



ОСНОВЫ ГЕОИНФОРМАТИКИ

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

Основные задачи геоинформатики как науки:

- Создание баз геоданных (геокодирование) и управление ими;
- Анализ и моделирование геоданных;
- Разработка программного обеспечения для решения практических и научных задач.



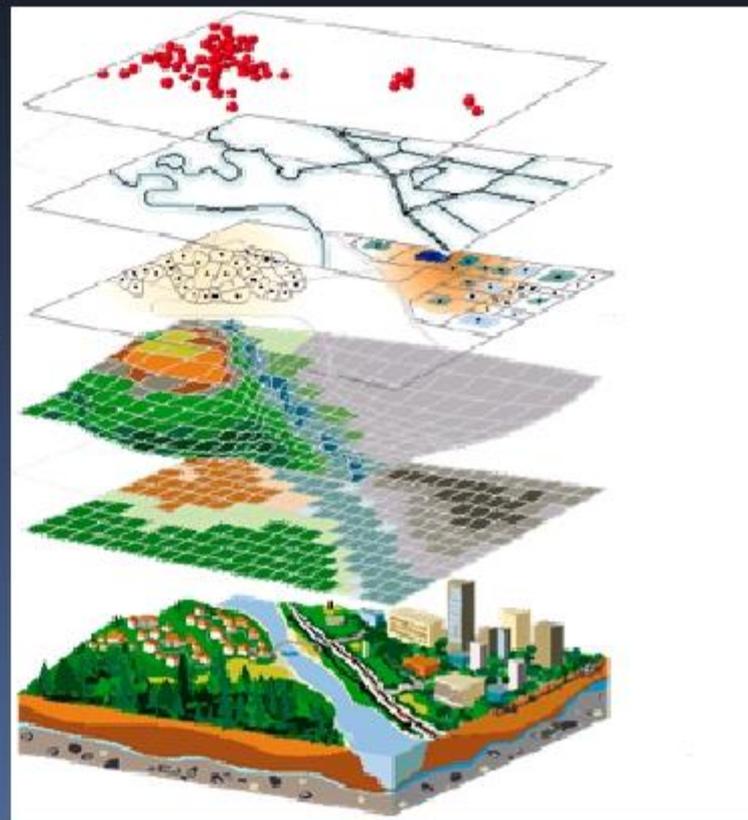
Важнейшие особенности геоинформатики:

- 1. Однозначная идентификация объектов пространства с помощью координатной привязки;
- 2. Моделирование всех объектов пространства как точек, линий, полигонов (площадей) и поверхностей, абстрагируясь от их сущности;
- 3. Математическая обработка абстрактных объектов – точек, линий, площадей и поверхностей.

Связь геоинформатики со смежными областями науки и производства



- Геоинформационная система (ГИС) - это информационная система, обеспечивающая сбор, хранение, обработку, доступ, отображение и анализ пространственных (пространственно-координированных) данных.



История развития ГИС

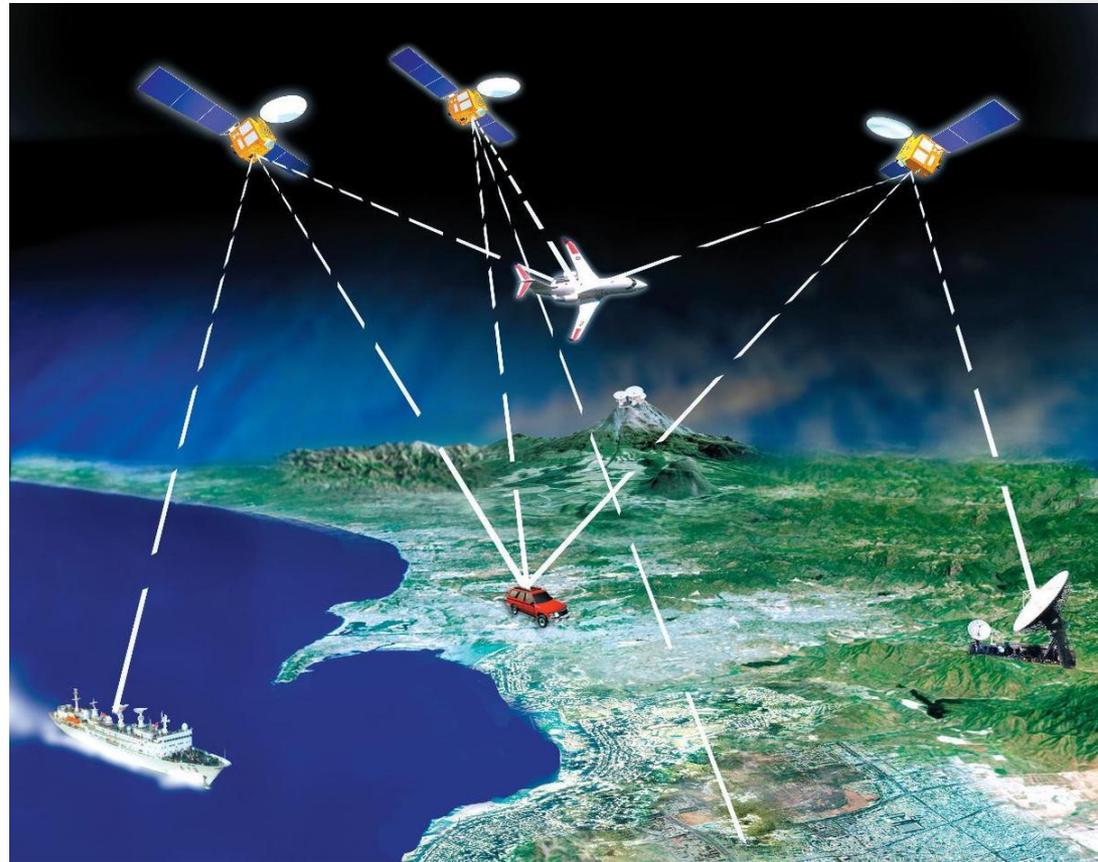
- **Начальный период (кон. 1950-х — нач. 1970-х гг.).** Исследование принципиальных возможностей, пограничных областей знаний и технологий, наработка эмпирического опыта, первые крупные проекты и теоретические работы.
 - Запуск первого искусственного спутника Земли.
 - Появление электронных вычислительных машин (ЭВМ) в 50-х годах.
 - Появление цифрователей, плоттеров, графических дисплеев и других периферийных устройств в 60-х.
 - Создание программных алгоритмов и процедур графического отображения информации на дисплеях и с помощью плоттеров.
 - Создание формальных методов пространственного анализа.
 - Создание программных средств управления базами данных.
- **Период государственных инициатив (1970е — нач. 1980х гг.)** Государственная поддержка ГИС стимулировала развитие экспериментальных работ в области ГИС, основанных на использовании баз данных по уличным сетям:
 - Автоматизированные системы навигации.
 - Системы вывоза городских отходов и мусора.
 - Движение транспортных средств в чрезвычайных ситуациях и т. д.

- **Период коммерческого развития (с нач. 1980-х гг. — наст. время).** Широкий рынок разнообразных программных средств, развитие настольных ГИС, расширение области их применения за счет интеграции с базами непространственных данных, появление сетевых приложений, появление значительного числа непрофессиональных пользователей, системы, поддерживающие индивидуальные наборы данных на отдельных компьютерах, открывают путь системам, поддерживающим корпоративные и распределенные базы геоданных.
- **Пользовательский период (кон. 1980-х — наст. время).** Повышенная конкуренция среди коммерческих производителей геоинформационных технологий услуг дает преимущества пользователям ГИС, доступность и «открытость» программных средств позволяет использовать и даже модифицировать программы, появление пользовательских «клубов», телеконференций, территориально разобобщенных, но связанных единой тематикой пользовательских групп, возросшая потребность в геоданных, начало формирования мировой геоинформационной инфраструктуры. Морфометрический анализ рельефа на основе ГИС-технологий новое направление в этой области.

