

Моделирование

Лекция 2 (12.09.2022)

Преимущества моделирования:

1. Гораздо дешевле
2. Можно реализовать фантастические условия

Философские аспекты моделирования:

Методологическая основа моделирования — диалектический метод познания и научного исследования.

Всё то, на что направлена человеческая деятельность — объект.

Научно-техническое развитие в любой области обычно идёт следующим путём:

- наблюдение и эксперимент
- теоретическое исследование
- организация производственных процессов

В научных исследованиях большую роль играет такая категория как гипотеза, то есть определенное предсказание, основывающееся на небольшом количестве опытных данных, наблюдениях, догадок.

Быстрая и полная проверка гипотезы может быть проведена в ходе специально поставленного эксперимента.

Аналогия (важное понятие для методологов основы моделирования) — суждение о каком-либо частном сходстве или различии двух объектов.

Современная гипотеза формируется по аналогии

Гипотеза —> Аналогия —> Эксперимент

Гипотезы и аналогии, отражающие реальный, объективно существующий мир, должны обладать наглядностью или сводиться к удобным для исследования логическим схемам. Такие логические схемы, упрощающие рассуждения и логически построения или позволяющие проводить эксперименты, уточняющие природу явлений, называются моделями.

Модель (mera лат.) - объект-заместитель объекта оригинала, обеспечивающий изучение некоторых свойств оригинала.

Замещение одного объекта другим с целью получения информации о важнейших свойствах объекта-оригинала с помощью объекта-модели называется моделированием.

В основе моделирования лежит теория подобия, которая утверждает, что абсолютное подобие имеет место только при замене объекта таким же объектом.

Классификация видов моделирования.

основаниям. Модели можно различать по ряду признаков: характеру моделируемых объектов, сферам приложения, глубине моделирования (см. рис. 1.17).

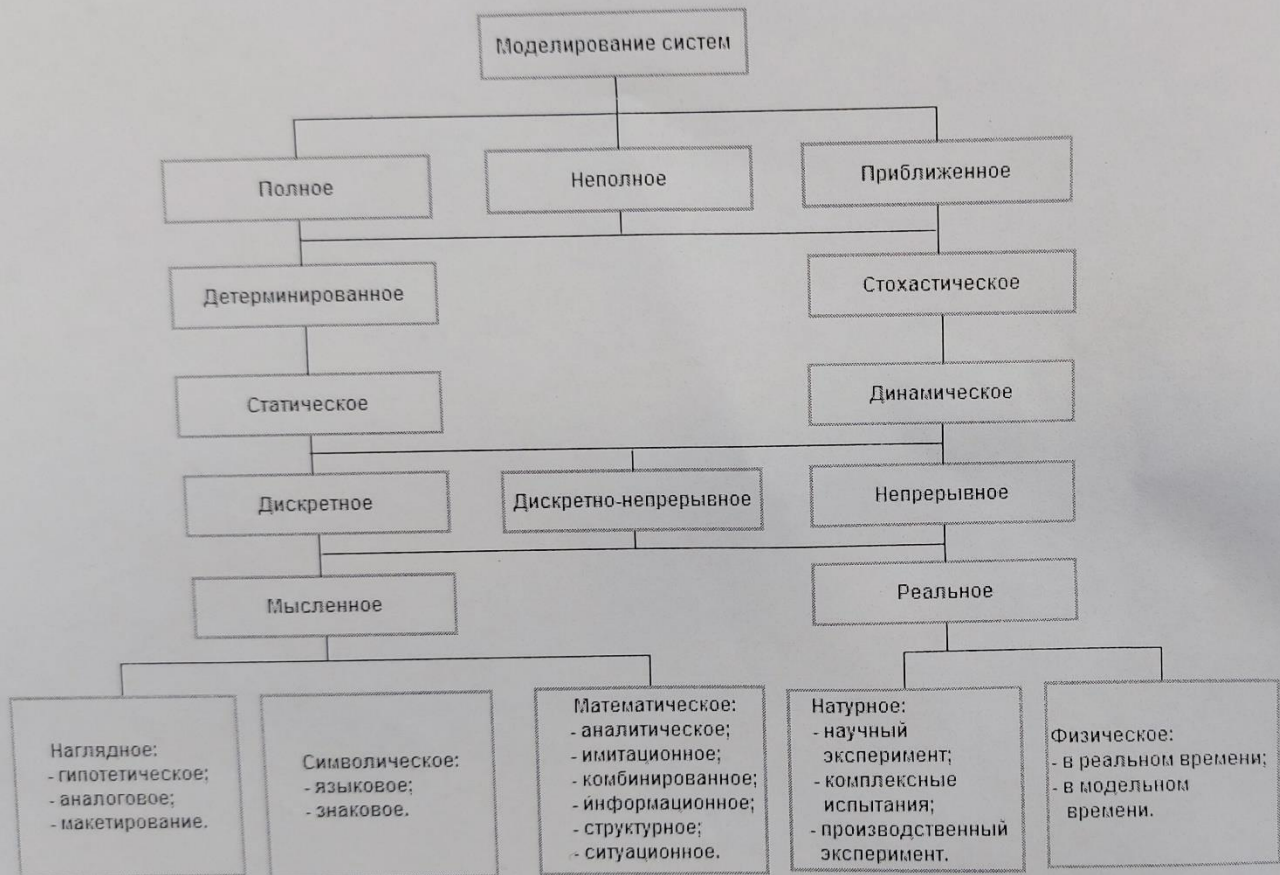


Рис. 1.17. Классификация методов моделирования сложных систем.

