

# Понятие имитационное моделирование

Выполни студенты:

Трошин Е.С.

Прокудина Л.О.

# Имитационное моделирование

- \* Р. Шеннон «Имитационное моделирование систем — искусство и наука»
- \* «Имитационное моделирование является экспериментальной и прикладной методологией, имеющей целью: описать поведение системы; построить теории и гипотезы, которые могут объяснить наблюдаемое поведение; использовать эти теории для предсказания будущего поведения и оценки различных стратегий, обеспечивающих функционирование данной системы»

# Имитационное моделирование и ЭВМ

Имитационное моделирование можно рассматривать как одно из направлений компьютерного моделирования

— как комплексный метод исследования сложных систем на ЭВМ, включающий построение структурных и поведенческих математических моделей системы, выполнение определенной программы вычислительных экспериментов, обработку и интерпретацию результатов этих экспериментов с целью установления закономерностей поведения системы и принятия управляющих и проектных решений.

# История возникновения моделирования

“Simulation” - имитационное  
моделирование,  
вычислительный эксперимент

Данное понятие возникло в середине XX в.  
с появлением сложных технических систем

# Этапы развития

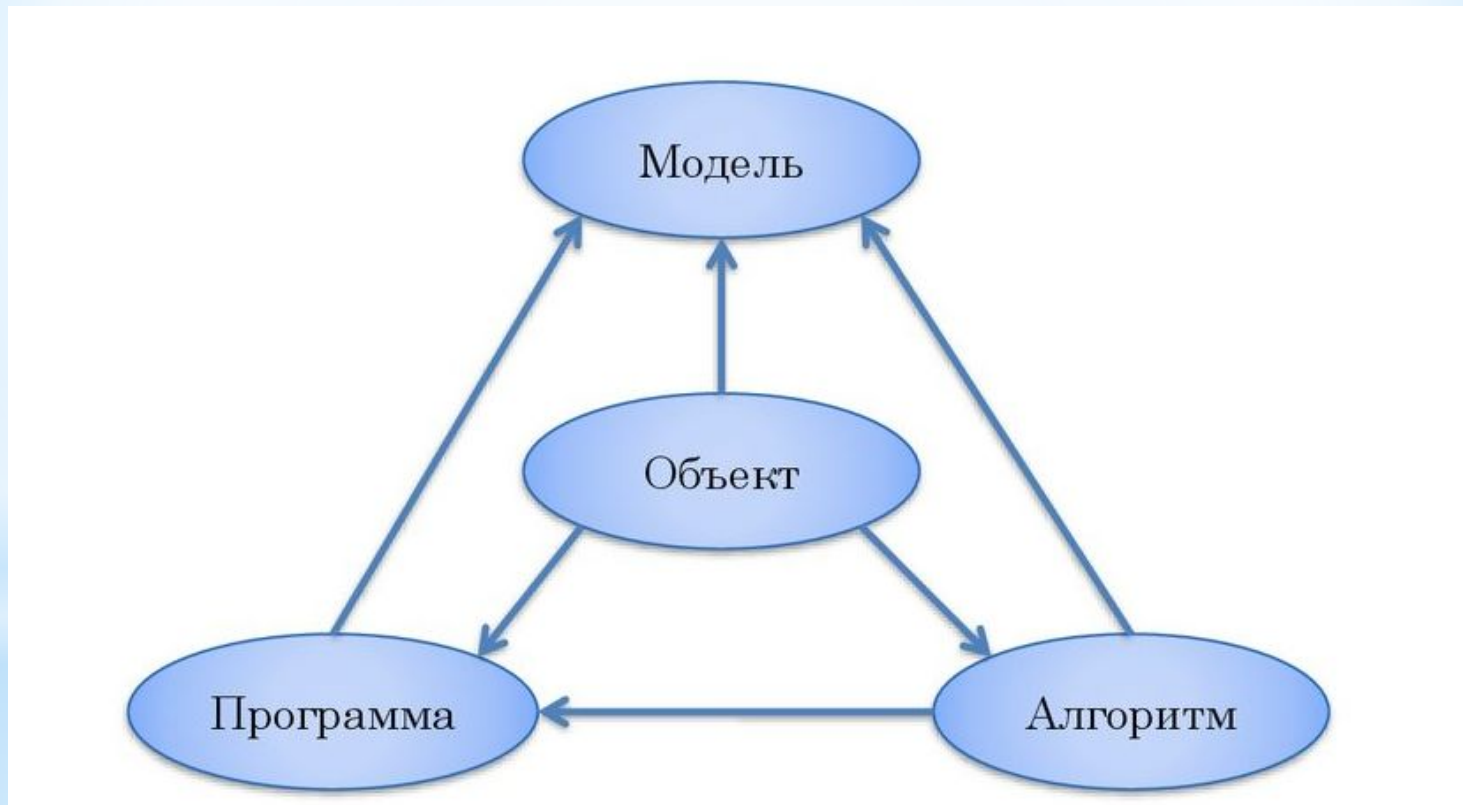
- \* 50-е годы XX века. Появление компьютерного моделирования. Использование универсальных языков программирования (ALGOL, COBOL, FORTRAN).
- \* 60-е годы XX века. Выделение методологии имитационного моделирования в отдельное направление. Появление первых специализированных языков имитационного моделирования (GPSS, SIMSCRIPT, SIMULA).
- \* 70-е годы XX века. Развитие специализированных языков и появление интерактивных средств моделирования.

