

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ

Оценка производительности (эффективности)
компьютерных систем и сетей
Performance evaluation of computer systems and
networks

Лектор: проф. каф. ЭВМ Горбачев
Валерий Александрович

e-mail: valeriy.gorbachov@nure.ua

1. Performance Modeling and Design of Computer Systems:

Published: February 2013. Publisher: [Cambridge University Press](#)

2. Discrete System Simulation [University of Washington](#)

3. SIMULATION AND MODELING [Virginia Polytechnic Institute and State University](#)

4. Performance Evaluation of Computer Networks: Theory and Practice

Graduate School of Information Science & Technology, [Osaka University, Japan](#)

5. Performance Evaluation of Computer Systems

Department of Computer Science , [York University USA](#)

6. PERFORMANCE MODELLING

[The university of Edinburgh](#), School of informatics

7. Analytical performance modeling for computer systems, second edition synthesis lectures on computer science. [National university of Singapore](#)

8. Performance Evaluation of Computer Systems and Networks

[Indian Institute of Technology, Bombay](#)

Литература

Горбачев В.А., Волк М.А. Технологии моделирования систем. ХНУРЭ 2018 (издательство СМИТ, ХНУРЕ)

Горбачев В.А. Технологии моделирования систем. ХНУРЭ, 2005(библиотека, ХНУРЕ)

Горбачов В.О. Технології моделювання систем. ХНУРЕ, 2005 (укр.) (библиотека, ХНУРЕ)

Горбачев В.А., Иванисенко И.Н. Лабораторный практикум по курсу моделирование систем. ХНУРЕ, 2017 (укр., русск.)

Томашевський В.М. Моделювання систем. –К.: Видавнича група ВНУ, 2005. – 352с.: іл..

Література до GPSS

Структура курса

1. 30ч. – лек;
2. 10ч - пз;
3. 8ч – лб.
4. 6ч – конс.

Часть 1. Аналитическое моделирование.

Гл. 3 (МП), Гл. 4 (СМО) и

Гл. 5 Математические модели компьютерных систем и сетей (ОА).

Часть 2. Имитационное моделирование.

Глава 5 (Моделирование Случайных Величин) и

Глава 6 (Имитационное Моделирование).

General purpose System Simulation (GPSS)

ЛК

- 1. Будут даваться в сокращенном варианте
- 2. Настоятельная рекомендация иметь учебное пособие

ПЗ

Практические занятия посвящены разделу
Аналитическое моделирование.

Настоятельная рекомендация (требование) иметь
учебное пособие

ЛР

Лабораторные работы посвящены разделу

Имитационное моделирование. Изучается применение имитационной система GPSS (General Purpose Simulation System).

Методические материалы.

1. Дистрибутив GPSS

(практически это файл с расширением .exe, который нужно только активировать)

2. Лабораторный практикум по курсу моделирование систем (электронная версия)

Примечание. Время, отведенное для ЛР, можно

Для оперативного взаимодействия, старосты на
мой электронный адрес

valeriy.gorbachov@nure.ua

высылают свои:

- 1. Группа, Ф.И.О.
- 2. электронный адрес
- 3. моб. телефон

Введение

Концепция оценки эффективности систем

Что такое эффективность системы?

Тип системы - клиент-серверная система или СМО (системы массового обслуживания). Например, компьютерные системы, сети, Web приложения (booking.com), ОС, СТО, гостиница, парикмахер, кассир и т.д.

Эффективность системы это ее соответствие заявленным функциям — это свойство системы выполнять поставленную цель или заявленные функции (с точки зрения пользователей)

Цель оценки эффективности – определение степени ее соответствия заявленным функциям.

