

# Лекция

## **Модели решения функциональных и вычислительных задач. Методы и технологии моделирования**

Исходный объект	Модель	Что отображается в модели		
		Свойства	Действия	Среда
Медведь	Плюшевый мишка	Внешний облик	—	—
Автомобиль	Игрушечная машинка	Внешний вид. Основные узлы	Перемещение под действием вращения колес	—
Пингвин	Объемная композиция в зоологическом музее	Внешний облик	—	Антарктический пейзаж, приметы климата

**Моделирование** – процесс построения, изучения и применения моделей.

**Модель** – объект или описание объекта для замещения одной системы (оригинала) другой системой для изучения оригинала или воспроизведения его каких-либо свойств.

Использование моделирования целесообразно, *если:*

- нет смысла дожидаться наступления интересующих нас событий, растянутых во времени (**прогноз численности населения**);
- создание объекта чрезвычайно дорого (**определение последствий строительства ГЭС**);
- исследование объекта приводит к его разрушению (**оценка предельного веса снега, который может выдержать купол построенного здания**).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ  
НЕВОЗМОЖНО, ЕСЛИ НЕИЗВЕСТНЫ  
СУЩЕСТВЕННЫЕ СВОЙСТВА  
ИССЛЕДУЕМОГО ОБЪЕКТА.