- \* 80-е годы XX века. Появление ПК. Повышением интереса к моделированию. Публикация книг, посвященных математическому моделированию.
- \* 90-е годы XX века. Развитие методологии. Многочисленные публикации, монографии. Оригинальные частные методики. Совершенствование коммерческого ПО.
- \* 2000-е годы XX века. Становление новых методов и методик имитационного моделирования и системного анализа. Интеграция различных методов

## Огромный вклад в имитационное моделирование внесли

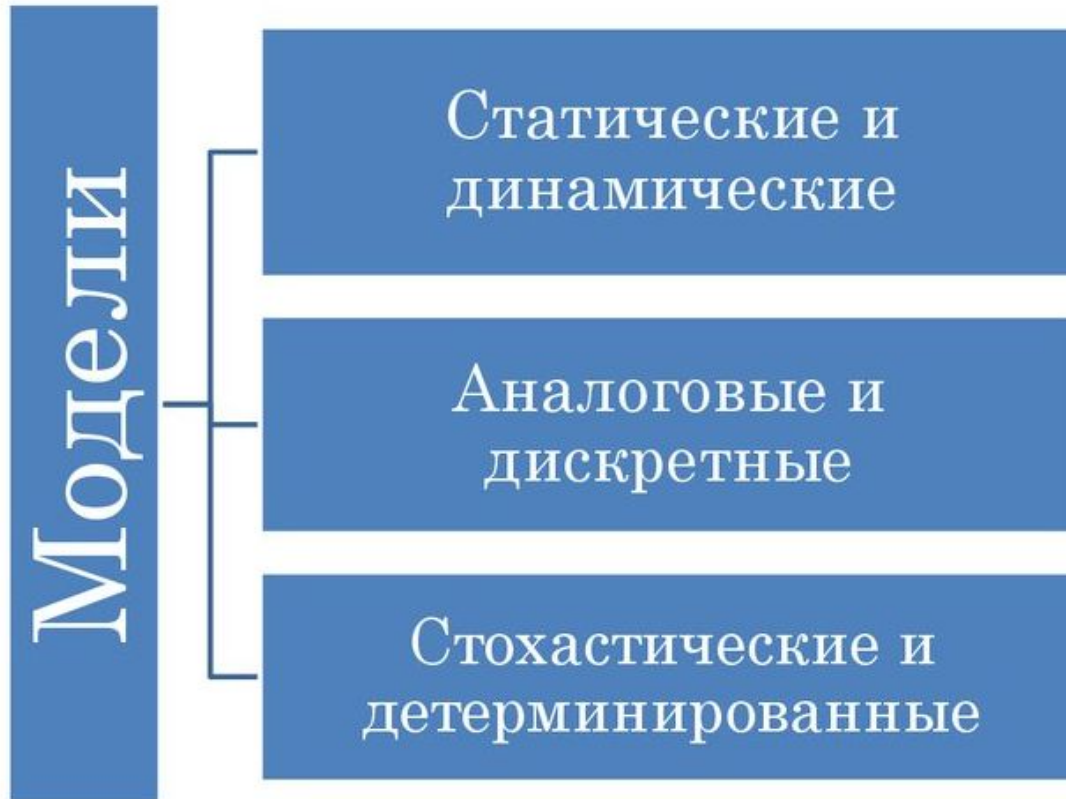
- \* Отечественные ученые:  
Н.П. Бусленко, В.М. Глушков, Т.И. Марчук,  
Н.Н.Моисеев, А.А. Самарский и др.
- \* Зарубежные ученые:  
О. Балчи, Д. Гордон, Т. Нейлор, А. Прицкер,  
Дж.Форрестер, Р. Шеннон и др.

