

# Математическое моделирование

- Процесс информационно-математического моделирования (ИМ-моделирование) включает сбор необходимой информации (в соответствии с поставленной целью), составляющей (определяющей) информационную модель исследуемого объекта, обработку полученных данных (их организацию или структурирование) и алгоритм преобразования этих данных (инкапсуляцию), формирование математической модели объекта, геометризацию модели (компьютерную визуализацию), выполнение геометрических построений (преобразований).
- Всякая математическая модель есть некоторая абстракция, отражающая выбранные существенные свойства рассматриваемых реальных объектов, процессов. В результате процедуры выделения и формализации получают математическое описание явления, т. е. его математическую модель, которую далее можно исследовать математическими методами. Использование математических моделей и результатов исследований этих моделей происходит на основе их интерпретации в реальных ситуациях. При этом использование будет оправданным и эффективным, если модель будет достаточно адекватной, а полученные математические результаты практически реализуемы. Для понимания некоторого данного явления (на основе его математического описания) математика вырабатывает, подобно обычному языку, метафоры (образные представления), позволяющие объяснить это явление, ставя ему в соответствие другое явление, более привычное или воспринимаемое как таковое.

Наряду с математическими методами решения используются информационные (компьютерные) технологии, проводятся вычислительные эксперименты, выполняется численная обработка математической модели. При этом особо следует отметить возможности применения современных информационных технологий, использование специализированных автоматизированных средств для обработки пространственной информации и построения объемных цифровых моделей. Геометризация объектов градостроительной (архитектурной) практики использует методы геометрического моделирования, позволяющие визуализировать исследуемые объекты (а точнее, их модели). Характерной чертой ИМ-моделирования архитектурных объектов является формирование и использование скоординированной, внутренне согласованной, системно-рассчитываемой информации о проектируемом объекте, соответствие создаваемых моделей и строительной документации.

- Процесс ИМ-моделирования реального объекта (процесса) необходимо рассматривать с позиций системного анализа. При этом изучение (исследование) объекта с целью построения достаточно адекватной модели, или при проектировании нового объекта, предполагает сбор данных об объекте (его характеристиках, свойствах) в виде табличных, графических (геометрических) и иных материалов. При этом используются различные системные представления, выражающие основные способы понимания системы, взаимосвязанные и взаимодополняющие друг друга. Любой инженерно-технический объект (общественное здание, сооружение, жилой ансамбль, техническое устройство, механизм, транспортная сеть, промышленный комплекс и др.) можно рассматривать как сложную систему, обладающую определенной морфологией, функциональной направленностью, системной целостностью, средовой характеристикой и т. д. Поэтому для построения синтетического описания (модели) объекта, как сложной системы, необходимо провести качественный анализ данных, выявление существенных характеристик, определение структуры, связей, функциональных возможностей и т. д. Далее следует выразить выявленные характеристики через параметры (переменные) модели.

При этом системное исследование включает следующие аспекты:

- компонентный, отражающий изучение состава системы (с выделением компонентов, взаимодействие которых обеспечивает целостность системы);
- структурный, предусматривающий изучение внутренних связей и взаимоотношений элементов системы, выяснение роли и функции каждой связи (т. е. структура, конфигурация, топология);
- функциональный, определяющий изучение информационно-функциональных зависимостей (функциональной организации);
- коммуникационный, характеризующий изучение системы во взаимодействии с окружающей средой, анализ возмущающих факторов;
- процессуальный, рассматривающий развитие системы во времени (изменение состояния системы, ее элементов и связей между ними, системного поведения), возможные перспективы развития.

Общая схема (представление) ИМ-моделирования (рис. 1) включает три опорных составляющих:

- математическое моделирование, включающее формализацию описания реального объекта (процесса) с помощью математической символики (в рамках некоторой математической теории);
- информационное обеспечение, включающее информационные технологии и алгоритмические средства, позволяющие выполнить формирование массивов данных, составляющих информационное описание реального объекта (процесса), их обработку (организацию или структурирование) и анализ;
- геометрическое моделирование, определяющее геометрическую (графическую) интерпретацию и визуализацию массивов данных (информационного описания), а математической модели – в виде геометрических фигур, графических материалов (схем, диаграмм, графов и др.).

Составляющие информационно-математического моделирования.



