

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

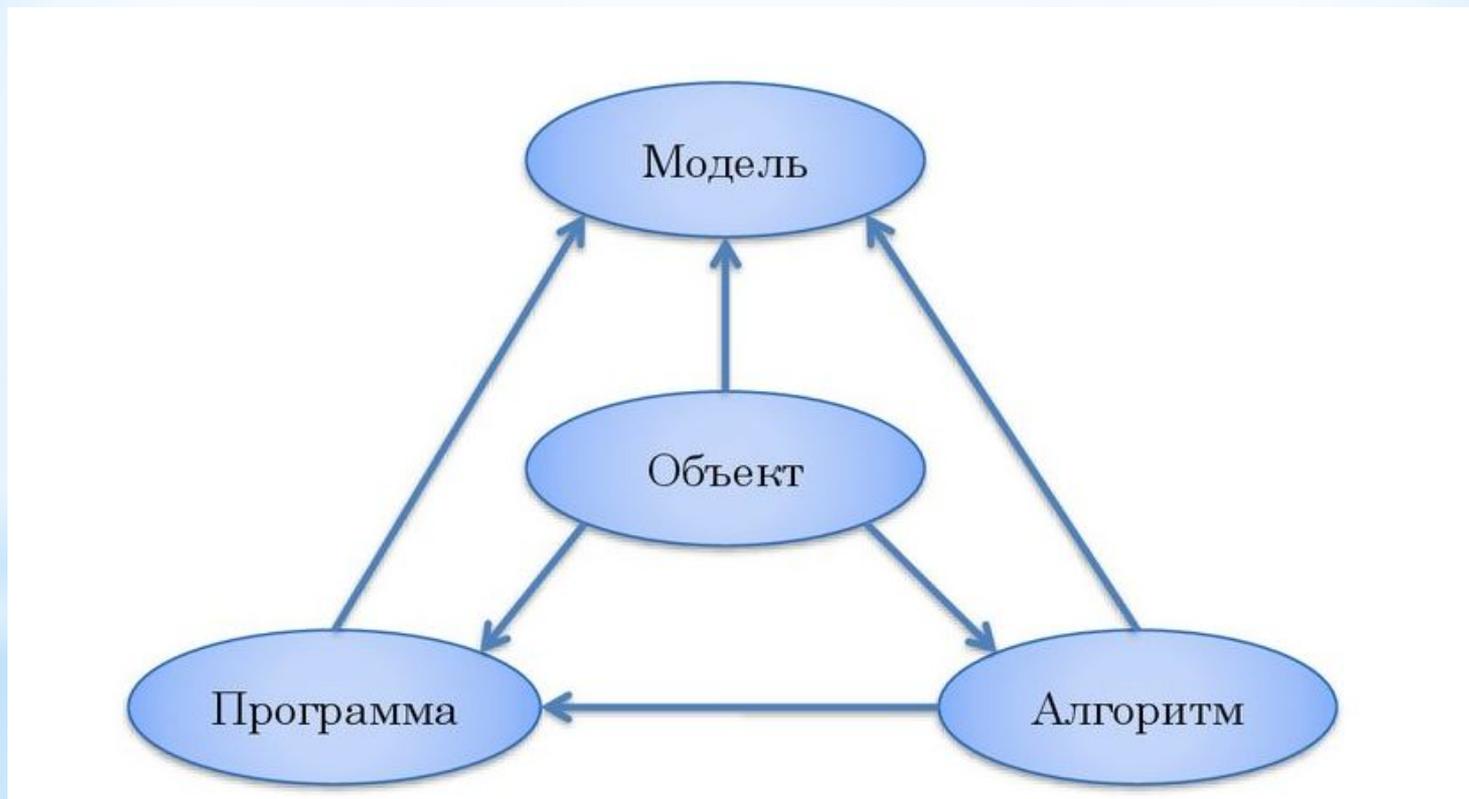
- * 50-е годы XX века. Появление компьютерного моделирования. Использование универсальных языков программирования (ALGOL, COBOL, FORTRAN).
- * 60-е годы XX века. Выделение методологии имитационного моделирования в отдельное направление. Появление первых специализированных языков имитационного моделирования (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