# Составляющие теории имитационного моделирования





# Виды моделей



# Направления развития ИМ

- \* Моделирование непрерывных динамических систем
- \* Дискретно-событийное моделирование
- \* Системная («мировая») динамика
- \* Агентное моделирование

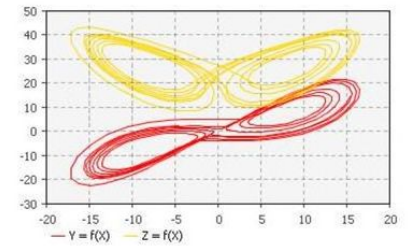
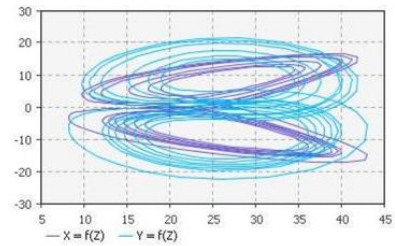
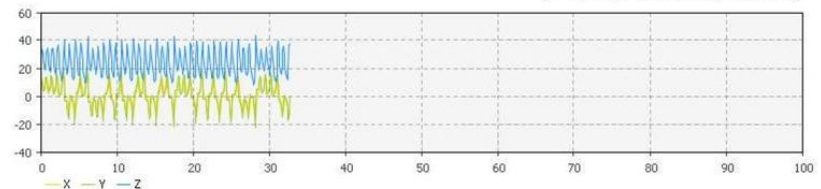
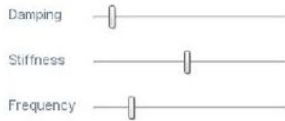
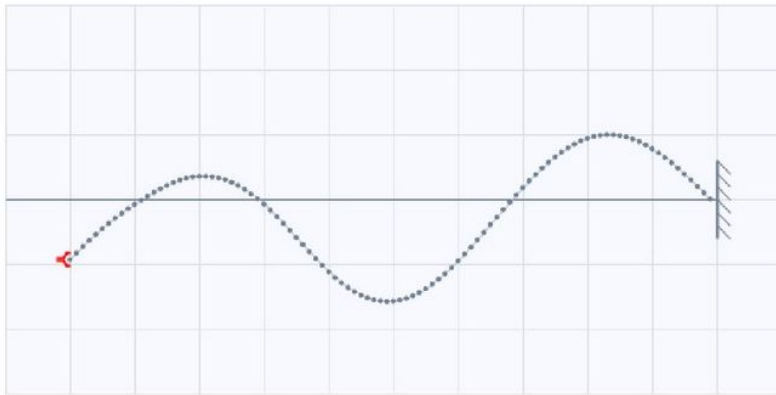
# Моделирование непрерывных динамических систем

Под “динамической системой в широком смысле” понимается объект, функционирующий в непрерывном времени, непрерывно наблюдаемый и изменяющий свое состояние под воздействием внешних и внутренних причин.

