

ОПРЕДЕЛЕНИЕ И НАЗНАЧЕНИЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Моделирование и методы познания

- Существует целая область знания, которая специально занимается изучением методов познания – это **методология**, которая дословно означает «учение о методах» (*metodos*- метод, путь к чему-либо; *logos* – учение).
- Важнейшей задачей методологии является изучение происхождения, сущности, эффективности и других характеристик методов познания.
- **Моделирование** является одним из методов изучения окружающего мира.
- **Моделирование** - процесс построения и использования модели.



Моделирование и методы познания

Метод – это совокупность приемов и операций практического и теоретического освоения действительности.

«Под методом я разумею точные и простые правила, строгое соблюдение которых ... без лишней траты умственных сил, но постепенно и непрерывно увеличивая знания, способствует тому, что ум достигает истинного познания всего, что ему доступно».

Р. Декарт



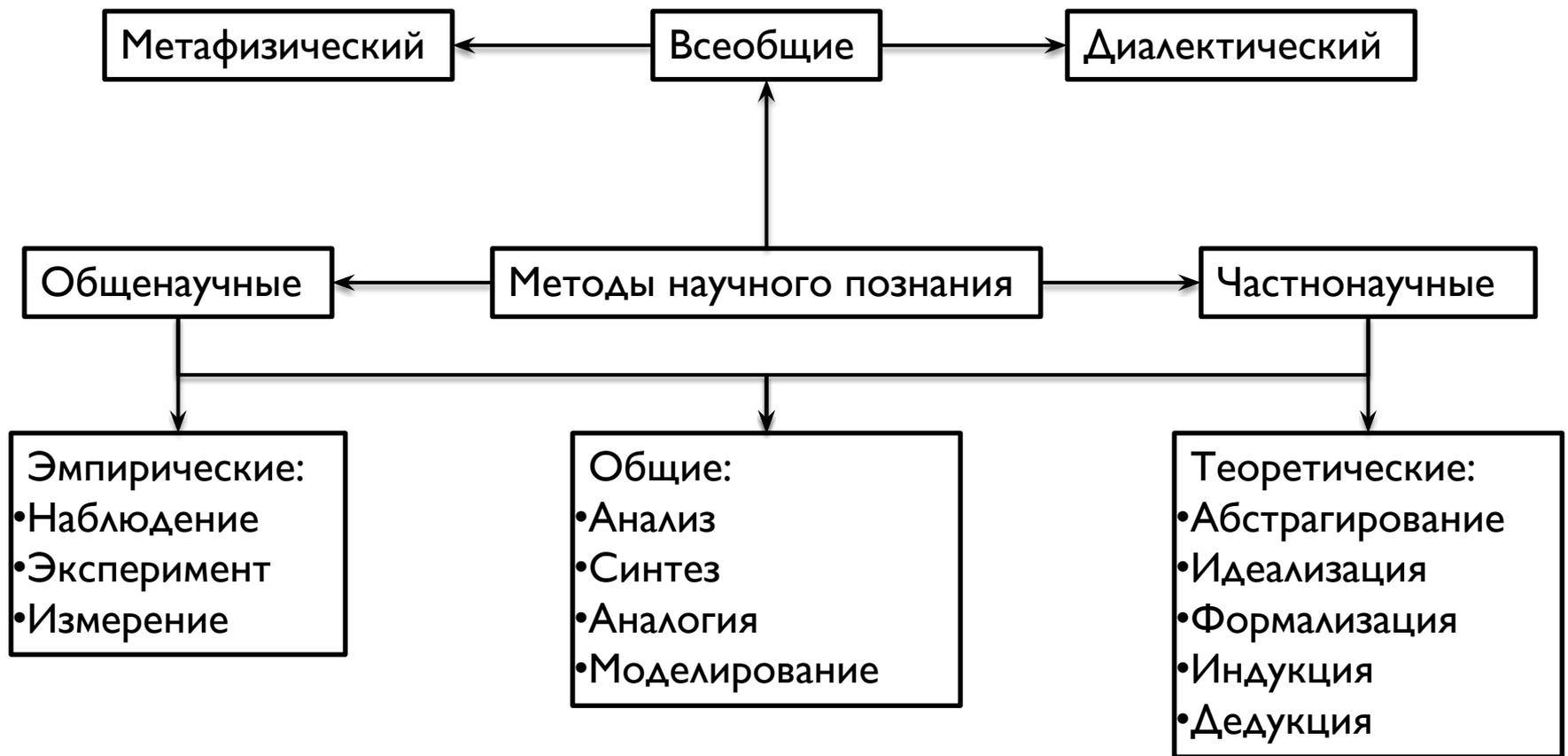
Методы научного познания

Методы научного познания принято подразделять по степени их общности, то есть широте применимости в процессе научного исследования на:

- всеобщие;
- общенаучные ;
- частнонаучные.



Методы научного познания



Всеобщие методы познания

- ▣ *Метафизический метод* – объекты и явления окружающего мира рассматриваются изолированно друг от друга, без учета их взаимных связей и как бы в застывшем, фиксированном, неизменном состоянии.
- ▣ *Диалектический метод* – изучает объекты и явления со всем богатством их взаимосвязей, с учетом реальных процессов их изменения, развития.



Общенаучные методы познания

Имеют междисциплинарный спектр применения (используются в различных областях науки) и классифицируются в соответствии с двумя взаимосвязанными уровнями научного познания:

- Эмпирический уровень включает: *наблюдение, эксперимент, измерение;*
- Теоретический уровень, базируясь на эмпирическом уровне имеет своим результатом *гипотезы, теории, законы.*



Частнонаучные методы познания

- Используются только в рамках исследований какой-либо конкретной науки. Каждая частная наука (биология, химия, геология и т.д.) имеют свои специфические методы исследования.
- Частнонаучные методы содержат в различных сочетаниях те или иные методы познания, базируются на них и могут включать наблюдения, измерения, индуктивные или дедуктивные умозаключения и т.д.
