

Бозоров Э.Х., Кубаев А.Э

СТАТИЧЕСКИЕ И ДИНАМИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ



**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ,
НАУКИ И ИННОВАЦИЙ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

**САМАРКАНДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

**Бозоров Э.Х
Кубаев А.Э**

СТАТИЧЕСКИЕ И ДИНАМИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ

Учебно-методическое пособие

**SamDTU
axborot-resurs markazi**

Самарканд – 2024

УДК: 610.15

Бозоров Э.Х., Кубаев А.Э. Статические и динамические модели. Учебно-методическое пособие. – Самарканд: Издательство «СамГИИЯ», 2024. – 30 стр.

Учебно- методическое пособие составлен на основе лекционного курса "основы математического моделирования", который преподается бакалаврам направления методическое применение - математическое моделирование. Рассмотрены основные понятия математического моделирования. Представлены математические модели и принципы их построения. Описаны примеры математических моделей в физике, химии, биологии. Пособие предназначено для студентов вузов, аспирантов и специалистов, изучающих процессы математического моделирования.

Мы благодарим авторов учебников на основе педогогического анализа материалов, написанных в рамках инновационного проекта под названием "создание мультимедийных учебников для бакалавров и магистров в областях ядерной энергетики, ядерной медицины и технологий", "радиационная медицина и технологии" № АМ-РЗ-2019062031.

Рецензенты:

Институт ядерной физики УзР АН,
Старший научный сотрудник лаборатории
"Экспериментальной ядерной физики",
д.ф.-м.н., М.Каюмов

Заведующий кафедрой "Информатика,
информационные технологии" Самаркандского
государственного медицинского университета,
доцент С.А.Карабаев

Рекомендовано учебно-методическим советом СамГМУ в качестве учебно-методического пособия приказ №3 от 1 ноября 2023 г.

© Издательство «СамГИИЯ», 2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
1. Статические и динамические модели.....	6
1.1. Дополнительный материал	6
1.2. Модели материальные и модели информационные.....	9
1.3. Моделирование и формализация.....	10
2. Концепция построения системной модели сложных объектов.....	16
3. Основные этапы инженерного эксперимента, направленного на изучение сложных объектов	20
4. Моделирование как метод познания. Формы представления моделей. Формализация.....	24
4.1. Формы представления моделей.....	26
4.2. Классификация по способу представления	27
Использованная литература.....	28

ВВЕДЕНИЕ

Различные элементы математического моделирования применялись одновременно с появлением точных наук. С данным фактом связано то, что часть из них носят имена Корифеев науки, например, Ньютона и Эйлера, а слово «алгоритм» происходит от имени средневекового ученого Аль-Хорезми. Второе «рождение» этой методологии пришлось на конец 40-х — начала 50-х годов XX века и было обусловлено, по крайней мере, двумя причинами: появлением компьютеров, хотя и скромных по нынешним меркам, но тем не менее избавивших ученых от огромной по объему рутинной вычислительной работы, и беспрецедентным социальным заказом на выполнение национальных программ СССР и США по созданию ракетно-ядерного щита, которые не могли быть реализованы традиционными методами. С помощью математического моделирования данная задача была решена. На первом этапе ядерные взрывы и полеты ракет моделировались посредством ЭВМ, а уже впоследствии были реализованы на практике. Данный факт способствовал дальнейшему развитию методологии моделирования, без которой в настоящее время не реализуется ни один крупномасштабный технологический, экологический или экономический проект.

Технические, экологические, экономические и иные системы, изучаемые современной наукой, больше не поддаются исследованию обычными теоретическими методами. Прямой натурный эксперимент над ними дорог, часто либо опасен, либо попросту невозможен, так как многие из этих систем существуют в «единственном экземпляре». Цена ошибок и просчетов в обращении с ними недопустимо высока. По этому математическое моделирование является неизбежной составляющей научно-технического прогресса.

Математическое моделирование, являясь методологией, используется как инструмент в научных дисциплинах подобно

математике, физике и биологии и не конкурирует с ними. Практически во всех сферах творческой деятельности применяется моделирование, начиная от исследователей и заканчивая военачальниками. Математическое моделирование должно обеспечиваться выполнением следующих требований: четкая формулировка основных понятий и предположений, основанная на опыте (апостериорный), анализ адекватности используемых моделей, гарантированная точность вычислительных алгоритмов и т.д. При моделировании трудноформализуемых объектов нужно дополнительно учитывать разграничение математических и нематематических терминов, а также особенности использования существующего математического аппарата к изучению объектов.

1. СТАТИЧЕСКИЕ И ДИНАМИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ

В статических моделях система представляется неизменной во времени. Такие модели удобны, когда нужно описать структуру системы, то есть из каких объектов она состоит, как эти объекты связаны с друг с другом и каковы свойства этих объектов. Образно говоря, статическая модель представляет собой как бы “фотографию” существенных свойств системы в некоторый момент времени.