Степень соответствия оценивается критериями эффективности

Причины для исследования эффективности

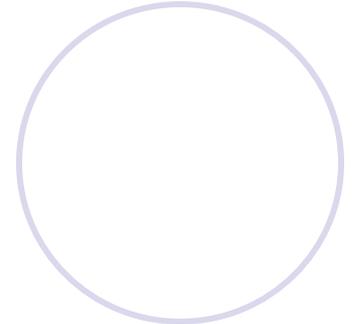
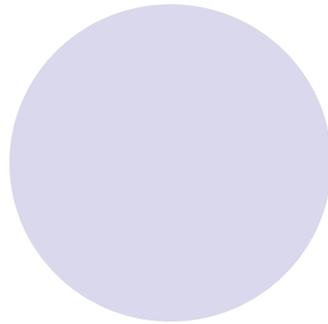
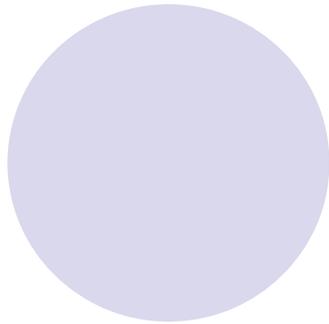
1. Выявление узких мест в существующих системах и разработка улучшений.
2. Для планирования мощности: например, сколько ресурсов следует потратить, чтобы получить желаемый уровень качества обслуживания?
3. Для сравнения производительности систем, алгоритмов и протоколов; например, учитывая два протокола, какой из них лучше и в каком отношении?
4. Для проверки заявленных параметров разработчиками продуктов и производителями или поставщиками услуг; например может ли провайдер интернет-услуг гарантировать определенную минимальную пропускную способность, как обещал?
5. Для прогнозирования производительности при будущих рабочих нагрузках.

Критерии эффективности

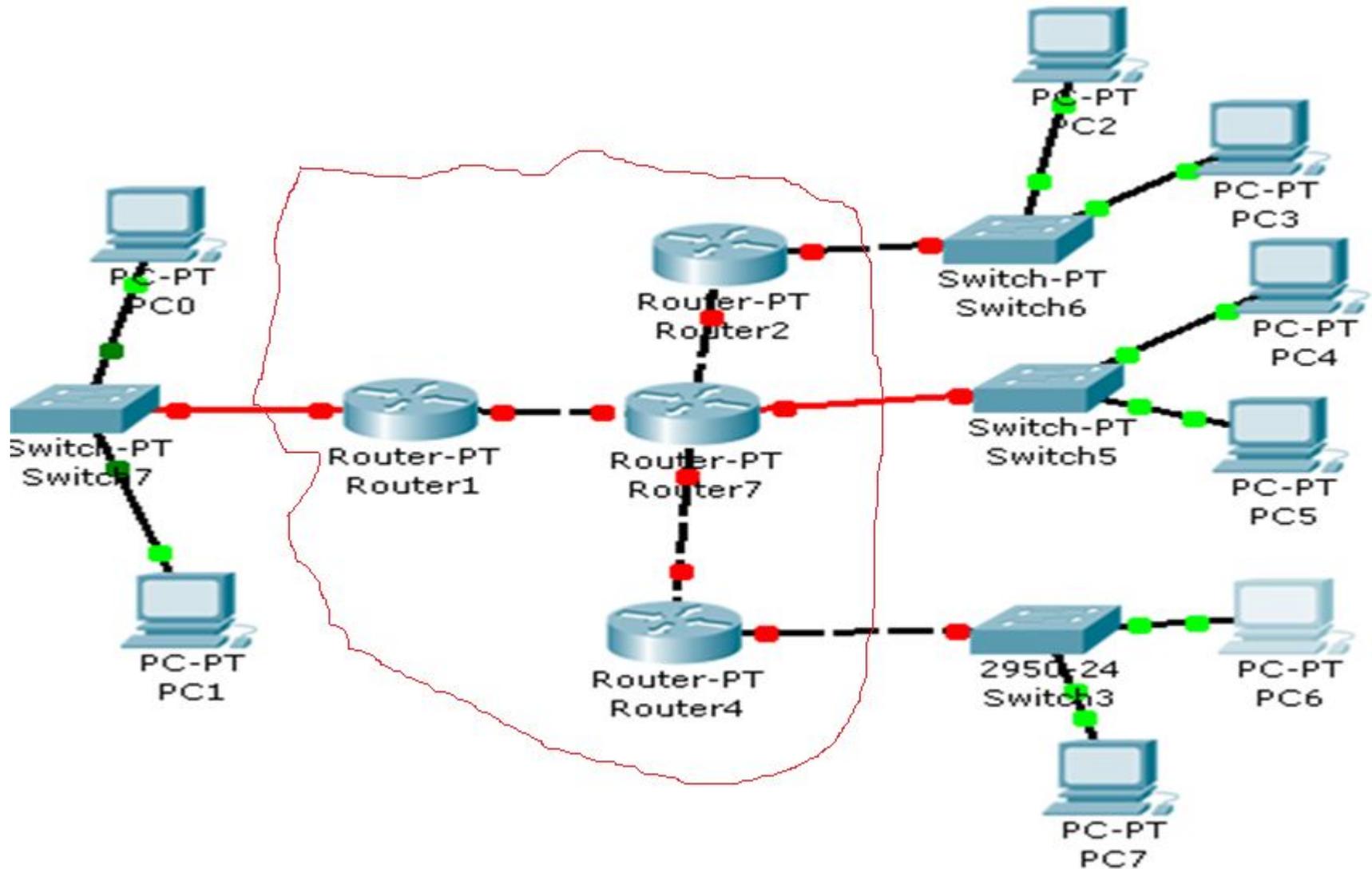
Критерий эффективности - это величина, которая точно отражает степень качества выполнения системой той или иной функции. Нет общего определения критерия эффективности: он зависит от рассматриваемой системы, и его определение требует хорошего понимания системы и ее пользователей.