По глубине моделирования методы моделирования делятся на две группы:

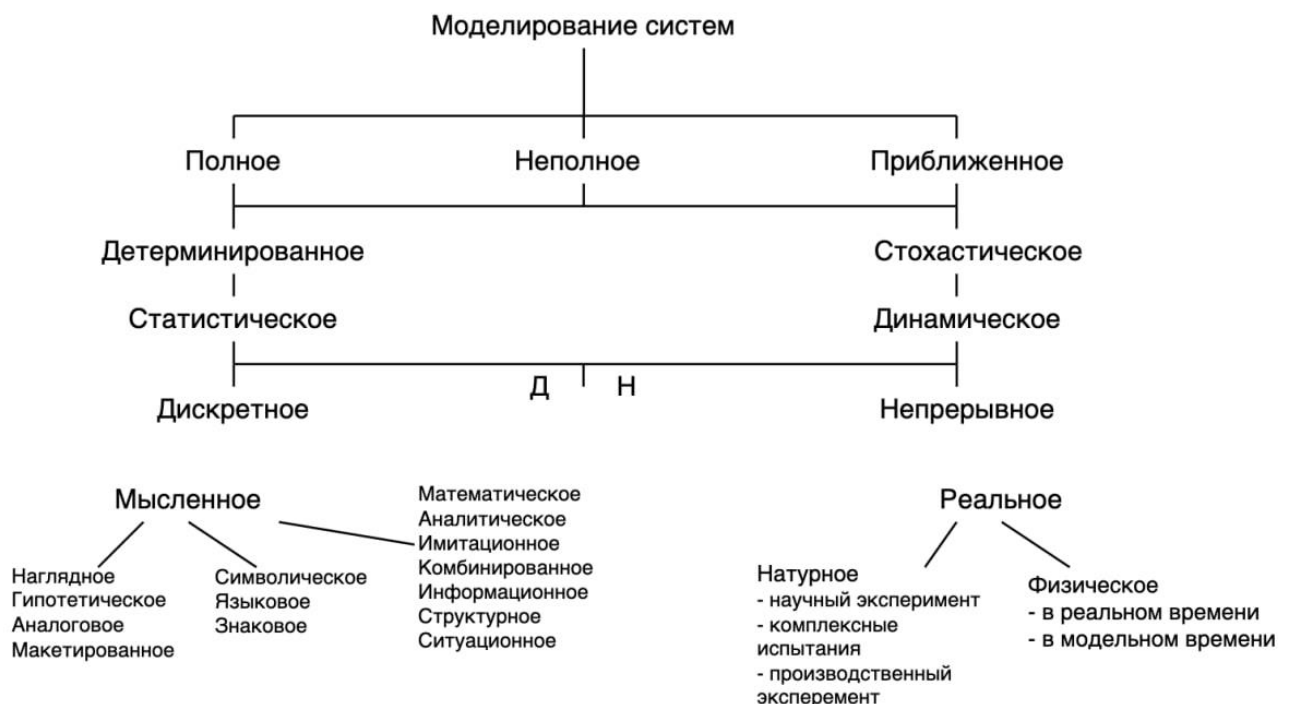
Под математическим моделированием будем понимать процесс установления данному реальному объекту некоторого математического объекта, называемого математической моделью и исследование этой модели, позволяющее получить характеристики реального объекта.

Для аналитического моделирования характерно то, что процессы функционирования элементов системы записываются в виде некоторых функциональных соотношений (алгебраических, интегро-дифференциальных, конечно-разностных, и тд или логических условий).

Аналитическая модель может быть исследована тремя способами:

1. Аналитический - стремятся получить в общем виде в зависимости от исходных характеристик
2. Численный метод - нельзя решить уравнение в общем виде, получаем результаты для конкретных начальных данных
3. Качественный метод - когда, не имея решения можно найти свойства этого решения

При имитационном моделировании, реализующий модель алгоритм воспроизводит процесс функционирования системы (во времени), причем имитируются элементарные явления составляющие процесс с сохранением их логической структуры и последовательности протекания, что позволяет по исходным данным получить сведения о состоянии процесса в определенные моменты времени, дающие возможность оценить характеристики системы.