Глобальные системы позиционирования

Спутниковая система навигации — комплексная электронно-техническая система, состоящая из совокупности

наземного и космического оборудования, предназначенная для определения местоположения (географических координат и высоты) и точного времени, а также параметров движения (скорости и направления движения и т. д.) для наземных, водных и воздушных объектов.



GPS— спутниковая система навигации, обеспечивающая измерение расстояния, времени и определяющая местоположение во всемирной системе координат WGS 84.

Позволяет в любом месте Земли (не включая приполярные области), почти при любой погоде, а также в космическом пространстве вблизи планеты определить местоположение и скорость объектов. Система разработана, реализована и эксплуатируется Министерством обороны США.



ГЛОНАСС - советская и российская спутниковая навигация, разработана по заказу Министерства обороны СССР. Одна из двух функционирующих на сегодня систем глобальной спутниковой навигации.

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, на основании указа Президента РФ, 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 19100 км. Принцип измерения аналогичен американской системе навигации NAVSTAR GPS. Основное отличие от системы GPS в том, что спутники ГЛОНАСС в своем 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. Тем не менее, срок службы спутников ГЛОНАСС заметно короче.



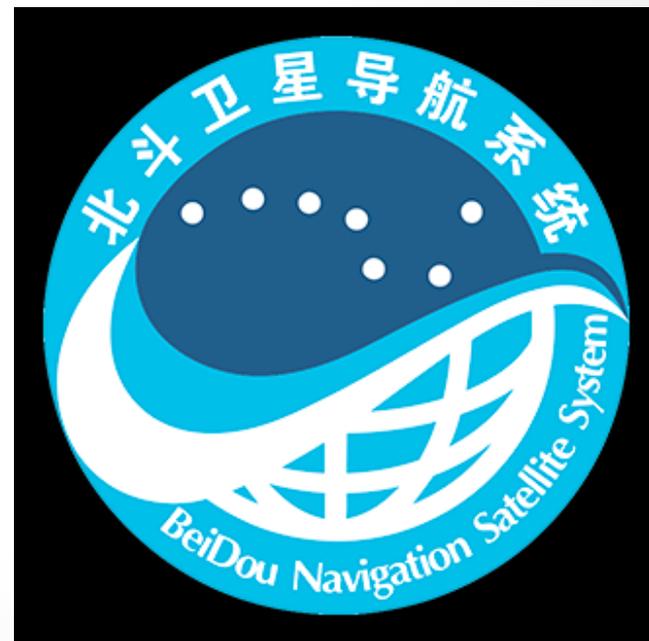
- Глобальная навигационная спутниковая система ГАЛИЛЕО создается Европейским Союзом для обеспечения независимости стран членов в сфере координатно-временного и навигационного обеспечения.

Два первых навигационных космических аппарата (КА) были запущены 20 октября 2011 с помощью ракеты «Союз-СТБ» с космодрома в Куру. Технология выведения КА ГАЛИЛЕО предполагает групповые запуски по два КА на российской ракете-носителе «Союз» и по четыре КА на европейской ракете «Ариан-5».



- Глобальная навигационная системы БЭЙДОУ (Beidou – Северный Ковш – китайское название созвездия Большой Медведицы)

В настоящее время ведется создание системы третьего поколения БЭЙДОУ-3, начат в 2009 году. Основной целью является обеспечение к 2018 году основных услуг для пользователей, находящихся на территории и акватории обоих Шелковых путей (сухопутного и водного), а также соседних регионов, и завершение развертывания орбитальной группировки из 35 КА, предназначенной для обеспечения услугами пользователей глобально к 2020 году.



Японская квазизенитная спутниковая система QZSS (Quazi-Zenith Satellite System (QZSS)) - это региональная навигационная спутниковая система, предназначенная для обслуживания потребителей в Тихоокеанско-Азиатском регионе.



Программа развития системы QZSS

предполагает создание к 2018 году группировки из 4 космических аппаратов (КА), 3 из которых (КА QZS-1,-2,-3) предполагается разместить на квазизенитных орбитах (наклонение $43^{\circ} \pm 4^{\circ}$ к экватору) в трех орбитальных плоскостях. При этом орбитальные плоскости будут разнесены на 120° . Таким образом, каждый из спутников должен находиться над территорией Японии в течение 8 часов каждые сутки (угол места составляет минимум 60°). 1 КА планируется разместить на геостационарной орбите. В проект создания системы также заложена возможность последующего расширения группировки до 7 КА.

- В мае 2006 г. Индия утвердила программу создания системы региональной навигационной спутниковой системы (Indian Regional Navigation Satellite System - IRNSS), которая должна обеспечить автономное навигационно-временное обеспечение на Индийском полуострове.
- Первый НКА IRNSS-1a запущен 8 июля 2013 г. Формирование штатной орбитальной группировки из 7 космических аппаратов закончено в 2016 года.
- В 2016 году система получила новое название - NavIC.



Классификация ГИС

По территориальному охвату:

- глобальные ГИС;
- субконтинентальные ГИС;
- национальные ГИС;
- региональные ГИС;
- субрегиональные ГИС;
- локальные или местные ГИС.

По уровню управления:

- федеральные ГИС;
- региональные ГИС;
- муниципальные ГИС;
- корпоративные ГИС.

По функциональности:

- полнофункциональные;
- ГИС для просмотра данных;
- ГИС для ввода и обработки данных;
- специализированные ГИС.

По предметной области:

- картографические;
- геологические;
- городские или муниципальные ГИС;
- природоохранные ГИС и т. п.

Задачи, которые решает ГИС

Ввод данных –
процессы
сканирования,
оцифровки и
векторизации

Манипулирование –
выделение данных,
масштабирование,
видоизменение
данных

Управление –
структурирование,
хранение и обработка
данных в системах
управления базами
данных

Запрос и анализ –
сортировка,
фильтрация, поиск,
отбор, наложение и
интеграция данных.

Визуализация –
представление данных
в виде карты, графика,
трехмерного изображения,
диаграммы, фото,
видео.

ГИС – интеграция пяти основных компонентов

Программное обеспечение



Специалисты

Point	X	Y	Value	Area
Point 1	1000	1000	0.10	
Point 2	2000	1000	0.10	
Point 3	3000	1000	0.10	
Point 4	4000	1000	0.10	
Point 5	5000	1000	0.10	
Point 6	6000	1000	0.10	
Point 7	7000	1000	0.10	
Point 8	8000	1000	0.10	
Point 9	9000	1000	0.10	
Point 10	10000	1000	0.10	
Point 11	1000	2000	0.10	
Point 12	2000	2000	0.10	
Point 13	3000	2000	0.10	
Point 14	4000	2000	0.10	
Point 15	5000	2000	0.10	
Point 16	6000	2000	0.10	
Point 17	7000	2000	0.10	
Point 18	8000	2000	0.10	
Point 19	9000	2000	0.10	
Point 20	10000	2000	0.10	
Point 21	1000	3000	0.10	
Point 22	2000	3000	0.10	
Point 23	3000	3000	0.10	
Point 24	4000	3000	0.10	
Point 25	5000	3000	0.10	
Point 26	6000	3000	0.10	
Point 27	7000	3000	0.10	
Point 28	8000	3000	0.10	
Point 29	9000	3000	0.10	
Point 30	10000	3000	0.10	