\* Описываются алгебраическими или дифференциальными уравнениями

# Моделирование непрерывных динамических систем

Vibrating String - Finite Element Method



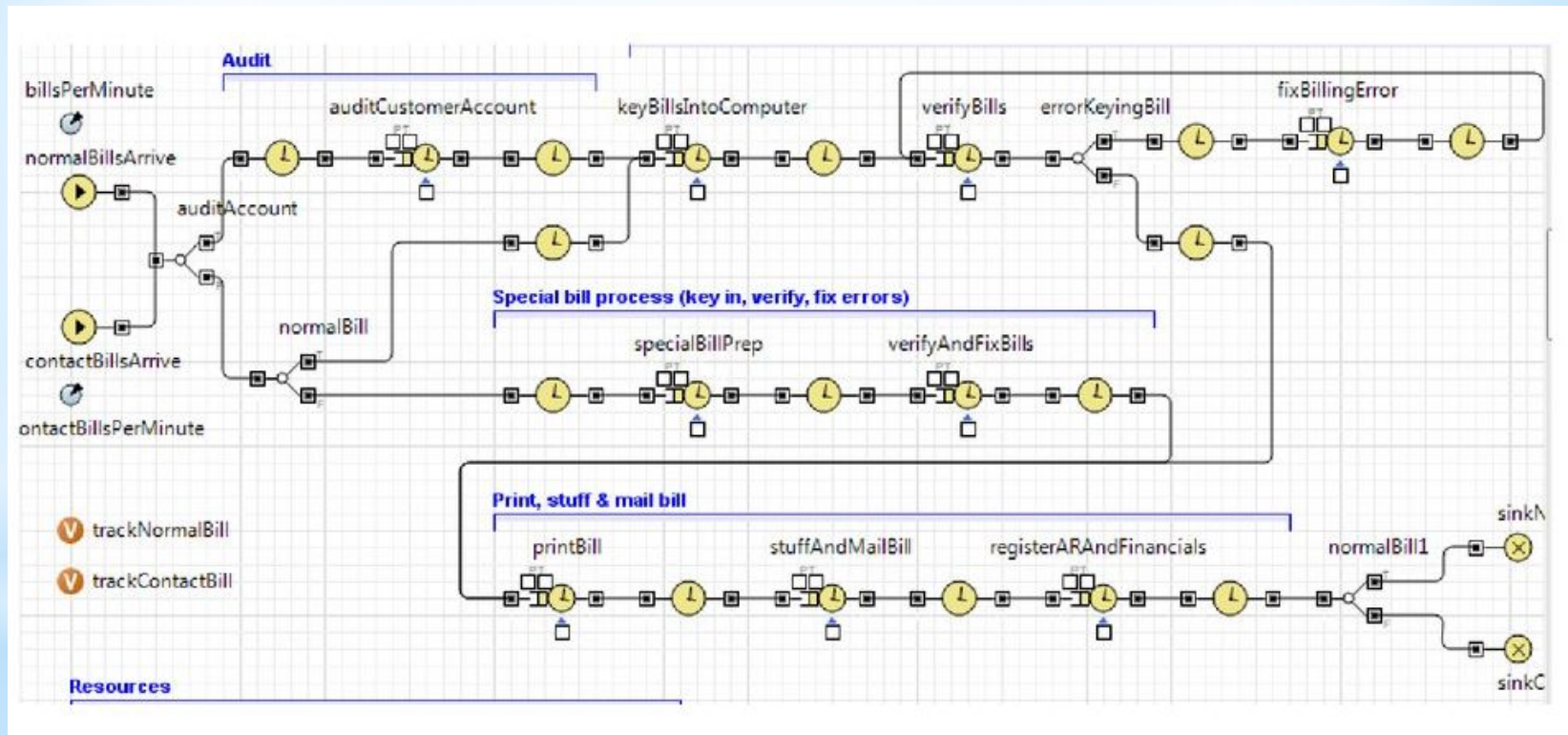
# Дискретно-событийное моделирование

Дискретно-событийное моделирование предлагает абстрагирование от непрерывной природы событий и рассматривает только основные события моделируемой системы («ожидание», «обработка заказа», «движение с грузом», «разгрузка» )

Дискретно-событийное моделирование наиболее развито и имеет огромную сферу приложений — от логистики и систем массового обслуживания до транспортных и производственных систем. Наиболее подходит для моделирования производственных процессов.

\* Основано Джеффри Гордоном в 1960-х годах.