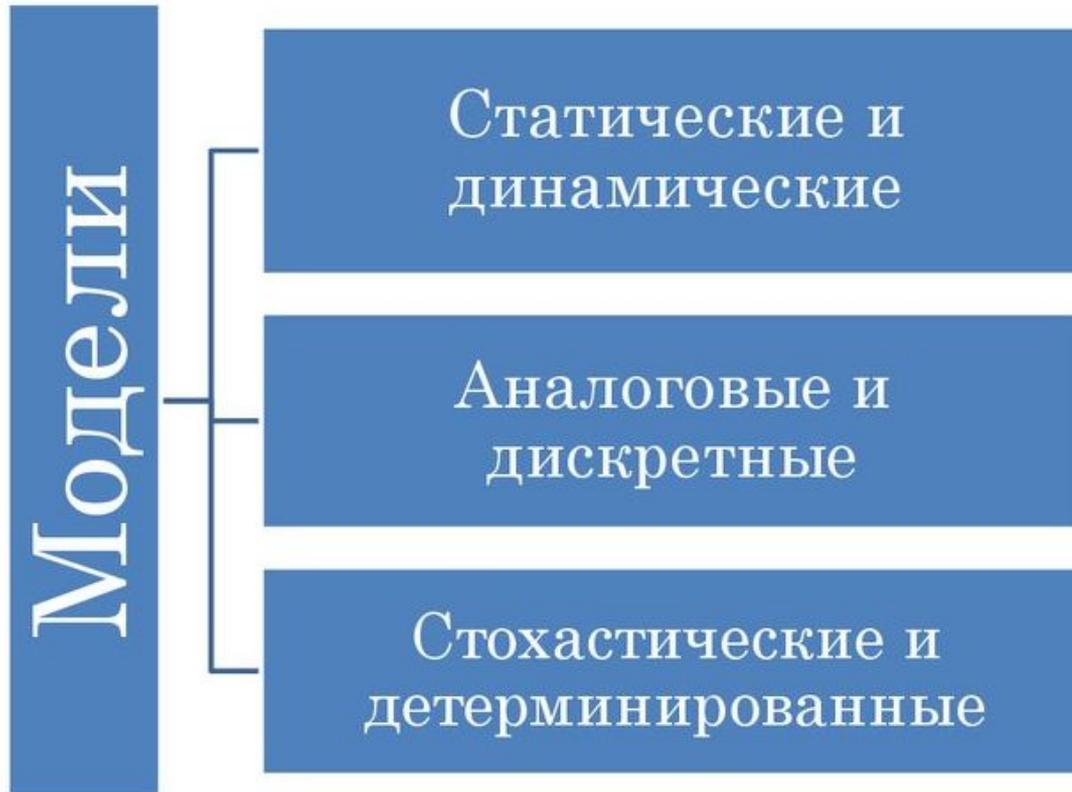
Огромный вклад в имитационное моделирование внесли