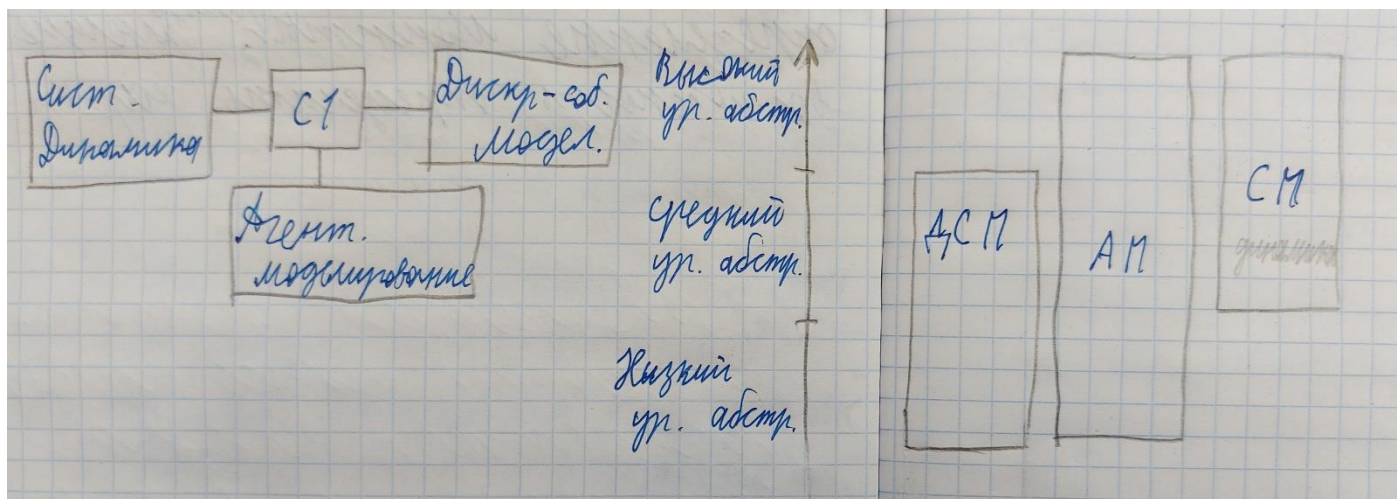


Моделирование

Лекция 3 (19.09.2022)

Виды имитационного моделирования

- **Агентное моделирование** (Относительно новое, с 2000 годов) – используется для исследования децентрализованных систем динамика которых определяется не глобальными правилами и законами как в других парадигмах программирования, а наоборот, когда эти глобальные правила и законы являются результатом индивидуальной активности членов групп. Следовательно – цель агентных моделей, получить представление об этих глобальных правилах, общем поведении системы исходя из предположений об индивидуальном, частном поведении её отдельных активных объектов и взаимодействии этих объектов в системе. Таким образом агент – это некая сущность, обладающая активностью, автономным поведением, может принимать решения в соответствии с выбором некоторых правил, взаимодействовать с окружением, а также самостоятельно изменяться.
- **Дискретно-событийная модель** – предлагается абстрагироваться от непрерывной природы событий и рассматривать только основные события, происходящие в системе. Например, ожидание, обработка какого-то заказа ... Оно наиболее развито и практически везде имеет (применение)... От логистики и системы массового обслуживания до транспортных и производственных систем.
- **Системная динамика** – для исследуемой системы строятся графические диаграммы причинных связей и глобальных влияний одних параметров на другие во времени. А затем созданная диаграмма моделируется с помощью компьютера. Например, большие бизнес-процессы или очень сложного производственного процесса



В системной динамике мы работаем с такими объектами как (накопители, характеризующиеся наличием связи ...)

Дискретно-событийное (заявки, ресурсы и процессы)

Агентное моделирование (индивидуальные свойства и правила поведения, прямое или косвенное взаимодействие)

Низкий уровень абстракции характеризуется следующим: больше деталей, микроуровень, решаются оперативные задачи

Средний уровень абстракции (Мезо уровень) - тактические задачи, средняя сложность представления

Высокий уровень абстракции – макроуровень, стратегический уровень, очень низкая степень детализации.

Недостатки имитационного моделирования

Трудности имитационного моделирования связаны с обеспечением адекватности описания системы, интерпретацией результатов, обеспечением стохастической сходимости процесса моделирования и так далее... А также большой трудоемкостью метода. Очень часто перед построением имитационной модели, являющейся динамической по своей сути, оказывается полезным, а иногда и просто необходимым осуществить предварительный статический анализ исследуемой системы. При этом выявляются и ... функции, выполняемые в системе, их взаимосвязи потоки работ и так далее. Именно эти спецификации позволяют нашей модели выявить некоторый объем знаний о всей системе до создания полной имитационной модели, тем самым

уменьшаем кол-во ошибок, повышаем адекватность. Для выполнения такого анализа используем кейс-технологии. (кейс-технологии – это предварительная оценка, на этапе постановления ТЗ)

Выделяют три этапа в развитии средств компьютерного моделирования:

Признак - по возможностям и функциям исследователя

1. Создание имитационной модели с помощью языков программирования: на универсальном языке (C++), на специализированном языке программирования имитационного моделирования (JBSS, Media...) и на объектно-ориентированном языке программирования имитационного моделирования (ModelSim). (Важно: удобство, быстрота)
2. Использование при разработке имитационных моделей проблемно ориентированных систем и средств (MatLab). Эти системы не требуют, как правило, от пользователя знаний программирования и позволяют программировать лишь относительно узкие классы сложных систем. При этом имитационная модель генерируется самой системой. А самое главное настраиваем эту систему на наш объект исследования.
3. Использование собственного искусственного интеллекта. Речь идет о знаниях при принятии решений в процессе управления моделью при имитационном эксперименте. (Самый важный этап – формализация)

Как используем вычислительную технику в моделировании:

1. Как средство расчета по полученным аналитическим моделям
2. Как средство имитационного моделирования

Выделяем цифровую и аналоговую технику

1. Цифровая техника – суперкомпьютеры (по принципу фон Неймана)
2. Аналоговая техника – спец компьютеры
3. Гибридная техника

Центральный процессор – устройство, предназначенное для реализации множества машинных команд и управления вычислительными процессами.