- Характер сочетания различных методов и его использования зависит от условий исследования, природы изучаемых объектов.



Определение модели и моделирования

- **Модель** (modulus – мера, образец, норма) – это такой материальный или мысленно представляемый объект, который в процессе познания (изучения) замещает объект-оригинал, сохраняя некоторые важные для данного исследования типичные его черты;
- **Моделирование** – метод познания окружающего мира, который можно отнести к общенаучным методам, применяемым как на эмпирическом, так и на теоретическом уровне познания. При построении и исследовании модели могут применяться практически все остальные методы познания.



Три реальности, в которых живет человек (по В.И. Вернадскому)

- **1-я реальность** – живая и неживая природа, законы развития которой не зависят от человека. Познание этих объектов возможно только через их модели.
- **2-я реальность** – *ноосфера*, включающая знания, накопленные всем человечеством и практически мало зависящие от конкретного человека. Она состоит из идеальных моделей, зависит от эволюции человечества и изменяется в процессе познания, пополняясь новыми и изменяя старые модели.
- **3-я реальность** – *техносфера*, включающая все материальные модели созданные человеком.



Определение модели

Научное познание сосредоточено на изучении предметов, явлений и процессов, существующих вне нашего сознания и называемых объектами исследования (*objectum* – предмет).

Термин «модель» чаще всего используют для обозначения:

- устройства, воспроизводящего строение или действие какого-либо устройства (уменьшенное, увеличенное или в натуральную величину);
- аналога (чертежа, графика, плана, схемы, описания и т.д.) какого-либо явления, процесса или предмета.



Определение модели

Термин «модель» многозначен. В словарях можно найти до восьми различных значений этого термина. В научной литературе распространены два:

- модель как аналог реального объекта;
- модель как образец будущего изделия.

Важную роль при разработке моделей играют **гипотезы** (*hypotheses* – основание, предположение) – определенные предсказания, предположения, суждения о причинно-следственных связях явлений, основанные на некотором количестве опытных данных, наблюдений, догадок. Формирование и проверка правильности гипотез основывается, как правило, на аналогиях.