Пользователей клиент-серверных систем (ИТ-услуг) обычно не интересуют такие показатели, как коэффициент использования (загрузка) процессора, конкуренция за память, время безотказной работы маршрутизатора и другие, подобного рода, показатели производительности системы. Конечные пользователи хотят знать, насколько хорошо работает система и могут ли они выполнить свою работу вовремя. Пользователи воспринимают системные услуги с помощью критериев эффективности, таких как время ответа, доступность, надежность, безопасность и стоимость. **Поэтому мы будем иметь дело в основном с критериями, связанными с качеством услуг (QoS), предоставляемых системой.**

Пример для демонстрации необходимости
применения методов оценки эффективности
системы



Глобальная сеть (Wide Area Networks)



Показатели эффективности

Для отдельного узла (маршрутизатора) сети

Пропускная способность

Среднее число пакетов в узле

Среднее время ожидания пакета в узле

Вероятность потери пакетов в узле

Коэффициент использования узла

Для сети

Пропускная способность сети

Задержки в сети

Вероятность потери пакетов в сети

Прогноз показателей производительности сети

Поиск узких мест и их устранение

Вопросы, решение которых связано с критериями эффективности

Правильно ли спроектирована и рассчитана данная сложная система для заданных условий нагрузки?

Превышает ли пропускная способность системы 1000 транзакций (запросов) в секунду

Не дольше ли 2 секунд время ответа 90% транзакций ?

Может ли сервер обрабатывать не менее 70 000 сообщений в день

Какое время ответа системы?

Если и частота прибытия, и частота обслуживания удвоятся, останется ли среднее время ответа прежним?

Критерии производительности сети, связанные с качеством обслуживания (QoS)

Пользователи воспринимают системные службы (функции) через такие показатели эффективности, как

1. пропускная способность, (bandwidth)
2. производительность, (throughput),
3. время ответа, (response time),
4. коэффициент использования, (utilization),
5. доступность, (availability),
6. надежность, (reliability),

Производительность, (throughput),

Производительность - это то, сколько данных действительно (на самом деле) успешно проходит через «канал» за определенный промежуток времени (единицу времени). Также называется эффективной (реальной) скоростью передачи данных.

Производительность обычно измеряется в битах в секунду (bit/s or bps), а иногда и в пакетах данных в секунду (p/s или pps).

Пропускная способность (bandwidth)

Пропускная способность

- максимальный объем данных, который может проходить через «канал».

-максимальная производительность

Пропускная способность определяет потенциально возможный (теоретически возможный) объем данных, который должен быть передан за определенный период времени (единицу времени). Это пропускная способность сети / среды передачи данных. Пропускная способность может быть измерена в битах в секунду (bit/s), мегабитах в секунду (Mbps) и гигабитах в секунду (Gbps).