Моделирование

Лекция 4 (26.09.2022)

Два основных использования технических средств:

1. Как средство расчета по полученным аналитическим моделям (ЭВМ и АВМ)
2. Как средство имитационного моделирования

АВМ – ускоряет процесс решения, но не обеспечивает высокую точность.

Гибридные вычислительные комплексы соединяют в себе высокую точность вычислений и для некоторых объектов повышают их скорость.

Гибридные вычислительные машины объединяют в себе узлы и блоки типовых и специализированных вычислительных машин, с использованием различных форм представлений информации и различных методов ее переработки. Для гибридной вычислительной техники типичными являются: различные преобразования формы представления информации, прецизионные коммутаторы непрерывных сигналов, запоминающие устройства непрерывных сигналов, различные компараторы и так далее...

Самостоятельно изучить команду GPSS anova (анализ одного параметра модели)

Применение гибридных вычислительных машин:

- моделирование дискретных систем и случайных процессов;
- решение задачи оптимизации, в том числе многокритериальных;
- исследование, управление подвижным объектом

Основные направления развития вычислительных машин:

1. На основе дискретно-управляемых элементов (использующие ... меняющие свои параметры под воздействием управляющего кода (цифрового)).

2. Разрядно-аналоговые - обеспечивают высокую точность и быстродействие за счет цифровой формы представления информации и аналогового способа ее переработки.
3. Цифровые интегрирующие машины – практически спец. ЭВМ, но в отличие от цифровой техники в качестве основной операции интегрирование.

Аналоговые вычислительные машины

В отличие от дискретной в основе аналоговой вычислительной техники заложен принцип моделирования. При использовании в качестве модели некоторой задачи электронных цепей, каждой переменной задачи ставится в соответствие определенная переменная величина электрической цепи. При этом основой построения такой модели и является изоморфизм. (Изоморфизм – подобие исследуемой задачи и соответствующей ей электронной модели). В большинстве случаев при определении критериев подобия используются специальные приемы масштабирования. В соответствующих значениях параметров модели и переменным нашей задачи. АВМ реализует модель изоморфную исследуемой задаче. Согласно своим вычислительным возможностям АВМ наиболее приспособлены для исследования объектов, динамика которых описывается обыкновенными, и в частных производных, дифференциальными уравнениями (а также алгебраическими и рядом других).

Следовательно, под аналоговой вычислительной машиной будем понимать совокупность электрических элементов, организованных в систему, позволяющую изоморфно моделировать динамику изучаемого объекта.

- Малая аналоговая вычислительная машина (если меньше 10)
- Средние (от 10 до 20)
- Большие (больше 20)