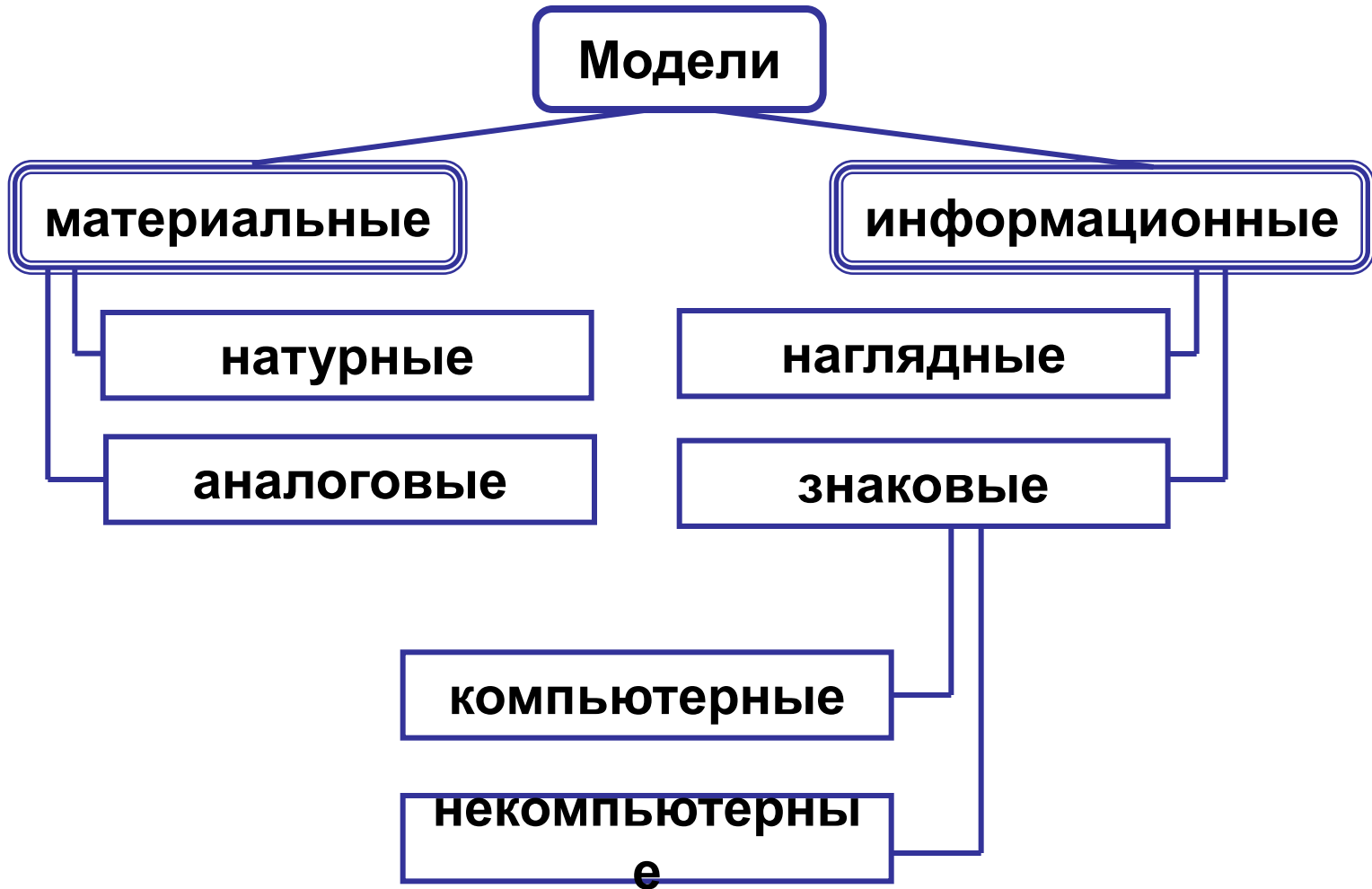
# Цели моделирования

---

1. Интерпретация прошлого поведения объекта и обобщение имеющихся знаний о нем на основе выявления основных причинно-следственных связей.
2. Предсказание будущего поведения объекта – **прогноз**: при варьировании условий испытания объекта (влияние внешних электрических и магнитных полей, колебания температуры, давления и т. д.), при имитации экстремальных режимов работы объекта.
3. Обновление и совершенствование ранее построенной модели на основе получения новой информации об оригинале.
4. Оптимизация параметров системы или ее структуры.
5. Создание алгоритма оптимального управления системой с точки зрения заданного критерия.

# Классификация моделей по способу моделирования

---



# Классификация моделей по способу моделирования

---

**Материальные модели** еще называют предметными, физическими. Они воспроизводят геометрические и физические свойства оригинала и всегда имеют реальное воплощение.

**Информационная модель** – это совокупность информации, характеризующая свойства объекта, процесса или явления.

**Наглядные модели** – образные модели (похожие на объект: рисунок, фото) и схематические модели (использующие графические и символные обозначения).

**Знаковые модели** – сформулированные на естественном или искусственном языке (описательные (словесные), табличные, математические, компьютерные).



# Классификация моделей по способу представления системы (объекта)

---

1. **Черный ящик.** Указания входов, выходов и совокупности связей между входами и выходами. При этом не рассматривается, что происходит внутри системы и как она устроена.



