Солнце, что обеспечивает одинаковую освещенность земной поверхности вдоль трассы, следовательно, облегчает сопоставление данных).

2. *Глобальная система позиционирования*. Global Positioning System – Глобальная Система Позиционирования, эта система состоит из сети спутников, которые в непрерывном режиме посылают электромагнитные сигналы на Землю. Используя специальный приемник такого излучения, измеряющий расстояние до спутников, можно с установленной точностью (от нескольких десятков километров до нескольких миллиметров) определить месторасположение объекта на земной поверхности. В настоящее время используются GPS-приемники, размер которых сравним с размером сотового телефона, а вес составляет несколько сотен граммов. При этом GPS-приемник сообщает пользователю не только координаты нахождения (широта и долгота), но и отображает местоположение на электронной карте наряду с городами, транспортными магистралями и многими другими объектами. Кроме определения трех текущих координат (долгота, широта и высота над уровнем моря) GPS обеспечивает:

- определение трех составляющих скорости объекта;
- определение точного времени с точностью не менее 0.1 с;
- вычисление истинного путевого угла объекта;
- прием и обработку вспомогательной информации.

Российская спутниковая система навигации - *Глобальная навигационная спутниковая система (ГЛОНАСС)*. ГЛОНАСС предназначена для оперативного навигационно-временного обеспечения неограниченного числа пользователей наземного, морского, воздушного и космического базирования. Доступ к гражданским сигналам ГЛОНАСС в любой точке земного шара предоставляется российским и иностранным потребителям на безвозмездной основе и без ограничений. Основой системы должны являться 24 спутника, движущихся над поверхностью Земли в трёх орбитальных плоскостях с наклоном орбитальных плоскостей $64,8^\circ$ и высотой 19400 км. Принцип измерения аналогичен американской системе навигации. Основное отличие от системы GPS в том, что спутники ГЛОНАСС в своём орбитальном движении не имеют резонанса (синхронности) с вращением Земли, что обеспечивает им большую стабильность. Таким образом, группировка КА ГЛОНАСС не требует дополнительных корректировок в течение всего срока активного существования.

3. Большинство прикладных геоинформационных систем предназначены не для домашнего использования, а для работы в крупных организациях и учреждениях, коллективу которых необходимо оперативно обрабатывать большие объёмы пространственной информации. В такой ситуации инструментальная ГИС должна обеспечивать возможность работы с одним набором геоинформационных данных нескольким пользователям в пределах локальной компьютерной сети. Задачу осложняет тот факт, что необходимо производить не только просмотр информации, но и совместное - часто одновременное - внесение изменений в пространственные данные.

При совместной работе в сети приходится искать решение следующих проблем:

- 1) внесение изменений в базу данных со стороны нескольких клиентов может привести к нарушению целостности базы данных;
- 2) для приведения в актуальное состояние информации, размещенной в оперативной памяти клиентской программы, необходимо предусмотреть систему оповещения клиентов об изменениях, вносимых в общие данные со стороны одного из клиентов;
- 3) необходимо вводить блокировку одновременному изменению одного объекта со стороны нескольких клиентов;
- 4) создание новых объектов требует генерации уникальных идентификаторов независимо от того, какой клиент инициировал создание объекта.

Решить эти проблемы помогает применение технологии "клиент/сервер". Все перечисленные задачи берет на себя специальное приложение сервера пространственных данных. Клиентские же приложения используют общие данные посредством обращений к приложению сервера.

Для самых разных сфер деятельности человека в настоящее время огромный интерес пред-

ставляют *геоинформационные и картографические веб-системы и сервисы* (веб-ГИС). Современные веб-ГИС строятся в так называемой сервис-ориентированной архитектуре, и их можно рассматривать как комплекс взаимосвязанных программных средств для управления пространственными данными – их импорта/экспорта, каталогизации, визуализации, создания, обработки, распространения, и т.д. Технологической основой подобных решений обычно выступают библиотеки программных интерфейсов типа Google Maps API, Mapserver Mapscript, Scanex GeoMixer, и проч.; они обеспечивают доступ к функциям и контексту картографических элементов веб-страниц – средствам визуализации карты, тематических данных, например – дорожная сеть с данными о пробках, рельеф, точки на карте – справочник организаций, товаров и услуг, мозаики спутниковых снимков, и т.д. Высокая степень интерактивности интерфейса пользователя, очень быстрая регенерация изображений, сформированных из небольших кэширующихся растровых фрагментов (тайлов), практически мгновенный отклик инструментов перемещения (сдвига) и изменения масштаба карты, наряду со многими прочими возможностями настройки визуализации и управления пространственными данными сделали картографические веб-приложения очень популярными.

