

Базовые информационные технологии: геоинформационные технологии

1. Основные понятия

Геоинформационные технологии – технологии, обеспечивающие сбор, хранение, обработку, доступ, отображение и распространение пространственно- координатных данных.

Геоинформационная система – это географическая информационная система, отображающая информацию на электронной карте. Эти системы являются новейшим классом информационных систем, интенсивно развивающихся в настоящее время.

Научные, технические, технологические и прикладные аспекты проектирования, создания и использования ГИС изучаются **геоинформатикой**.

2. Классификация ГИС

В процессе классификации по охвату описываемой территории, в зависимости от масштабного ряда и цифровой картографической информации, составляющей базы данных, можно выделить глобальные, общенациональные, региональные, локальные и муниципальные ГИС, обеспечивающие потребителей информацией в указанных границах

По функциональности: полнофункциональные ГИС, ГИС для просмотра данных, ГИС для ввода и обработки данных, специализированные ГИС.

По способу организации географических данных: векторные, растровые, векторно-растровые ГИС.

По проблемно-тематической ориентации: общегеографические, экологические и природопользовательские, отраслевые (водных ресурсов, лесопользования, геологические, туризма и т. д.).

Проблемная ориентация ГИС определяется решаемыми в ней задачами (научными и прикладными) среди них инвентаризация ресурсов (кадастр), анализ, оценка, мониторинг, управление и планирование, поддержка принятия решений.

3. Примеры ГИС

В качестве примера рассмотрим ГИС муниципального управления, т. е. информационную систему большого города. Эта система должна обеспечивать информацией городские власти, органы охраны правопорядка,

транспортников, энергетиков, связистов, торговлю, медицинские службы, образование и прочее.

Следовательно, соответствующая информационная система, представляющая собой совокупность баз данных и географических карт (схем), причем такая, что каждая база данных привязана к точке на карте и представляет собой **муниципальную ГИС**. Пример ГИС города Красноярска рис.1. Системы управления регулируют деятельность технических и социальных систем, функционирующих в некотором операционном пространстве (географическом, экономическом и т.п.) с явно выраженной пространственной природой. При решении задач социального и технического регулирования в системах управления используется масса пространственной информации: ***топография, гидрография, инфраструктура, коммуникации, размещение объектов.***

Таким образом, геоинформационные технологии **предназначены** для широкого внедрения в практику методов и средств работы с пространственно-временными данными, представляемыми в виде системы электронных карт, и предметно-ориентированных сред обработки разнородной информации для различных категорий пользователей.

4. Составные части ГИС

Работающая ГИС включает в себя ключевые составляющие: данные, технические средства, программное обеспечение, исполнители и методы.

Данные. Это вероятно наиболее важный компонент ГИС. Данные о пространственном положении (географические данные) и связанные с ними табличные данные могут собираться и подготавливаться самим пользователем, либо приобретаться у поставщиков на коммерческой или другой основе. В процессе управления пространственными данными ГИС интегрирует пространственные данные с другими типами и источниками данных, а также может использовать СУБД, применяемые многими организациями для упорядочивания и поддержки имеющихся в их распоряжении данных.

Технические средства ГИС – 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.

Программное обеспечение ГИС содержит функции и инструменты, необходимые для хранения, анализа и визуализации географической (пространственной) информации. Ключевыми компонентами программных продуктов являются: инструменты для ввода и оперирования географической информацией; система управления базой данных (DBMS или СУБД); инструменты поддержки пространственных запросов, анализа и

визуализации (отображения); графический пользовательский интерфейс (GUI или ГИП) для легкого доступа к инструментам.

Исполнители. Широкое применение технологии ГИС невозможно без людей, которые работают с программными продуктами и разрабатывают планы их использования при решении реальных задач. Пользователями ГИС могут быть как технические специалисты, разрабатывающие и поддерживающие систему, так и обычные сотрудники (конечные пользователи), которым ГИС помогает решать текущие каждодневные дела и проблемы.

Методы. Успешность и эффективность (в том числе экономическая) применения ГИС во многом зависит от правильно составленного плана и правил работы, которые составляются в соответствии со спецификой задач и работы каждой организации.

5. Графическое представление данных в ГИС

Основной проблемой при реализации геоинформационных приложений является трудность формализованного описания конкретной предметной области и ее отображения на электронной карте.

Графическое представление какой-либо ситуации на экране компьютера подразумевает отображение различных графических образов. Сформированный на экране ЭВМ графический образ состоит из двух различных с точки зрения среды хранения частей – графической «подложки» или графического фона и других графических объектов. По отношению к этим другим графическим объектам «образ-подложка» является «площадным», или пространственным двухмерным изображением.