- * 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

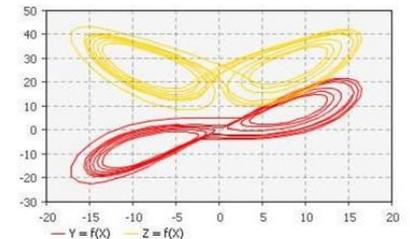
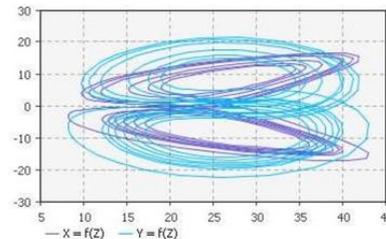
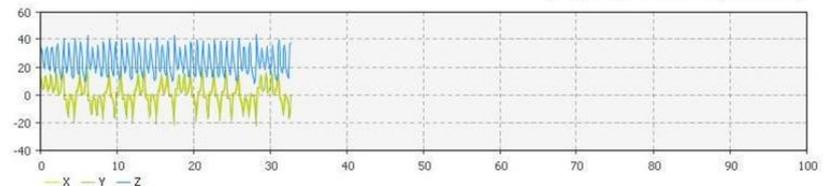
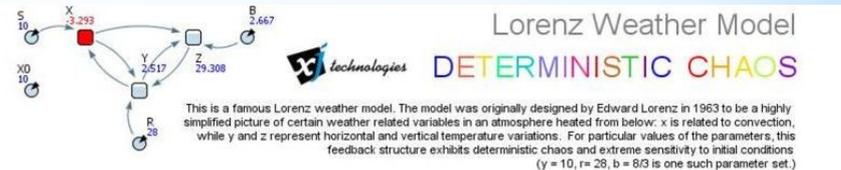
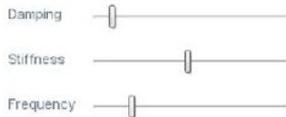
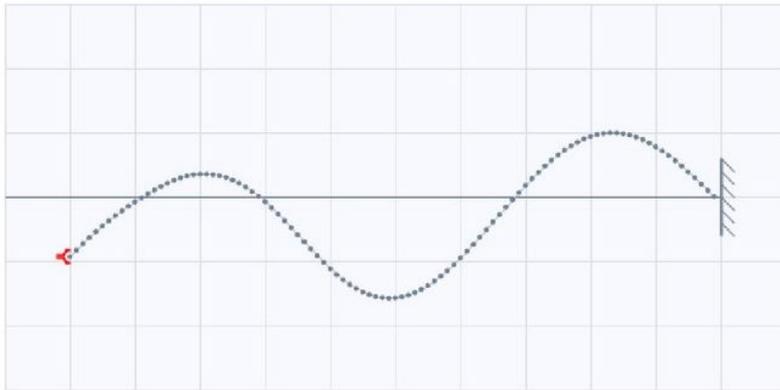
Моделирование непрерывных динамических систем