Данные



ГИС

Оборудование



Аналитические процедуры и методы



Функции ГИС

Ввод

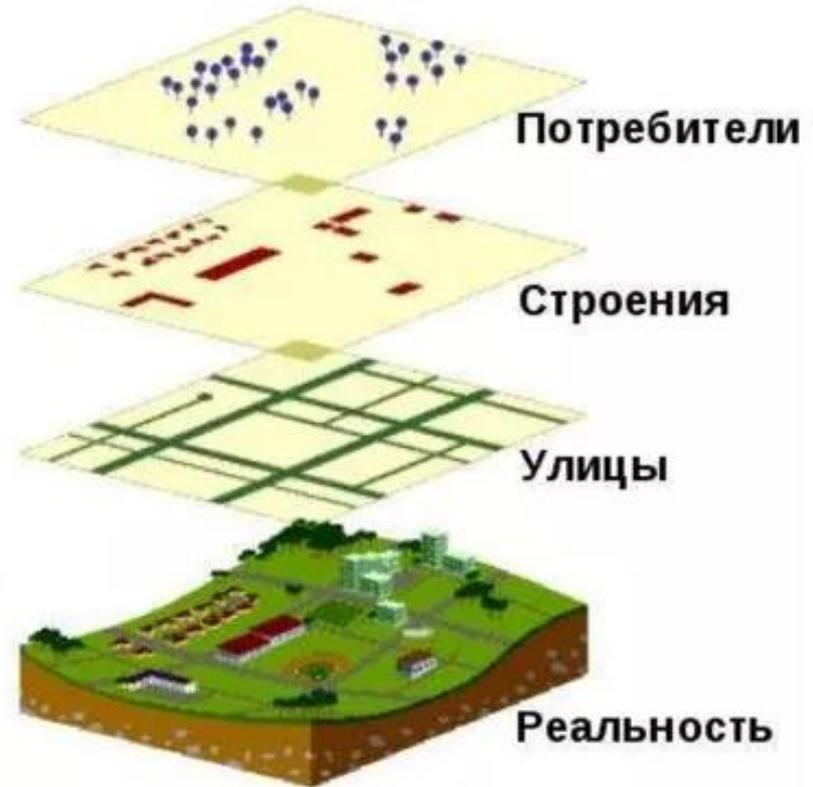
Хранение

Запросы

Анализ

Отображение

Вывод

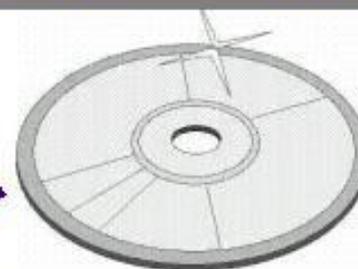


Ввод данных

Бумажные карты

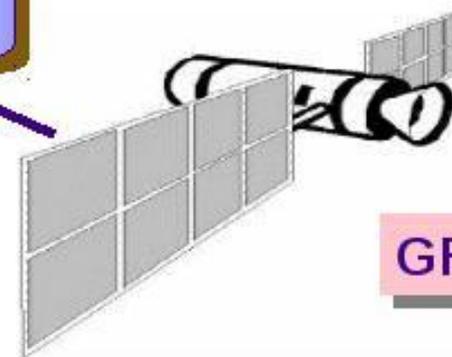


Цифровые данные



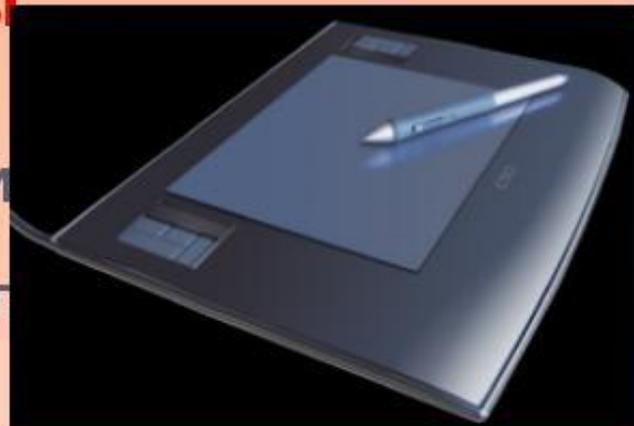
Координаты

480585.5, 3769234.6
483194.1, 3768432.3
485285.8, 3768391.2
484327.4, 3768565.9
483874.7, 3769823.0



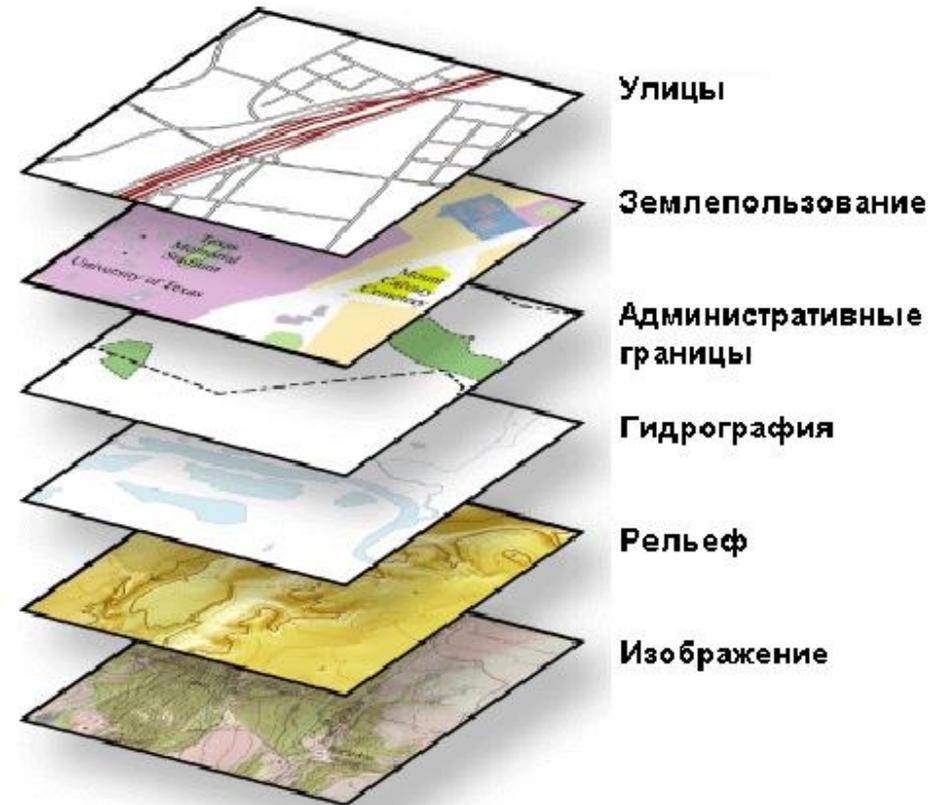
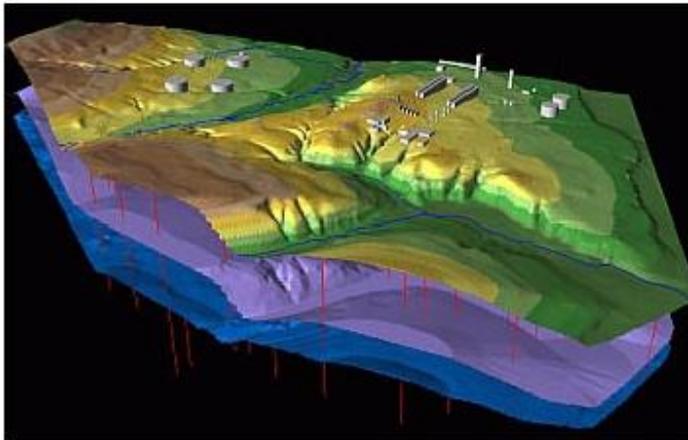
ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА ВВОДА ГРАФИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

**графические планшеты
(дигитайзеры)** — для
ручного ввода
графической информации
изображений путем
перемещения по планшету
специального указателя
(пера); при перемещении
пера автоматически
выполняется считывание
координат его
местоположения и ввод
этих координат в
компьютер;