Для некоторых функционально-насыщенных веб-ГИС принято использовать термин «геопортал». *Геопортал* – это тип веб-портала, используемого для доступа и поиска географической (геопространственной) информации и связанных с нею географических веб-сервисов (доступ, редактирование, и проч.). Функциональные возможности геопортала обычно тесно связаны с подсистемой управления метаданными, средствами пространственного анализа, интерактивной визуализации. Системной основой обычно выступают традиционные программно-технологические решения для систем управления веб-контентом.

Геопорталы – программно-технологические комплексы, обеспечивающие перечисленные функции. Примеры: геопорталы федерального уровня (геопорталы ИПД РФ и Роскосмоса, Публичная кадастровая карта Росреестра, и проч.), регионального уровня (геопорталы Воронежской, Самарской, Кировской областей, и проч.), отраслевые геопорталы (АПК Краснодарского края, Московитологии, и аналоги), геопорталы поставщиков данных и услуг (Сканекс, Совзонд, Яндекс, и проч.), геопорталы научного, научно-популярного и образовательного профиля (геопорталы МГУ, Южноуралья, ИВиС ДВО РАН, ИВТ СО РАН).

4. Инфраструктура пространственных данных определяется нормативно-правовыми документами, механизмами организации и интеграции пространственных данных, а также их доступность разным пользователям.

Инфраструктура пространственных данных (ИПД) включает три необходимых компонента: базовую пространственную информацию, стандартизацию пространственных данных, базы метаданных и механизм обмена данными.

ИПД представляет собой информационно-коммуникационную систему, обеспечивающую доступ к распределенным ресурсам пространственных данных, их распространение и обмен ими с помощью Интернета или иной общедоступной глобальной сети

ИПД РФ – территориально распределенная система сбора, обработки, хранения и предоставления потребителям пространственных данных

Базовые пространственные данные - разрешенные к открытому опубликованию цифровые данные о наиболее используемых пространственных объектах, отличающихся устойчивостью пространственного положения во времени и служащих основой позиционирования других пространственных объектов.

Метаданные - данные, которые позволяют описывать содержание, объем, положение в пространстве, качество и другие характеристики пространственных данных и пространственных объектов.

Базовые пространственные данные. Основные отличительные черты БПД:

- должен быть определен уровень пространственного разрешения или масштаба в соответствии с требованиями к их позиционной точности;
- механизм обновления БПД;
- количество атрибутов элементов базового набора должна быть минимальным;

- БПД должны быть общедоступны.

Стандартный перечень БПД:

- геодезическая основа;
- топографические объекты, включая политико-административные границы, населенные пункты, транспортную сеть и гидрографическую сеть;
- цифровые модели рельефа;
- ортофотоизображения;
- земельный кадастр;
- адресные данные;
- географические названия.

Нормативно – правовое обеспечение. Стандарты на пространственные данные, включают: стандарты на модели пространственных данных, классификаторы, системы пространственно-временных координат, форматы, метаданные, точность и качество данных, цифровые карты, понятийно-терминологический аппарат .

Пространственные метаданные («геометаданные»), описывают свойства цифровых или иных данных, существенные с точки зрения обеспечения *взаимодействия владельцев данных и пользователей* ими на рынке данных и информационных услуг.