# Дискретно-событийное моделирование



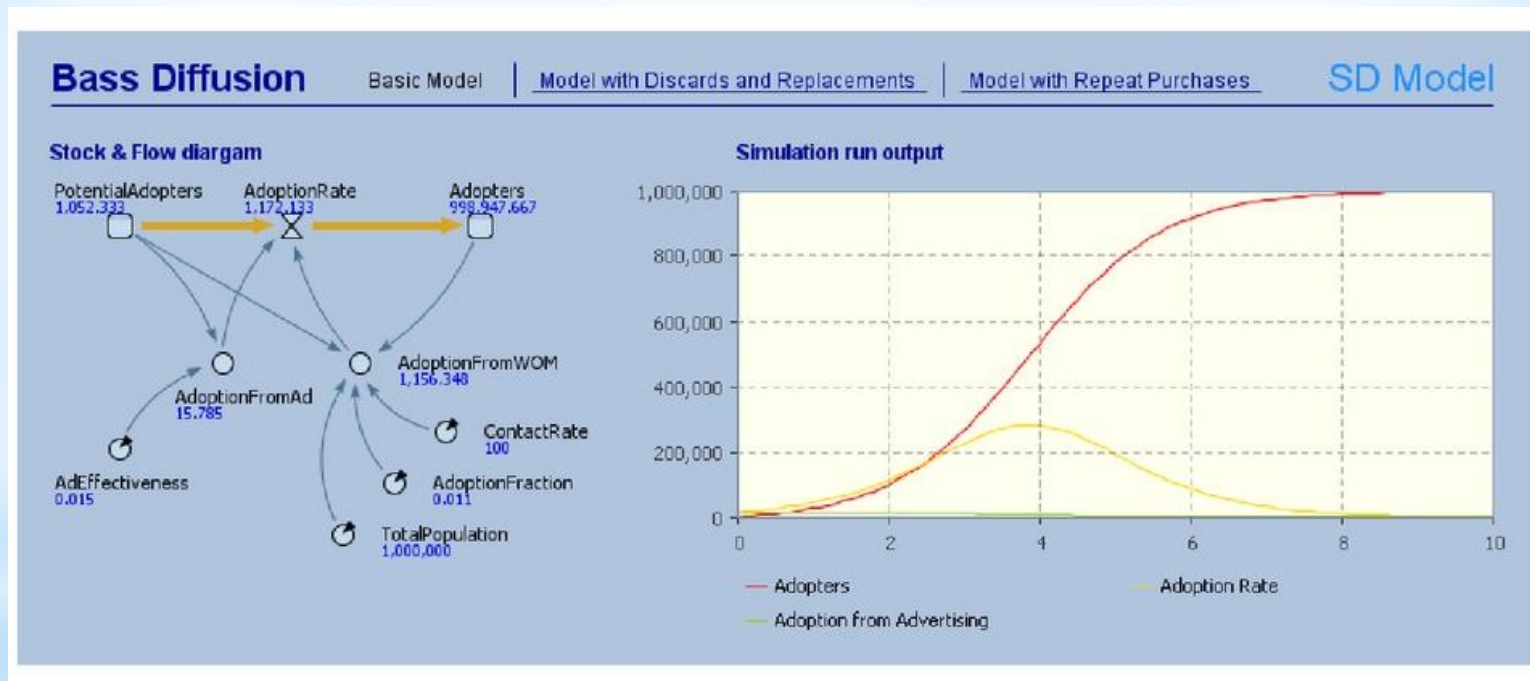
# Системная («Мировая») динамика

Системная («мировая») динамика- парадигма моделирования, где для исследуемой системы строятся графические диаграммы причинных связей и глобальных влияний одних параметров на другие во времени, а затем созданная на основе этих диаграмм модель имитируется на компьютере.

С помощью системной динамики строят модели бизнес-процессов, развития города, модели производства, динамики популяции, экологии и развития эпидемии.

\* Метод основан Джеймсом Форрестером в 1950 годах.

# Системная («Мировая») динамика

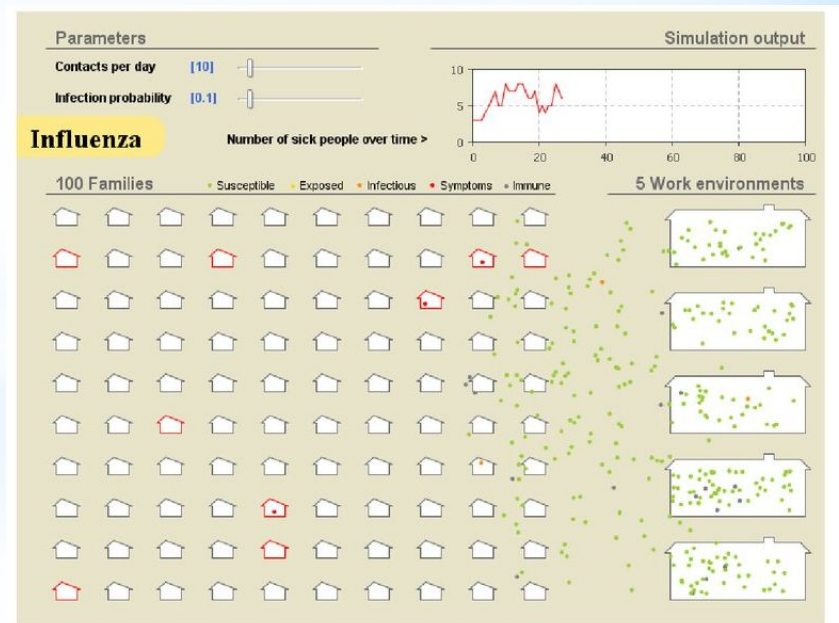
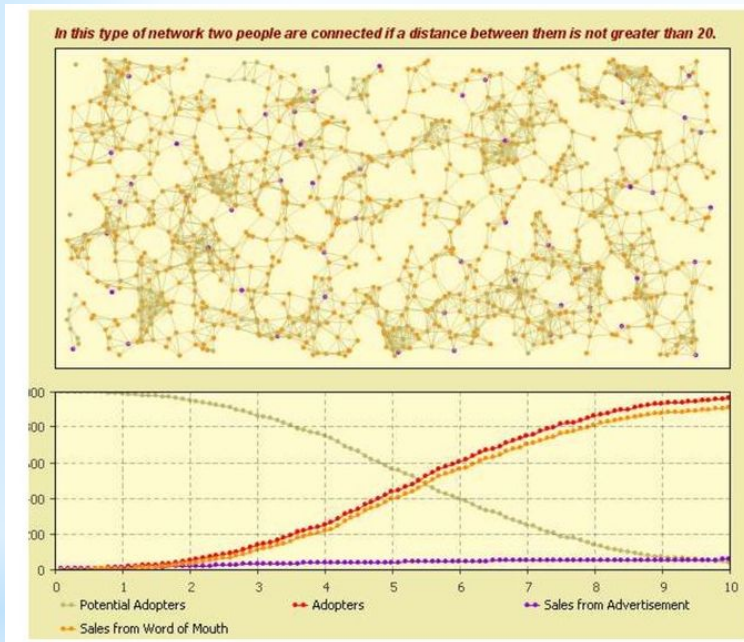