Каждая из опорных составляющих характеризует определенный подход к описанию и изучению исследуемого объекта, включает своеобразное его представление, отражая определенным образом различные аспекты системного анализа, обеспечивая полноту исследования совместным дополнением разных системных представлений. При этом каждая из опорных составляющих является источником геометрических процедур (геометризации), применяемых к модели (в процессе ИМ-моделирования).

Геометрическое представление объекта является важнейшей частью архитектурного проектирования. Например, геометризация формы здания (сооружения) позволяет осознать объемно-пространственные характеристики объекта (композицию, пространственную организацию, художественное выражение), выявить особенности геометрии объекта с позиций аэродинамики, экологичности, экономичности, определить оптимальное размещение конструктивных элементов, оценить объем здания (и, следовательно, расход материалов), выбрать рациональные технологии строительства (планировать строительные работы) и др.

Геометрическое моделирование позволяет с помощью геометрических преобразований исследовать пространственные (пространственноподобные) формы, отношения (количественные и качественные), закономерности, свойства, присущие объектам. В геометрической модели могут отображаться элементы разной размерности (в каких-либо сочетаниях и отношениях между собой), имеющие свою внутреннюю структуру, выражающие числовые топологические инварианты определенного типа. Геометрические модели включают и количественные отношения элементов модели: количественные характеристики геометрических фигур, полученные в результате измерений, функциональные зависимости между параметрами модели и их аналитические обобщения, связанные с производными, интегралами и т. д., алгебраические выражения, определяющие (направленные на) численную реализацию количественных (и качественных) закономерностей (свойств) модели (а, следовательно, и реального моделируемого объекта).

Современное состояние научно-технической базы существенно расширяет возможности архитектуры. Предлагаемые решения, определяющие сегодня архитектурные композиции (и поиск новых концептуальных представлений), выполняются в соответствии с эволюционной формулой:

материалы → технологии → формы (рис. 2).

Новые строительные технологии в сочетании с материалами, обладающими более совершенными формообразующими и пластическими свойствами, стимулируют разработку архитектурных объектов, имеющих экстерьер с необычными эстетическими качествами.

При этом форма и конструкция взаимосвязаны. Конструкция является носителем эстетической информации. Форма должна отвечать назначению объекта (в рамках концептуальной композиции), конструктивной схеме, определяющей его структуру, соответствовать используемому материалу.

# Симбиоз качества и эволюции архитектурной композиции

1. Жилой массив Habitat (Канада, Монреаль). Архитектор Моше Сафди.

источник: <http://www.archi.ru/files/img/news/large650/62173.jpg>

2. Здание Национального Конгресса (Бразилиа, Бразилия). Архитектор Оскар Нимейер.

Источник: <http://www.archi.ru/files/img/news/large650/65693.jpg>

3. Бруклинский мост (США).

Источник: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f0/Brooklyn\\_Bridge\\_Postdlf.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f0/Brooklyn_Bridge_Postdlf.jpg)

4. Сиднейский Оперный Театр (Австралия).

Источник: <http://www.ozshots.com/special/sydney/images/pict1213.jpg>

5. Автомобильная развязка в районе Пуси (Шанхай, Китай). Источник:

[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d3/Viaduct\\_in\\_Puxi%2C\\_Shanghai.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d3/Viaduct_in_Puxi%2C_Shanghai.jpg)

6. Вид на центральный Манхэттен со здания Эмпайр-стейт-билдинг (Нью-Йорк, США).