Оператор Интернета, обычно, заявляет пропускную способность

Разница между пропускной способностью и производительностью

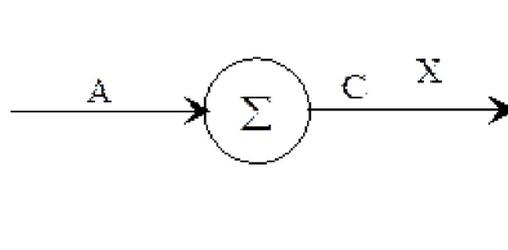
Разница между пропускной способностью и производительностью:

реальная передача может быть ограничена разными факторами, включая задержку, потерю пакетов и используемый протокол. Таким образом, необходимо помнить, что высокая пропускная способность не гарантирует высокую производительность сети (устройства).

Примеры систем и соответствующие типовые показатели производительности

System	Throughput Metric
Web Site	HTTP requests/sec Page Views per Second Bytes/sec
E-commerce Site	Web Interactions Per\ Second (WIPS) Sessions per Second Searches per Second
Router	Packets per Second (PPS), MB transferred per Second
CPU	Millions of Instructions per Second (MIPS), Floating Point Operations per Second (FLOPS)
Disk	I/Os per Second KB transferred per Second
E-mail Server	Messages Sent Per Second

Производительность. Пример 1



Дано:

T : продолжительность периода наблюдения, $T = 60$ сек.

A_i : общее количество запросов на обслуживание к ресурсу i за период наблюдения T . $A_i = 1800$ транзакций

C_i : общее количество обработанных запросов ресурсом i за период наблюдения T . $C_i = 1800$ транзакций

Определить

X_i : пропускная способность (т.е. завершений в единицу времени) ресурса i ;

Производительность. Пример 2

Дано: Предположим, что операция ввода-вывода на диске занимает в среднем 10 мсек. Если диск постоянно занят (т. е. его коэффициент использования составляет 100%), то он будет выполнять операции ввода-вывода непрерывно со скоростью одна операция ввода-вывода каждые 10 мс или 0,01 с.

Определить:

1. Какова максимальная производительность (или пропускная способность) диска?
2. Какова производительность, если скорость ввода запросов будет равна (или меньше) пропускной способности диска?
3. Что произойдет, если скорость ввода запросов превышает пропускную способность диска?

Время ответа

Время ответа в контексте клиент-серверных систем - это время, прошедшее между поступлением запроса в систему и ответом на этот запрос. Время ответа, используемое для измерения производительности системы, может относиться к запросам на обслуживание в различных технологиях.

Время ответа. Пример 3

На рисунке показаны три основных компонента времени ответа поискового запроса к сайту электронной коммерции: время браузера, время сети и время сервера.

Browser Time		Network Time			E-commerce Server Time		
Processing	I/O	Browser to ISP Time	Internet Time	ISP to Server Time	Processing	I/O	Networking

Коэффициент использования

1. Коэффициент использования (обозначается U) - это отношение времени, в течение которого часть оборудования (например, процессор) используется, к общему времени (периоду наблюдения), в течение которого оно может использоваться. .

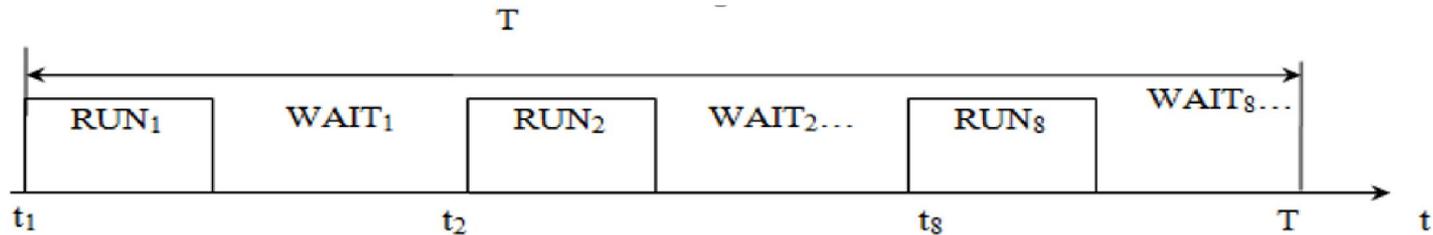
2. Коэффициент использования - это доля времени (обычно выражаемая в процентах), в течение которого часть оборудования или система находится в рабочем состоянии.