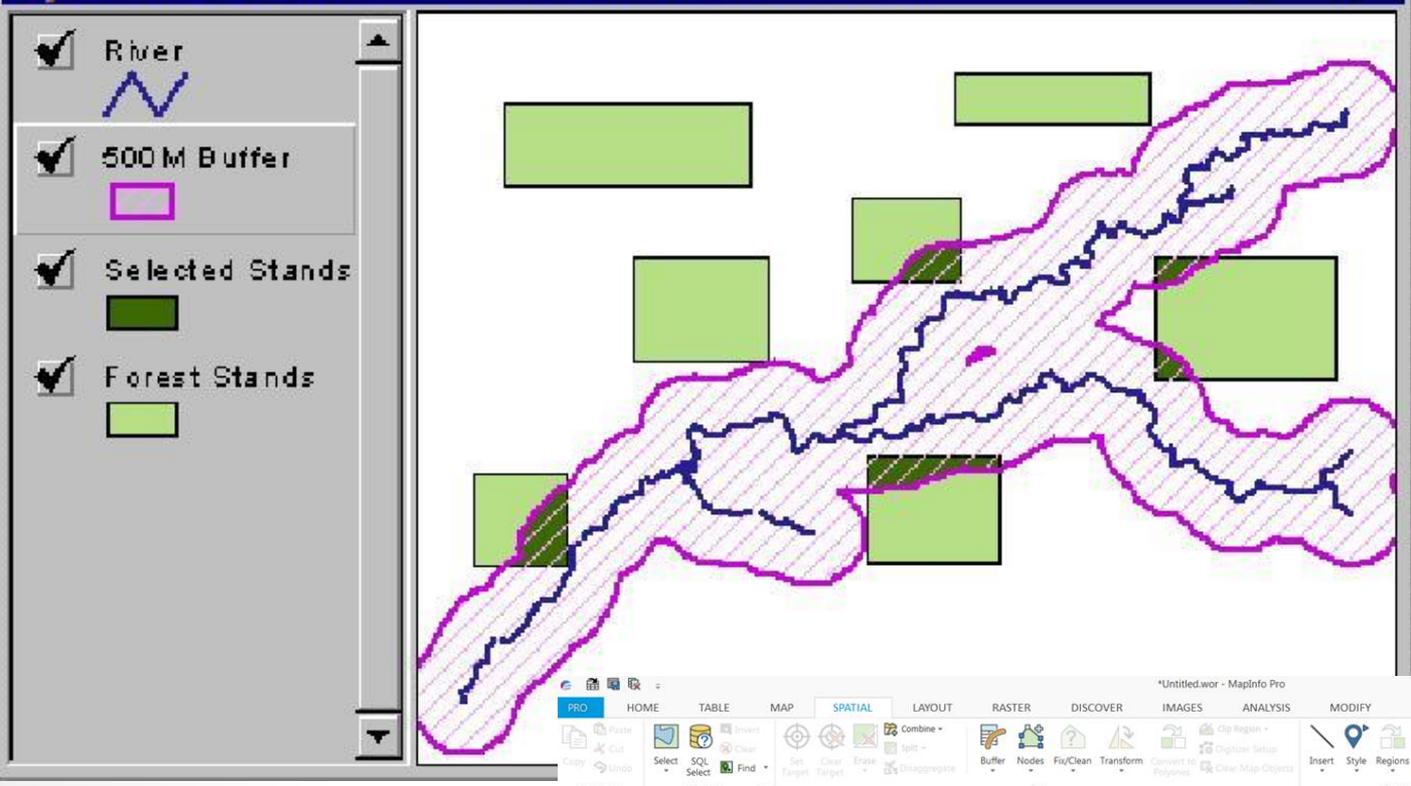


Хранение данных

ГИС хранит информацию о реальном мире в виде набора тематических карт-слоев и баз данных, связанных с этими картами.

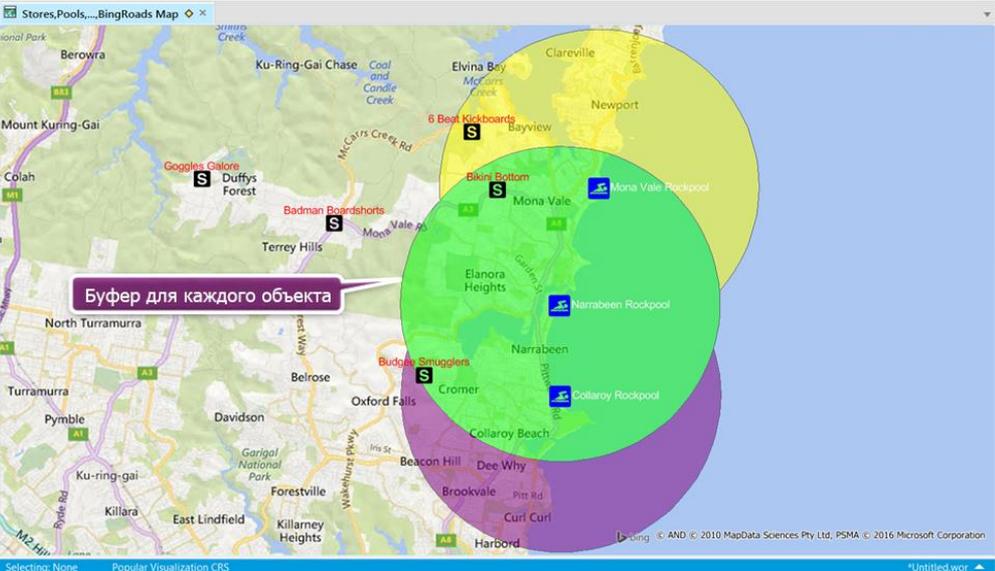


Buffer / Clip - Forest Stands within 500 M of River



MapInfo Pro software interface showing the menu bar (PRO, HOME, TABLE, MAP, SPATIAL, LAYOUT, RASTER, DISCOVER, IMAGES, ANALYSIS, MODIFY, QUERY, DRILLHOLES, DISCOVER 3D) and the toolbar with various GIS tools like Buffer, Nodes, Fix/Clean, Transform, and Clip Region.

MapInfo Pro Explorer panel showing the layer list for "Stores, Pools, ..., BingRoads Map". The layers include Cosmetic Layer, Stores, Pools, OneBufferEachObject (selected), and BingRoads. Below the Explorer, the Tables panel shows a list of tables: OneBufferEachObject, BingRoads, Stores, and Pools.