# Агентное моделирование

- \* Агентное моделирование относительно новое (1990-е г.) направление.
- \* Используется для исследования децентрализованных систем, когда правила и законы функционирования системы являются результатом индивидуальной активности членов группы.
- \* Цель агентных моделей – получить представление о глобальных правилах, общем поведении системы, исходя из предположений об индивидуальном, частном поведении её отдельных активных объектов и взаимодействии этих объектов в системе.
- \* Агент – некая сущность, обладающая активностью, автономным поведением, может принимать решения в соответствии с некоторым набором правил, взаимодействовать с окружением, а также самостоятельно

# Агентное моделирование



# Концептуальная база

Концептуальные модели исследуемых систем и процессов, разрабатываемые на начальных этапах моделирования, описываются и формулируются на основе наборов понятий, составляющих концептуальную (терминологическую) базу методики (языка) имитационного моделирования.

Состав концептуальной базы формируется в зависимости от предметной ориентации каждой конкретной методики моделирования.

# Процессно-ориентированный ПОДХОД

- \* Функционирование системы описывается как развивающееся во времени действие, с учетом взаимодействия параллельно протекающих процессов (processes).
- \* Процесс представляет собой цепочку событий, выполнение которых приводит к определенному в алгоритме изменению состояния системы.

# Событийно - ориентированный подход

- \* Событием (events) называется изменение состояния системы, которое происходит мгновенно.
- \* В промежутке между двумя событиями модель остаётся неизменной.
- \* Процесс функционирования системы представляется как последовательность событий, а управление процессом моделирования заключается в выборе и активизации программы, имитирующей соответствующее событие.
- \* Продвижение модели из одного состояния в другое выполняется по определённому алгоритму, который содержит сценарий поведения модели во времени и задает причинно-следственные связи между активизацией событий

# Классический (индуктивный) ПОДХОД

- \* Модель системы строится от частного к общему (снизу-вверх) путем суммирования проработанных ранее отдельных компонент (элементов, блоков, подсистем) в общую модель.
- \* Каждый из элементов системы моделируется отдельно, изолировано от других частей модели.
- \* Рекомендуется для построения простых моделей, в которых легко прослеживается членение объекта на составные части, и в которых возможно представить и описать независимое функционирование отдельных элементов системы.

# Системный (дедуктивный) ПОДХОД

- \* Моделирование ведется от общего к частному (сверху-вниз).
- \* Процесс моделирования начинается с формулировки цели функционирования всей системы.
- \* На основе предварительного описания системы, функции цели и выявленных ограничений формируются некие подсистемы обеспечивающих имитацию общего функционирования системы.
- \* Отдельные части модели разрабатываются сразу во взаимной связи, исходя из единой системной цели

# Состав имитационной модели

- \* Описание структуры системы, как совокупность взаимодействующих элементов (структурная модель);
- \* Аналитическое или алгоритмическое описание функционирования каждого из отдельных элементов (функциональные математические модели);
- \* Алгоритм взаимодействия различных элементов между собой и с внешней средой во времени (моделирующий алгоритм).



# Этапы моделирования

- \* Концептуальное моделирование (описание) системы, обеспечивающее выявление ее структуры, то есть состава, расположения и взаимной связи элементов, составляющих систему, а также выделение особенностей поведения системы в целом.
- \* Разработка или выбор математической модели для описания поведения каждого элементарного блока системы, которое можно назвать формализацией описания системы.
- \* Программирование, представляющее собой описание структуры и поведения системы на специализированном языке моделирования.
- \* Проведение серии вычислительных экспериментов с компьютерной программой, собственно и представляющей собой имитационную модель.
- \* Обработку и интерпретацию численных результатов моделирования.