Структурная схема АВМ

Пульт управления

Система масштабирования

Система коммутации

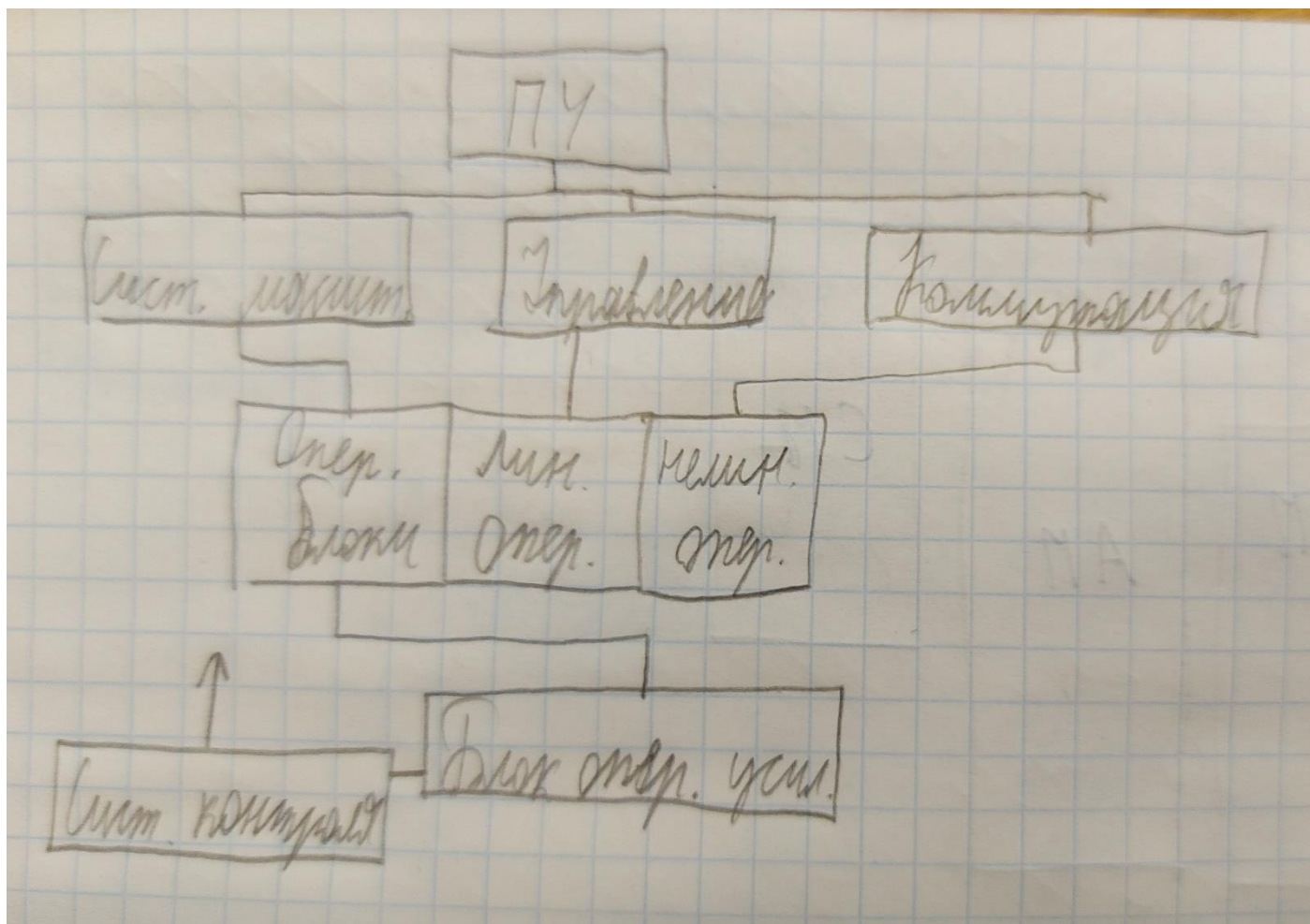
Система управления

Операционные блоки делятся на два класса:

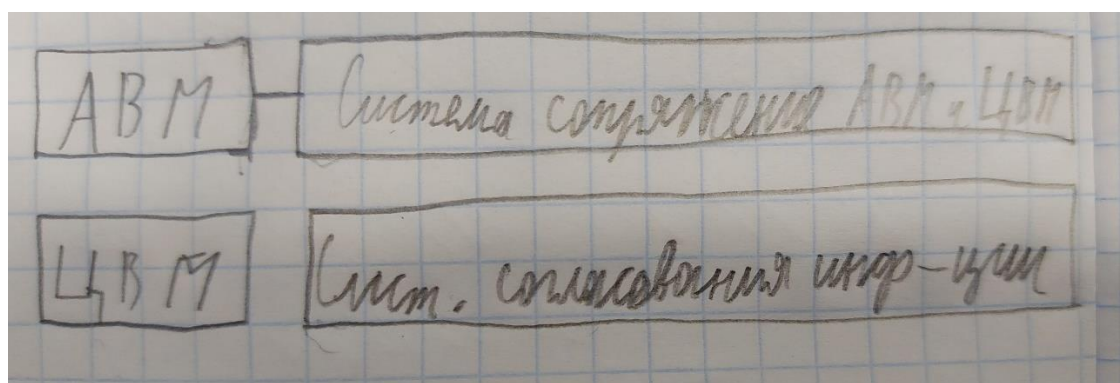
1. Линейные операции
2. Нелинейные операции

Блок операционных усилителей

Система контроля



Под гибридной вычислительной машиной будем понимать широкий класс вычислительных систем, использующих как аналоговую, так и дискретную формы представления и обработки информации.



Подклассы гибридных вычислительных машин

- АВМ использующие цифровые методы численного анализа
- АВМ, программируемые с помощью ЦВМ
- АВМ с цифровым управлением и логикой
- АВМ с цифровыми элементами

Сравнительная характеристика АВМ и ЦВМ

Показатель	АВМ	ЦВМ
Тип информации	Непрерывный	Дискретный
Изменение значений	Величиной напряжения	Числовым значением
Базовые операции	Интегрирование	Суммирование
Принцип вычислений	Высоко-параллельный	Последовательно-параллельный
Режим реального времени	Без ограничений	Ограниченные возможности
Динамическое изменение решаемой задачи	По средствам системы коммутации	В диалоговом режиме
Основные профессиональные требования к пользователю	Некоторые профессиональные знания в области ИТ и методика моделирования	Алгоритмизация
Уровень формализации задачи	Ограничен моделью решаемой задачи	Высочайший
Способность решать логические задачи	Ограниченные способности	Высочайшие способности
Точность	Меньше чем 10^{-4}	Зависит от разрядной сетки
Диапазон	От 1 до 10^{-4}	Зависит от разрядной сетки

Класс решаемых задач	Алгебраические и дифференциальные уравнения	Любые задачи
Специальные функции	Ограниченный набор	Широкий класс функций
Уровень миниатюризации	В карман не поместится	Все что угодно. Высочайший ур. мин.
Сфера применения	Ограниченная	Почти везде
Пользовательский интерфейс	Очень низкий уровень интерфейса	Интуитивно понятный графический интерфейс

Моделирование

Лекция 5 (26.09.2022)

В теории систем имеются следующие базовые понятия:

Система – это множество элементов, находящихся в отношениях и связях между собой.

Элемент – часть системы представления о которой нецелесообразно подвергать дальнейшему членению.

Сложная система – это система, характеризующая большим числом элементов (2 или более) и что наиболее важно, большим числом взаимосвязей элементов. Сложность системы определяется также видом взаимосвязей элементов, свойствами целенаправленности целостности, членимости, иерархичности, многоаспектности.