Определение модели

- ▣ **Аналогия** (греч. *analogia* – соответствие, соразмерность) – это представление о каком-либо частном сходстве двух объектов, причем такое сходство может быть как существенным, так и несущественным. Существенность сходства или различия двух объектов условна и зависит от уровня абстрагирования.
 - ▣ **Уровень абстрагирования** (лат. *abstrahere* – отвлекать) определяется конечной целью исследования и зависит от набора учитываемых параметров объекта исследования. Уровень абстрагирования данного объекта всегда устанавливается по отношению к другим объектам.
-



Свойства моделей

При построении модели исследователь всегда исходит из поставленных целей, учитывает только наиболее существенные для их достижения факторы. Поэтому любая модель нетождественна объекту-оригиналу и, следовательно, неполна, поскольку при ее построении исследователь учитывал лишь важнейшие с его точки зрения факторы.

«Наилучшей моделью кота является другой кот, а еще лучше – тот же самый кот»

Н. Винер.



Свойства моделей

- Модель адекватна объекту, если результаты моделирования удовлетворяют исследователя и могут служить основой для прогнозирования поведения или свойств исследуемого объекта.
- Адекватность модели зависит от целей моделирования и принятых критериев.
- Идеально адекватная модель принципиально невозможна.



Свойства моделей

- Предпочтительна та модель, которая, позволяя достичь желаемых результатов, является более **простой**. При этом адекватность и простота не являются противоречивыми требованиями.
- Учитывая бесконечную сложность любого объекта исследования, можно предположить существование бесконечной последовательности его моделей, различающихся по степени полноты, адекватности и простоты.



Свойства моделей

- **Потенциальность** модели (лат. *potentia* –мощь, сила) – это предсказательность модели с позиций возможности получения новых знаний об исследуемом объекте.
- Потенциальность модели («богатство модели») позволяет ей выступать в качестве самостоятельного объекта исследования.



Цели моделирования

- Самым важным и наиболее распространенным предназначением моделей является –применение моделей при **изучении и прогнозировании** поведения сложных процессов и явлений
- Некоторые объекты и явления вообще не могут быть изучены непосредственным образом (т.е. с помощью «традиционного» эксперимента).
- Эксперименты могут быть слишком дорогими, рискованными для человека и/или окружающей среды, требовать длительного времени для их проведения и т.д.



Цели моделирования

- Как правило, в настоящее время всесторонние предварительные исследования различных моделей явления предшествуют проведению любых сложных экспериментов.
- Эксперименты на компьютерных моделях позволяют:
 - разработать план натуральных экспериментов,
 - выяснить требуемые характеристики измерительной аппаратуры,
 - наметить сроки проведения наблюдений,
 - оценить стоимость такого эксперимента,
 - и т.д.



Цели моделирования

- С помощью моделей выявляются *наиболее существенные факторы, формирующие те или иные свойства объекта.*
- Это следует из того факта, что сама модель отражает лишь некоторые основные характеристики исходного объекта, учет которых необходим при исследовании того или иного процесса или явления.



Цели моделирования

- Модель позволяет «играть» с ней: включать, или отключать те или иные связи, менять их для того, чтобы понять важность для *поведения системы в целом*;
- Модель позволяет научиться *правильно управлять* объектом путем апробирования различных вариантов управления.



Выводы о целях использования моделей

Модель и моделирование нужны для того чтобы:

- понять, как устроен конкретный объект:
 - какова его структура,
 - внутренние связи,
 - основные свойства,
 - законы развития, саморазвития и взаимодействия с окружающей средой;
 - научиться управлять объектом или процессом, определять наилучшие способы управления при заданных целях и критериях;
 - прогнозировать прямые и косвенные последствия реализации заданных способов и форм воздействия на объект.
-



Классификация моделей

- Всеобщей классификации моделей нет.
- Рассматриваемая классификация является инструментом или моделью для исследования свойств и характеристик самого процесса моделирования.

Использование моделирования на эмпирическом и теоретическом уровнях исследования приводит к делению моделей и моделирования на:

- материальные модели и материальное моделирование;
- идеальные модели и идеальное моделирование.