Графическая информация, которая хранится в ГИС, не является статической. Она часто подвергается манипуляциям типа «сжать» и «растянуть» и более сложным и поэтому хранится, как правило, в векторном (а не в растровом) формате. Если исходная карта вводится в компьютер путем сканирования, то первоначальный растровый формат изображения подвергается специальной обработке, называемой **векторизацией**, т. е. между линиями и точками, составляющими изображение, устанавливаются геометрические и формульные соотношения.

Основным классом данных геоинформационных систем (ГИС) являются *координатные данные*, содержащие геометрическую информацию и отражающие пространственный аспект. Основные типы координатных данных: *точка* (узлы, вершины), *линия* (незамкнутая), *контур* (замкнутая линия), *полигон* (ареал, район). На практике для построения реальных объектов используют большее число векторных данных (например, *висячий узел*, *псевдоузел*, *нормальный узел*, *покрытие*, *слой* и др.).

Местоположение точки (точечного объекта) описывается парой координат (X, Y) . Линейные объекты, такие как дороги, реки или трубопроводы, сохраняются как наборы координат X, Y . Полигональные объекты, типа речных водосборов, земельных участков хранятся в виде замкнутого набора координат.

Рассмотренные типы данных имеют большее число разнообразных связей, которые можно условно разделить на три группы:

- взаимосвязи для построения сложных объектов из простых элементов;
- взаимосвязи, вычисляемые по координатам объектов;
- взаимосвязи, определяемые с помощью специального описания и семантики при вводе данных.

6. Векторные и растровые модели ГИС

Основой визуального представления данных при использовании ГИС-технологий является графическая среда, основу которой составляют векторные и растровые (ячеистые) модели.

Векторные модели основаны на представлении геометрической информации с помощью векторов, занимающих часть пространства, что требует при реализации меньшего объема памяти. Другим достоинством этих моделей является то, что векторные рисунки могут быть увеличены или уменьшены без потери качества. Это возможно, т. к. изменение размера рисунка производится с помощью простого умножения координат точек графических объектов на коэффициент масштабирования. Используются векторные модели в транспортных, коммунальных, маркетинговых приложениях ГИС.

Эти модели создаются в векторных графических редакторах. Так как векторные модели состоят из отдельных графических объектов, то они легко редактируются (каждый из объектов может быть перемещен, удален, увеличен или уменьшен и т. д.).

Векторными графическими редакторами являются системы компьютерного черчения. Использование систем компьютерного черчения позволяет создавать чертежи с гораздо большей точностью, а также измерять расстояния, углы, периметры и площади начерченных объектов. Векторными графическими редакторами являются также системы автоматизированного проектирования.

Широко распространенным форматом векторных графических файлов является формат WMF, который используется для хранения коллекции графических изображений Microsoft Clip Gallery. Некоторые программы обработки изображений используют оригинальные форматы, которые

распознаются только самой создающей программой (например, векторный редактор StarOffice Draw сохраняет файлы в собственном формате SDA).

Мощные векторные графические редакторы содержат конверторы, которые позволяют преобразовывать растровые изображения в векторные рисунки.

В *растровых* моделях объект (территория) отображается в пространственные ячейки, образующие регулярную сеть. Каждой ячейке растровой модели соответствует одинаковый по размерам, но разный по характеристикам (цвет, плотность) участок поверхности. Ячейка модели характеризуется одним значением, являющимся средней характеристикой участка поверхности. Эта процедура называется пикселизацией. Растровые модели делятся на регулярные, нерегулярные и вложенные (рекурсивные или иерархические) мозаики. Плоские регулярные мозаики бывают трех типов: квадрат, треугольник и шестиугольник. Квадратная форма удобна при обработке больших объемов информации, треугольная – для создания сферических поверхностей. Шестиугольники используются в иерархических или вложенных мозаиках (рекурсивная модель Гибсона). Однако наиболее распространенным примером иерархической мозаики является квадратомишечное дерево. В качестве нерегулярных мозаик используют треугольные сети неправильной формы (Triangulated Irregular Network – TIN) и полигоны Тиссена. TIN удобны для создания цифровых моделей описания рельефа местности по заданному набору точек. Полигоны Тиссена представляют собой геометрические конструкции, образованные серединными перпендикулярами к полигонам TIN. Полигоны Тиссена удобны для анализа на соседство, близость и достижимость. Нерегулярная выборка лучше, чем регулярная, отражает характер реальной поверхности и это является достоинством полигонов Тиссена.

Универсальным форматом растровых графических файлов является формат BMP. Растровые графические файлы в этом формате имеют большой информационный объем, так как в них хранятся коды цветов всех точек изображения.