Примеры статических моделей: карта местности, схема персонального компьютера, перечень планет Солнечной системы с указанием их массы.

Динамические модели содержат информацию о поведении системы и ее составных частей. Для описания поведения обычно используются записанные в виде формул, схем или компьютерных программ соотношения, позволяющие вычислить параметры системы и ее объектов, как функции времени.

Примеры динамических моделей: набор формул небесной механики, описывающий движение планет Солнечной системы; график изменения температуры в помещении в течение суток; видеозапись извержения вулкана.

В зависимости от цели моделирования для одной и той же системы могут создаваться как статические, так и динамические модели. Построение динамических моделей обычно сложнее, чем статических, поэтому, если значения свойств системы изменяются редко или медленно, то лучше построить статическую модель системы и при необходимости вносить в нее коррективы.

1.1. Дополнительный материал

Понятие модели. Материальные и информационные модели. Формализация как замена реального объекта его информационной моделью.

Моделирование.

Человечество в своей деятельности (научной, образовательной, технологической, художественной) постоянно создает и использует модели окружающего мира. Строгие правила построения моделей сформулировать невозможно, однако человечество накопило богатый опыт моделирования различных объектов и процессов.

Модели позволяют представить в наглядной форме объекты и процессы, недоступные для непосредственного восприятия (очень большие или очень маленькие объекты, очень быстрые или очень медленные процессы и др.). Наглядные модели часто используются в процессе обучения. В курсе географии первые представления о нашей планете Земля мы получаем, изучая ее модель — глобус, в курсе физики изучаем работу двигателя внутреннего сгорания по его модели, в химии при изучении строения вещества используем модели молекул и кристаллических решеток, в биологии изучаем строение человека по анатомическим муляжам и др.

Модели играют чрезвычайно важную роль в проектировании и создании различных технических устройств, машин и механизмов, зданий, электрических цепей и т. д. Без предварительного создания чертежа невозможно изготовить даже простую деталь, не говоря уже о сложном механизме.

В процессе проектирования зданий и сооружений кроме чертежей часто изготавливают макеты. В процессе разработки летательных аппаратов поведение их моделей в воздушных потоках исследуют в аэродинамической трубе. Разработка электрической схемы обязательно предшествует созданию электрических цепей и так далее.

Развитие науки невозможно без создания теоретических моделей (теорий, законов, гипотез и пр.), отражающих строение, свойства и поведение реальных объектов. Создание новых теоретических моделей иногда коренным образом меняет представление человечества об окружающем мире (гелиоцентрическая система мира Коперника, модель атома Резерфорда-Бора, модель расширяющейся Вселенной, модель

генома человека и пр.). Адекватность теоретических моделей законам реального мира проверяется с помощью опытов и экспериментов.

Все художественное творчество фактически является процессом создания моделей. Например, такой литературный жанр, как басня, переносит реальные отношения между людьми на отношения между животными и фактически создает модели человеческих отношений. Более того, практически любое литературное произведение может рассматриваться как модель реальной человеческой жизни. Моделями, в художественной форме отражающими реальную действительность, являются также живописные полотна, скульптуры, театральные постановки и пр.

Моделирование — это метод познания, состоящий в создании и исследовании моделей.

Модель.

Каждый объект имеет большое количество различных свойств. В процессе построения модели выделяются главные, наиболее существенные для проводимого исследования свойства. В процессе исследования аэродинамических качеств модели самолета в аэродинамической трубе важно, чтобы модель имела геометрическое подобие оригинала, но не важен, например, ее цвет. При построении электрических схем — моделей электрических цепей — необходимо учитывать порядок подключения элементов цепи друг к другу, но не важно их геометрическое расположение друг относительно друга и так далее.

Разные науки исследуют объекты и процессы под разными углами зрения и строят различные типы моделей. В физике изучаются процессы взаимодействия и изменения объектов, в химии — их химический состав, в биологии — строение и поведение живых организмов и так далее.

Возьмем в качестве примера человека: в разных науках он исследуется в рамках различных моделей. В рамках механики его можно рассматривать как материальную точку, в химии — как объект, состоящий из различных химических веществ, в биологии — как систему, стремящуюся к самосохранению, и

так далее. Модель — это некий новый объект, который отражает существенные особенности изучаемого объекта, явления или процесса. С другой стороны, разные объекты могут описываться одной моделью. Так, в механике различные материальные тела (от планеты до песчинки) могут рассматриваться как материальные точки.

Один и тот же объект может иметь множество моделей, а разные объекты могут описываться одной моделью. Никакая модель не может заменить сам объект. Но при решении конкретной задачи, когда нас интересуют определенные свойства изучаемого объекта, модель оказывается полезным, а подчас и единственным инструментом исследования.

1.2. Модели материальные и модели информационные.