Классификация моделей



Материальное и идеальное моделирование

- **Материальное моделирование** – это моделирование, при котором исследование объекта выполняется с использованием его материального аналога, воспроизводящего основные физические, геометрические, динамические и функциональные характеристики данного объекта.
- **Идеальное моделирование** основано не на аналогии объекта и материализованной модели, а на аналогии идеальной мыслимой модели и объекта и всегда носит теоретический характер.
- Идеальное моделирование является первичным по отношению к материальному – вначале в сознании человека формируется идеальная модель, а затем на ее основе строится материальная.



Материальное моделирование

- Основными разновидностями материального моделирования являются **натурное** и **аналоговое**.
- Оба эти вида моделирования основаны на свойствах геометрического или/и физического подобия.
- Изучением условий подобия явлений занимается теория подобия.



Натурное и аналоговое моделирование

- **Натурное моделирование** – это такое моделирование, при котором реальному объекту ставится в соответствие его увеличенный или уменьшенный материальный аналог, допускающий исследование (как правило в лабораторных условиях) с помощью последующего перенесения свойств изучаемых процессов и явлений с модели на объект на основе теории подобия.
- **Аналоговое моделирование** – это моделирование, на аналогии процессов и явлений, имеющих различную физическую природу, но одинаково описываемых формально (одними и теми же математическими соотношениями, логическими и структурными схемами), то есть в основу аналогового моделирования положено совпадение математических описаний различных объектов.



Идеальное моделирование

- Идеальное моделирование разделяют на:
 - интуитивное (эвристическое);
 - научное.
- **Интуитивное моделирование** – это моделирование, основанное на интуитивном (не обоснованном с позиций формальной логики) представлении об объекте исследования, не поддающимся формализации или не нуждающимся в ней.
- **Научное моделирование** – это всегда логически обоснованное моделирование, использующее минимальное число предложений, принятых в качестве гипотез на основании наблюдений за объектом моделирования.
- Интуитивная первооснова любого научного знания присутствует всегда.



Идеальное моделирование

- Интуитивное и научное моделирование обычно реализуется на основе знакового моделирования.
- **Знаковое моделирование** – использует в качестве моделей знаковые изображения.
- Знаковое моделирование также включает в себя набор правил, по которым можно оперировать с выбранными знаковыми образованиями и элементами.
- Математическое моделирование (моделирование с помощью математических соотношений) является примером знакового моделирования.



Идеальное моделирование

- Главное отличие *научного моделирования* от *интуитивного* заключается не только в умении выполнять необходимые операции и действия по собственно моделированию, но и в **знании «внутренних» механизмов**, которые используются при этом.
- *Научное моделирование* «знает» не только, как необходимо моделировать, но и **почему** так нужно делать.



Идеальное моделирование

- Интуитивное (эвристическое) и научное (теоретическое) моделирование ни в коей мере нельзя противопоставлять друг другу. Они дополняют друг друга, разделяя области своего применения.

«Подлинной ценностью является, в сущности, только интуиция. Для меня не подлежит сомнению, что наше мышление протекает, в основном минуя символы (слова) и к тому же бессознательно».

А. Эйнштейн



Идеальное моделирование

*«Чистая логика всегда привела бы нас только к тавтологии; она не могла бы создать ничего нового; сама по себе она не может дать начало никакой науке ... Для того чтобы создать арифметику, как и для того, чтобы создать геометрию или какую бы то ни было науку, нужно нечто другое, чем чистая логика. Для обозначения этого другого у нас нет иного слова, кроме слова **«интуиция»**».*

А. Пуанкаре



Идеальное моделирование

- **Модель** – инструмент, ориентированный в первую очередь на исследование поведения и свойств конкретного объектов целях управления им или предсказания его свойств.
- **Теория** – более абстрактное, чем модель, средство, основной целью которого является объяснение поведения или свойств не конкретного объекта, а *некоторого класса объектов*. Можно сказать, что теория содержит конечную или даже бесконечную совокупность конкретных моделей.



