

Лекция 2. Сложная система, как объект моделирования.

Цель лекции: определить основные свойства сложных систем, рассмотреть дать определение модели, объяснять общую классификацию основных видов моделирования. Обсудить компьютерное моделирование и метод имитационного моделирования

Ключевые слова: свойства сложных систем, компьютерное моделирование

Основные вопросы:

1. Основные свойства сложных систем
2. Общая классификация основных видов моделирования
3. Компьютерное моделирование
4. Метод имитационного моделирования

В настоящее время понятие "система" в науке является до конца не определенным. Ученые приступили к исследованию сложных систем (СС).

В многочисленной литературе по системному анализу отмечаются следующие основные свойства сложных систем:

1 Свойство: Целостность

Сложная система рассматривается как целостная совокупность элементов, характеризующаяся наличием большого количества взаимосвязанных и взаимодействующих между собой элементов.

У исследователя существует субъективная возможность разбиения системы на подсистемы, цели функционирования которых подчинены общей цели функционирования всей системы (целенаправленность систем).

Целенаправленность интерпретируется, как способность системы осуществлять в условиях неопределенности и воздействия случайных факторов поведение (выбор поведения), преследующее достижение определенной цели.

2 свойство: Связи.

Наличие существенных устойчивых связей (отношений) между элементами или (и) их свойствами, превосходящими по мощности (силе) связи (отношения) этих элементов с элементами, не входящими в данную систему (внешней средой).

Под ";связями"; понимается некоторый виртуальный канал, по которому осуществляется обмен между элементами и внешней средой веществом, энергией, информацией.

3 свойство: Организация.

Свойство характеризуется наличием определенной организации — формированием существенных связей элементов, упорядоченным распределением связей и элементов во времени и пространстве. При формировании связей складывается определенная структура системы, а свойства элементов трансформируются в функции (действия, поведение). При исследовании сложных систем обычно отмечают: Сложность функции, выполняемой системой и направленной на достижение заданной цели функционирования;

Наличие управления, разветвленной информационной сети и интенсивных потоков информации;

Наличие взаимодействия с внешней средой и функционирование в условиях неопределенности и воздействия случайных факторов различной природы.

4 свойство: Интегративные качества.

Существование интегративных качеств (свойств), т.е. таких качеств, которые присущи системе в целом, но не свойственны ни одному из ее элементов в отдельности. Наличие интегративных качеств показывает, что свойства системы хотя и зависят от свойств элементов, но не определяются ими полностью.

Примеры СС в экономической сфере многочисленны: организационно — производственная система, предприятие; социально — экономическая система, например регион; и др.

СС, как объект моделирования, имеет следующие характерные особенности:

СС, как правило, уникальны. Существующие аналоги таких объектов заметно отличаются друг от друга. Следствием этого на практике является необходимость строить новые модели.

Слабая структурированность теоретических и фактических знаний о системе. Так как изучаемые системы уникальны, то процесс накопления и систематизации знаний о них затруднен. Слабо изучены сами процессы. При идентификации сложных систем присутствует большая доля субъективных экспертных знаний о системе. СС слабопредсказуемы или контринтуитивны, как писал Форрестер.

Рассмотренные выше интегративные качества СС определяют важный методологический вывод: СС не сводится к простой совокупности элементов, расчленив СС на отдельные части, изучая каждую из них в отдельности, нельзя познать свойства системы в целом. Поэтому описание отдельных подсистем необходимо выполнять с учетом их места во всей системе в целом, и наоборот, система в целом исследуется исходя из свойств отдельных подсистем. Одну из основных черт сложных систем составляет взаимодействие выделенных подсистем. Необходимо учитывать результат воздействия одной подсистемы на другую и их взаимодействие с внешней средой. Исследователи отмечают наличие большого числа взаимосвязанных подсистем, многомерность СС, обусловленную большим числом связей между подсистемами, что затрудняет идентификацию моделируемых объектов. Отметим также, что расчленение СС на подсистемы зависит от целей создания системы и взглядов исследователя на нее.

Разнородность подсистем и элементов, составляющих систему. Это определяется и многообразием природы (физической разнородностью подсистем, имеющих различную природу), и разнородностью математических схем, описывающих функционирование различных элементов, а также одних и тех же элементов на различных уровнях изучения.

Присутствует необходимость исследовать систему в динамике, с учетом поведенческих аспектов.