Все модели можно разбить на два больших класса: модели предметные (материальные) и модели информационные. Предметные модели воспроизводят геометрические, физические и другие свойства объектов в материальной форме (глобус, анатомические муляжи, модели кристаллических решеток, макеты зданий и сооружений и др.).

Информационные модели представляют объекты и процессы в образной или знаковой форме.

Образные модели (рисунки, фотографии и др.) представляют собой зрительные образы объектов, зафиксированные на каком-либо носителе информации (бумаге, фото- и киноплёнке и др.). Широко используются образные информационные модели в образовании (учебные плакаты по различным предметам) и науках, где требуется классификация объектов по их внешним признакам (в ботанике, биологии, палеонтологии и др.).

Знаковые информационные модели строятся с использованием различных языков (знаковых систем). Знаковая информационная модель может быть представлена в форме текста (например, программы на языке программирования), формулы (например, второго закона Ньютона $F=ma$), таблицы (например, периодической таблицы элементов Д. И.

Менделеева) и так далее. Иногда при построении знаковых информационных моделей используются одновременно несколько различных языков. Примерами таких моделей могут служить географические карты, графики, диаграммы и пр. Во всех этих моделях используются одновременно как язык графических элементов, так и символичный язык.

1.3. Моделирование и формализация

На протяжении своей истории человечество использовало различные способы и инструменты для создания информационных моделей. Эти способы постоянно совершенствовались. Так, первые информационные модели создавались в форме наскальных рисунков, в настоящее же время информационные модели обычно строятся и исследуются с использованием современных компьютерных технологий.

Формализация.

Естественные языки используются для создания описательных информационных моделей. В истории науки известны многочисленные описательные информационные модели; например, гелиоцентрическая модель мира, которую предложил Коперник, формулировалась следующим образом:

Земля вращается вокруг своей оси и вокруг Солнца;
орбиты всех планет проходят вокруг Солнца. С помощью формальных языков строятся формальные информационные модели (математические, логические и др.). Одним из наиболее широко используемых формальных языков является математика. Модели, построенные с использованием математических понятий и формул, называются математическими моделями. Язык математики является совокупностью формальных языков.

Язык алгебры позволяет формализовать функциональные зависимости между величинами. Так, Ньютон формализовал гелиоцентрическую систему мира, открыв законы механики и закон всемирного тяготения и записав их в виде алгебраических функциональных зависимостей. В школьном

курсе физики рассматривается много разнообразных функциональных зависимостей, выраженных на языке алгебры, которые представляют собой математические модели изучаемых явлений или процессов.

Язык алгебры логики (алгебры высказываний) позволяет строить формальные логические модели. С помощью алгебры высказываний можно формализовать (записать в виде логических выражений) простые и сложные высказывания, выраженные на естественном языке. Построение логических моделей позволяет решать логические задачи, строить логические модели устройств компьютера (сумматора, триггера) и так далее.

В процессе познания окружающего мира человечество постоянно использует моделирование и формализацию. При изучении нового объекта сначала обычно строится его описательная информационная модель на естественном языке, затем она формализуется, то есть выражается с использованием формальных языков (математики, логики и др.).

Визуализация формальных моделей.

В процессе исследования формальных моделей часто производится их визуализация. Для визуализации алгоритмов используются блок-схемы: пространственных соотношений между объектами — чертежи, моделей электрических цепей — электрические схемы, логических моделей устройств — логические схемы и так далее.

Так при визуализации формальных физических моделей с помощью анимации может отображаться динамика процесса, производится построение графиков изменения физических величин и так далее. Визуальные модели обычно являются интерактивными, то есть исследователь может менять начальные условия и параметры протекания процессов и наблюдать изменения в поведении модели.

Вопросы:

1. Что такое динамические модели примеры?
2. Что значит Статическая модель?
3. Какие модели называются статическими?

4. Что такое статическая информационная модель?
5. Что такое модель?
6. Что означает понятие «моделирование»?
7. Зачем нужны модели?
8. Какие модели вы знаете?
9. Составьте схему-классификацию моделей по различным признакам, приведите примеры для каждого вида.
10. Что такое формализация?
11. В чем отличие статистических и динамических моделей, приведите примеры применения каждого из этих видов.

Модель называется статической, когда входные и выходные воздействия постоянны во времени. *Статическая модель* описывает установившийся режим. Модель называется динамической, если входные и выходные переменные изменяются во времени. *Динамическая модель* описывает неустановившийся режим работы изучаемого объекта. Исследование динамических свойств объектов позволяет в соответствии с фундаментальным принципом определенности Гюйгенса-Адамара ответить на вопрос: как изменяется состояние объекта при известных воздействиях на него и заданном начальном состоянии. Примером статической модели является зависимость длительности технологической операции от затрат ресурсов. Статическая модель описывается алгебраическим уравнением

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

Примером динамической модели является зависимость объемов выпуска товарной продукции предприятия от размеров и сроков капитальных вложений, а также затраченных ресурсов. Динамическая модель часто описывается дифференциальным уравнением

$$A[Y(t), Y'(t), \dots, Y^{(n)}(t), X(t), X'(t), \dots, X^{(m)}(t), t] = 0$$

Уравнение связывает неизвестную переменную Y и ее производные с независимой переменной t и заданной функцией времени $X(t)$ и ее производными.