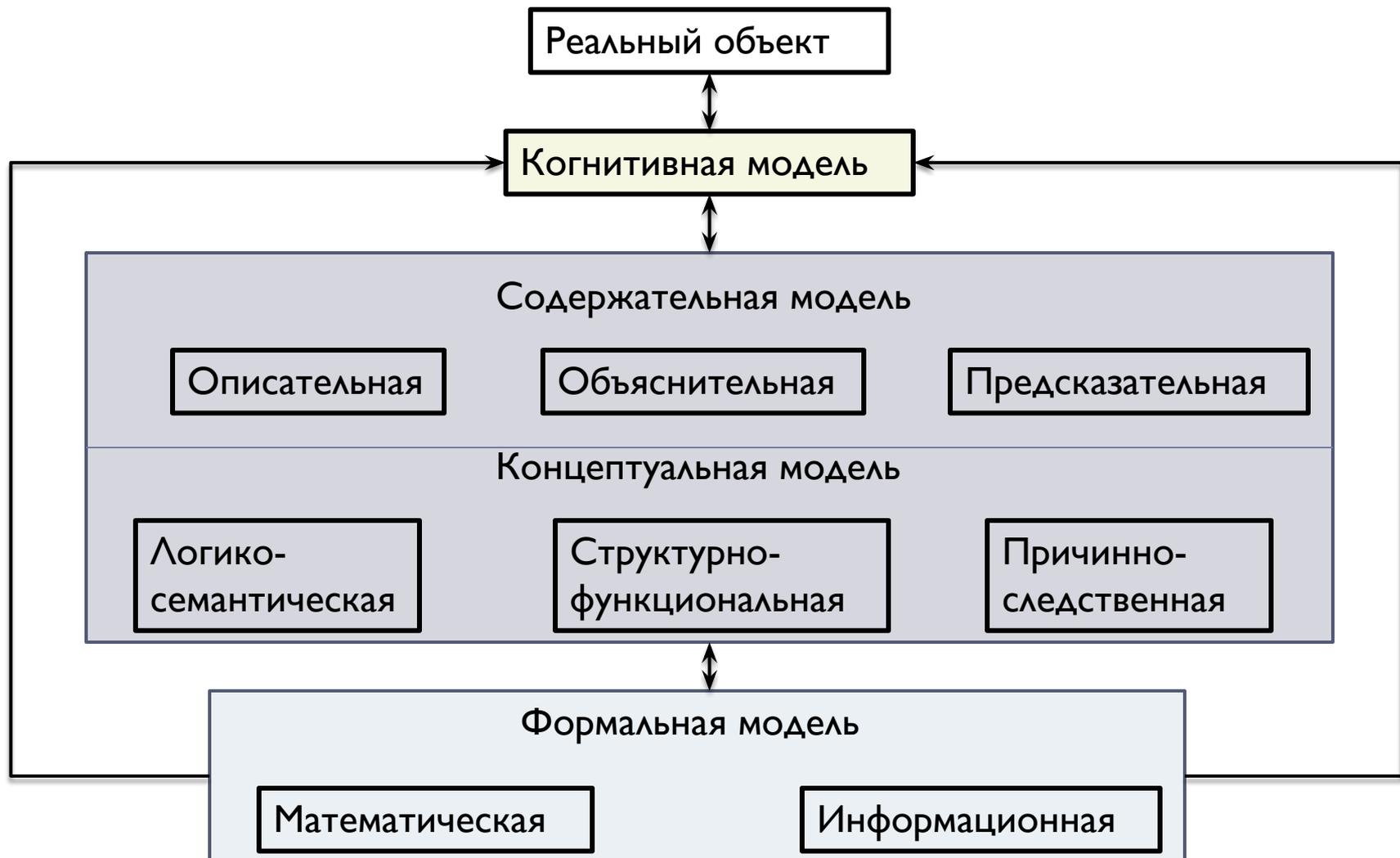
Идеальное моделирование

Существует три взаимосвязанных уровня идеального моделирования:

- когнитивное;
- содержательное;
- формальное.



Уровни идеального моделирования



Идеальное моделирование

- Взаимодействие (взаимовлияние) уровней моделирования связано со свойством потенциальности моделей.
- Создание любой модели сопряжено с появлением *новых* знаний об исследуемом объекте, что ведет к переоценке и уточнению концепций и взглядов на объект моделирования.
- Это приводит к пересмотру соответствующих содержательных когнитивных моделей, обеспечивая спиральное развитие всех уровней моделирования исследуемого объекта.