Для доступа пользователей к ресурсам пространственных метаданных - общий *портал (гео-портал)*, обеспечивающий выход пользователя в сеть национальных центров информационного обмена через шлюзы на геопорталы ведомств, организаций и регионов или непосредственно к серверам, зарегистрированным в центрах информационного обмена. Каждая национальная ИПД на этапе полномасштабной реализации должна иметь такой портал. Тенденция к устройству «электронных правительств» и «электронных администраций» в целом создает предпосылку к встраиванию геопорталов в их структуру.

Тема 6. ТЕХНИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГИС.

Основные вопросы

1. Основные составляющие технического, программного и информационного обеспечения.
2. Общая характеристика программных коммерческих ГИС-пакетов.
3. Проектирование ГИС.

1. Основные составляющие технического, программного и информационного обеспечения.

Техническое обеспечение – это комплекс аппаратных средств, применяемых при функционировании ГИС: рабочая станция или персональный компьютер (ПК), устройства ввода-вывода информации, устройства обработки и хранения данных, средства телекоммуникации. *Рабочая станция* или ПК являются ядром любой информационной системы и предназначены для управления работой ГИС и выполнения процессов обработки данных, основанных на вычислительных или логических операциях. Современные ГИС способны оперативно обрабатывать огромные массивы информации и визуализировать результаты.

Ввод данных реализуется с помощью разных технических средств и методов: непосредственно с клавиатуры, с помощью дигитайзера или сканера, через внешние компьютерные системы. Пространственные данные могут быть получены электронными геодезическими приборами, либо по результатам обработки снимков на аналитических фотограмметрических приборах или цифровых фотограмметрических станциях.

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

Устройства вывода данных должны обеспечивать наглядное представление результатов, прежде всего на мониторе, а также в виде графических оригиналов, получаемых на принтере.

ре или плоттере (графопостроителе), кроме того, обязательна реализация экспорта данных во внешние системы.

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

Структурно программное обеспечение ГИС включает *базовые и прикладные программные средства*.

Базовые программные средства включают: операционные системы (ОС), программные среды, сетевое программное обеспечение и системы управления базами данных. Операционные системы предназначены для управления ресурсами ЭВМ и процессами, использующими эти ресурсы. На настоящее время основные ОС: Windows и Unix.

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

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

Информационное обеспечение – совокупность массивов информации, систем кодирования и классификации информации. Информационное обеспечение составляют реализованные решения по видам, объемам, размещению и формам организации информации, включая поиск и оценку источников данных, набор методов ввода данных, проектирование баз данных, их ведение и метасопровождение. Особенность хранения пространственных данных в ГИС – их разделение на слои. Многослойная организация электронной карты, при наличии гибкого механизма управления слоями, позволяет объединить и отобразить гораздо большее количество информации, чем на обычной карте. Данные о пространственном положении (географические данные) и связанные с ними табличные могут подготавливаться самим пользователем либо приобретаться. Для такого обмена данными важна инфраструктура пространственных данных.

2. В России используются ГИС, как профессионального уровня, так и специализированные. Программные продукты формируются на основе модульного принципа. Обычно выделяют базовый модуль и модули расширения (или приложения). В базовом модуле содержатся функции, реализующие основные операции ГИС, в том числе программная поддержка устройств ввода-вывода, экспорт и импорт данных и т.д. Следует отметить, что программные продукты разных фирм имеют много общего, так как производители вынуждены заимствовать друг у друга те или иные технологические разработки. В настоящее время на рынке представлено около 20 хорошо известных ГИС-пакетов, которые можно отнести к полнофункциональным.

Характеризуя свойства полнофункциональных ГИС можно отметить их общие черты. Все системы работают на платформе Windows. Только некоторые из них имеют версии, работающие под управлением других операционных систем («Горизонт» - MS DOS, Unix, Linux, MC BC, Free BSD, Solaris, ИНТРОС; ПАПК – MS DOS; Arc GIS Arc Info-Solaris, Digital Unix, AIX и др.; ArcView GIS – Unix).

Все системы поддерживают обмен пространственной информацией (экспорт и импорт) со многими ГИС и САПР через основные обменные форматы.

Еще более однородными являются возможности по работе с атрибутивной информацией. Большинство систем обеспечивают работу со всеми основными СУБД через драйверы ODBC, BDE. Первой в ряду поддерживаемых или используемых СУБД стоит Oracle.