Подсистема – часть системы (подмножество элементов и их взаимосвязей), которая имеет свойства системы.

Надсистема – это система по отношению к которой рассматриваемая система является подсистемой.

Структура – отображения совокупности элементов системы и их взаимосвязей.

Понятие структуры отличается от понятия системы также тем, что при описании структуры принимают во внимание лишь типы элементов и их связей без конкретизации значений их параметров.

Параметр – величина, выражающая свойство или системы, или ее части или влияющей на систему среды.

К характеристикам сложных систем относят:

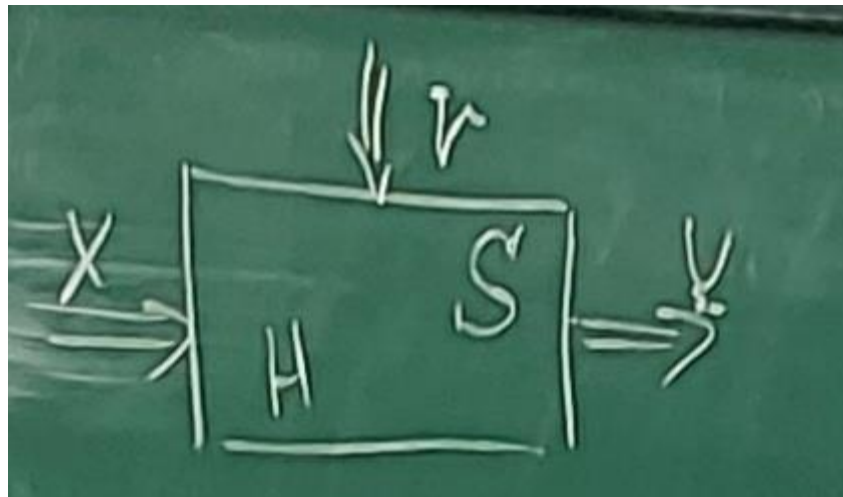
1. Целенаправленность – свойство искусственной системы, выражающее назначение системы (для оценки эффективности вариантов систем)
2. Целостность – свойство системы, характеризующее взаимосвязанность элементов и наличие зависимости в выходных параметрах от параметров элементов. При этом большинство выходных параметров не являются простым повторением или суммой параметров элементов.
3. Иерархичность – свойство сложной системы, выражающее возможность и целесообразность ее иерархического описания. То есть представление в виде нескольких уровней между компонентами которых имеется отношение “целые – часть”

Задачи моделирования сложных систем

1. Modeling – создание моделей сложных систем
2. Simulation – анализ свойств систем на основе исследования их моделей

Основы теории моделирования

Пусть есть некоторая сложная система S . На нее мы подаем X , получаем Y .



Модель объекта моделирования можно представить себе, как совокупность множества величин, описывающих процесс функционирования реальной системы и образующие в общем случае следующие подмножества:

1. Совокупность входных воздействий $x_i \in X, i = \overline{1, n_X}$
2. Совокупность воздействий внешней среды $v_l \in V, l = \overline{1, n_V}$

3. Совокупность собственных или внутренних параметров системы

$$h_k \in H, i = \overline{1, n_H}$$

4. Совокупность выходных характеристик системы $y_j \in X, i = \overline{1, n_Y}$

В общем случае x_i, v_i, h_i, y_i являются элементами не пересекающихся подмножеств и содержат как детерминированные, так и стохастические составляющие. При моделировании функционирования систем, входные воздействия, воздействия внешней среды и внутренние параметры являются независимыми – экзогенными переменными, которые в общем случае имеют следующий вид:

$$\overrightarrow{x(t)} = (x_1(t), x_2(t), \dots, x_{n_x}(t))$$

$$\overrightarrow{v(t)} = (v_1(t), v_2(t), \dots, v_{n_v}(t))$$

$$\overrightarrow{h(t)} = (h_1(t), h_2(t), \dots, h_{n_h}(t))$$

А выходные характеристики системы, являются зависимыми, то есть эндогенными элементами:

$$\overrightarrow{y(t)} = (y_1(t), y_2(t), \dots, y_{n_y}(t))$$

Процесс функционирования системы описывается во времени некоторым оператором, который в общем случае преобразует независимые переменные в зависимые $\overrightarrow{y(t)} = F_S(\overrightarrow{x}, \overrightarrow{v}, \overrightarrow{h}, t)$

Эта зависимость называется **законом функционирования сложной системы S**. В общем виде он может быть задан в виде функции, функционала, логических условий, в алгоритмическом или табличном виде.

Под алгоритмом функц. сложной системы подразумевается метод получения выходных характеристик с учетом входных воздействий $x(t)$, воздействий внешней среды $v(t)$ и внутренних параметров системы $h(t)$.

Очевидно, закон функционирования системы (S) может быть реализован различными способами, т.е. с помощью различных алгоритмов функционирования систем.

Пример: вот это соотношения может быть получено через понятие состояния системы (т.е. свойства системы в конкретные моменты времени). З-н функц. системы можно получить через свойства системы конкретной модели ... которые и называются у нас состояниями.