Случайность и неопределенность факторов, действующих в изучаемой системе. Учет этих факторов приводит к резкому усложнению задач и увеличивает трудоемкость исследований (необходимость получения представительного набора данных). Существует необходимость учета большого количества действующих в системе факторов.

Многокритериальность оценок процессов, протекающих в системе. Невозможность однозначной оценки (выбора единого обобщенного критерия) диктуется следующими обстоятельствами:

- наличием множества подсистем, каждая из которых, вообще говоря, имеет свои цели, оценивается по своим локальным критериям;
- множественностью показателей (при системном подходе иногда противоречивых, в этом случае, выбирается компромиссный вариант), характеризующих работу всей системы;
- наличием неформализуемых критериев, используемых при принятии решений, основанных на практическом опыте лиц, принимающих решение.

При системном подходе процесс исследования СС носит итерационный характер. Исходная модель усложняется путем детализации. Однако создание полной модели СС (супермодели) бесполезно, т.к. она будет столь же сложна

в изучении, как и система. Следствием этого является необходимость использования ансамбля (комплекса) моделей при анализе системы. Различные модели могут отражать как разные стороны функционирования системы, так и разные уровни отображения исследователем одних и тех же процессов.

Рассмотренные особенности исследования сложных систем обуславливают потребность в специальных способах построения и анализа моделей сложных систем. Традиционные аналитические модели здесь беспомощны - нужны специальные компьютерные технологии.

Методологией исследования СС является системный анализ. Один из важнейших инструментов прикладного системного анализа — компьютерное моделирование. Имитационное моделирование является наиболее эффективным и универсальным вариантом компьютерного моделирования в области исследования и управления сложными системами.

Определение модели. Общая классификация основных видов моделирования. Компьютерное моделирование. Метод имитационного моделирования

Определение 1. Модель представляет собой абстрактное описание системы (объекта, процесса, проблемы, понятия) в некоторой форме, отличной от формы их реального существования.

Определение 2. Моделирование представляет собой один из основных методов познания, является формой отражения действительности и заключается в выяснении или воспроизведении тех или иных свойств реальных объектов, предметов и явлений с помощью других объектов, процессов, явлений, либо с помощью абстрактного описания в виде изображения, плана, карты, совокупности уравнений, алгоритмов и программ.

Итак, в процессе моделирования всегда существует оригинал (объект) и модель, которая воспроизводит (моделирует, описывает, имитирует) некоторые черты объекта.

Моделирование основано на наличии у многообразия естественных и искусственных систем, отличающихся как целевым назначением, так и физическим воплощением, сходства или подобия некоторых свойств: геометрических, структурных, функциональных, поведенческих. Это сходство может быть полным (изоморфизм) и частичным (гомоморфизм).

Моделирование появилось в человеческой деятельности со времен наскальной живописи и сооружения идолов, т.е. как только человечество стало стремиться к пониманию окружающей действительности; —и сейчас, по-

существованию, прогресс науки и техники находит свое наиболее точное выражение в развитии способности человека создавать модели объектов и понятий.

Исследуя современные СС, человечество придумало различные классы моделей. Развитие информационных технологий можно в известном смысле интерпретировать как возможность реализации моделей различного вида в рамках информационных систем различного назначения: Информационные системы, Системы распознавания образов, Системы искусственного интеллекта, Системы поддержки принятия решений. В основе этих систем лежат модели различных типов: семантические, логические, математические и т.п.

Приведем общую классификацию основных видов моделирования [10]:

- концептуальное моделирование — представление системы с помощью специальных знаков, символов, операций над ними или с помощью естественных или искусственных языков,
- физическое моделирование - моделируемый объект или процесс воспроизводится исходя из соотношения подобия, вытекающего из схожести физических явлений;
- структурно - функциональные модели являются схемы (блок-схемы), графики, диаграммы, таблицы, рисунки со специальными правилами их объединения и преобразования;
- математическое (логико-математическое) моделирование — построение модели осуществляется средствами математики и логики;
- имитационное (программное) моделирование — при котором логико-математическая модель исследуемой системы представляет собой алгоритм функционирования системы, программно-реализуемый на компьютере.

Указанные виды моделирования могут применяться самостоятельно или одновременно, в некоторой комбинации (например, в имитационном моделировании используются практически все из перечисленных видов моделирования или отдельные приемы).