В преобладающем большинстве случаев современные полнофункциональные ГИС позволяют расширять свои возможности. Основным способом расширения возможностей является программирование на языках высокого уровня (MS Visual Basic, MS Visual C++, Borland

Delphy, Borland C++ Builder) с подключением DLL и OCX-библиотек (ActiveX). Естественно имеются и исключения. Такие системы как MapInfo Professional используют Map Basic, а системы AricView GIS - Avenue.

Наиболее распространенными зарубежными системами по разным причинам являются ArcView GIS, MapInfo Professional, MicroStation/J. Аналогичный перечень отечественных систем возглавляют ГеоГраф, Панорама (Карта 2000), ПАПК, GeoLink.

Коротко охарактеризуем наиболее распространенные программные продукты, отмечая особенности и области применения.

ArcGIS ArcInfo (разработчик фирма ESRI, США). Полнофункциональная ГИС, состоящая из двух независимо устанавливаемых программных пакетов – ArcInfo Workstation и ArcInfo Desktop. Первый состоит из трех базовых модулей: ArcMap – отображение, редактирование и анализ данных, ArcCatalog – доступ к данным и управление ими, ArcToolbox – инструмент расширенного пространственного анализа, управление проекциями и конвертацией данных. Дополнительные модули обеспечивают решение следующих задач:

- Arc COGO – набор средств и функций для работы с геодезическими данными;
- Arc GRID – имеет мощный набор средств анализа и управления непрерывно распределенными числовыми и качественными признаками, представляемыми в виде регулярных моделей, а также моделирования сложных процессов;
- ARC TIN – предназначен для моделирования топографических поверхностей;
- Arc NETWORK – для моделирования и анализа топологически связанных объектов в виде пространственных сетей, оценки и управление ресурсами, распределенными по сетям, и процессами в таких сетях.

ArcInfo обеспечивает создание геоинформационных систем, создание и ведение земельных, лесных, геологических и других кадастров, проектирование транспортных сетей, оценку природных ресурсов.

ArcGIS ArcView (разработчик фирма ESRI, США). Настольная ГИС, которая предоставляет пользователю средства выбора и просмотра разнообразных геоданных, их редактирования, анализа и вывода (бизнес, наука, образование, управление, социология, демография, экология, транспорт, городское хозяйство).

Все продукты ArcGis могут использовать дополнительные модули для решения специализированных задач пространственного анализа:

- ArcGIS Spatial Analyst – программный модуль для работы с растровыми поверхностями. Позволяет анализировать характеристики поверхности, а также интерполировать пространственно распределенные данные для визуализации и анализа процессов;
- ArcGis 3D Analyst – программа для создания, визуализации и анализа трехмерных объектов и поверхностей;
- ArcGIS Geostatistical Analyst – новый модуль для интерполяции поверхностей на основе статистического анализа пространственно распределенных данных;

ArcView поддерживает реляционные СУБД, имеет развитую деловую графику (форма просмотра, табличная форма, форма диаграмм, создание макета), предусматривает создание профессионально оформленной картографической информации и разработку собственных приложений.

MapInfo Professional (разработка фирмы MapInfo Corp.США), одна из самых распространенных настольных ГИС в России. MapInfo специально спроектирован для обработки и анализа информации, имеющей адресную или пространственную привязку.

В MapInfo реализованы:

- поиск географических объектов;
- работа с базами данных;
- геометрические функции: расчеты площадей, длин, периметров, объемов, заключенных между поверхностями;
- построение буферных зон вокруг любого объекта или группы объектов;

- расширенный язык запросов SQL, запросы основываются на выражениях, осуществляют объединение, отображают доступные поля, позволяют делать подзапросы, объединения из нескольких таблиц и географические объединения.

- компьютерный дизайн и подготовку к изданию картографических документов.