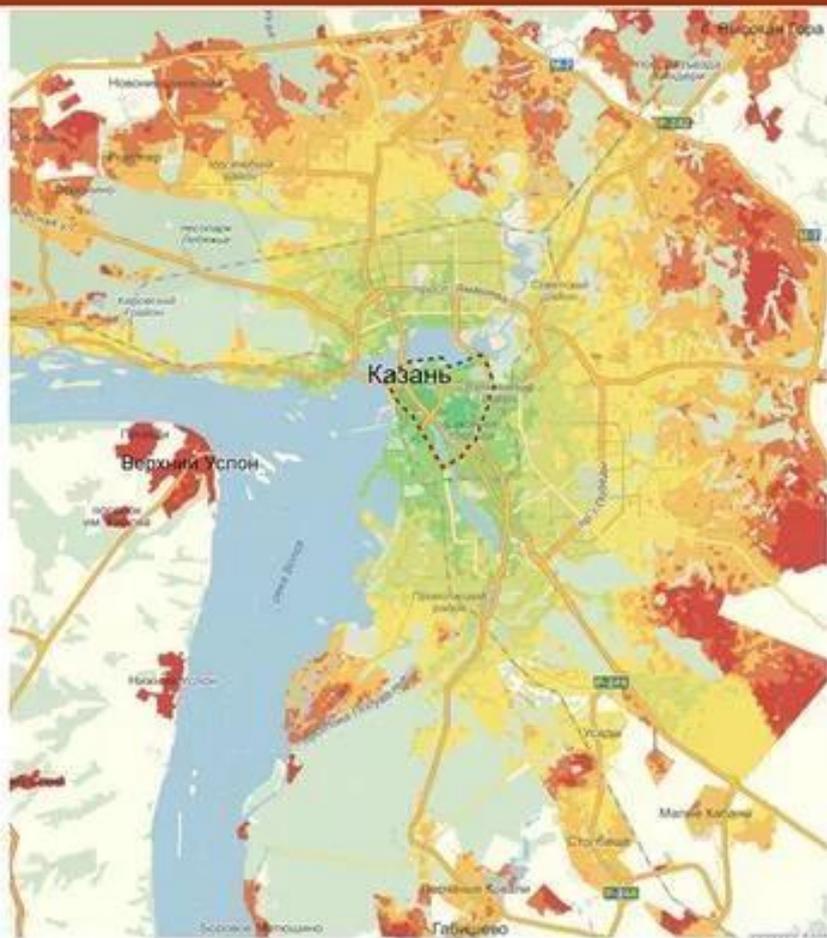


Пространственные запросы



Район: Вахитовский
Дорожных знаков: 317
Светофоров: 54
Патрульных машин: 21
...



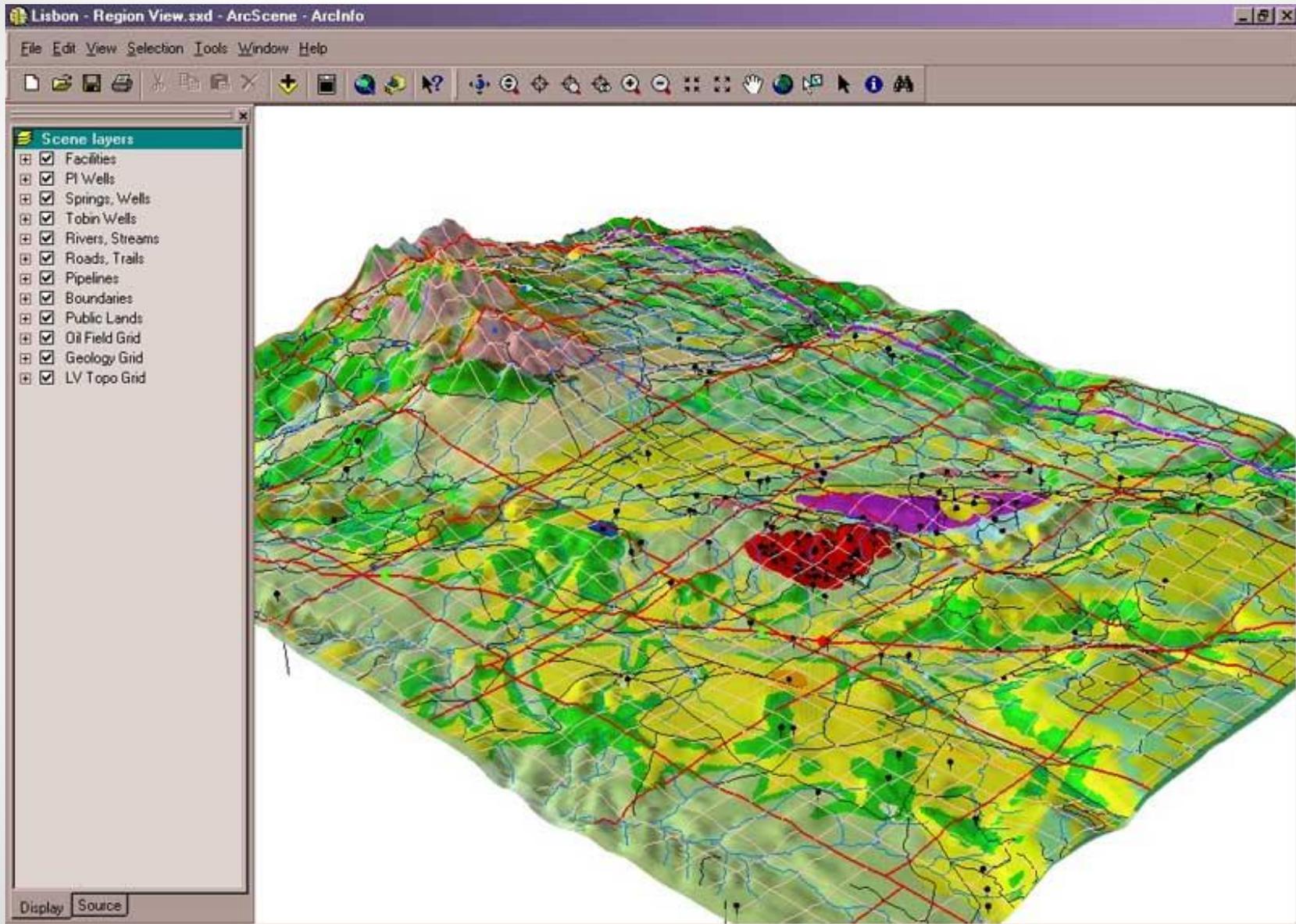


10 минут и меньше

60 минут и больше

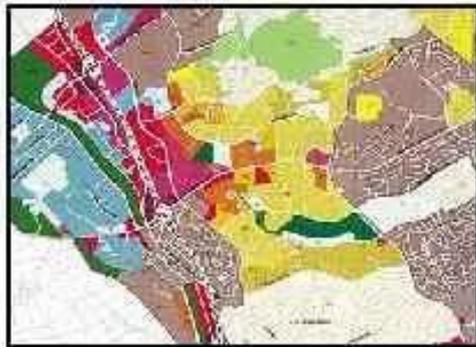
Карта
транспортной
доступности
районов.
Утром (7:30–
9:30), в центр.