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



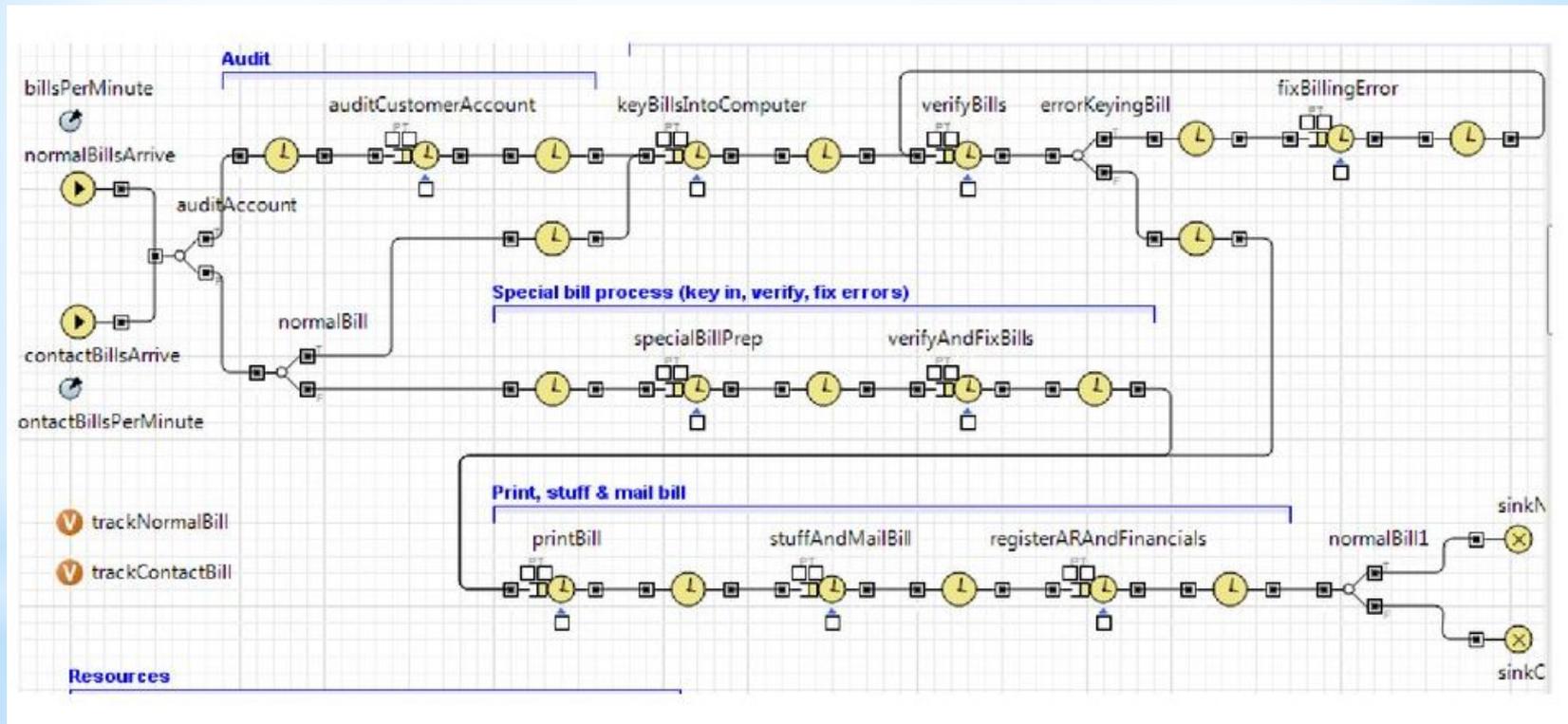
Дискретно-событийное моделирование

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



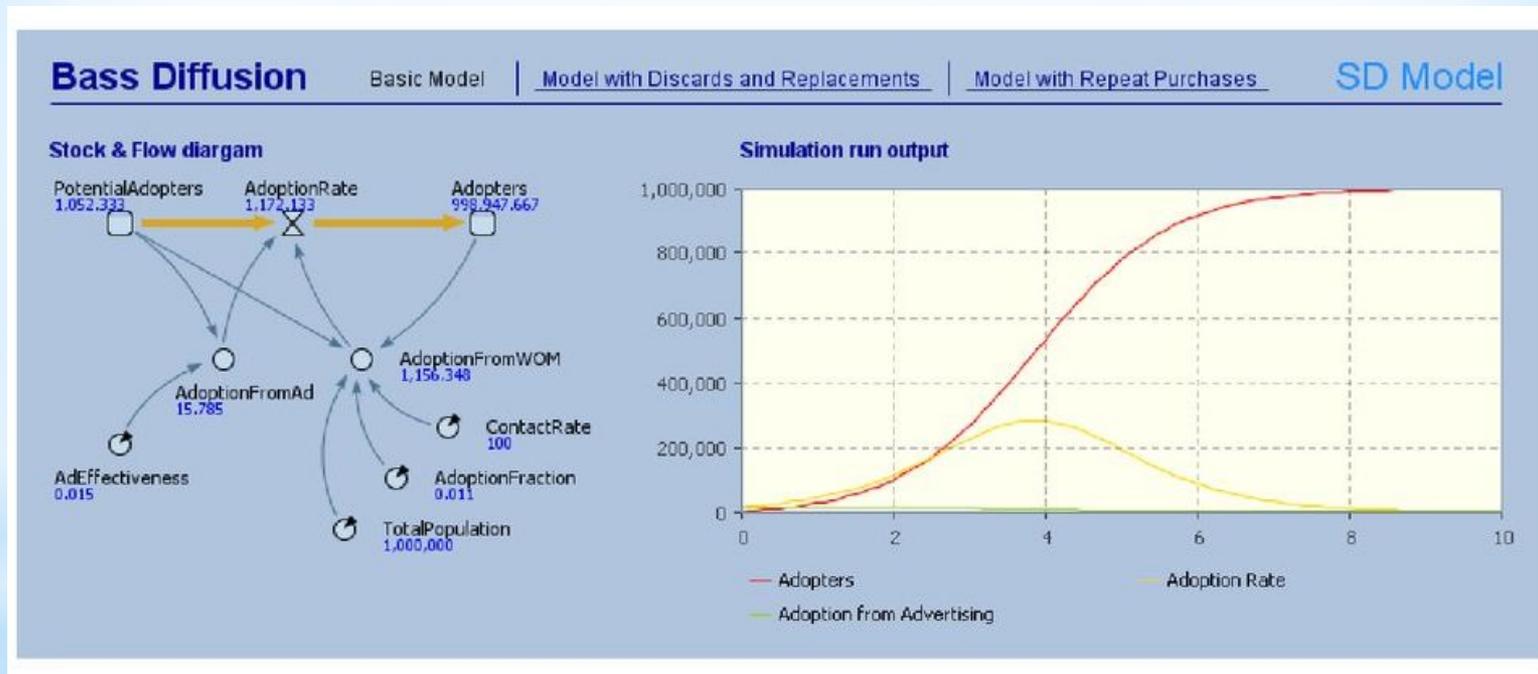