Динамическая система может функционировать в непрерывном или дискретном, квантованном на равные интервалы, времени. В первом случае система описывается дифференциальным уравнением, а во втором случае – конечно-разностным уравнением.

Если множества входных, выходных переменных и моментов времени конечны, то система описывается *конечным автоматом*.

Конечный автомат характеризуется конечным множеством состояний входа $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$; конечным множеством состояний $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_m\}$; конечным множеством внутренних состояний $Q = \{q_1, q_2, \dots, q_k\}$; функцией переходов $T(x, q)$, определяющих порядок смены внутренних состояний; функцией выходов $P(x, q)$ задающей состояние выхода в зависимости от состояния входа и внутреннего состояния.

Обобщением детерминированных автоматов являются *стохастические автоматы*, которые характеризуются вероятностями переходов из одного состояния в другое. Если функционирование динамической системы имеет характер обслуживания возникающих заявок, то модель системы строится с использованием методов *теории массового обслуживания*.

Динамическую модель называют *стационарной*, если свойства преобразования входных переменных не изменяются со временем. В противном случае ее называют *нестационарной*.

Объект может считаться стационарным, если его параметры меняются медленно по сравнению со временем, которое требуется для идентификации объекта. Различают *детерминированные* и *стохастические (вероятностные)* модели. Детерминированный оператор позволяет однозначно определить выходные переменные по известным входным переменным. *Детерминированность* модели означает лишь

неслучайность преобразования входных переменных, которые сами по себе могут быть как детерминированными, так и случайными.

Стохастический оператор позволяет определить по заданному распределению вероятностей входных переменных и параметров системы распределение вероятностей входных переменных.

С точки зрения входных и выходных переменных модели классифицируют следующим образом:

1. Входные переменные подразделяют на *управляемые* и *неуправляемые*. Первые могут изменяться по усмотрению исследователя и используются объектом. Вторые непригодны для управления.

2. В зависимости от размерности векторов входных и выходных переменных различают *одномерные* и *многомерные* модели. Под одномерной моделью будем понимать такую модель, у которой входная и выходная переменные являются одновременно скалярными величинами. Многомерной называют модель, у которой векторы $x(t)$ и $y(t)$ имеют размерность n^3 2.

3. Модели, у которых входные и выходные переменные являются непрерывными по времени и по величине, называют *непрерывными*. Модели, у которых входные и выходные переменные дискретны или по времени, или по величине, называют *дискретными*.

Отметим, что динамика сложных систем во многом зависит от решений, принимаемых человеком. Процессы, протекающие в сложных системах, характеризуются большим числом параметров — большим в том смысле, что соответствующие уравнения и соотношения аналитически не могут быть разрешены. Часто изучаемые сложные системы уникальны по сравнению даже с аналогичными по назначению системами. Продолжительность экспериментов с такими системами обычно велика и часто оказывается сравнимой со сроком их жизни. Иногда проведение активных экспериментов с системой вообще недопустимо.

Для сложного объекта часто оказывается невозможным определить содержание каждого шага управления. Это обстоятельство определяет настолько большое число ситуаций, характеризующих состояние объекта, что практически невозможно проанализировать влияние каждой из них на принимаемые решения. В этой ситуации вместо жесткого алгоритма управления, предписывающего на каждом шаге его реализации некоторое однозначное решение, приходится использовать совокупность указаний, соответствующую тому, что в математике принято называть исчислением. В отличие от алгоритма в исчислении продолжение процесса на каждом шаге не является фиксированным и есть возможность произвольного продолжения процесса поиска решения. Исчисления и подобные им системы изучаются в математической логике.

2. КОНЦЕПЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМНОЙ МОДЕЛИ СЛОЖНЫХ ОБЪЕКТОВ

Сложные объекты представляют собой совокупность отдельных конструктивно обособленных элементов: технологических агрегатов, транспортных магистралей, электрических приводов и т. д., связанных между собой материальными, энергетическими и информационными потоками, и взаимодействующих с окружающей средой как целое. Процессы энергообмена, происходящие в сложных объектах, являются направленными и связаны с движением полей и вещества (теплообмен, фильтрация, диффузия, деформация и т. д.). Как правило, эти процессы содержат неустойчивые стадии развития, и управление такими процессами является больше искусством, чем наукой. Вследствие этих обстоятельств, наблюдается нестабильное качество управления такими объектами. Резко возрастают требования к квалификации технологического персонала и существенно увеличивается время на его подготовку.