ГеоГраф (разработка Центра информационных исследований Института географии РАН, Россия). Дает возможность создавать электронные тематические атласы и композиции карт на основе слоев цифровых карт и связанных с ними таблиц атрибутивных данных. Основные возможности ГеоГраф следующие:

- создание пространственных объектов в виде косметических слоев с привязкой к ним таблиц атрибутивных данных;

- подсистема управления атрибутивными данными, включая подсоединение таблиц, редактирование, выборку, сортировку, запросы по образцу и т.д.

- электронное тематическое картографирование и др.

Панорама (ЗАО «КБ Панорама» Россия) – это набор геоинформационных технологий, включающий профессиональную ГИС «Карта», промышленный векторизатор электронных карт «Панорама-Редактор», инструментальные средства разработки ГИС-приложений, систему учета и регистрации землевладений «Земля и Право», конверторы для обмена данными с другими ГИС.

Профессиональная ГИС Карта - универсальная геоинформационная система, имеющая средства создания и редактирования электронных карт в многопользовательском режиме, выполнения различных измерений и расчетов, оверлейных операций, построения 3D моделей, обработки растровых данных, построения ортофотопланов, создания матриц высот, качеств, многослойных (геологических) матриц, средства тематического картографирования, подготовки карт к изданию, работы с GPS-приемниками, а также инструментальные средства для работы с базами данных (конструкторы форм, запросов, отчетов). Содержит SDK с примерами встроенных прикладных задач.

Отдельно следует выделить профессиональные многофункциональные инструментальные ГИС, обеспечивающие возможность непосредственной обработки данных ДЗ. К ним относятся ERDAS IMAGINE, ERMapper и др.

ER Mapper (разработка ER Mapper) Обработка больших объёмов фотограмметрической информации, тематическое картографирование (геофизика, природные ресурсы, лесное хозяйство). Точность, печать карт, визуализация трёхмерного изображения, библиотека алгоритмов.

ERDAS IMAGINE (разработка Leica) – программный пакет, разработанный специально для обработки и анализа данных дистанционного зондирования, предоставляет полный набор инструментов для анализа данных из любого источника и представление результатов в различных формах – от печатных карт до трехмерных моделей. ERDAS IMAGINE построен по модульному принципу в виде базовых комплектов – IMAGINE Essential, IMAGINE Advantage и IMAGINE Professional.

В ERDAS IMAGINE реализованы:

- широкие возможности по визуализации и импорту данных (поддерживает более 100 форматов);

- геометрическая коррекция;

- улучшающие преобразования и ГИС-анализ;

- дешифрирование снимков;

- инструменты обработки изображений и построение алгоритмов пространственных вычислений;

- создание карт.

3. Проектирование ГИС

Процесс проектирования ГИС, используемой для, поддержки принятия управленческих решений, состоит из следующих основных этапов.

1. Разработка концепции ГИС:

- сбор исходных данных и анализ существующего состояния моделируемой области;
- определение основных требований, необходимых материальных, финансовых и трудовых ресурсов;
- определение ограничений, налагаемых на систему (секретность, надежность, доступность, скорость, сроки существования, основные потребители и др.);
- сравнительная оценка альтернатив;
- разработка концепции системы, представление ее на экспертизу и утверждение.

2. Разработка детального перечня и описание информационных продуктов, которые будут создаваться системой, и исходной информации для их создания:

- формирование перечня информационных продуктов и списков их потребителей;
- формирование описаний информационных продуктов (название продукта, потребители продукта, краткое словесное описание продукта, описание табличной, текстовой и другой непространственной информации этапы создания продукта; частота использования продукта, допуски ошибок при его создании, допуски ожидания создания продукта, затраты на его создание в традиционных технологиях, перечень данных, генерируемых в процессе обработки);
- определение перечня данных, необходимых для создания каждого информационного продукта (название, вид (карта, план, снимок, схема), масштаб, местонахождение, ориентировочная стоимость);
- формирование описания этапов создания информационных продуктов и функций, используемых для создания продукта от загрузки до печати, отправки или сохранения результата;
- оценка частоты создания продуктов и частоты использования функций.