# Время в моделировании

- \* Физическое время (physical) – это то реальное время, которое соответствует непрерывному равномерному и последовательному течению
- \* Модельное (системное) время (system time) - физических процессов в моделируемой системе. это представление физического времени в модели. В дискретно-событийных моделях оно прерывисто и разделено на равномерные или неравномерные интервалы.
- \* Процессорное время (wallclock time) – это время работы моделирующей программы на компьютере.
- \* Моделирование в реальном времени (real time) - если модельное и процессорное время синхронизированы

# Характеристики ПО для имитационного моделирования

- \* Гибкость и универсальность
- \* Простота и легкость практического применения
- \* Интуитивно понятный интерфейс
- \* Наличие интерактивных средств отладки программы
- \* Возможности импорта и экспорта данных
- \* Наличие средств статистического анализа и обработки результатов

# Языки имитационного моделирования

Для имитационного моделирования используются проблемно-ориентированные процедурные языки:

- \* Непрерывные (DYNAMO)
- \* Дискретные (GPSS World)
- \* Комбинированные

# MathWorks MatLab

- \* Возможности MATLAB позволяют автоматизировать разработку компьютерных программ, производящих матричные вычисления, реализующих функции линейной алгебры, статистики, анализа Фурье, решение дифференциальных уравнений и многие другие математические схемы.
- \* Включает в свой состав специализированную подсистему Simulink, представляющую собой интерактивную среду для моделирования и анализа динамических систем.

# MatLab Simulink

The image displays the Simulink software interface, which is used for modeling, simulating, and analyzing dynamic systems. The interface is divided into several windows:

- Library Browser:** Located on the left, it shows various Simulink blocks categorized by function, such as "Sources", "Sinks", "Discrete", "Linear", "Nonlinear", and "Continuous".
- Model Canvas:** The main workspace where the system model is built. It features a top menu bar (File, Edit, View, Simulation, Analysis, Code, Tools, Help) and a toolbar with icons for simulation control.
- Top Diagram:** A detailed block diagram of a control system. It includes a "Clock" block, a "Gain" block (0.002), a "Fcn" block, a "Derivative" block, and several "Mux" blocks. The diagram uses integrators (1/s) and gain blocks to represent the system's dynamics.
- Bottom Diagram:** A block diagram of a vehicle simulation model. It includes "User Inputs" (Brake, Throttle), an "Engine" block, a "shift\_logic" block, a "transmission" block, and a "Vehicle" block. The diagram shows the flow of torque and speed between these components.

The interface also displays the "SIMULINK" logo and the version information: "Simulink Embedded Coder 2.2.0 Copyright © 1995-1999 by The MathWorks, Inc. Demo".

# Математический редактор MathCad

- \* Решение линейных и нелинейных уравнений и систем в численном и символьном виде;
- \* Численное и символьное дифференцирование и интегрирование, символьное вычисление пределов;
- \* Поиск максимума и минимума функции;
- \* Численное решение обыкновенных дифференциальных уравнений и систем, включая краевые задачи;
- \* решение классических задач оптимизации;
- \* анализ статистических данных;
- \* построение двумерных и трехмерных графиков, в том числе с использованием анимации;

# Математический редактор MathCad

Справочник по инженерным расчетам: F:\Program Files\Mathsoft\Mathca...

File Edit View Insert Format Tools Symbolics Book Help

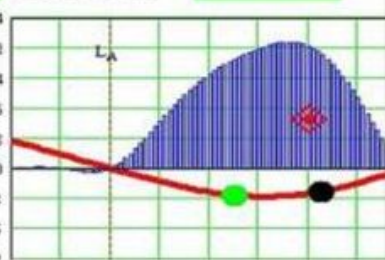
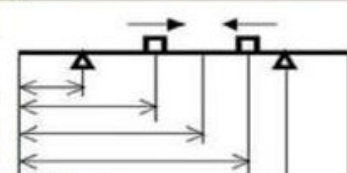
### Движение двух машин по мосту

$\sigma_{max} := U_4$   $x := U_2$   $x := 0, \frac{L}{100} \dots L$   $k := FRAM1$   
 $k := 9$  для создания анимации чтобы пост  
 $t := k \cdot \Delta t$  отключите выражение k поменяйте

друг за другом  $KK=1$  навстречу друг другу  $KK=-1$

Для проигрывания видеоклипов щелкните мышью на этих значках

32-носта1.avi 32-носта1a.avi



$w(x,k)$   
 $M(x,k) \cdot 10^{-6.4}$   
 $w_{P1}(t,k)$   
 $w_{P2}(t,k)$   
 $\sigma_{max,k} \cdot 10^{-9.5}$

Press F1 for help.