$U_{\max} =$

$U_{\min} =$

Вычисления коэффициента использования Пример 4

Временная диаграмма активности процессора



Дано:

T : продолжительность периода наблюдения,

RUN_i периоды времени, когда процессор занят,

$WAIT_i$ периоды времени, когда процессор простаивает.

Требуется.

Определить коэффициент использования процессора



Вычисления коэффициента использования

Пример 5

Дано: Предположим, нужно напечатать 1 МБ информации. Объем памяти принтера - 128КБ. Это очевидно, что блок данных, который процессор передает на принтер, не может быть больше 128КБ.

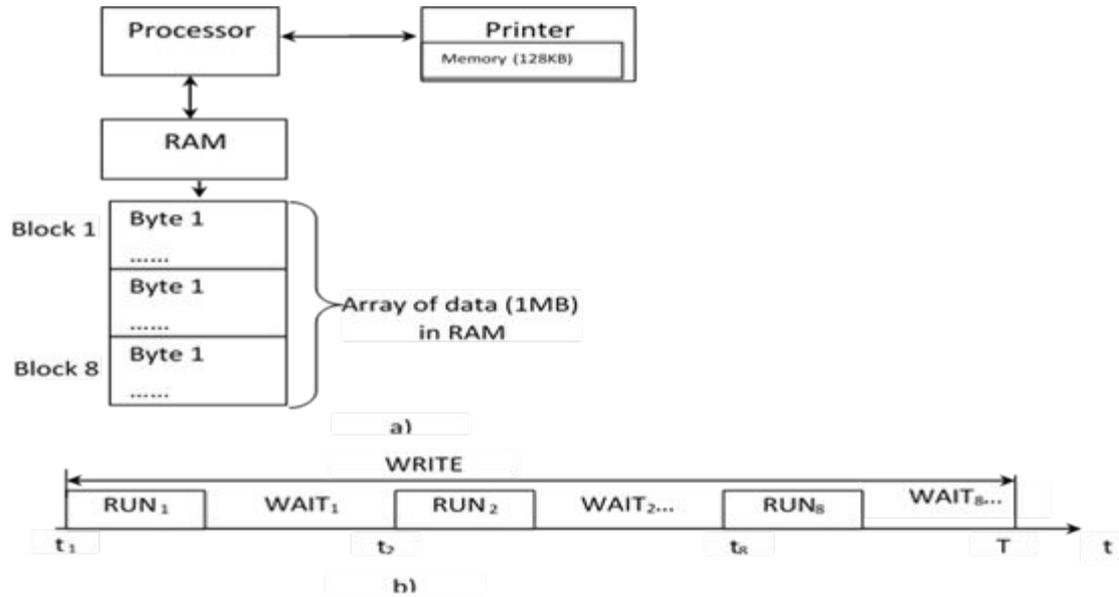
Требуется:

Определите загрузку процессора во время операции ПЕЧАТЬ (ЗАПИСЬ)

$$U = ?$$

Чтобы продемонстрировать решение, мы будем использовать следующий рисунок:

Решение Пример 4



- а) взаимодействие процессора и принтера;
- б) временная диаграмма взаимодействия.

Коэффициент доступности. Availability

Доступность определяется как доля времени, в течение которого система находится в рабочем состоянии и доступна для клиентов.

$A_{max} =$

$A_{min} =$

Вычисление коэффициента доступности.

Пример 5

Дано: система доступна на 99,99% в течение тридцати дней.

Определить: как долго (в минутах) эта система будет недоступна в течение этого периода?