Отображение информации

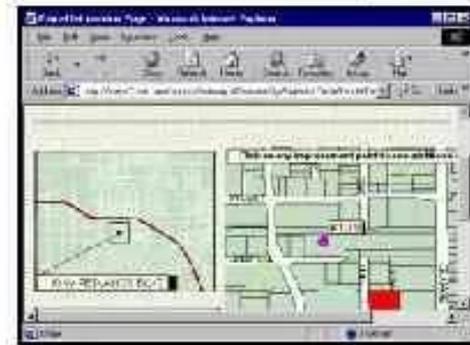


Вывод

Бумажная карта



Интернет



Снимки, растры

карта.jpg

Документ, проект

карта.mxd

Источники данных для ГИС

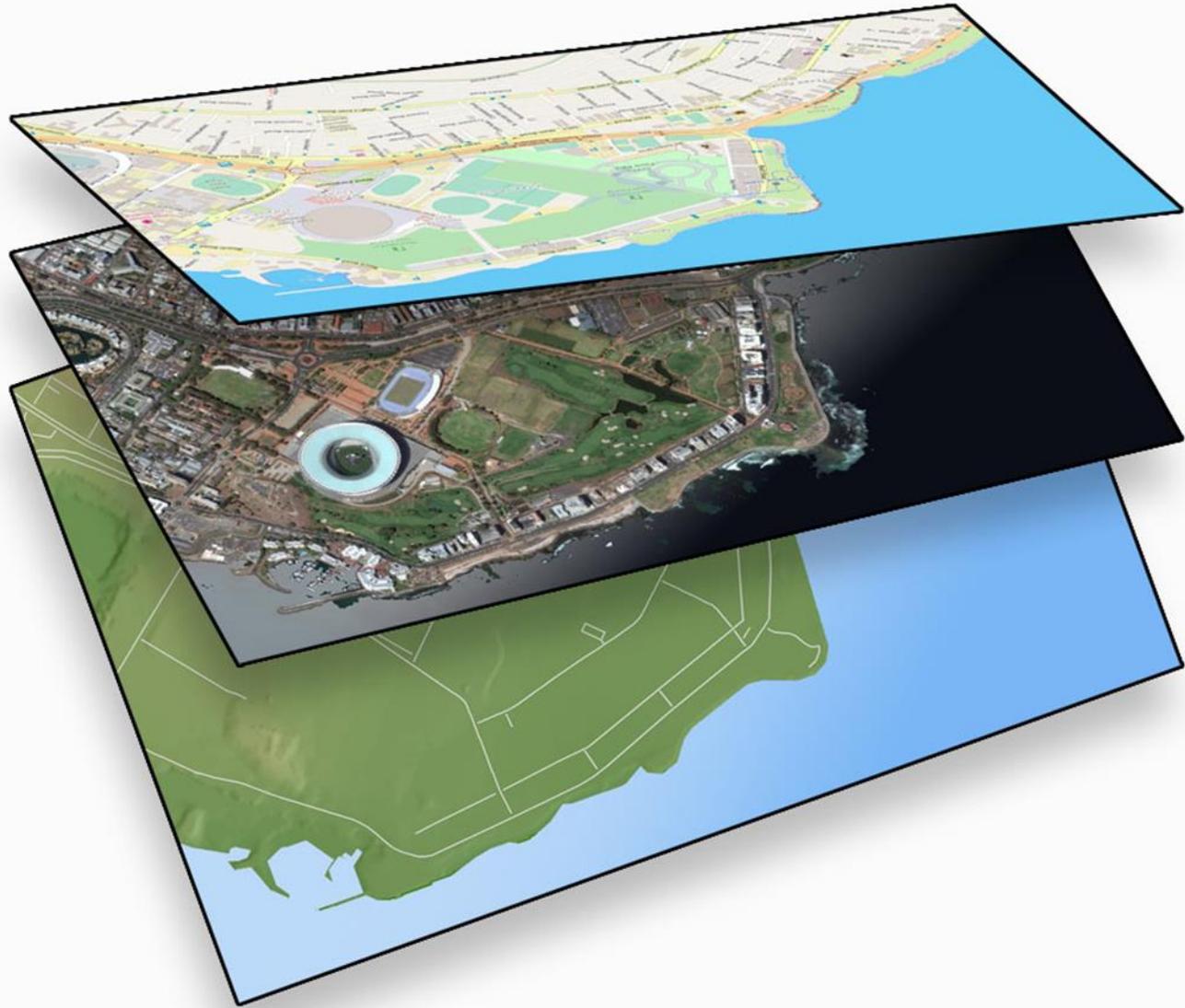
- - **картографические материалы** (топографические и общегеографические карты, карты административно-территориального деления, кадастровые планы и др.). Сведения, получаемые с карт, имеют территориальную привязку, поэтому их удобно использовать в качестве базового слоя ГИС.

Если нет цифровых карт на исследуемую территорию, тогда графические оригиналы карт преобразуются в цифровой вид.

В зависимости от разных задач можно определить по карте:

- Какие географические объекты соединяются с другими объектами.
- Какие географические объекты являются соседними.
- Какие географические объекты содержатся в заданном пространстве.
- Какие географические объекты пересекаются.
- Какие географические объекты находятся рядом с другими объектами.
- Определить разницу по высоте для разных географических объектов.
- Определить относительное положение географических объектов между собой и др.





- **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).



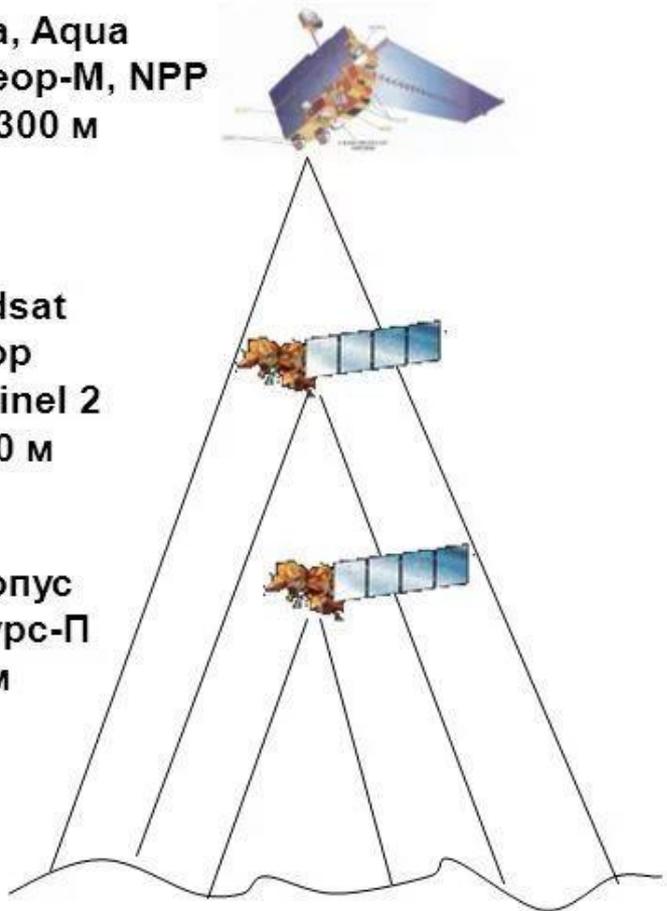
●

Существующие и перспективные спутниковые системы ДЗЗ

Terra, Aqua
Метеор-М, NPP
100-300 м

Landsat
Обзор
Sentinel 2
10-30 м

Канопус
Ресурс-П
1-5 м



Общедоступные системы (бесплатные):

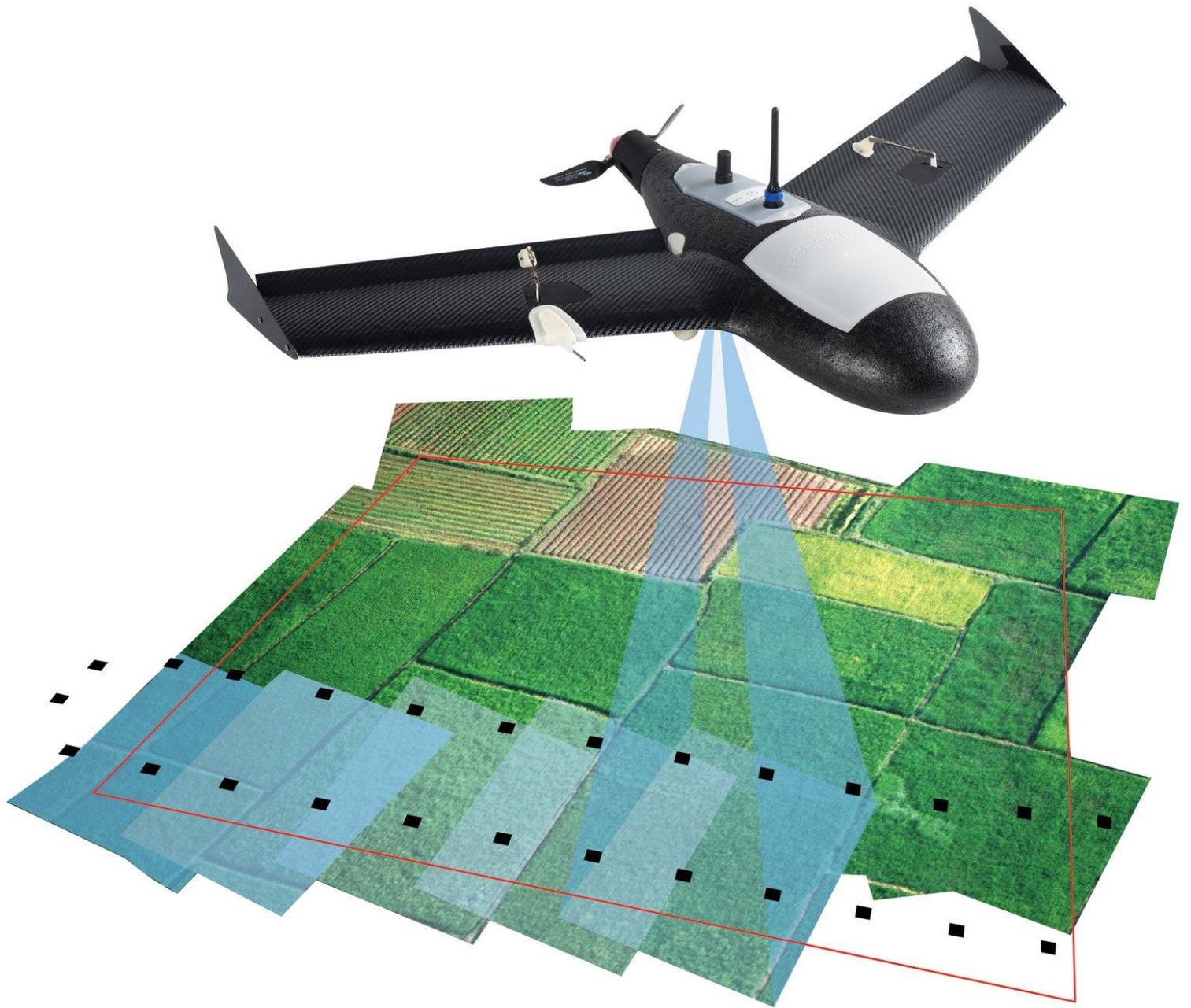
Terra, Aqua, NPP, Proba-V (250-300 м);
Landsat-7 и -8, Sentinel-2 (2 КА 2014) (10-30 м)