3. Разработка перечня исходной информации, необходимой для функционирования системы:

- определение уточненного описания данных, необходимых для создания каждого информационного продукта (название, вид (карта, план, снимок, схема, цифровые данные), масштаб, система координат, формат, привязка, местонахождение, ориентировочная стоимость, вид обследования или изыскания, требования к точности и достоверности, сроки проведения ввода и обновления, стоимость);
- формирование объединенного перечня данных с рекомендациями по формату данных;
- оценка объема имеющихся цифровых данных, стоимости их приобретения, конвертации, роялти за использование данных.

4. Оценка основных параметров системы:

- состав пользователей и их количество;
- объем информации, с которой будет оперировать система.

5. Разработка концептуальной модели информационного обеспечения ГИС, т. е. модели, не привязанной к конкретной ГИС:

- классы объектов, характер их локализации;
- все атрибутивные характеристики каждого объекта;
- логические и пространственные связи между объектами внутри одного класса, между объектами разных классов, между классами объектов.

6. Определение требований к программному обеспечению:

- системное обеспечение;
- сетевое обеспечение;
- ввод исходной информации;
- согласование вновь поступающей информации в процессе работы;
- обработка информации;
- подготовка выходной документации;
- защита информации;
- системный интерфейс.

7. Выбор программного обеспечения:

- анализ возможностей ПО по рекламным материалам;
- знакомство с работой ПО в аналогичных проектах;

- тестирование ПО.

8. Разработка инфологической модели информационного обеспечения ГИС, т.е детализация концептуальной модели с учетом выбранного ПО:

- разработка или выбор классификатора объектов;
- выбор моделей данных для представления объектов и их атрибутивных характеристик;
- определение всех пространственных параметров каждого класса объектов (слоя информации);
- перечень атрибутивных характеристик для каждого класса объектов;
- топологические и другие отношения в терминах системы: межобъектные в одном слое, межобъектные в разных слоях, межслоевые;
- связи между базами данных (тип связи, мощность связи, ограничения целостности; поведение в случае нарушения условий целостности).

9. Разработка физической модели системы:

- определение перечня и функционала рабочих мест специалистов и пользователей;
- определение расположения и условий функционирования для каждого рабочего места;
- определение и описание всех категорий пользователей и специалистов;
- определение прав доступа для различных категорий пользователей.

10. Анализ рисков функционирования системы и разработка предложений по их минимизации.

11. Оценка затрат и выгод создания системы.

12. Составление плана внедрения системы.

Цели создания ГИС в области экологии следующие:

- 1) инвентаризация и оценка экологического состояния;
- 2) мониторинг экологического состояния;
- 3) поддержка принятия управленческих решений и т. д.

Возможные задачи при выборе первой цели:

1. Инвентаризация состояния:

- а) поверхностных вод;
- б) подземных вод;
- в) атмосферного воздуха;
- г) растительности;
- д) почвенного покрова;
- е) животного мира.

Информация, необходимая для решения поставленных задач

Поверхностные воды:

- озера — площадные;
- реки — площадные;
- реки — линейные;
- реки —ориентированный граф;
- болота — площадные;
- ключи — точечные;
- водосборные бассейны — планарное разбиение, или районирование.

Рельеф:

- матрица высот;
- TIN;
- изолинии - линейные;
- структурные элементы - тальвеги, водоразделы, линии перегиба;

Подземные воды:

- точки забора проб - точечный;

- матрица уровней грунтовых вод или TIN уровней грунтовых вод;
- матрица солености или TIN солености;
- матрицы концентраций или TIN основных загрязняющих веществ (список).

Более детально информация о каждом слое включает:

- содержание слоя;
- название слоя;
- сокращенное название слоя;
- характер локализации;
- источник первичной информации;
- требования к точности;
- требования к легитимности;
- требования к актуальности;
- источники обновления;
- кто обновляет;
- периодичность обновления;
- нормативные документы, регламентирующие обновление;
- перечень атрибутивных характеристик;
- перечень отношений с другими слоями.

Каждое поле атрибутивной информации также должно иметь похожее описание, включающее:

- содержание поля;
- название поля;
- сокращенное название поля;
- тип значений поля;
- размерность поля;
- источник первичной информации;
- требования к точности;
- требования к легитимности;
- требования к актуальности;
- требования к накоплению информации;
- источники обновления;
- кто обновляет;
- периодичность обновления;
- нормативные документы, регламентирующие обновление;
- перечень отношений с другими атрибутивными характеристиками.