Mathcad®

Mathcad - continuation

File Edit View Format Tools Symbolics Book Help

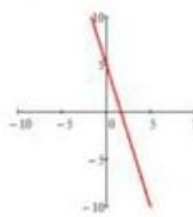
Name: Three Two Ramp

Mathsoft Slider

Move the slider and watch the output change.

slope :=

slope = -3



Калькулятор

Программирование

Add Line  
if otherwise  
for while  
break continue  
return on error

Нажмите F1, чтобы открыть справку.

ABTO NUM Страница 2



# Wolfram Mathematica

- \* Mathematica — система компьютерной алгебры компании Wolfram Research. Содержит множество функций как для аналитических преобразований, так и для численных расчётов.
- \* Кроме того, программа поддерживает работу с графикой и звуком, включая построение двух- и трёхмерных графиков функций, рисование произвольных геометрических фигур, импорт и экспорт изображений и звука.
- \* Mathematica является ведущим программным продуктом для обработки числовых, символьных и графических данных

# Wolfram Mathematica

animate

cycle

number of cylinders  3  5  7  9

draw cylinders

Wolfram Demonstrations Project [demonstrations.wolfram.com](http://demonstrations.wolfram.com)

mode  cylinder  arrow  diameter

circuit element value

steps

$R_1$   $E_0$

$R_2$

$R_3$

4.5 A

rotation

fast mode

show nitrogen

show oxygen

show carbon


show sulfur

zoom

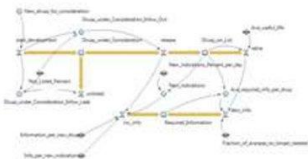
Wolfram Demonstrations Project [demonstrations.wolfram.com](http://demonstrations.wolfram.com)

- \*Среда имитационного моделирования ARENA (ROCKWELL SOFTWARE)
- \*Среда имитационного моделирования EXTENDSIM (IMAGINE THAT INC)
- \*ANYLOGIC (XJ TECHNOLOGIES)

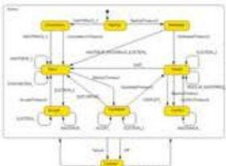
ANYLOGIC




**Stock & Flow Diagrams**



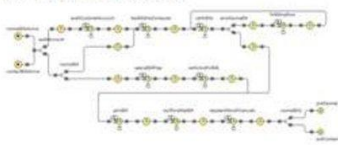

**Statecharts**




**Action charts**



**Process flowcharts**

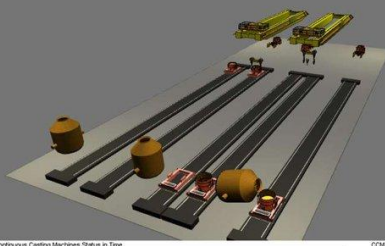
ANYLOGIC



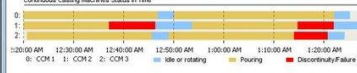
AnyLogic Professional

Steel Converter Process Simulation - AnyLogic Professional

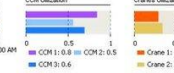
DAY 1 TIME 01:29 Steel Converter Process AnyLogic™ Agent Based Model Show2D Total Steel Produced: 1100 tons




Continuous Casting Machines Status in Time



CCM Utilization



Cranes Utilization



Run: 0 Running Time: 00:05 Step: 335 [0] Simulation: [0] Memory: 100 MB 31.6 sec

Palettes: 33

- General
- System Dynamics
- Statechart
- Actionchart
- Analysis
- Presentation
- 3D
- Controls
- Connectivity
- Pictures
- 3D Objects
- Person
- Office Worker
- Worker
- Doctor
- Name
- House
- Factory
- Warehou...
- Store
- Emergencie Library
- Protection Library
- Rail Yard Library
- Palettes...

# Проблемы имитационного моделирования

- \* Высокая трудоемкость и затратность процесса разработки имитационных моделей реальных технических процессов и больших систем;
- \* сложность оценки адекватности (валидации и верификации) разработанных имитационных моделей и программ;
- \* Низкая точность и вероятностный характер параметров при моделировании редких и малоизученных явлений;
- \* субъективность обобщающих выводов и рекомендаций, сформулированных на основе анализа результатов имитационных экспериментов.

**Спасибо за внимание!**