# Классификация моделей по способу представления системы (объекта)

---

## 2. **Пространство состояний**. Задаются:

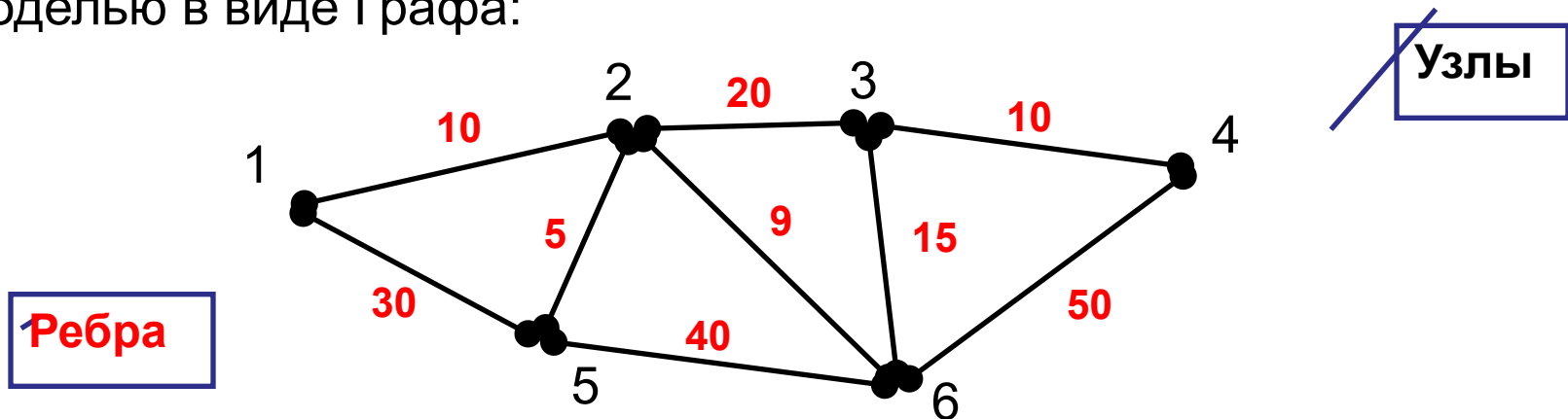
- форма описания состояний (перечень возможных состояний или их характеристики);
- законы перехода из одного состояния в другое (множество правил перехода или зависимости между параметрами);
- при использовании моделирования для управления системой задаются также цели управления.

Модель «**Конечный автомат**» описывает систему, сравнимую с работой светофора, который переключает режимы работы (**цвета**) в зависимости от поставленной задачи (**регулировка движения, без регулировки движения** (мигающий желтый), **регулировка движения с оптимизацией** (автоматический подбор интервалов работы режимов))

# Классификация моделей по способу представления системы (объекта)

**3. Структурное моделирование.** Описание взаимодействия элементов системы, например материальных, финансовых, миграционных трудовых и т.п. потоков между регионами страны.

Модель для решения «**Задача коммивояжера**» описывает выбор оптимального (по времени и стоимости) маршрута передвижения представителя компании по клиентам. Данная задача описывается моделью в виде Графа:



# Классификация моделей по свойствам математической и компьютерной моделей

---

1. **Статические модели**, описывающие состояние системы в определенный момент времени (распределение нагрузки по длине балки; состав населения по возрастным группам);

**Динамические модели**, отражающие изменение во времени (движение краев колеблющейся балки; изменение рождаемости, смертности, численности населения по годам).

# Классификация моделей по свойствам математической и компьютерной моделей

---

**2. Детерминированные модели**, позволяющие получить однозначно определенный результат (каким будет ток при заданных напряжении и сопротивлении);

**Стохастические (вероятностные) модели**, позволяющие предсказать только вероятность каждого возможного результата (пол ребенка; выигрыш в лотерею).

# Классификация моделей по свойствам математической и компьютерной моделей

---

**3. Непрерывные модели**, в которых для переменных возможны любые значения из определенного интервала (скорость, путь, ток);

**Дискретные модели**, в которых переменная может принимать только одно из конечного множества значений (номер выбранного проекта или исполнителя работ).

# Требования к модели

---

1. Наглядность построения.
2. Обозримость основных свойств и отношений.
3. Доступность ее для исследования или воспроизведения.
4. Простота исследования, воспроизведения.
5. Сохранение информации, содержащиеся в оригинале (с точностью рассматриваемых при построении модели гипотез) и получение новой информации.

# Свойства модели

---

1. **Конечность**: модель отображает оригинал лишь в конечном числе его отношений и, кроме того, ресурсы моделирования конечны.
2. **Упрощенность**: модель отображает только существенные стороны объекта.
3. **Приблизительность**: действительность отображается моделью грубо или приблизительно.
4. **Адекватность**: модель успешно описывает моделируемую систему.
5. **Информативность**: модель должна содержать достаточную информацию о системе - в рамках гипотез, принятых при построении модели.



1. Концептуальное
2. Физическое
3. Структурно-функциональное
4. Математическое (логико-математическое)
5. Имитационное (программное)

# 1. Концептуальное моделирование

---

Совокупность уже известных фактов или представлений относительно исследуемого объекта или системы истолковывается с помощью некоторых специальных знаков, символов, операций над ними или с помощью естественного или искусственного языков.