Системная («Мировая») динамика

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.

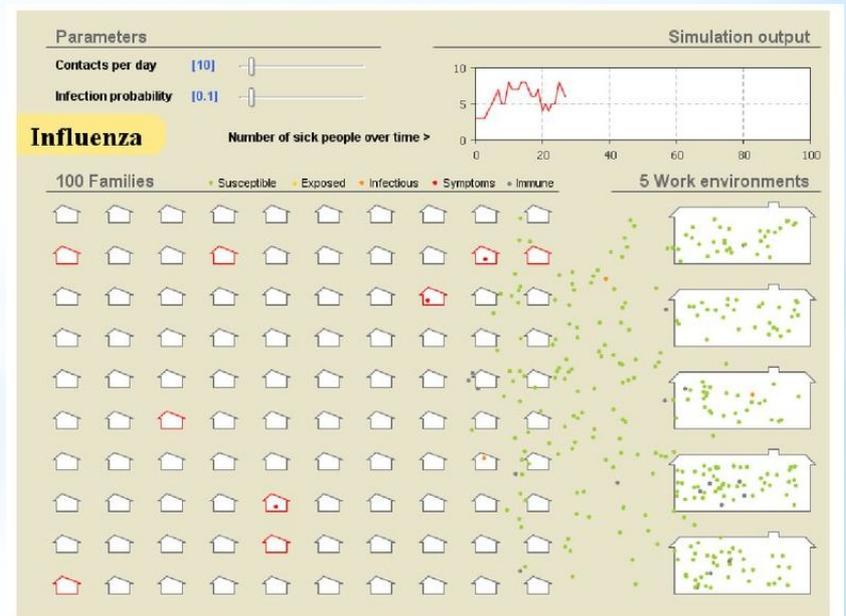
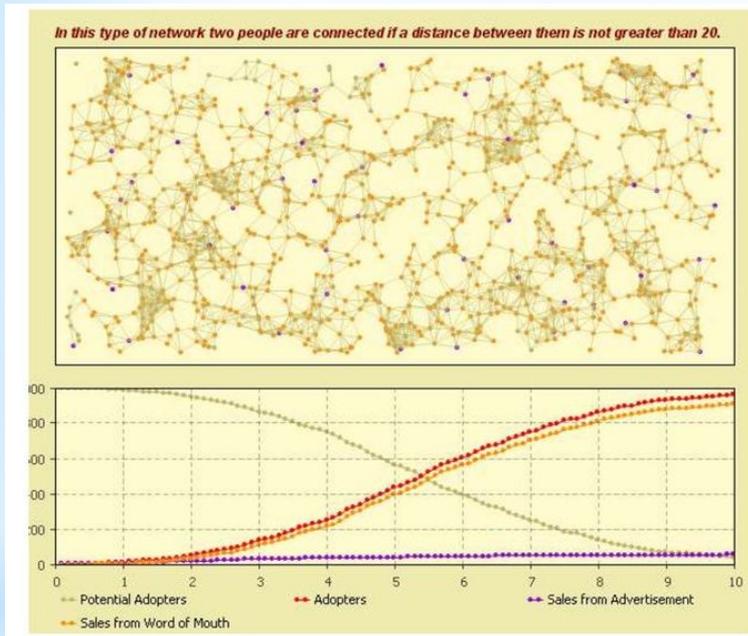
Системная («Мировая») динамика