Источник: <http://www.usa-for.me/img/new-york.jpg>





## Здание «Кукуруза» в Чикаго





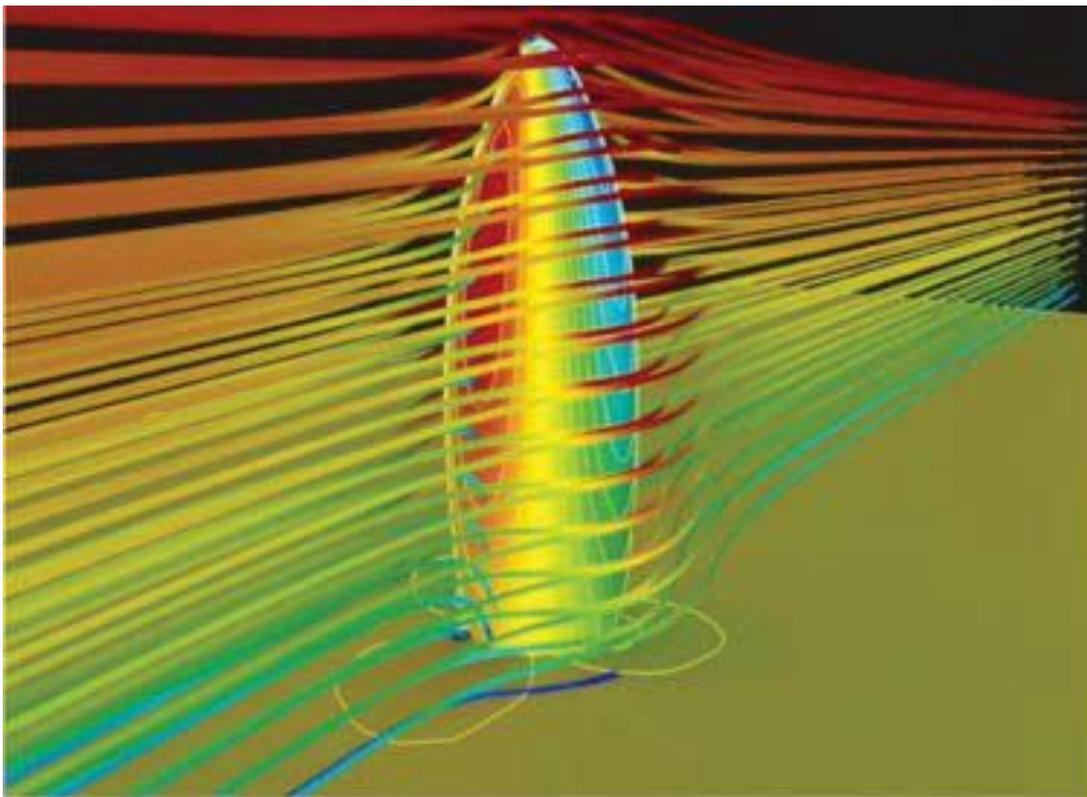
Форма и конструкция сооружения существенно зависят от материала. Конструкция следует логике материала (его строительным свойствам). В целом многие конструктивные схемы находятся в непосредственной связи с конкретными материалами (хотя существуют и достаточно универсальные конструктивные схемы, которые могут быть выполнены в различных материалах).

Конструктивные элементы, выполняя определенные функции и обеспечивая необходимую устойчивость, жесткость и прочность объекта (в целом и отдельных частей), имеют свою типологию, и изготавливаются из соответствующих строительных материалов. При этом существует определенная автономность конструктивных элементов. Например, для одного и того же конструктивного остова здания или сооружения подбирается внешняя оболочка из различных материалов, применяется разнообразный декор и конструктивное решение деталей. Или, наоборот, при сохранении формы и конструкции внешней оболочки здания (сооружения), существенно изменяется его внутренняя пространственная структура и конструкция.

Архитектоника, выражающая композиционную структуру архитектурного объекта (зданий, инженерных сооружений), градостроительного комплекса, определяется объемно-пространственными закономерностями, которые отражаются в организации и строении объекта (во взаимосвязи и взаиморасположении элементов, его частей, в ритмичном строе форм, в пропорциях, цветовом строе произведений и т.п.).

Возможность технической реализации архитектурной композиции определяется уровнем существующих (применяемых) строительных технологий, набором материалов, со свойствами, отвечающими (обеспечивающими) форме и конструкции с заданными параметрами (качествами, характеристиками).

Небоскреб 30 St Mary Axe (архитектор Норман Фостер). Image © Foster + Partners. Модель воздушных потоков вокруг здания и общий вид.



Зал London City на реке Темзе. Image © Foster + Partners.  
Винтовая лестница внутри здания и общий вид.