## 2. Физическое моделирование

---

Модель и моделируемый объект представляют собой реальные объекты или процессы единой или различной физической природы, причем между процессами в объекте-оригинале и в модели выполняются некоторые соотношения подобия, вытекающие из схожести физических явлений.

Например, механическую систему можно заменить электрической.

### 3. Структурно-функциональное моделирование

---

Моделями являются схемы (блок-схемы), графики, чертежи, диаграммы, таблицы, рисунки, дополненные специальными правилами их объединения и преобразования.

## 4. Математическое моделирование

---

Моделирование, включая построение модели, осуществляется средствами математики и логики.

### Пример:

Математическая модель  $M$ , описывающая систему

$S(x_1, x_2, \dots, x_n; R)$ , имеет вид:  $M = (z_1, z_2, \dots, z_m; Q)$ ,

где  $z_i \in Z$ ,  $i=1, 2, \dots, m$ ,  $Q, R$  – множества отношений над

$X$  – множеством входных, выходных сигналов и состояний

системы и  $Z$  – множеством описаний, представлений

элементов и подмножеств  $X$ , соответственно.

## 5. Имитационное моделирование

---

Логико-математическая модель исследуемого объекта представляет собой алгоритм функционирования объекта, реализованный в виде программного комплекса для компьютера.

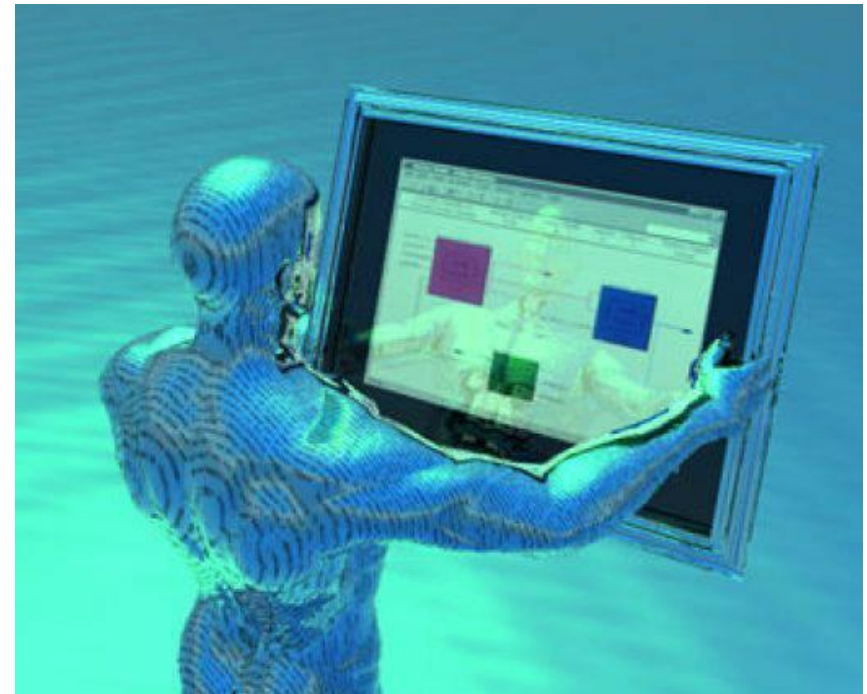
Разновидностью компьютерного моделирования является **вычислительный эксперимент**.

Если среда, в которой будет функционировать эксперт (человек или система), **труднодоступна** или представляет собой опасность для человеческой жизни или здоровья, то существенно возрастают затраты на доступ и обеспечение безопасности. Поэтому в таких ситуациях целесообразно использовать механизмы и вычислительные системы, реализующие программу некоторой **экспертной системы**.

**Экспертная система** – компьютерная программа, способная частично заменить специалиста-эксперта в разрешении проблемной ситуации.