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.

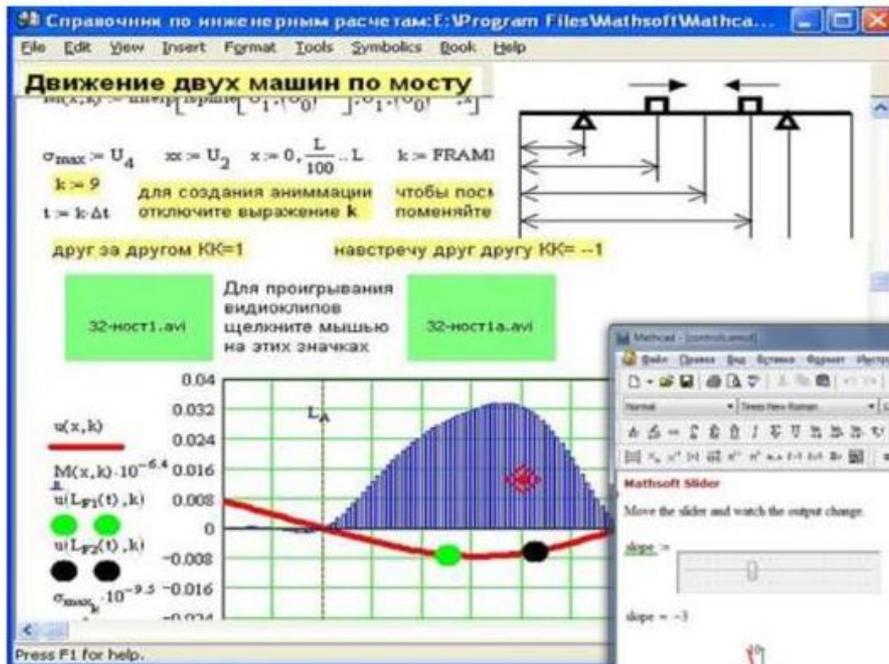
MatLab Simulink

The image displays the MATLAB Simulink software interface. On the left, the 'Library' browser is open, showing various Simulink blocks such as 'Sum', 'Gain', 'Scope', and 'Mux'. The main workspace contains a Simulink model titled 'st_car'. The model is a block diagram representing a vehicle control system. It includes several key components: 'User Inputs' (Brake, Throttle), 'Engine' (represented by a green block with inputs T_i and N_e and output 'impeller torque'), 'shift_logic' (an orange block with inputs 'speed' and 'throttle', and output 'gear'), 'transmission' (a blue block with inputs 'gear' and 'output torque', and output 'transmission speed'), and 'Vehicle' (represented by a car icon). The model also features various mathematical blocks like gain blocks, summing junctions, and integrators. The Simulink window shows the 'Diagram' view, and the status bar at the bottom indicates '179%' zoom and the user '@_johannes@_'. A blue circle is present in the bottom right corner of the image.