Для размещения изображений на Web-страницах в Интернете используются форматы растровых графических файлов, в которых используется сжатие. В растровом графическом формате GIF используется метод сжатия, который позволяет неплохо сжимать файлы, в которых много одноцветных областей изображения (логотипы, надписи, схемы). Файлы в формате GIF могут содержать не одну, а несколько растровых картинок, которые показываются одна за другой с указанной в файле частотой, чем достигается иллюзия движения (GIF-анимация). Недостатком формата GIF является ограниченная палитра, в которой не может быть больше 256 цветов.

Растровый графический формат PNG использует метод сжатия без потери данных и является усовершенствованным вариантом формата GIF,

т. к. позволяет использовать в PNG-палитре до 16 миллионов цветов. При сохранении файлов в этом формате можно указать требуемую степень сжатия на шкале «высокая степень сжатия и плохое качество изображения – низкая степень сжатия и высокое качество изображения».

Для сжатия цифровых и отсканированных фотографий используется формат JPEG. Компьютер обеспечивает воспроизведение более 16 млн различных цветов, тогда как человек вряд ли способен различить более сотни цветов и оттенков. В формате JPEG отбрасывается «избыточное» для человеческого восприятия разнообразие цветов соседних пикселей. Применение этого формата позволяет сжимать файлы в десятки раз, однако приводит к необратимой потере информации (файлы не могут быть восстановлены в первоначальном виде).

Процедуры создания графических образов в растровом и векторном редакторах практически одинаковы, однако существенно различаются результаты рисования. В растровом графическом редакторе созданный объект перестает существовать как самостоятельный элемент в конце процесса создания и становится лишь группой пикселей на рисунке. В векторном редакторе этот объект продолжает сохранять свою индивидуальность, и можно его копировать, перемещать, изменять его размеры, цвет и прозрачность.

Таким образом, векторная модель содержит информацию о местоположении объекта, а растровая о том, что расположено в той или иной точке объекта. Векторные модели относятся к бинарным или квазибинарным. Растровые позволяют отображать полутона. Основной областью использования растровых моделей является обработка аэрокосмических снимков.

7. Принцип создания цифровой карты

Цифровая карта может быть организована в виде множества слоев (покрытий или карт подложек). Слои в ГИС представляют набор цифровых картографических моделей, построенных на основе объединения (типизации) пространственных объектов, имеющих общие функциональные признаки.

Совокупность слоев образует интегрированную основу графической части ГИС. Пример слоев интегрированной ГИС.

8. Двумерные и трехмерные модели ГИС

Важным моментом при проектировании ГИС является размерность модели. Применяют двумерные модели координат (2D) и трехмерные (3D). Двумерные модели используются при построении карт, а трехмерные – при моделировании геологических процессов, проектировании инженерных

сооружений (плотин, водохранилищ, карьеров и др.), моделировании потоков газов и жидкостей. Существуют два типа трехмерных моделей: псевдотрехмерные, когда фиксируется третья координата и истинные трехмерные.

Трёхмерная графика оперирует с объектами в трёхмерном пространстве. Обычно результаты представляют собой плоскую картинку, проекцию.

В трёхмерной компьютерной графике все объекты обычно представляются как набор поверхностей или частиц. Минимальную поверхность называют полигоном. В качестве полигона обычно выбирают треугольники.

Всеми визуальными преобразованиями в 3D-графике управляют матрицы (см. также: аффинное преобразование в линейной алгебре). В компьютерной графике используется три вида матриц:

- матрица поворота
- матрица сдвига
- матрица масштабирования

Любой полигон можно представить в виде набора из координат его вершин. Так, у треугольника будет 3 вершины. Координаты каждой вершины представляют собой вектор (x, y, z) . Умножив вектор на соответствующую матрицу, мы получим новый вектор. Сделав такое преобразование со всеми вершинами полигона, получим новый полигон, а преобразовав все полигоны, получим новый объект, повернутый/сдвинутый/промасштабированный относительно исходного.

Трёхмерное изображение отличается от плоского построением геометрической проекции трёхмерной модели сцены на экране компьютера с помощью специализированных программ.

При этом модель может как соответствовать объектам из реального мира (автомобили, здания, ураган, астероид), так и быть полностью абстрактной (проекция четырёхмерного фрактала).

Для получения трёхмерного изображения требуются следующие шаги:

- моделирование — создание математической модели сцены и объектов в ней.
- рендеринг (русск. визуализация) — построение проекции в соответствии с выбранной физической моделью.

9. Технические средства ГИС

Технические средства — 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, непосредственно с помощью дигитайзера и сканера, 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 или плоттере (графопостроителе), кроме того, обязательна реализация экспорта данных во внешние системы.

Принтер – это внешнее периферийное устройство компьютера, предназначенное для вывода текстовой или графической информации, хранящейся в компьютере, на твёрдый физический носитель, обычно бумагу или полимерную плёнку, малыми тиражами без создания печатной формы. Существует несколько тысяч моделей принтеров. Принтеры классифицируют следующим образом: матричные; струйные; литерные; лазерные, а также черно-белые и цветные.