## Классификация ЭС по решаемой задаче

- Интерпретация данных
- Диагностирование
- Мониторинг
- Проектирование
- Прогнозирование
- Сводное Планирование
- Обучение
- Управление
- Ремонт
- Отладка





**Ядро** экспертной системы является некоторой программой, обрабатывающей знания, представленные в виде некоторых структурированных единиц – онтологий (например, с помощью языка разметки гипертекста HTML).

Сходство экспертных систем с прочими прикладными программами заключается в том, что они предназначены для решения определенного круга задач.

# Основные функции компьютера при моделировании

---

- вспомогательное средство для решения задач, решаемых обычными вычислительными средствами, алгоритмами, технологиями;
- средство постановки и решения новых задач, не решаемых традиционными средствами, алгоритмами, технологиями;
- средство конструирования компьютерных обучающе-моделирующих сред;
- средство моделирования для получения новых знаний;
- "обучение" новых моделей (самообучающиеся модели).

# Операции над моделями

---

1. Линеаризация
2. Идентификация
3. Агрегирование
4. Декомпозиция
5. Сборка
6. Макетирование
7. Экспертиза
8. Вычислительный эксперимент

# 1. Линеаризация

---

Пусть  $M=M(X,Y,A)$ , где  $X$  – множество входов,  $Y$  – выходов,  $A$  – состояний системы. Схематически можно это изобразить:  $X \Rightarrow A \Rightarrow Y$

Если  $X$ ,  $Y$ ,  $A$  – линейные пространства (множества), то система (модель) называется линейной. Другие системы (модели) – нелинейные. Нелинейные системы трудно поддаются исследованию, поэтому их часто линеаризуют – сводят к линейным каким-то образом.

## 2. Идентификация

---

Пусть  $M=M(X,Y,A)$ ,  $A=\{a_i\}$ ,  $a_i=(a_{i1},a_{i2},\dots,a_{ik})$  - вектор состояния объекта (системы). Если вектор  $a_i$  зависит от некоторых неизвестных параметров, то задача идентификации (модели, параметров модели) состоит в **определении** по некоторым дополнительным условиям, например, экспериментальным данным, характеризующим **состояние системы** в некоторых случаях. Идентификация - решение задачи построения по результатам наблюдений математических моделей, описывающих адекватно поведение реальной системы.

## 3. Агрегирование

---

Операция состоит в преобразовании (сведении) модели к модели (моделям) меньшей размерности  $(X, Y, A)$ .

Операция состоит в разделении системы (модели) на подсистемы (подмодели) с сохранением структур и принадлежности одних элементов и подсистем другим.

## 5. Сборка

---

Операция состоит в преобразовании системы, модели, реализующей поставленную цель из заданных или определяемых подмоделей (структурно связанных и устойчивых).



## 6. Макетирование

---

Эта операция состоит в апробации, исследовании структурной связности, сложности, устойчивости с помощью макетов или подмоделей упрощенного вида, у которых функциональная часть упрощена (хотя вход и выход подмоделей сохранены).

## 7. Экспертиза

---

Операция или процедура использования опыта, знаний, интуиции, интеллекта экспертов для исследования или моделирования плохо структурируемых, плохо формализуемых подсистем исследуемой системы.

## 8. Вычислительный эксперимент

---

Это эксперимент, осуществляемый с помощью модели на ЭВМ с целью распределения, прогноза тех или иных состояний системы, реакции на те или иные входные сигналы. Прибором эксперимента здесь является компьютер (и модель).

# Основные функции компьютера при моделировании

---

- выполнять **роль вспомогательного средства** для решения задач, решаемых обычными вычислительными средствами, алгоритмами, технологиями;
- выполнять **роль средства постановки и решения** новых задач, не решаемых традиционными средствами, алгоритмами, технологиями;
- выполнять **роль средства конструирования** компьютерных обучающе-моделирующих сред;
- выполнять **роль средства моделирования** для получения новых знаний;
- выполнять **роль "обучения"** новых моделей (самообучающиеся модели).