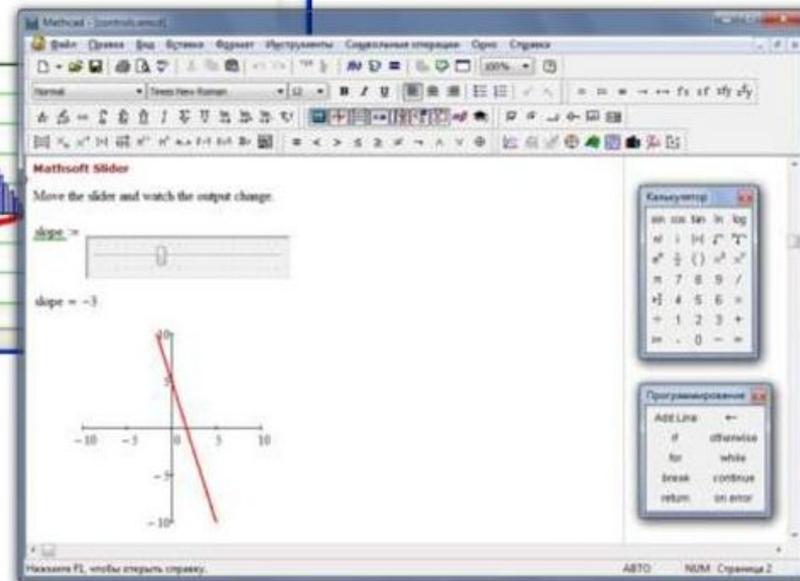
Математический редактор MathCad

- * 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



Mathcad®



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

3D visualization of a multi-cylinder engine mechanism with five cylinders and a central rotating assembly.

Wolfram  Demonstrations Project demonstrations.wolfram.com

mode cylinder arrow diameter

circuit element value 

steps 

R_1 E_1

R_2

R_A

4.5 A

rotation 

fast mode

show nitrogen

show oxygen

show carbon

show sulfur

zoom 

3D visualization of a molecular structure with atoms colored by element (red, blue, grey, yellow).

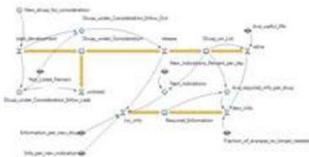
Wolfram  Demonstrations Project demonstrations.wolfram.com

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

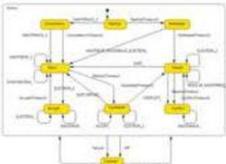
ANYLOGIC



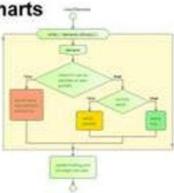
Stock & Flow Diagrams



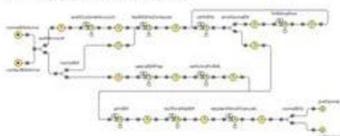
Statecharts



Action charts



Process flowcharts



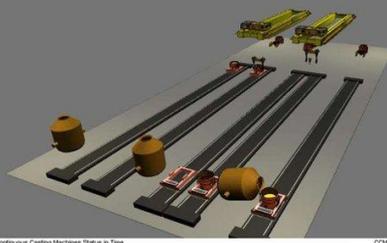

ANYLOGIC



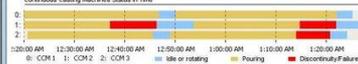
AnyLogic Professional

Steel Converter Process Simulation - AnyLogic Professional

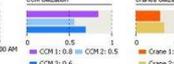
DAY 1 TIME 01:29 Steel Converter Process AnyLogic™ Agent Based Model Show2D Total Steel Produced: 1100 tons



Continuous Casting Machines Status in Time



CCM Utilization



Cranes Utilization



Run: 0 Running Time: 09.85 Step: 335 [0] Simulation: [0] Memory: 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
- Warehouse...
- Store
- Emergencies Library
- Pedestrian 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!