### Лекция

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

#### Объекты и их модели

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		Антарктичес кий 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.

#### Моделирование (продолжение)

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).

#### Моделирование (продолжение)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ
НЕВОЗМОЖНО, ЕСЛИ НЕИЗВЕСТНЫ

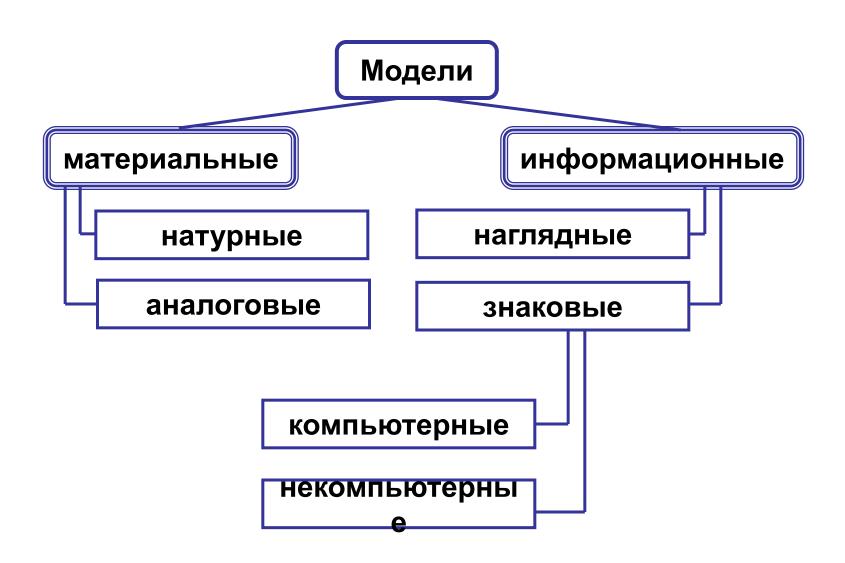
СУЩЕСТВЕННЫЕ СВОЙСТВА

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 символьные 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:

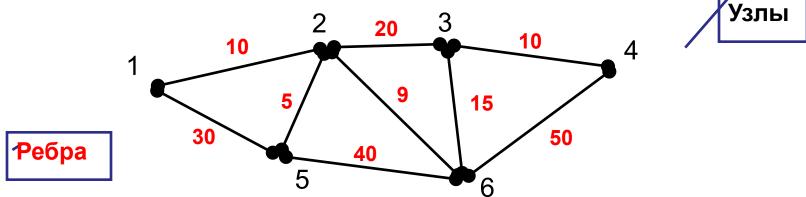
- форма описания состояний (перечень возможных состояний или их характеристики);
  - законы перехода из одного состояния в другое (множество правил перехода или зависимости между параметрами);
- при использовании моделирования для управления системой задаются также цели управления.

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 значение 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, содержавшиеся 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. <u>Упрощенность</u>: модель отображает только существенные стороны объекта.
- 3. <u>Приблизительность</u>: действительность отображается моделью грубо или приблизительно.
- 4. <u>Адекватность</u>: модель успешно описывает моделируемую систему.
- 5. <u>Информативность</u>: модель должна содержать достаточную информацию о системе в рамках гипотез, принятых при построении модели.

#### Виды моделирования

- 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 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.

<u>Например</u>, 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.

#### <u>Пример:</u>

Математическая модель M, описывающая систему  $S(x_1,x_2,...,x_n;R)$ , имеет вид:  $M=(z_1,z_2,...,z_m;Q)$ , где  $z_i \in Z$ , i=1,2,...,n, 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.

#### Экспертные системы (ЭС)

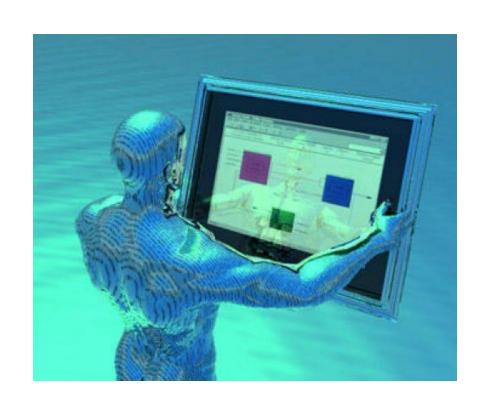
Если среда, в которой будет функционировать эксперт (человек или система), труднодоступна или представляет собой опасность для человеческой жизни или здоровья, то существенно возрастают затраты на доступ и обеспечение безопасности. Поэтому в таких ситуациях целесообразно использовать механизмы и вычислительные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

#### Экспертные системы (ЭС)

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



#### Экспертные системы (ЭС)

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 обучающемоделирующих сред;
- <u>средство моделирования</u> для получения новых знаний;
- <u>"обучение"</u> 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 => A => 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),  $A=\{a_i\}$ ,  $a_i=(a_{i1},a_{i2},...,a_{ik})$ состояния объекта (системы). Если вектор а, зависит от некоторых неизвестных параметров, то задача идентификации (модели, параметров модели) состоит **определении** по В 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).

#### 4. Декомпозиция

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