Элементом системы называется некоторый объект (материальный, энергетический, информационный), обладающий рядом важных для нас свойств, внутреннее строение (содержание) которого не представляет интереса с точки зрения цели анализа [15].

Будем обозначать элементы через M , а всю их рассматриваемую (возможную) совокупность — через $\{M\}$. Принадлежность элемента к совокупности принято записывать $M \in \{M\}$.

Связью назовем важный для целей рассмотрения обмен между элементами: веществом, энергией, информацией.

Единичным актом связи выступает *воздействие*. Обозначая все воздействия элемента M_1 на элемент M_2 через x_{12} , а элемента M_2 на M_1 — через x_{21} , можно изобразить связь графически (рис. 1.6).

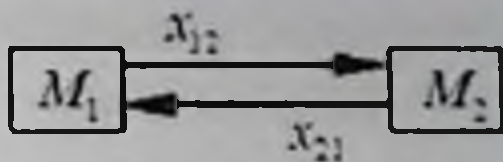


Рис. 1.6. Связь двух элементов

Системой назовем совокупность элементов, обладающую следующими признаками:

а) связями, которые позволяют посредством переходов по ним от элемента к элементу соединить два любых элемента совокупности;

б) свойством (назначением, функцией), отличным от свойств отдельных элементов совокупности.

Назовем признак а) связностью системы, б) – ее функцией. Применяя так называемое “кортежное” (т. е. последовательность в виде перечисления) определение системы, можно записать

$$\Sigma: \{ \{M\}, \{x\}, F \},$$

где Σ – система; $\{M\}$ – совокупность элементов в ней; $\{x\}$ – совокупность связей; F – функция (новое свойство) системы.

Будем рассматривать запись как наиболее простое описание системы.

Практически любой объект с определенной точки зрения может рассматриваться как система. Важно отдавать себе отчет, полезен ли такой взгляд или разумней считать данный объект элементом. Так, системой можно считать радиотехническую плату, преобразующую входной сигнал в выходной. Для специалиста по элементной базе системой будет слюдяной конденсатор в этой плате, а для геолога – и сама слюда, имеющая достаточно сложное строение.

Большой системой назовем систему, включающую значительное число однотипных элементов и однотипных связей.

Сложной системой назовем систему, состоящую из элементов разных типов и обладающую разнообразными связями между ними.

Часто сложной системой считают только ту, которая является большой. Разнородность элементов можно подчеркнуть записью

$$\{M\} : (\{M^1\}, \{M^2\}, \dots, \{M^k\})$$

Большой, но не сложной с точки зрения механики, системой является собранная из стержней стрела крана или, например, труба газопровода. Элементами последней будут ее участки междусварными швами или опорами. Для расчетов на прогиб элементами газопровода скорее всего будут считаться относительно небольшие (порядка метра) участки трубы. Так поступают в известном методе конечных элементов. Связь в данном случае носит силовой (энергетический) характер — каждый элемент действует на соседний.

Различие между системой, большой системой и сложной системой условно. Так, корпуса ракет или судов, которые на первый взгляд однородны, обычно относят к сложной системе из-за наличия переборок разного вида.

Важным классом сложных систем являются автоматизированные системы. Слово “автоматизированный” указывает на участие человека, использование его активности внутри системы при сохранении значительной роли технических средств. Так, цех, участок, сборка могут быть как автоматизированными, так и автоматическими (“цех-автомат”). Для сложной системы автоматизированный режим считается более предпочтительным. Например, посадка самолета выполняется при участии человека, а автопилот обычно используется лишь на относительно простых движениях. Также типична ситуация, когда решение, выработанное техническими средствами, утверждается к исполнению человеком.

Итак, автоматизированной системой называется сложная система с определяющей ролью элементов двух типов: а) в виде технических средств; б) в виде действий человека. Ее символьная запись (сравни с и)

$$\sum^{\pm} = \{ \{M^T\}, \{M^H\}, M', \{x\}, \{F\} \},$$

где M^T — технические средства, в первую очередь ЭВМ; M^H — решения и другая активность человека; M' — остальные элементы в системе.

В совокупности $\{x\}$ в этом случае могут быть выделены связи между человеком и техникой $\{x^{T-H}\}$.

Структурой системы называется ее расчленение на группы элементов с указанием связей между ними, неизменное на все время рассмотрения и дающее представление о системе в целом.

Указанное расчленение может иметь материальную (вещественную), функциональную, алгоритмическую и другую основу. Группы элементов в структуре обычно выделяются по принципу простых или относительно более слабых связей между элементами разных групп. Структуру системы удобно изображать в виде графической схемы, состоящей из ячеек (групп) и соединявших их линий (связей). Такие схемы называются структурными.