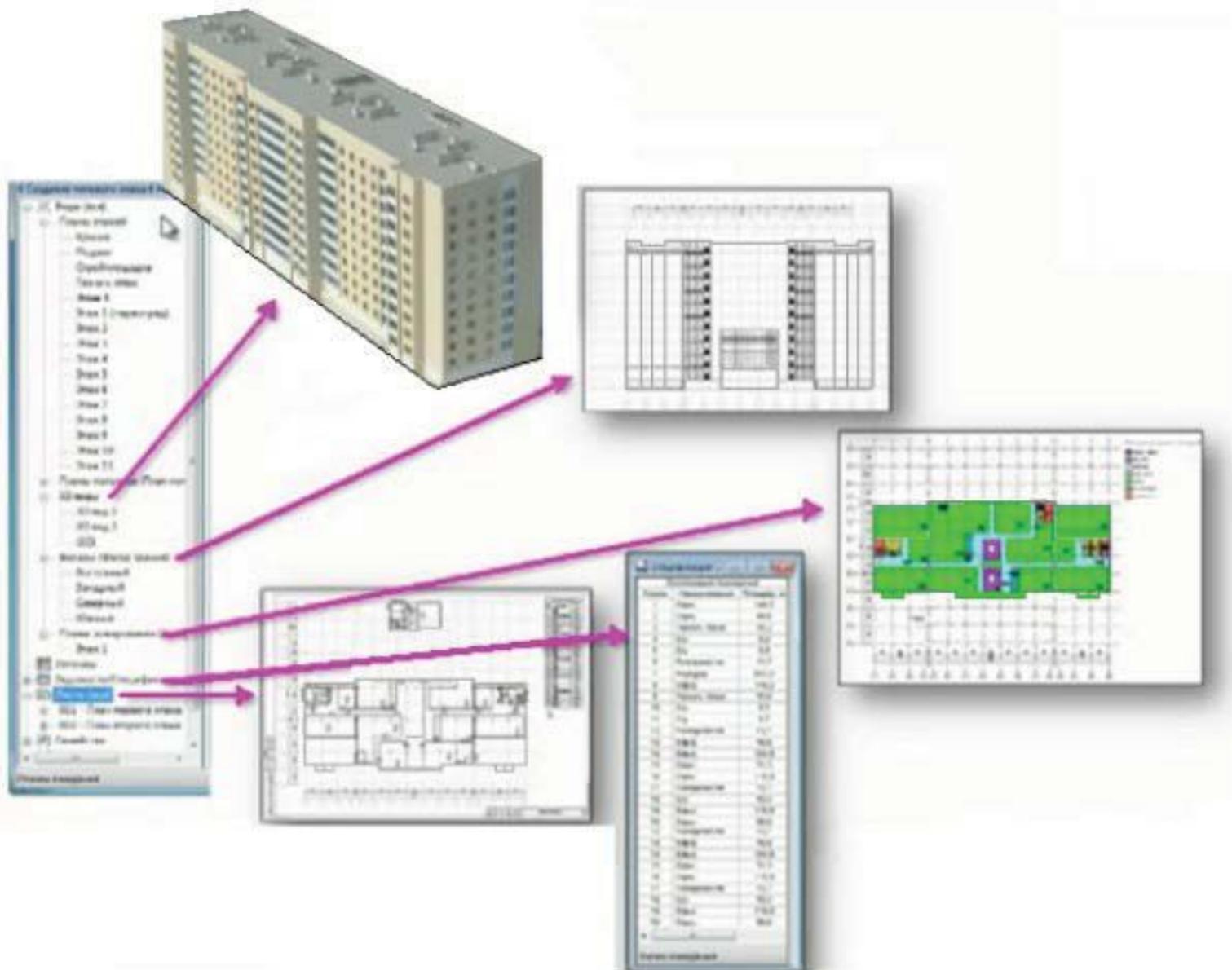
Для построения математической модели реального объекта градостроительной (архитектурной) практики, включая производственные комплексы и инженерно-технические сооружения, прежде всего, необходимо организовать сбор эмпирической информации о данном объекте (данные, отражающие экстерьер/интерьер объекта, объемно-планировочные и функционально-планировочные характеристики, показатели конструктивных элементов, техническая документация, графические материалы и др.).