Российские системы (доступные бесплатно для органов государственной власти):

Метеор-М, Обзор О (2 КА, 2015) (10-100 м)
Канопус В (2,5-10 м)
Ресурс П (~1 м)

Коммерческие системы:

Несколько десятков КА с разрешением
выше 10 м



- - **материалы полевых изысканий территорий**, включают данные топографических, инженерно-геодезических изысканий, кадастровой съемки, 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).



Сонет Инжиниринг

Основные понятия геоинформатики

1. **Пространственный объект** – это объект, который хранит свое географическое представление, представленное обычно в виде точки, линии или полигона, в качестве одного из свойств (полей) в строке.

В ГИС пространственные объекты объединены в классы пространственных данных – однотипные совокупности объектов с общим пространственным представлением и набором атрибутов, хранящиеся в таблице базы данных.

В качестве пространственных объектов (**геометрических примитивов**) в геоинформационном картографировании различаются 4 типа видимых и виртуальных объектов местности: точки, линии, полигоны, аннотации.



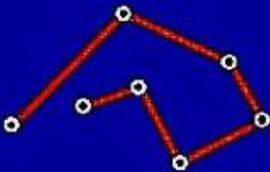
Геометрические примитивы в ГИС



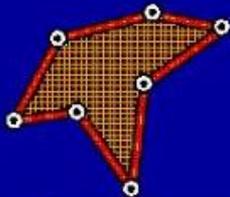
Точка (point, vertex). Нульмерный пространственный объект, координатные данные которого состоят из единственной пары координат (X, Y) и необязательной координаты Z . (Мультиточка – объект, состоящий из нескольких точек).



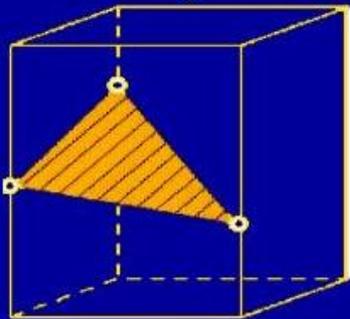
Линия (line). Одномерный пространственный объект, координатные данные которого состоят из двух пар координат – $(X_1, Y_1, [Z_1])$, $(X_2, Y_2, [Z_2])$



Полилиния (polyline). Одномерный пространственный объект, координатные данные которого состоят более двух пар координат – $(X_1, Y_1, [Z_1])$, $(X_2, Y_2, [Z_2])$, $(X_3, Y_3, [Z_3])$... $(X_n, Y_n, [Z_n])$. Полилиния не имеет площади. Она может быть замкнутой, но область, ограниченная полилинией не может быть закрашена и площадь этой области не может быть посчитана.



Полигон (polygon) Двухмерный пространственный объект, ограниченный замкнутым линейным объектом. В отличие от полилинии, обладает площадью и при визуализации может быть закрашен.



Пространственный треугольник. Определяется 3D координатами трёх точек, не лежащих на одной прямой. Является элементом при моделировании поверхностей и тел.

Пространственные отношения в ГИС

- Виды пространственных отношений:
 - **включение** – объект А включает объект В;
 - **пересечение** – объект В пересекает объект А;
 - **примыкание** – объект А примыкает к объекту В;
 - **соседство** – объект А – сосед объекта В.

Примеры пространственных отношений:

Включение: озеро в лесу, остров на реке, дом на острове, просека в лесу и т.д.

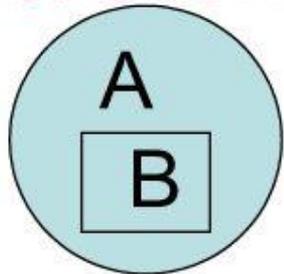
Пересечение: дорога через лес, лес и болото, территория города и зона наводнения, две дороги, дорога и река и т.д.

Примыкание: дорога по краю леса, два земельных участка, лес и пашня и т.д.

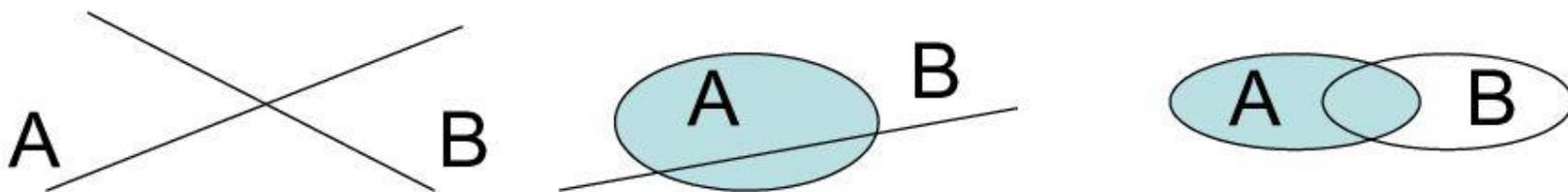
Соседство: населенные пункты, дороги, озера, леса, реки, мосты и т.д.

Виды пространственных отношений:

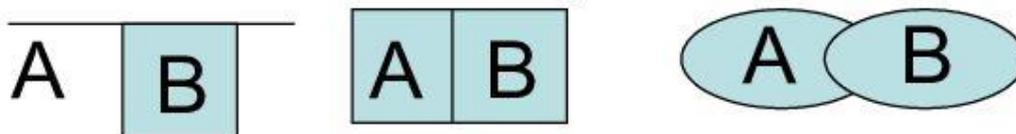
Включение – объект А включает объект В



Пересечение – объект В пересекает объект А



Примыкание – объект А примыкает к объекту В



Соседство – объект А – сосед объекта В



3. Пространственные данные

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

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, горизонтали 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 .