Для символьной записи структуры введем вместо совокупности элементов $\{M\}$, совокупность групп элементов $\{M^*\}$ и совокупность связей между этими группами $\{x^*\}$. Тогда структура системы может быть записана как

$$\sum \sum \{ \{M^*\}, \{x^*\} \}.$$

Приведем примеры структур. Вещественная структура сборного моста состоит из его отдельных, собираемых на месте секций. Грубая структурная схема такой системы укажет только эти секции и порядок их соединения. Последнее и есть связи, которые здесь носят силовой характер. Пример функциональной структуры — это деление двигателя внутреннего сгорания на системы питания, смазки, охлаждения, передачи силового момента и т. д. Пример системы, где вещественные и функциональные структуры слиты, — это отделы проектного института, занимающиеся разными сторонами одной и той же проблемы.

Типичной алгоритмической структурой будет алгоритм (схема) программного средства, указывающая последовательность действий. Также алгоритмической структурой будет инструкция, определяющая действия при отыскании неисправности технического объекта.

3. ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ИНЖЕНЕРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА, НАПРАВЛЕННОГО НА ИЗУЧЕНИЕ СЛОЖНЫХ ОБЪЕКТОВ

Дадим характеристику основных этапов инженерного эксперимента, направленного на изучение сложных объектов.

1. Построение физической основы модели.

Построение физической основы модели, позволяющей выделить наиболее существенные процессы, определяющие качество управления и определить соотношения детерминированных и статистических составляющих в наблюдаемых процессах. Физическая основа модели строится с использованием "проектирования" сложного объекта в различные предметные области, используемые для описания исследуемого объекта. Каждая предметная область задает собственные системы ограничений на возможные "движения" объекта. Учет совокупности этих ограничений позволяет обосновать комплекс используемых моделей и построить непротиворечивую модель.

Построение "каркаса" модели, т. е. ее физической основы, сводится к описанию системы отношений, характеризующих исследуемый объект, в частности, законов сохранения и кинетики процессов. Анализ системы отношений, характеризующих объект, позволяет определить пространственные и временные масштабы механизмов, инициирующих наблюдаемое поведение процессов, качественно охарактеризовать вклад статистического элемента в описание процесса, а также выявить принципиальную неоднородность (если она существует!) наблюдаемых временных рядов.

Построение "каркаса" сводится к установлению по априорным данным причинно-следственных связей между внешними и внутренними дестабилизирующими факторами и эффективностью работы системы, а количественные оценки этих связей конкретизируются путем проведения экспериментов на объекте. Тем самым гарантируется общность полученных результатов для всего класса объектов, их

непротиворечивость по отношению к ранее полученным знаниям и обеспечивается уменьшение объема экспериментальных исследований. "Каркас" модели должен строиться с использованием структурно-феноменологического подхода, объединяющего исследование объекта по его реакциям на "внешние" воздействия и раскрытие внутреннего строения объекта исследования.

2. Проверка статистической устойчивости результатов наблюдений и определение характера изменения контролируемых переменных.

Эмпирическое обоснование статистической устойчивости сводится к исследованию устойчивости эмпирического среднего по мере возрастания объема выборки (схема удлиняющейся серии). Непредсказуемость экспериментально полученных значений, как известно, не является ни необходимым, ни достаточным условием применения теоретико-вероятностных понятий. Необходимым условием применения теории вероятностей является устойчивость усредненных характеристик исходных величин. Таким образом, требуется проверка с использованием эмпирической индукции статистической устойчивости n -мерной эмпирической функции распределения исходной случайной величины и распределения вероятностей для выборочных оценок.

3. Формирование и проверка гипотез о структуре и параметрах "движения" исследуемого объекта.

Отметим, что, как правило, мотивом для выбора статистического подхода является отсутствие регулярности наблюдаемого процесса, хаотический характер и резкие изломы. В этом случае исследователь не может визуально обнаружить закономерности в ряду наблюдений и воспринимает его как реализацию случайного процесса. Подчеркнем, что речь идет об обнаружении простейших закономерностей, поскольку для обнаружения сложных закономерностей нужна направленная математическая обработка результатов наблюдений.

4. Прогнозирование выходных переменных выполняется с учетом вклада детерминированных и статистических составляющих в конечный результат.

Отметим, что использование для прогнозирования только статистического подхода наталкивается на серьезные трудности. Во-первых, для принятия решений, касающихся минимизации текущих потерь, важно знать, не как в среднем развивается процесс, а как он будет себя вести на конкретном отрезке времени. Во-вторых, в общем случае мы имеем задачу прогнозирования нестационарного, случайного процесса с изменяющимися математическим ожиданием, дисперсией и самим видом закона распределения.

5. Планирование и реализация вычислительного эксперимента, направленного на оценку регулировочных характеристик объекта и ожидаемой эффективности системы управления.

Задачи синтеза структуры сложных систем только в простейших случаях могут быть решены аналитически. Поэтому возникает потребность в имитационном моделировании (ИМ) элементов проектируемой системы.