Затем обобщить полученные сведения, произвести на основе системного подхода математико-статистический (экономический, технологический) анализ, выделить связи, структуру, зависимости (количественные и качественные), выполнить информационную обработку, подготовить аналитическое представление

В процессе проектирования (на разных стадиях) необходимо учитывать:

- топографические данные, схемы и планы территорий, транспортных развязок, сетей, магистралей, планировки различных функциональных зон (жилых, промышленных и др.);
- природные особенности территорий (климатические, геолого-биологические и т.п.);
- технические условия последующего функционирования объекта, особенностей производственного процесса, мониторинга территории, объекта (с точки зрения безопасности эксплуатации, экологии и т. п.);
- национальные, историко-культурные традиции;
- социальные требования.

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОБЪЕКТА



# ВИЗУАЛІЗАЦІЯ



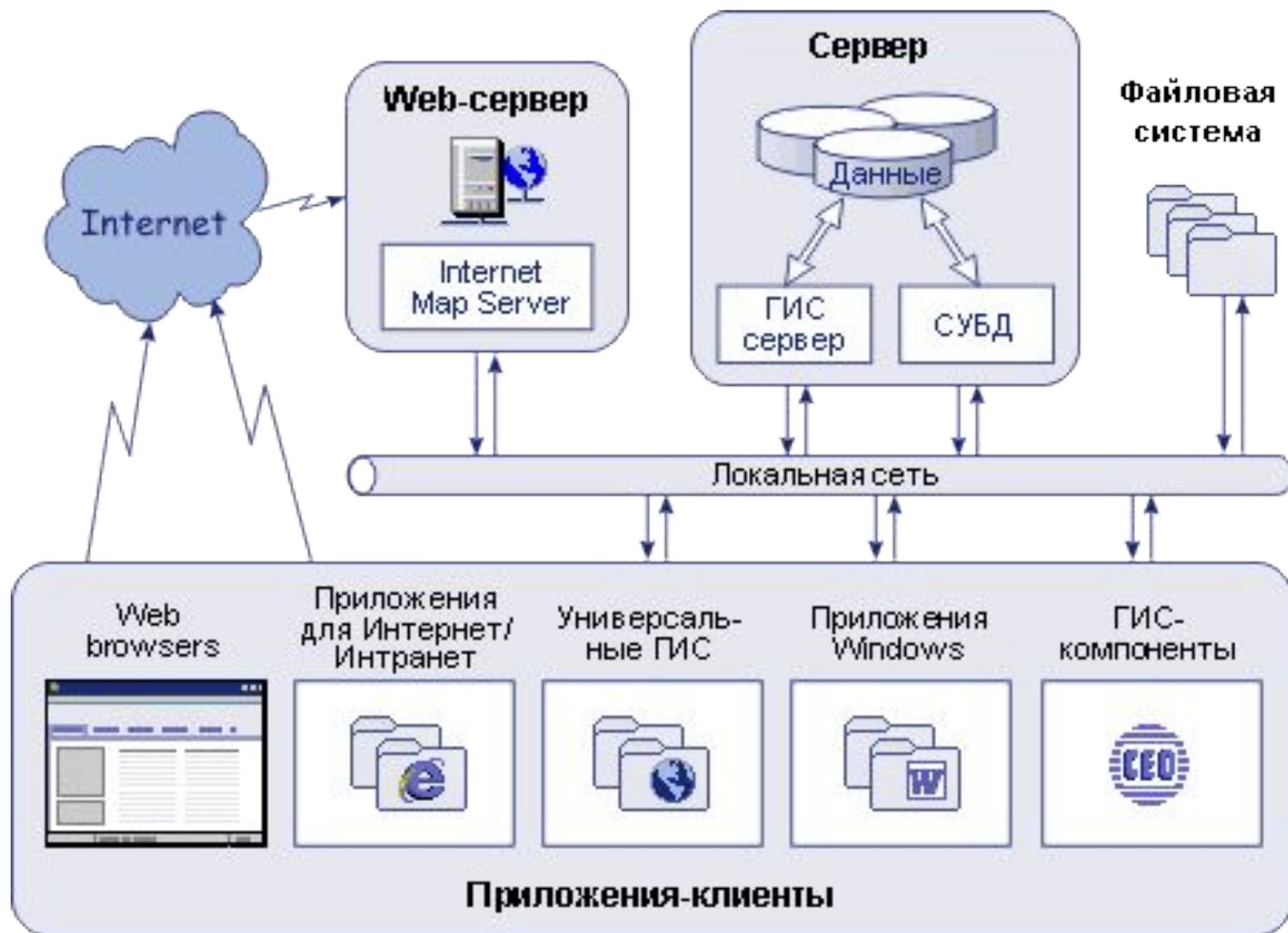


## Организация движения в Нью-Йорке



- Геоинформационные системы - многофункциональные средства анализа сведенных воедино табличных, текстовых и картографических бизнес-данных, демографической, статистической, земельной, муниципальной, адресной и другой информации.
- Геоинформационные системы применяются для управления природными ресурсами, в сельском хозяйстве, для решения экологических задач, ведения кадастра, территориального планирования, функционального зонирования и градостроительного (архитектурного) проектирования.