Глобальный список исходных материалов для сбора первичной информации и обновления:

- топографические карты масштабов 1:25 000, 1:50 000; Тематические карты;
- почвенная карта;
- геологическая карта;
- лесоустроительная карта;
- схема обустройства;
- космические снимки (сенсор, разрешение, спектральные сроки съемки);
- данные инженерно-экологических изысканий.

Возможные варианты схемы организации работ:

- *однопользовательская система или локальная сеть в одном отделе;*
- *распределенная горизонтальная система (отдел геологии, маркшейдерский отдел, отдел экологии и т.д.);*
- *распределенная вертикальная система (НГДУ – объединение- субъект Федерации- Федеральный округ - МПР).*

Уровни работы с информацией в различных подсистемах:

- *сбор первичной информации;*

- *обновление информации;*
- *получение информации;*
- *анализ информации;*
- *подготовка отчетной документации;*
- *обслуживание запросов клиентов и т.д.*

Визуализация информации, полученной в результате инвентаризации:

- а) по отдельным показателям;
- б) по сочетанию показателей;
- в) полей, построенных по исходным данным и т.д..

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дайте определение ГИС.
2. Перечислите функциональные возможности ГИС.
3. Перечислите области применения ГИС.
4. Перечислите источники данных для наполнения ГИС.
5. Что представляет собой пространственный объект, основные типы графических объектов.
6. Назовите типы данных, используемых для описания пространственных данных, средствами ГИС.
7. Сущность векторных моделей представления данных?
8. Чем отличаются топологические и нетопологические векторные модели.
9. Сущность растровых моделей представления данных?
10. Перечислить основные компоненты ГИС и дать их краткую характеристику.
11. Техническое обеспечение ГИС (перечислить компоненты и их назначение).
12. Характеристика технических средств для ввода и вывода данных.
13. Программное обеспечение ГИС (перечислить основные модули).
14. Перечислить известные вам модели организации баз данных в ГИС.
15. Перечислить наиболее распространенные векторные ГИС.
16. Особенности растровых ГИС, основные функциональные возможности.
17. Что понимается под «цифровой моделью рельефа»?
18. Источники данных для построения ЦМР.
19. Структура данных для построения ЦМР.
20. Дать характеристику методов интерполяции.
21. Методы визуализации средствами ГИС.
22. Перечислить основные этапы проектирования ГИС.

Рекомендуемая литература

1. Журкин, И. Г. Геоинформационные системы [Текст] : учеб. пособие для вузов (рек.) / И. Г. Журкин, С. В. Шайтура; под общ. ред. И. Г. Журкина. – М.: КУДИЦ-ПРЕСС, 2009.- 272 с.
2. Геоинформатика [Текст] : учебник для вузов в 2-х кн. Кн.1 / Е. Г. Капралов, А. В. Кошкарев, В. С. Тикунов и др.; под ред. В. С. Тикунова. – М.: Академия, 2008. - 384 с.
3. Сборник задач и упражнений по геоинформатике [Текст] : учеб. пособие для вузов (рек.) / под ред. В. С. Тикунова. – М.: Академия, 2009. □ 560 с.
4. Демерс, Майкл Н. Географические информационные системы.: пер. с англ. –М.: Дата +, 1999
5. Трифонова Т.А., Мищенко Н.В., Краснощеков А.Н. Геоинформационные системы и дистанционное зондирование в экологических исследованиях – М.: УМО РФ, 2005. - 349с.
6. Карпик А.П. Методологические и технологические основы геоинформационного обеспечения территорий: Монография. – Новосибирск: СГГА, 2004. – 260 с.

Учебное издание
Трубина Людмила Константиновна

Геоинформационные системы

Конспект лекций

Ответственный редактор: Селезнев Б.В.
Компьютерная верстка: Власова А.Г.

Редакционно-издательский отдел СГГА
630108, Новосибирск, 108, Плахотного, 10.