ИМ – это особый способ исследования объектов сложной структуры, заключающийся в воспроизведении численным образом всех входных и выходных переменных каждого элемента объекта. ИМ позволяет на этапе анализа и синтеза структуры учесть не только статистические взаимосвязи между элементами системы, но и динамические аспекты ее функционирования.

Для составления ИМ необходимо:

- выделить в объекте моделирования простейшие элементы, для которых известен способ расчета выходных переменных;
- составить уравнения связи, описывающие порядок соединения элементов в объекте;
- составить структурную схему объекта;
- выбрать средства автоматизации моделирования;
- разработать программу ИМ;

– провести вычислительные эксперименты с целью оценки адекватности ИМ, устойчивости результатов имитации и чувствительности ИМ к изменениям управляющих и возмущающих воздействий;

– решить с использованием модели задачу синтеза системы управления.

4. МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК МЕТОД ПОЗНАНИЯ. ФОРМЫ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ МОДЕЛЕЙ. ФОРМАЛИЗАЦИЯ.

Основной материал

В своей деятельности человек очень часто использует модели окружающего мира. Модели позволяют представить в наглядной форме объекты и процессы, недоступные для непосредственного восприятия (очень большие или очень маленькие объекты, очень быстрые или очень медленные процессы).

Наглядные модели часто используются в процессе обучения. В курсе географии первые представления о нашей планете Земля мы получаем, изучая ее модель — глобус, в курсе физики изучаем работу двигателя внутреннего сгорания по его модели, в химии при изучении строения вещества используем модели молекул и кристаллических решеток, в биологии изучаем строение человека по анатомическим муляжам.

Модели играют чрезвычайно важную роль в проектировании и создании различных технических устройств, машин и механизмов, зданий, электрических цепей и т. д. Без предварительного создания чертежа невозможно изготовить даже простую деталь, не говоря уже о сложном механизме.

В процессе проектирования зданий и сооружений кроме чертежей часто изготавливают макеты. В процессе разработки летательных аппаратов поведение их моделей в воздушных потоках исследуют в аэродинамической трубе.

Разработка электрической схемы обязательно предшествует созданию электрических цепей.

Развитие науки невозможно без создания теоретических моделей (теорий, законов, гипотез), отражающих строение, свойства и поведение реальных объектов. Создание новых теоретических моделей иногда коренным образом меняет представление человечества об окружающем мире (гелиоцентрическая система мира Коперника, модель атома

Резерфорда-Бора, модель расширяющейся Вселенной, модель генома человека).

Все художественное творчество фактически является процессом создания моделей. Например, такой литературный жанр, как басня, переносит реальные отношения между людьми на отношения между животными и фактически создает модели человеческих отношений.

Практически любое литературное произведение может рассматриваться как модель реальной человеческой жизни. Моделями, в художественной форме отражающими реальную действительность, являются также живописные полотна, скульптуры, театральные постановки и т.д.

Моделирование — это метод познания, состоящий в создании и исследовании моделей.

Каждый объект имеет большое количество различных свойств. В процессе построения модели выделяются главные, наиболее существенные для проводимого исследования свойства.

Например: В процессе исследования аэродинамических качеств модели самолета в аэродинамической трубе важно, чтобы модель имела геометрическое подобие оригинала, но не важен, например, ее цвет.

Разные науки исследуют объекты и процессы под разными углами зрения и строят различные типы моделей. В физике изучаются процессы взаимодействия и изменения объектов, в химии — их химический состав, в биологии — строение и поведение живых организмов и так далее.

Возьмем в качестве примера человека: в разных науках он исследуется в рамках различных моделей. В рамках механики его можно рассматривать как материальную точку, в химии — как объект, состоящий из различных химических веществ, в биологии — как систему, стремящуюся к самосохранению.

Модель — это некий новый объект, который отражает существенные особенности изучаемого объекта, явления или процесса.

География, военное дело, судоходство невозможны без информационных моделей поверхности Земли в виде карт.

Различные типы географических карт (политические, физические и пр.) представляют информационные модели, отражающие различные особенности земной поверхности, то есть один и тот же объект отражают несколько моделей.

С другой стороны, разные объекты могут описываться одной моделью. Так, в механике различные материальные тела (от планеты до песчинки) могут рассматриваться как материальные точки.

Один и тот же объект может иметь множество моделей, а разные объекты могут описываться одной моделью.

Конечно, никакая модель не может заменить сам объект. Но при решении конкретной задачи, когда нас интересуют определенные свойства изучаемого объекта, модель оказывается иногда единственным инструментом исследования.

4.1. Формы представления моделей.

Как мы убедились, существует огромное количество объектов моделирования. Для того чтобы ориентироваться в их многообразии, необходимо их все классифицировать, то есть упорядочить, систематизировать.

Классификация - это систематизация, разделение объектов на родственные группы, имеющих один или несколько общих признаков.