Вычисление коэффициента доступности. Пример 6

Система онлайн-бронирования зафиксировала периоды времени, в течение которых услуга была отключена, за последние два дня. Полученные результаты приведены в таблице

Day	Start of Down Time	Duration of Down Time (min)
1	1:25 AM	12
1	7:01 AM	1
1	8:31 PM	5
	2:15 AM	10
2	9:12 PM	6

Определить коэффициент доступности сайта в течение двух дней

Надежность системы

Надежность системы - это вероятность (P_H) того, что она функционирует должным образом и непрерывно в течение фиксированного периода времени.

$$P_{H_{\max}} =$$

$$P_{H_{\min}} =$$

Подведем итоги:

1. Тип системы - клиент-серверная система или СМО
2. Эффективность системы это свойство системы выполнять поставленную цель или заявленные функции (с точки зрения пользователей)
3. Цель оценки эффективности – определение степени ее соответствия заявленным функциям.
4. Степень соответствия оценивается с помощью критериев эффективности
5. Задача курса - анализ методов определения критериев эффективности

Методы определения коэффициентов эффективности

Три основных метода анализа (определения)
коэффициентов эффективности:

аналитическое моделирование,

имитационное моделирование,

измерение,

Измерение - это наиболее фундаментальный метод, который требуется даже при анализе и моделировании для калибровки моделей. Измерения можно проводить аппаратно, некоторые - программно, а некоторые - гибридным способом.

РАЗДЕЛ 1.2 учебного пособия

Определим понятия:

Модель

Моделирование

Классификация моделей

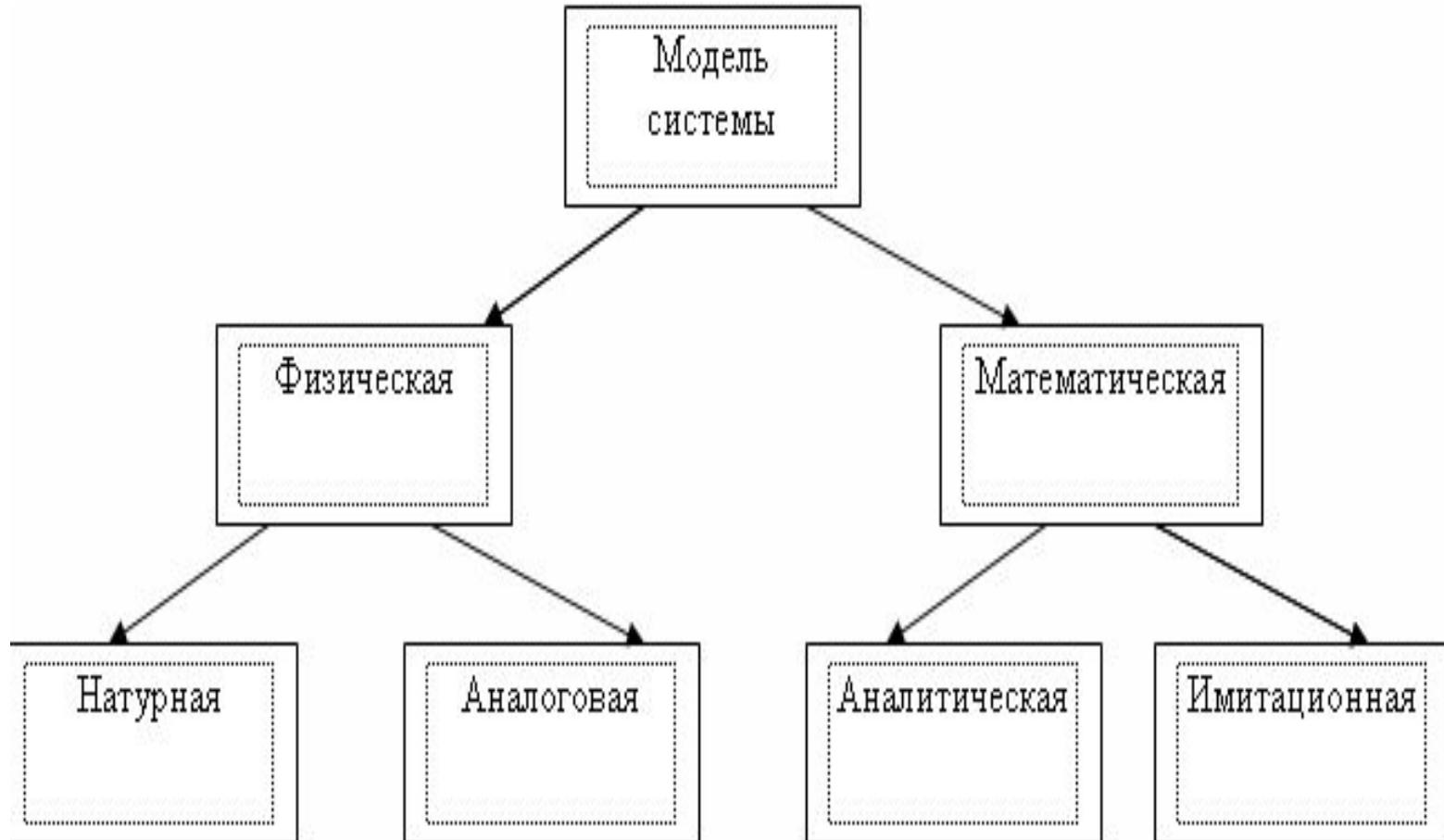
Что такое модель?