- **Геоинформационная система** предназначена для сбора, хранения, анализа и графической визуализации [пространственных данных](#) и связанной с ними информации о представленных в ГИС объектах.<sup>[1]</sup> Термин также используется в более узком смысле — ГИС как инструмент (программный продукт), позволяющий пользователям искать, анализировать и редактировать [цифровые карты](#), а также дополнительную информацию об объектах, например высоту здания, адрес, количество жильцов.
- ГИС включают в себя возможности [систем управления базами данных](#) (СУБД), редакторов [растровой](#) и [векторной](#) графики и аналитических средств и применяются в [картографии](#), [геологии](#), [метеорологии](#), [землеустройстве](#), [экологии](#), [муниципальном управлении](#), [транспорте](#), [экономике](#), [обороне](#) и многих других областях.
- По территориальному охвату различают глобальные ГИС (global GIS), субконтинентальные ГИС, национальные ГИС, зачастую имеющие статус государственных, региональные ГИС (regional GIS), субрегиональные ГИС и локальные, или местные ГИС (local GIS).
- ГИС различаются предметной областью информационного моделирования, к примеру, городские ГИС, или муниципальные ГИС, МГИС (urban GIS), ГИС недропользователя<sup>[2]</sup>, горно-геологические ГИС<sup>[3]</sup>, природоохранные ГИС (environmental GIS) и т. п.; среди них особое наименование, как особо широко распространённые, получили земельные информационные системы. Проблемная ориентация ГИС определяется решаемыми в ней задачами (научными и прикладными), среди них [инвентаризация](#) ресурсов (в том числе [кадастр](#)), анализ, оценка, мониторинг, управление и планирование, поддержка принятия решений. Интегрированные ГИС, ИГИС (integrated GIS, IGIS) совмещают функциональные возможности ГИС и систем цифровой обработки изображений (данных дистанционного зондирования) в единой интегрированной среде.
- Полимасштабные, или масштабно-независимые ГИС (multiscale GIS) основаны на множественных, или полимасштабных представлениях пространственных объектов (multiple representation, multiscale representation), обеспечивая графическое или картографическое воспроизведение данных на любом из избранных уровней масштабного ряда на основе единственного набора данных с наибольшим пространственным разрешением. Пространственно-временные ГИС (spatio-temporal GIS) оперируют пространственно-временными данными. Реализация геоинформационных проектов (GIS project), создание ГИС в широком смысле слова, включает этапы: предпроектных исследований (feasibility study), в том числе изучение требований пользователя (user requirements) и функциональных возможностей используемых программных средств ГИС, технико-экономическое обоснование, оценку соотношения «затраты/прибыль» (costs/benefits); системное проектирование ГИС (GIS designing), включая стадию пилот-проекта (pilot-project), разработку ГИС (GIS development); её тестирование на небольшом территориальном фрагменте, или тестовом участке (test area), прототипирование, или создание опытного образца, или прототипа (prototype); внедрение ГИС (GIS implementation); эксплуатацию и использование. Научные, технические, технологические и прикладные аспекты проектирования, создания и использования ГИС изучаются [геоинформатикой](#).



- **Основные компоненты ГИС:**

Internet Map Server специализированные ActiveX компоненты разработки решений ГИС для Интернет. Карта передается в виде изображения (JPEG, GIF).

ГИС компоненты специализированные ActiveX компоненты разработки решений ГИС для Desktop-приложений Windows.

ГИС сервер серверная система управления данными ГИС, интегрированными с данными СУБД. ГИС сервер доступен клиентам через API.

Файловая система данные ГИС в виде файлов. Универсальные ГИС приложения-клиенты, объединяющие большую часть известной функциональности ГИС.