Эти же состояния характеризуются вектором состояний:

$$\vec{z} = (z_1, z_2, \dots, z_k), k = \overline{1, n_z}$$

Как тоже конечное системы

Если рассматривать процесс функционирования системы S, как последовательную смену состояний, то они могут быть интерпретированы как координаты точки в K-мерном фазовом пространстве, причем каждой реализации процесса будет соответствовать некоторая фазовая траектория. Совокупность всех возможных состояний системы называется пространством состояния объекта моделирования.

Состояние системы – (момент времени от t_0 до t_k)... полностью определяется начальными условиями $\vec{z}^0 = (z_1^0, z_2^0, \dots, z_k^0)$, где $z_1^0 = z_1(t_0)$ – свойство системы $z_1(t), z_2(t) \dots \{\vec{z}(t)\}$

... входными воздействиями, внутренними параметрами и воздействиями внешней среды, которые имели место за промежуток времени $(t-t_0)$ с помощью двух векторных уравнений:

$$\vec{z} = \Phi(\vec{z}^0, \vec{x}, \vec{v}, \vec{h}, t)$$

$$\vec{y}(t) = F(\vec{z}, t)$$

$$\vec{y}(t) = F(\Phi(\vec{z}^0, \vec{x}, \vec{v}, \vec{h}, t))$$

В общем случае ... время может быть непрерывным, а может быть и дискретным ... Отсюда появляется понятие числа интервалов ... Это тоже параметр системы.

Следовательно, под математической моделью, реальной сложной системы понимают конечное множество элем. $(\vec{x}, \vec{v}, \vec{h})$ вместе с математическими связями между ними и характеристиками $\vec{y}(t)$ (Это математическая схема общего вида).

Типовая математическая схема

В практике моделирования на первоначальных этапах формализации объектов используют так называемые **типовые математические схемы** , к которым относят такие хорошо прорабатывающие (разработанные) математические объекты, как дифференциальные алгебраические уравнения, конечные вероятностные автоматы и т.д.

Процесс функционирования системы	Типовая математическая схема	Обозначение
Непрерывно-детерминированный подход	Стандартные ДУ	D-схема
Дискретно-детерминированный подход	Конечные автоматы	F-схема
Дискретно-стохастический подход	Вероятностные автоматы	P-схема
Непрерывно-стохастический подход	Система массового обслуживания	Q-схема
Обобщенные (универсальный)	Агрегативная система	A-схема

Типовые математические схемы.

В практике моделирования на первоначальных этапах формализации объектов используют так называемые типовые математические схемы, к которым относят такие хорошо проработанные (разработанные) математические объекты, как дифференциальные алгебраические уравнения, конечные вероятностные автоматы и т.д.

<u>процесс функционирования системы</u>	<u>типовая математическая схема</u>	<u>обозначение</u>
Непрерывно-детерминированный подход	<u>стандартные ДУ</u>	<u>D-схема</u>
Дискретно-детерминированный подход	<u>конечные автоматы</u>	<u>F-схема</u>
Дискретно-стохастический подход	<u>вероятностные автоматы</u>	<u>P-схема</u>
Непрерывно-стохастический подход	<u>система массового обслуживания</u>	<u>Q-схема</u>
Обобщенные (универсальный)	<u>агрегативная система</u>	<u>A-схема</u>

Первая ЛР

Исследовать функцию распределения и ... которая распределена по
равномерному закону и

- 1) Ехр
- 2) Нормальный
- 3) Пуассоновский
- 4) 3-н Эрланга

Отчет титульник, задание ...

Моделирование

Лекция 6 (10.10.2022)

Формализация и алгоритмизация процессов ... сложных систем. Последовательность обработки и компьютерной реализации модели системы.

Сущность компьютерного моделирования состоит в проведении на компьютере эксперимента с моделью, которая представляет собой программный комплекс, описывающий формально или алгоритмически поведения элементов систем в процессе функционирования. Процесс функционирования – это взаимодействие элементов друг с другом и внешней системой.

Основные требования, предъявляемые к модели:

1. Полнота модели – должна предоставлять пользователю возможность получения необходимого набора характеристик, оценок системы с требуемой точностью и достоверностью.
2. Гибкость модели – должна давать возможность воспроизведения различных ситуаций при варьировании структуры алгоритмов и параметров модели. При чем структура должна быть блочной, то есть допускать возможность замеров, добавления, исключения некоторых частей без переделки всей модели.
3. Компьютерная реализация модели должна соответствовать имеющимся техническим ресурсам. (В первую очередь - быстродействие)

Процесс моделирования, включая разработку и компьютерную реализацию модели, является итерационным. Этот итерационный процесс продолжается до тех пор, пока не будет получена модель, которую можно считать адекватной, в рамках поставленной задачи.

Основные этапы моделирования больших систем

1. **Построение концептуальной (описательной) модели системы и ее формализация.** На первом этапе формулируется модель и строится ее формальная схема. То есть основным назначением этого этапа является переход от содержательного описания объекта к его математической модели. Это наиболее ответственный и наименее формализованный этап. Исходный материал – содержательное описание объекта.