Когнитивные и содержательные модели

- **Когнитивная модель** – модель, формирующаяся в голове исследователя при наблюдении за объектом-оригиналом. Это некоторый мыслительный образ объекта, его идеальная модель. Получить представление о когнитивной модели можно описав ее в знаковой форме.
 - **Содержательная модель** - представление когнитивной модели на естественном языке.
 - Нельзя утверждать, что когнитивные и содержательные модели эквивалентны, поскольку первые могут содержать элементы, которые исследователь не сможет или не хочет сформулировать.
 - В естественно-научных дисциплинах и в технике содержательной моделью часто называют **технической постановкой задачи**.
-



Виды содержательных моделей

По функциональному признаку и целям содержательные модели подразделяются на:

- ▣ **описательные**, подразумевающие любое описание объекта;
- ▣ **объяснительные**, позволяющие ответить на вопрос, почему что-либо происходит;
- ▣ **прогностические**, описывающие будущее поведение объекта.



Виды концептуальных моделей

- **Концептуальная модель** - содержательная модель, которая базируется на определенной концепции или точке зрения и которая, как правило, при ее формулировке использует понятия и представления соответствующих предметных областей знания, занимающихся изучением объекта моделирования.
- Выделяют три вида концептуальных моделей:
 - логико-семантические;
 - структурно-функциональные;
 - причинно-следственные.



Логико-семантическая модель

- Логико-семантическая модель является описанием объекта в терминах и определениях соответствующих предметных областей знаний, включающих все известные логически непротиворечивые утверждения и факты.
- Анализ таких моделей осуществляется средствами логики с привлечением знаний, накопленных в соответствующих предметных областях.



Структурно-функциональная модель

- При построении структурно-функциональной модели объект обычно рассматривается как целостная система, которую расчленяют на отдельные элементы и подсистемы.
- Части системы связываются структурными отношениями, описывающими подчиненность, логическую и временную последовательность решения отдельных задач.
- Для представления этих моделей удобны различного рода схемы, карты, диаграммы и т.п.



Причинно-следственная модель

Причинно-следственная модель часто используется для объяснения и прогнозирования поведения объекта.

Эти модели направлены на:

- выявление главных взаимосвязей между составными элементами изучаемого объекта;
- определение того, как изменение одних факторов влияет на состояние компонентов модели;
- понимание того, как в целом будет функционировать модель и будет ли она адекватно описывать динамику интересующих исследователя параметров.



Формальная модель

- **Формальная модель** - представление концептуальной модели с помощью одного или нескольких формальных языков например, языков математических теорий, универсального языка моделирования (UML) или алгоритмических языков.
- Различают два вида формальных моделей:
 - математические;
 - информационные.



Математическое моделирование

- **Математическое моделирование** – это идеальное научное знаковое формальное моделирование, при котором описание объекта осуществляется на языке математики, а исследование модели проводится с использованием тех или иных математических методов.
- В настоящее время это один из самых результативных и наиболее часто применяемых методов научного исследования.



Преимущества математического моделирования

В сравнении с натурным экспериментом имеет следующие преимущества:

- экономичность (сбережение ресурсов реальной системы);
- возможность моделирования гипотетических, т.е. не существующих в природе объектов;
- возможность реализации режимов, являющихся опасными или трудновоспроизводимыми;
- возможность изменения масштаба времени;



Преимущества математического моделирования

- простота многоаспектного анализа;
- большая прогностическая сила вследствие возможности выявления общих закономерностей;
- универсальность технического и программного обеспечения проводимой работы (ЭВМ, системы программирования и пакеты прикладных программ широкого назначения).



Формальное определение математической модели

- Любая математическая модель, предназначенная для научных исследований, позволяет по заданным исходным данным найти значения интересующих исследователя параметров моделируемого объекта или явления.
- Суть модели заключается в отображении некоторого заданного множества Ω_x допустимых входных параметров X на множество значений Ω_y допустимых выходных параметров Y .
- Тогда математическая модель есть некоторый математический оператор A , т.е.
$$A: X \rightarrow Y, X \in \Omega_x, Y \in \Omega_y$$
- В зависимости от природы моделируемого объекта элементами множеств Ω_x Ω_y могут быть: числа, векторы, функции, множества и др.

