

Лекция 3

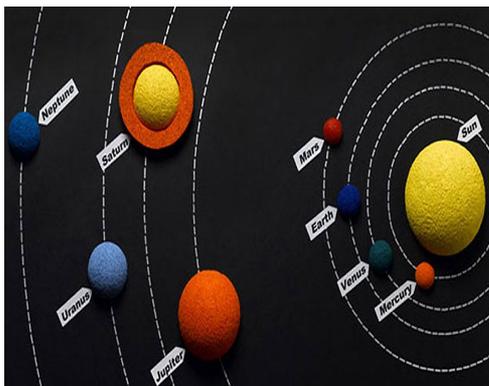
МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

- Рассматриваемые вопросы:

- 1. Понятие модели и моделирования в системе управления;
- 2. Принципы построения модели;
- 3. Классификация моделирования.

ПОНЯТИЕ МОДЕЛИ И МОДЕЛИРОВАНИЯ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ

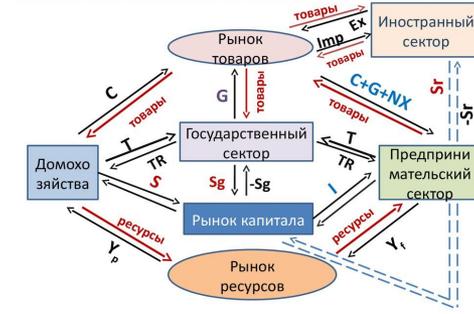
□ *Модель — это копия реального объекта, обладающая его основными характеристиками и способная имитировать его поведение.*



Определите класс моделей
Математические модели

$c^2 = a^2 + b^2$

4-х секторная (открытая) модель экономики



Модель - таблица

1.	Расстояние S	Скорость V	Время t	$S=V \cdot t$
2.	Работа A	Производительность V	Время t	$A=V \cdot t$
3.	Стоимость C	Цена a	Количество n	$C=a \cdot n$

ПОНЯТИЕ МОДЕЛИ И МОДЕЛИРОВАНИЯ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ

- **Модель должна соответствовать некоторым требованиям:**
- **1.** Достаточно полно отражать особенности и сущность исследуемого объекта, чтобы можно было замещать его при исследовании.
- **2.** Представлять объект в упрощенном виде, но с допустимой степенью простоты для данного вида и цели исследования.
- **3.** Давать возможность перехода от модельной информации к реальной. Это должно быть учтено в правилах построения модели.

ПОНЯТИЕ МОДЕЛИ И МОДЕЛИРОВАНИЯ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ

- **Моделирование наиболее эффективно тогда, когда исследователь имеет дело с хорошо структурированными проблемами, когда достаточно информации для оценки ситуаций и проблем, когда отработана методология работы с моделями.**

Моделирование

– это процесс построения моделей для исследования и изучения объектов, процессов, явлений.

ПОНЯТИЕ МОДЕЛИ И МОДЕЛИРОВАНИЯ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ

- Наиболее известными трудностями использования моделей в исследовании систем управления являются следующие:
- очень высокая стоимость,
- недостоверная исходная информация об объекте,
- чрезмерное упрощение характеристик,
- ошибки в методологии моделирования.



ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛИ

- 1. **Адекватность.** Этот принцип предусматривает соответствие модели целям исследования по уровню сложности и организации, а также соответствие реальной системе относительно выбранного множества свойств. До тех пор, пока не решен вопрос правильно ли отображает модель исследуемую систему, ценность модели незначительна.

АДЕКВАТНОСТЬ МОДЕЛЕЙ

Адекватность - степень совпадения свойств модели и моделируемого объекта.



Модель также может быть НЕ АДЕКВАТНОЙ.
Это значит, что модель не соответствует тому объекту, который она заменяет.

Пример: цель чертежа детали – предоставить рабочему необходимую для ее изготовления информацию. Если эта цель не достигнута, то модель выполнена плохо, если достигнута – хорошо.

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛИ

- 2. **Соответствие модели решаемой задаче.** Модель должна строиться для решения определенного класса задач или конкретной задачи исследования системы. Попытки создания универсальной модели, нацеленной на решение большого числа разнообразных задач, приводят к такому усложнению, что она оказывается практически непригодной.



ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛИ

- **3. Упрощение при сохранении существенных свойств системы.** Модель должна быть в некоторых отношениях проще прототипа — в этом смысл моделирования. Чем сложнее рассматриваемая система, тем по возможности более упрощенным должно быть ее описание, умышленно утрирующее типичные и игнорирующее менее существенные свойства. Этот принцип может быть назван принципом абстрагирования от второстепенных деталей.



ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛИ

- 4. **Соответствие между требуемой точностью результатов моделирования и сложностью модели.** Модели по своей природе всегда носят приближенный характер. Возникает вопрос, каким должно быть это приближение. С одной стороны, чтобы отразить все сколько-нибудь существенные свойства, модель необходимо детализировать. С другой стороны, строить модель, приближающуюся по сложности к реальной системе, очевидно, не имеет смысла. Она не должна быть настолько сложной, чтобы нахождение решения оказалось слишком затруднительным.

Модель Портера

- основные бизнес-процессы;
- поддерживающие бизнес-процессы.



ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛИ

- **5.Баланс погрешностей различных видов.** В соответствии с принципом баланса необходимо добиваться, например, баланса систематической погрешности моделирования за счет отклонения модели от оригинала и погрешности исходных данных, точности отдельных элементов модели, систематической погрешности моделирования и случайной погрешности при интерпретации и осреднении результатов.

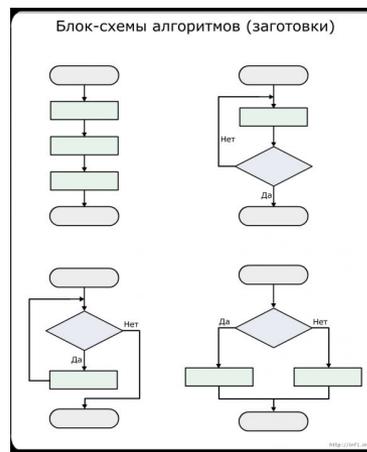
ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛИ

- **6. Многовариантность реализаций элементов модели.** Разнообразие реализаций одного и того же элемента, отличающихся по точности (а следовательно, и по сложности), обеспечивает регулирование соотношения «точность/сложность».



ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛИ

- **7.Блочное строение.** При соблюдении принципа блочного строения облегчается разработка сложных моделей и появляется возможность использования накопленного опыта и готовых блоков с минимальными связями между ними. Выделение блоков производится с учетом разделения модели по этапам и режимам функционирования системы. К примеру, при построении модели Для системы радиоразведки можно выделить модель работы излучателей, модель обнаружения излучателей, модель пеленгования и т.д.



ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛИ

- В зависимости от конкретной ситуации возможны следующие подходы к построению моделей:
- непосредственный анализ функционирования системы;
- проведение ограниченного эксперимента на самой системе;
- использование аналога;
- анализ исходных данных.

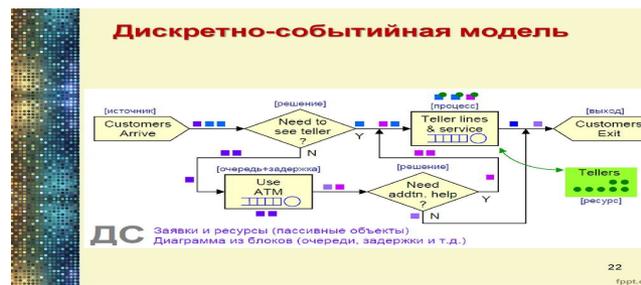
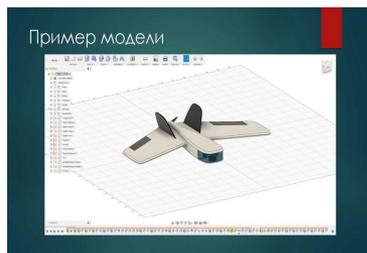
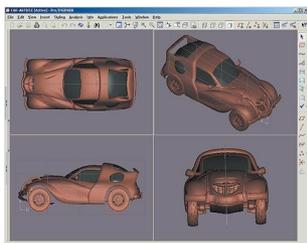


КЛАССИФИКАЦИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ



КЛАССИФИКАЦИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ

- При **полном** моделировании модели идентичны объекту во времени и пространстве.
- Для **неполного** моделирования эта идентичность не сохраняется.
- В основе **приближенного** моделирования лежит подобие, при котором некоторые стороны реального объекта не моделируются совсем. Теория подобия утверждает, что абсолютное подобие возможно лишь при замене одного объекта другим точно таким же. Поэтому при моделировании абсолютное подобие не имеет места. Исследователи стремятся к тому, чтобы модель хорошо отображала только исследуемый аспект системы. Например, для оценки помехоустойчивости дискретных каналов передачи информации функциональная и информационная модели системы могут не разрабатываться. Для достижения цели моделирования вполне достаточна событийная модель, описываемая матрицей условных вероятностей переходов i -го символа алфавита в j -й.



КЛАССИФИКАЦИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ

- **Детерминированное** моделирование отображает процессы, в которых предполагается отсутствие случайных воздействий.
- **Стохастическое** моделирование учитывает вероятностные процессы и события.

Детерминированная модель с непрерывно меняющимися переменными

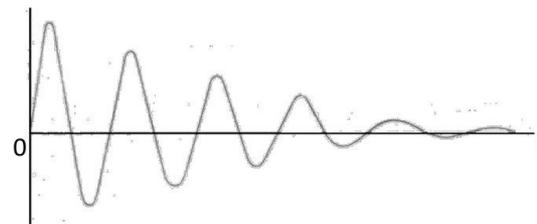
Определить оптимальный портфель заказов предприятия:

$$\begin{cases} \sum_i x_i c_i \rightarrow \max; \\ \forall j: \sum_i x_i a_{i,j} \leq b_j; \\ \forall i: x_i \geq 0, \end{cases}$$

где: x_i – объем выпускаемой продукции i -го вида; c_i – стоимость единицы выпускаемой продукции i -го вида; b_j – ресурс сырья j -го вида; a_{ij} – затраты сырья j -го вида на единицу продукции i -го вида.

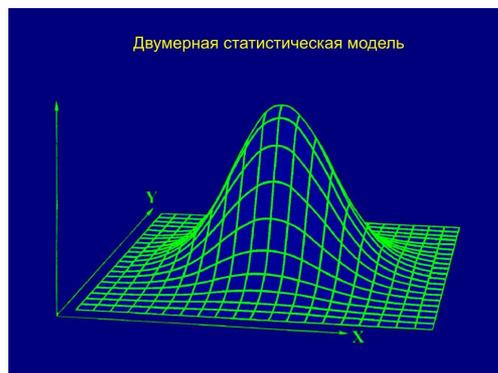
Стохастическая модель

Цель исследования стохастической модели – нахождение характеристик объекта моделирования в стационарном состоянии (стационарные вероятности), т.е. состояние объекта, когда время стремится к бесконечности ($t \rightarrow \infty$).



КЛАССИФИКАЦИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ

- **Статическое моделирование** служит для описания состояния объекта в фиксированный момент времени, а динамическое — для исследования объекта во времени. При этом оперируют аналоговыми (непрерывными), дискретными и смешанными моделями.
- **Динамическое моделирование** — инструмент прогнозирования и планирования в неопределенных динамично развивающихся ситуациях.



КЛАССИФИКАЦИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ

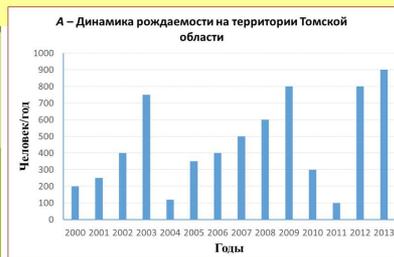
В дискретном моделировании функционирование системы представляется как хронологическая последовательность событий.

Непрерывное моделирование — создание компьютерной модели физической системы, которая **непрерывно** отслеживает реакцию системы в соответствии с набором уравнений, включающих дифференциальные уравнения.

Дискретно-непрерывное моделирование - одновременное использование дискретного и непрерывного моделирования.

Дискретные и непрерывные модели:

Примеры: Дискретная модель



Дискретные и непрерывные модели:

Примеры: Непрерывная модель



КЛАССИФИКАЦИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ

- **Мысленное** моделирование применяется тогда, когда модели не реализуемы в заданном интервале времени либо отсутствуют условия для их физического создания (например, ситуация микромира). Мысленное моделирование реальных систем реализуется в виде наглядного, символического и математического. Для представления функциональных, информационных и событийных моделей этого вида моделирования разработано значительное количество средств и методов.
- При **реальном** моделировании используется возможность исследования характеристик либо на реальном объекте целиком, либо на его части. Такие исследования проводятся как на объектах, работающих в нормальных режимах, так и при организации специальных режимов для оценки интересующих исследователя характеристик (при других значениях переменных и параметров, в другом масштабе времени и т.д.). Реальное моделирование является наиболее адекватным, но его возможности ограничены.

КЛАССИФИКАЦИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ

- При **наглядном** моделировании на базе представлений человека о реальных объектах создаются наглядные модели, отображающие явления и процессы, протекающие в объекте. Примером таких моделей являются учебные плакаты, рисунки, схемы, диаграммы.
- **Символическое** моделирование представляет собой искусственный процесс создания логического объекта, который замещает реальный и выражает его основные свойства с помощью определенной системы знаков и символов.



в) символическая модель

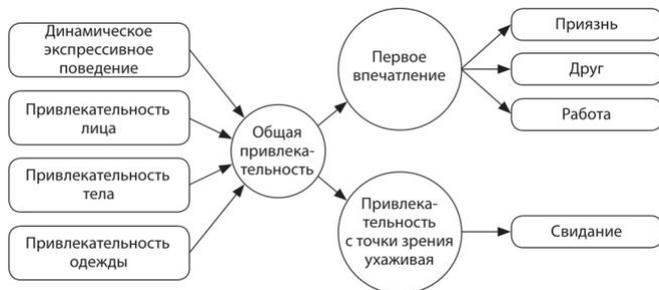
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

$4 < 8$,

так как при счёте называется раньше

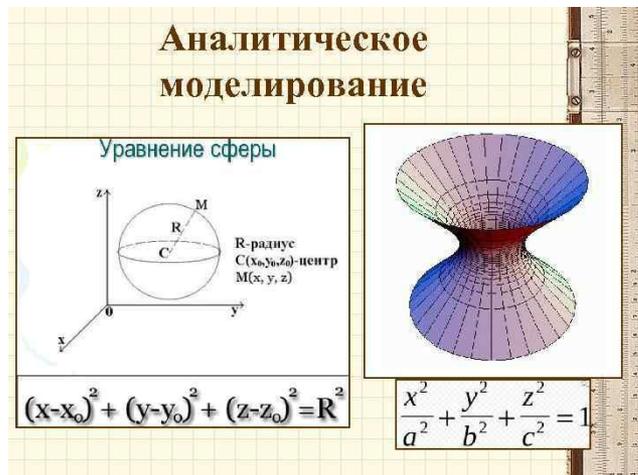
КЛАССИФИКАЦИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ

- ❑ В основу **гипотетического** моделирования закладывается гипотеза о закономерностях протекания процесса в реальном объекте, которая отражает уровень знаний исследователя об объекте и базируется на причинно-следственных связях между входом и выходом изучаемого объекта. Этот вид моделирования используется, когда знаний об объекте недостаточно для построения формальных моделей.
- ❑ **Аналоговое моделирование** основывается на применении аналогий различных уровней. Для достаточно простых объектов наивысшим уровнем является полная аналогия. С усложнением системы используются аналогии последующих уровней, когда аналоговая модель отображает несколько (или только одну) сторон функционирования объекта.
- ❑ **Макетирование** применяется, когда протекающие в реальном объекте процессы не поддаются физическому моделированию или могут предшествовать проведению других видов моделирования. В основе построения мысленных макетов также лежат аналогии, обычно базирующиеся на причинно-следственных связях между явлениями и процессами в объекте.



КЛАССИФИКАЦИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ

- Для **аналитического** моделирования характерно то, что в основном моделируется только функциональный аспект системы. При этом глобальные уравнения системы, описывающие закон (алгоритм) ее функционирования, записываются в виде некоторых аналитических соотношений (алгебраических, интегродифференциальных, конечноразностных и т.д.) или логических условий.
- При **имитационном** моделировании воспроизводится алгоритм функционирования системы во времени — поведение системы, причем имитируются элементарные явления, составляющие процесс, с сохранением их логической структуры и последовательности протекания, что позволяет по исходным данным получить сведения о состояниях процесса в определенные моменты времени, дающие возможность оценить характеристики системы. Основным преимуществом имитационного моделирования по сравнению с аналитическим является возможность решения более сложных задач.



КЛАССИФИКАЦИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ

- ▣ **Комбинированное (аналитико-имитационное)** моделирование позволяет объединить достоинства аналитического и имитационного моделирования. При построении комбинированных моделей производится предварительная декомпозиция процесса Функционирования объекта на составляющие подпроцессы, и для тех из них, где это возможно, используются аналитические модели, а для остальных подпроцессов строятся имитационные модели.
- ▣ **Информационное (кибернетическое)** моделирование связано с исследованием моделей, в которых отсутствует непосредственное подобие физических процессов, происходящих в моделях, реальным процессам. В этом случае стремятся отобразить лишь некоторую функцию, рассматривают реальный объект как «черный ящик», имеющий ряд входов и выходов, и моделируют некоторые связи между выходами и входами. Таким образом, в основе информационных (кибернетических) моделей лежит отражение некоторых информационных процессов управления, что позволяет оценить поведение реального объекта.



Кибернетическая модель компании Макдональдс



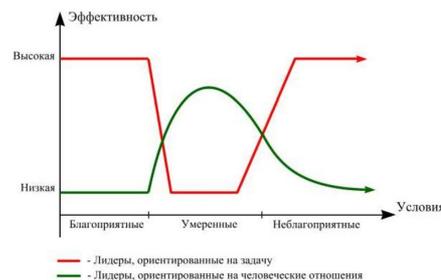
- продукты высочайшего качества «Лучший в мире ресторан быстрого обслуживания»
- обученный персонал

КЛАССИФИКАЦИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ

- **Структурное** моделирование системного анализа базируется на некоторых специфических особенностях структур определенного вида, которые используются как средство исследования систем или служат для разработки на их основе специфических подходов к моделированию с применением других методов формализованного представления систем (теоретико-множественных, лингвистических, кибернетических и т.п.).
- **Ситуационное** моделирование опирается на модельную теорию мышления, в рамках которой можно описать основные механизмы регулирования процессов принятия решений. Основой построения модели является описание объекта в виде совокупности элементов, связанных между собой определенными отношениями, отображающими семантику предметной области.



Ситуационная модель руководства
Ф. Фидлера (1967 г.)



КЛАССИФИКАЦИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ

- **Натурным** моделированием называют проведение исследования на реальном объекте с последующей обработкой результатов эксперимента на основе теории подобия.
- **Физическое моделирование**, отличается от натурального тем, что исследование проводится в установках, которые сохраняют природу явлений и обладают физическим подобием. В процессе физического моделирования задаются некоторые характеристики внешней среды и исследуется поведение либо реального объекта, либо его модели при заданных или создаваемых искусственно воздействиях внешней среды.

Натурные модели

Линкор "Святой Петр"



Бриг "Александр"



Радиуправляемые модели



Физические модели



КЛАССИФИКАЦИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ

- **Научный эксперимент** характеризуется широким использованием средств автоматизации, применением весьма разнообразных средств обработки информации, возможностью вмешательства человека в процесс проведения эксперимента. Одна из разновидностей эксперимента — **комплексные испытания**, в процессе которых вследствие повторения испытаний объектов в целом (или больших частей системы) выявляются общие закономерности о характеристиках качества, надежности этих объектов. В этом случае моделирование осуществляется путем обработки и обобщения сведений о группе однородных явлений. Наряду со специально организованными испытаниями возможна реализация натурального моделирования путем обобщения опыта, накопленного в ходе производственного процесса, т.е. можно говорить о **производственном эксперименте**. Здесь на базе теории подобия обрабатывают статистический материал по производственному процессу и получают его обобщенные характеристики. Необходимо помнить про отличие эксперимента от реального протекания процесса. Оно заключается в том, что в эксперименте могут появиться отдельные критические ситуации и определиться границы устойчивости процесса. В ходе эксперимента вводятся новые факторы возмущающие воздействия в процесс функционирования объекта.

КЛАССИФИКАЦИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ

- **Имитация в реальном времени** относится к компьютерной модели физической системы, которая может работать с той же скоростью, что и фактическое время «настенных часов». Другими словами, компьютерная модель работает с той же скоростью, что и реальная физическая система. Например, если резервуар занимает 10 минут, чтобы заполнить реальный мир, симуляция также займет 10 минут.
- **Модельное время** — это представление физического времени в модели, т.е. время, в масштабе которого организуется работа модели.