Последовательность действий:

- a. Проведение границы между системой и внешней средой.
 - b. Исследование моделируемого объекта с точки зрения выделения основных составляющих процессов функционирования системы по отношению к цели моделирования.
 - c. Переход от содержательного описания системы к формализованному описанию свойств процесса функционирования системы (то есть к собственной концептуальной модели). Переход от содержательного описания к формализованному в данной интерпретации сводится к исключению из рассмотрения некоторых второстепенных элементов описания.
 - d. Оставшиеся элементы модели группируются в блоки. Блоки 1ой группы представляют собой имитатор воздействий внешней среды. Блоки 2ой группы являются собственно моделью исследуемой системы.
 - e. Процесс функционирования системы так разбивается на подпроцессы, чтобы построение моделей отдельных процессов было элементарно и не вызывало особых трудностей. (То что реализуется подбором типовых математических схем)
2. **Алгоритмизация модели и ее компьютерная реализация.** На 2ом этапе моделирования математическая модель, сформулированная на первом этапе, воплощается в конкретную компьютерную модель. Должна быть блочная логическая схема нашей модели.
 - a. Разработка схемы работающего алгоритма.

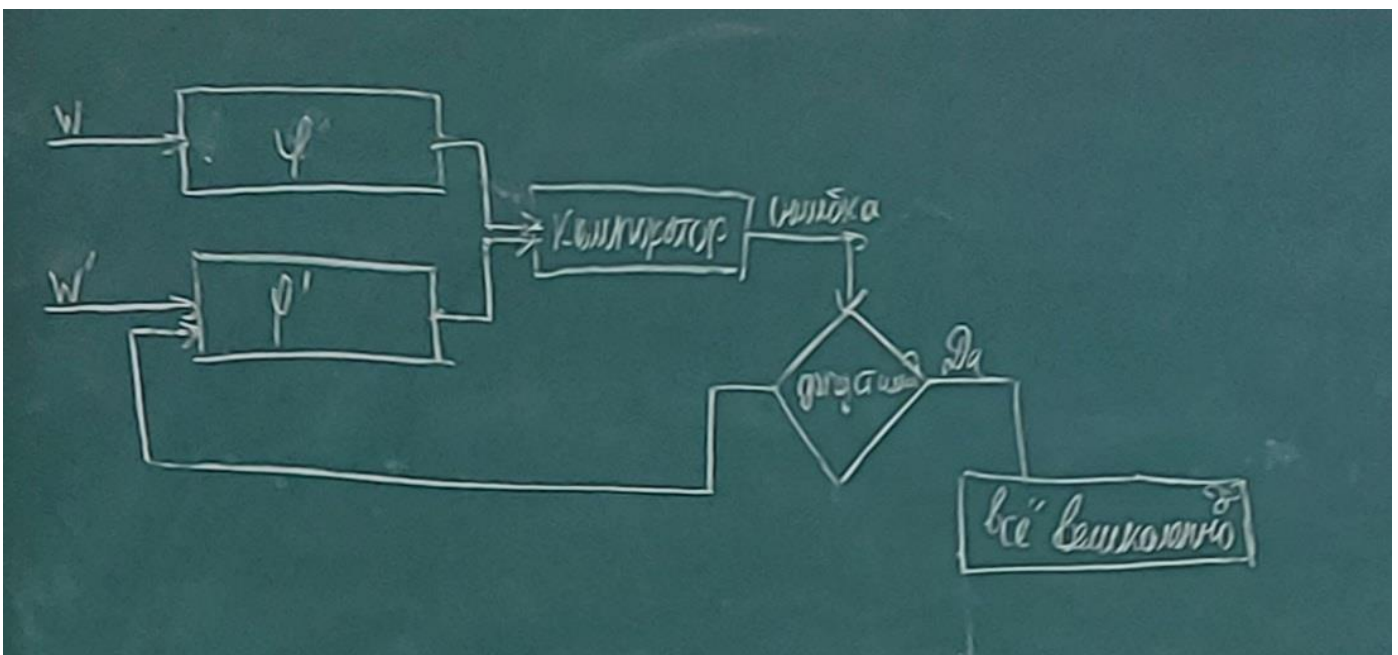
- b. Разработка схемы программы.
- c. Выбор технических средств для реализации компьютерной модели.
- d. Программирование и отладка модели.
- e. Тестирование (Отладка включает тестирование).
- f. Составление технической документации.

3. **Получение и интерпретация результатов моделирования.** На 3ем этапе моделирование самое важное – проведение рабочих расчетов по готовой программе. Результаты этих расчетов позволяют проанализировать и сделать выводы о характеристиках функционирования системы.

Последовательность действий:

- a. Планирование машинного эксперимента с моделью системы.
Активный пассивный эксперименты. Составление плана проведения эксперимента с указанием комбинаций переменных и параметров, для которых должен проводится эксперимент. Главная задача – нужно дать максимальный объем информации при минимальных затратах вычислительных ресурсов.
- b. Проведение рабочих расчетов. (Калибровка модели)
- c. Обработка статистических результатов работы, представление результатов.
- d. Техническая презентация...

Калибровка



W — входные параметры

φ' — модель

Возникает три типа ошибок:

1. Ошибка формализации — надо заново делать модель
2. Ошибка решения.
3. Ошибки задания параметров модели.

Данный этап завершается определением и фиксацией области пригодности модели, под которой будем понимать множество условий, при соблюдении которых точность результатов моделирования находится в допустимых пределах.