Плоттер (или графопостроитель) – это устройство, которое позволяет получать выводимые из компьютера данные в виде технических чертежей, схем, карт и различных графиков, а также большеформатных рисунков и плакатов, выполненных на бумаге. Для нанесения на бумагу текста или графики плоттеры используют специальные перья, фломастеры или карандаши. Все плоттеры можно разделить на два типа: векторные и растровые. В векторных плоттерах пишущий узел перемещается по двум или одной координате, в растровых плоттерах используется принцип создания изображения заполнением поверхности носителя точками красителя.

10. Программное обеспечение ГИС

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.

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

Основываясь на данных "Ассоциации развития рынка геоинформационных технологий и услуг" можно выделить несколько классов программного обеспечения, различающегося по своим функциональным возможностям и технологическим этапам обработки информации: инструментальные ГИС; ГИС-вьюеры; средства обработки данных дистанционного зондирования; векторизаторы растровых картографических изображений; средства пространственного моделирования; справочно-картографические системы.

Инструментальные ГИС. Это в наибольшем числе случаев самодостаточный пакет, включающий такой набор функционала, который покрывает все стадии технологической цепочки: ввод - обработка-анализ - вывод результатов. Самые мощные представители этого класса именуются "full GIS" (полнофункциональная ГИС). Наиболее известными представителями этого класса являются: линия пакетов ARC/INFO компании ESRI, США (ARC/INFO, PC ARC/INFO, ArcCAD); линия пакетов компании Intergraph, США;- SMALLWORLD (SmallWorld System, Великобритания);- MapInfo (MapInfo Corporation, США).

ГИС-вьюеры. Это недорогие (по сравнению с full GIS), облегченные пакеты, с ограниченной возможностью редактирования данных, предназначенные в основном для визуализации и выполнения запросов к базам данных (в том числе и графическим), подготовленным в среде инструментальных ГИС. Большинство из них позволяют оформить и вычертить карту. Как правило, все разработчики полнофункциональных ГИС предлагают и ГИС-вьюеры: ArcView1 и 2 (ESRI, США), WinCAT(Simens Nixdorf, Германия).

Средства обработки данных дистанционного зондирования. Материалы, получаемые в результате аэро- и космических съемок, требуют большой предварительной обработки, которая и производится с помощью продуктов этого класса. Основные этапы обработки предварительный (геометрическая и яркостная коррекции, составление мозаики из нескольких снимков); тематический - классификация, построение цифровой модели рельефа (ЦМР), автоматическое выделение (распознавание, дешифрирование) объектов. Для пользователя ГИС основная обработка - это проблемная, связанная в итоге с дешифрированием снимков. Самые

известные представители: ERDAS Imagine, ER Mapper, серия продуктов Intergraph, TNT Mips.

Векторизаторы растровых картографических изображений. Этот класс продуктов связан с вводом картографических данных. Поскольку основная аналитическая работа в ГИС-пакетах реализуется на векторной модели данных, то существует обширная группа задач по обработке отсканированных растровых картографических изображений. Векторизаторы – это ГИС-аналоги популярнейшего семейства OCR (FineReader, CuneiForm). В этом классе продуктов наблюдается бум у Российских разработчиков. Западные решения чрезмерно дороги и базируются исключительно на UNIX-машинах. Отечественные разработчики предлагают более 15 различных пакетов, функционирующих на разных платформах и по эффективности использования не уступающих зарубежным аналогам. Среди них отметим: SpotLight, Vectory (Consistent Software, Россия); Easy Trace (Easy Trace Group, Россия); MapEdit (АО "Резидент", Россия); AutoVEC (IBS, Россия).

Средства пространственного моделирования. Эти средства предназначены для решения задач моделирования пространственно-распределенных параметров. К этим задачам следует отнести: обработку результатов полевых измерений; построение 3-мерной модели рельефа; построение моделей гидрографической сети и определение участков затопления; расчет переноса загрязнения и т.д. Представители: линия продуктов фирмы Eagle Point, США; линия продуктов фирмы SOFTDESK, США.

Справочно-картографические системы. Это закрытые (в отношении формата и адаптации) оболочки, содержащие простой механизм запросов и отображения. Пользователь, как правило, лишен возможности изменения данных. Представители этого класса ГИС-пакетов известны широкому кругу компьютерной общественности. Многие пользовались или видели электронную карту Москвы, разошедшуюся многотысячным тиражом благодаря системам СИТИ (ЭРМА Интернешнл), Модель Москвы (или MOM, Nhsoft), M-CITY (ООО "Макроплан"). Сейчас подготовлены карты Московской области, Санкт-Петербурга, Калининграда, Уфы, России.