Существуют различные способы классификации:

1. По области использования:

- учебные (обучающие программы, наглядные пособия);
- опытные (модель корабля);
- научно - технические (динамо-машина, осциллограф);
- игровые (игра "Зарница", военные учения);
- имитационные (мышь Шеннона).

2. По временному фактору:

- статические (фотография, кристаллическая решетка);
- динамические (в физике - движение тел, в химии - химические реакции).

3. *По способу представления.* Это способ мы рассмотрим более подробно:

4.2. Классификация по способу представления

Все модели можно разбить на два больших класса: модели предметные (материальные) и модели информационные. (открывается 9 слайд презентации)

Предметные модели воспроизводят геометрические, физические и другие свойства объектов в материальной форме (глобус, анатомические муляжи, модели кристаллических решеток, макеты зданий и сооружений и др.).

Информационные модели представляют объекты и процессы в образной или знаковой форме.

Образная модель - это модель в мысленной или разговорной форме.

Знаковая модель - это модель, выраженная средствами формального языка (графики, таблицы, тексты и т.д.). (открывается 10 слайд презентации)

Образные и знаковые модели, как правило, взаимосвязаны. Мысленный образ, родившийся в голове человека, может быть облечен в знаковую форму.

Например: Мелодия, родившаяся в голове композитора, будет представлена в виде нот на бумаге.

На протяжении своей истории человечество использовало различные способы и инструменты для создания информационных моделей. Эти способы постоянно совершенствовались. Так, первые информационные модели создавались в форме наскальных рисунков, в настоящее же время информационные модели обычно строятся и исследуются с использованием современных компьютерных технологий. В дальнейшем мы рассмотрим основные этапы разработки и исследования моделей на компьютере.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА.

1. Бозоров Э.Х. Медицинская информатика. -Т.: «Fan va texnologiya», 2019,352 стр.
2. Х.С Далиев, Э.Х Бозоров в/б. Медицинская электроника. -Т.: «Fan va texnologiya», 2019,400 стр.
3. Самарский А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование.—М. Физматлит. 2005.
4. Музафаров Х.А., Баклушин М.Б., Абдураимов М.Г. Математическое моделирование. Ташкент, Университет. 2002 г.
5. Марчук, Г.И. Геронтология in silico. Становление новой дисциплины. Математические модели, анализ данных и вычислительные эксперименты / Г.И. Марчук. - М.: Бином. Лаборатория знаний, 2017. - 581 с.
6. Математические модели в биологии. Учебное пособие / Т.Ю. Плюснина и др. - Москва: ИЛ, 2014. - 136 с.
7. Оклея, П.И. Инструментальные средства и математические модели прогнозирования остаточного ресурса по ф / П.И. Оклея. - М.: Ленанд, 2015. - 267 с.
8. Первозванский, А. А. Математические модели в управлении производством: моногр. / А.А. Первозванский. - Москва: СИНТЕГ, 2018. - 616 с.
9. Зарубин В.С. Математическое моделирование в технике: учеб. пособие для студ вузов/ Зарубин В.С.-2-е изд.- Москва.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2003. -496 с.
- 10.Тарасевич Ю.Ю. Математическое и компьютерное моделирование.— М., УРСС, 2003.
- 11.Введение в математическое моделирование. Под.ред. В.П.Трусова. – М.Логос. 2005.
- 12.Тарасевич, Ю.Ю. Математическое и компьютерное моделирование. Вводный курс: Учебное пособие / Ю.Ю. Тарасевич. - М.: ЛИБРОКОМ, 2013. - 152 с.
- 13.Галушко, В. А. Г16 Электротехника и основы электроники: учеб.-метод. пособие для для студентов факультета —Управление процессами перевозок / В. Н. Галушко; М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп.— Гомель : БелГУТ, 2012. – 186 с

14. Арнольд В.И. Жесткие и мягкие математические модели. М., МСНМО. 2000.

15. Дмитрий Златопольский: Основы программирования на языке Python; Редактор Мовчан Д. А.; Издательство ДМК-Пресс, 2018 г.; ISBN · 978-5-97060-641-4;

Бозоров Э.Х
Кубаев А.Э

СТАТИЧЕСКИЕ И ДИНАМИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ

Учебно-методическое пособие

Издательство, «Самаркандский государственный
институт иностранных языков» – 2024
Адрес: 140104, г. Самарканд, ул. Бустонсарой, д. 93.

Редактор: С. Каримова
Корректор: З. Усманова
Тех.редактор: Ш. Абдурахимов

Лицензия на печать:



4268

Потверждение издательство:
№ 1243-7560-5999-432с-2125-1811-8655

Подписано в печать 12.01.2024 г.
Формат бумаги 60x84 ^{1/16}. Бумага офсетная. Объем 1,7 п.л.
Отпечатано офсетным способом. Тираж 100 экз. Заказ №12/01.

Отпечатано в типографии СамГИИЯ.
Адрес: г. Самарканд, ул. Бустонсарой, д. 93.