Модель (лат. **modulus** мера) это объект-заменитель системы-оригинала, отдельные свойства которого полностью или частично совпадают со свойствами исходного объекта. Модель заменяет исходный объект, сохраняя только некоторые, существенные свойства объекта. Какие свойства считать существенными, а какие — нет, определяется целями моделирования.

Что такое моделирование?

Процесс представления объекта исследования его моделью и проведение экспериментов с моделью с целью получения информации о важнейших свойствах исследуемого объекта называется моделированием. При моделировании модель выступает и как средство, и как объект исследования. Моделирование является косвенным методом выявления свойств системы в том смысле, что исследование проводится не над самой системой, а над представляющей систему моделью.

Классификация моделей



Физические модели. Физическая модель — совокупность объектов физической природы, отражающих основные геометрические, физические и функциональные свойства исследуемой системы. Физические модели могут совпадать или не совпадать по физической природе с системой-оригиналом. Можно выделить следующие типы физических моделей: натурные и аналоговые.

Натурные модели — это реальные исследуемые системы. Их называют еще макетами или опытными образцами. Натурные модели обладают высокой степенью адекватности и совпадают по физической природе с системой-оригиналом, что обеспечивает высокую точность и достоверность результатов моделирования.

Аналоговыми моделями называются системы, имеющие физическую природу, отличающуюся от системы-оригинала, но сходные с оригиналом процессы функционирования. Обязательным условием при этом является однозначное соответствие между параметрами изучаемого объекта и его модели, а также тождественность безразмерных математических описаний процессов, протекающих в них. Для создания аналоговой модели требуется математическое описание изучаемой системы.

Математические модели (аналитические и имитационные)

Аналитическая модель воспроизводит спецификацию с помощью абстрактного языка, в частности, с помощью аналитических соотношений, отражающих процессы функционирования системы. Причем уровень абстрагирования зависит от тех вопросов, на которые исследователь хочет получить ответ с помощью модели. Другими словами, для построения выражений можно использовать любые аналитические средства: алгебраические выражения, дифференциальное и интегральное исчисление, теорию множеств, теорию графов, теорию марковских процессов и т.д.

Имитационная модель представляет собой формальное, т.е. выполненное на некотором формальном языке, описание логики функционирования объекта исследования, которое воспроизводит структуру исследуемой системы, зависимости, существующие между ее параметрами, а также и процессы функционирования системы во времени. Очень часто имитационная модель выражается в виде алгоритма.

- **Детерминированные модели** не содержат элементов случайности, т. е. можно считать, что в этом случае стохастические воздействия внешней среды и стохастические составляющие параметров системы отсутствуют.
- **Динамические модели** являются математическим описанием поведения системы во времени t , т.е. отражают его динамические свойства.
- Различают два основных типа динамических моделей систем: с дискретным и непрерывным множеством параметров, в том числе и время.
- Если параметры системы могут принимать лишь конечное и счетное число значений, имеет место **дискретная модель**. В системах массового обслуживания дискретным параметром является, например, число заявок в системе. Соответственно, изменение числа заявок в системе интерпретируется как переход системы в новое состояние.
- С другой стороны, если допустимое множество значений параметров модели представляет собой конечный или бесконечный непрерывный интервал, говорят, что имеет место модель с **непрерывными состояниями** или **непрерывная модель**.