4. Атрибутивные данные

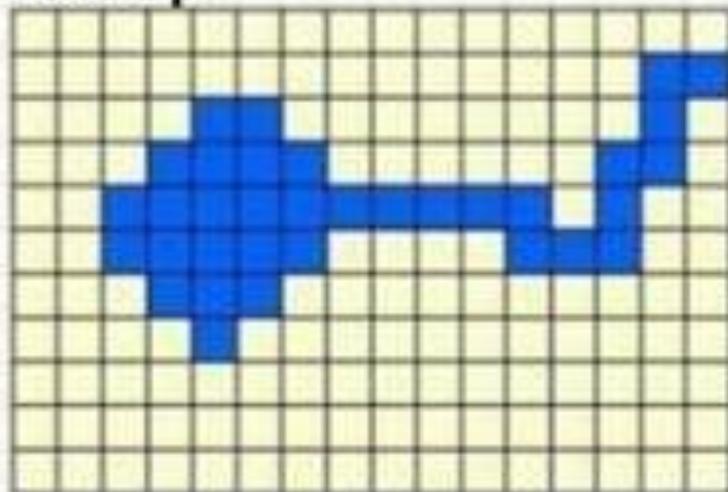
- **Атрибутивные данные** - это качественные или количественные характеристики пространственных объектов, выражающиеся, как правило, в алфавитно-цифровом виде. Отражают свойства пространственного объекта.

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.

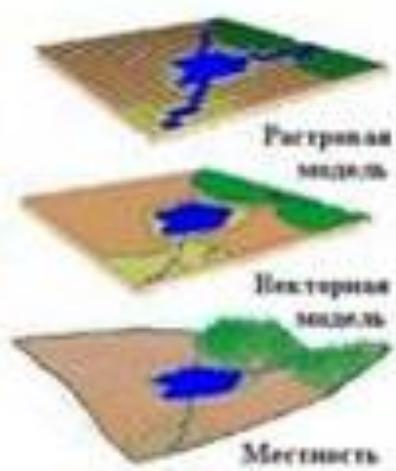
4. Структура данных

- Векторная структура – это представление пространственных объектов в виде набора координатных пар (векторов), описывающих геометрию объектов.
- Растровая структура данных предполагает представления данных в виде двумерной сетки, каждая ячейка которой содержит только одно значение, характеризующее объект, соответствующий ячейке растра на местности или на изображении. В качестве такой характеристики может быть код объекта (лес, луг и т.д.) высота или оптическая плотность.

Растр



Вектор



для каждого объекта имеется атрибутивная информация

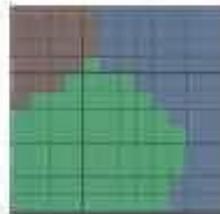
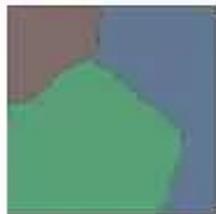
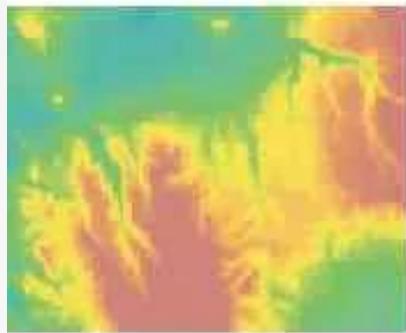
Модели данных в ГИС

Растровые

Векторные

2D

3D

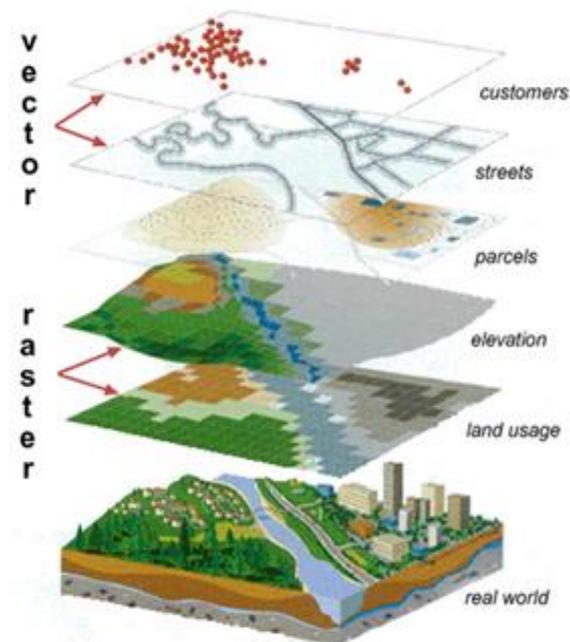
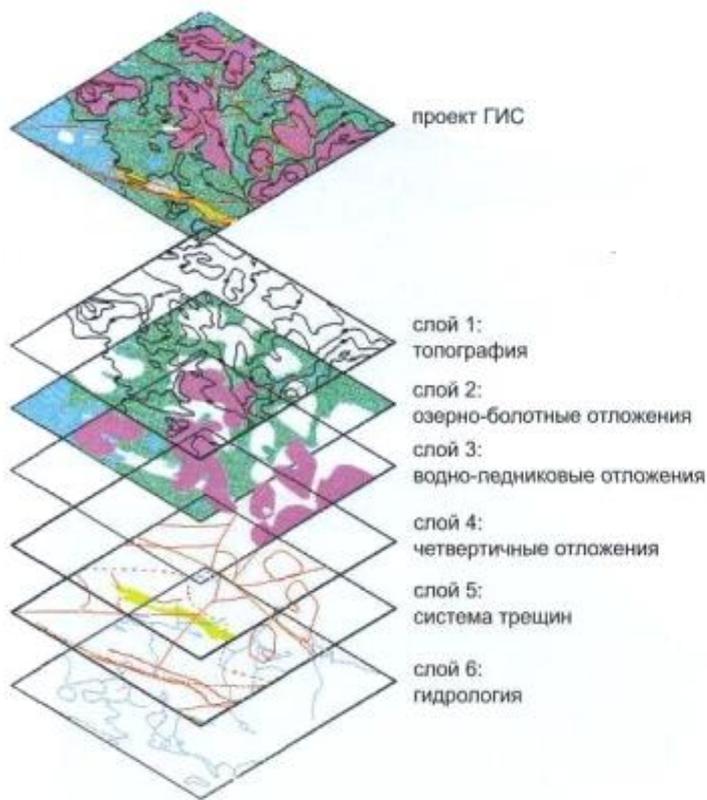


Пространственная информация представлена в виде таблицы, каждой ячейке которой соответствует заданный цвет.

Объекты типа «полигон» создаются в результате сборки полигонов из дуг, образующих замкнутые контура.

5. Тематический слой

Слой – совокупность однотипных пространственных объектов (одной мерности), относящихся к одной теме (классу объектов) в пределах некоторой территории и в системе координат, общих для набора слоев.



6. Анализ данных

Это совокупность аналитических процедур, которые обычно входят в состав блоков анализа ГИС-пакетов с развитыми аналитическими возможностями,

Можно выделить некоторые группы анализа данных:

- Картометрических операции (К перечню таких операций обычно относят измерение длин, площадей и периметров различных объектов, определение дистанций и направлений между различными объектами, построение профилей, расчет объемов и др.);
- Операции выбора (пространственные запросы);
- Классификация и Реклассификация;
- Картографическая алгебра (перекодирование и переклассификация, средние, максимальные и минимальные значения ячейки по множеству слое, логические комбинации слоев, характеристика формы (вытянутость, ориентированность) и т.д.);

- Статистический анализ (суммирование, определение средних);
- Пространственный анализ (Пространственный анализ включает базовые функции пространственного анализа, такие как построение буферных зон, определение близости, запрос на отображение области и расчет ее площади по координатам, измерение расстояний);
- Оверлейный анализ (OVERLAY) (наложение полигонов, определение принадлежности точки полигону, определение принадлежности линии полигону, снятие границы и слияние полигонов
- Сетевой анализ (NETWORK Поиск кратчайшего пути, суммирование значений атрибутов по элементам сети, размещение центров и распределение ресурсов в сети, поиск пространственной смежности, поиск ближайшего соседа, поиск по адресам (геокодирование)).