Доминирующей тенденцией сегодня является взаимопроникновение всех видов моделирования, симбиоз различных информационных технологий в области моделирования, особенно для сложных приложений и комплексных проектов по моделированию. Так, например, имитационное моделирование включает в себя концептуальное моделирование (на ранних этапах формирования имитационной модели) и логико-математическое (включая методы искусственного интеллекта) — для целей описания отдельных подсистем модели, а также в процедурах обработки и анализа результатов вычислительного эксперимента и принятия решений. Технология проведения и планирования вычислительного эксперимента с соответствующими

математическими методами привнесена в имитационное моделирование из физического (натурного) моделирования. Наконец, структурно-функциональное моделирование используется как при создании стратифицированного описания многомодельных комплексов, так и для формирования различных диаграммных представлений при создании имитационных моделей.

Понятие компьютерного моделирования сегодня трактуется [10] шире традиционного понятия "моделирование на ЭВМ", поэтому нуждается в уточнении.

Компьютерное моделирование - метод решения задач анализа или синтеза сложной системы на основе использования ее компьютерной модели.

К компьютерному моделированию относят: структурно-функциональное, имитационное.

Под термином "компьютерная модель", чаще всего понимают: Условный образ объекта или некоторой системы объектов (или процессов), описанный с помощью взаимосвязанных компьютерных таблиц, блок-схем, диаграмм, графиков, рисунков, анимационных фрагментов, гипертекстов и т.д. и отображающих структуру и взаимосвязи между элементами объекта. Компьютерные модели такого вида мы будем называть структурно-функциональными; Отдельную программу (совокупность программ, программный комплекс) позволяющий с помощью последовательности вычислений и графического отображения их результатов, воспроизводить (имитировать) процессы функционирования объекта, системы объектов при условии воздействия на объект различных, как правило, случайных факторов. Такие модели мы будем называть имитационными.

Суть компьютерного моделирования заключена в получении количественных и качественных результатов на имеющейся модели. Качественные результаты анализа обнаруживают неизвестные ранее свойства сложной системы: ее структуру, динамику развития, устойчивость, целостность и др. Количественные выводы в основном носят характер анализа существующей СС или прогноза будущих значений некоторых переменных. Кстати, возможность получения не только качественных, но и количественных результатов составляет существенное отличие имитационного моделирования от структурно-функционального. Становление компьютерного моделирования связано с имитационным моделированием. Имитационное моделирование было исторически первым по сравнению со структурно-функциональным, без компьютера никогда не существовало. Имитационное моделирование имеет целый ряд специфических черт.

Методологией компьютерного моделирования является системный анализ (направление кибернетики, общая теория систем). Поэтому

в освоении этого метода доминирующая роль отводится системным аналитикам. Сравним с моделированием на ЭВМ (например, математическим). Методологической основой здесь чаще всего являются: исследование операций, теория математических моделей, теория принятия решений, теория игр и многие другие.

Центральной процедурой системного анализа является построение обобщенной модели, отражающей все факторы и взаимосвязи реальной системы. Предметом компьютерного моделирования может быть любая сложная система, любой объект или процесс. Категории целей при этом могут быть самыми различными. Компьютерная модель должна отражать все свойства, основные факторы и взаимосвязи реальной сложной системы, критерии, ограничения.

Компьютерное моделирование сегодня предлагает совокупность методологических подходов и развитых технологических средств, используемых для подготовки и принятия решений экономического, организационного и социального или технического характера.

Контрольные вопросы:

1. Основные свойства сложных систем
2. Общая классификация основных видов моделирования
3. Компьютерное моделирование
4. Метод имитационного моделирования

Основная литература:

1. Варфоломеев В.И. Алгоритмическое моделирование элементов экономических систем. Практикум. Уч.пособие. Москва «Финансы и статистика» . 2000.
2. Прицкер А. Введение в имитационное моделирование и язык СЛАМ. Монография, Москва, Мир.1987.
3. Шукаев Д.Н. Имитационное моделирование на ЭВМ. Уч.пос.Алматы, 1995.
4. Шукаев Д.Н. Моделирование случайных закономерностей на ЭВМ. Уч.пос. Алма-Ата, 1991.
5. Шукаев Д.Н., Абдуллина В.З., Муртазина А.У. Методические указания к практическим занятиям по курсу «Моделирование систем». Алма-Ата 1985.
6. Шукаев Д.Н., Абдуллина В.З., Муртазина А.У. Методические указания к лабораторным занятиям по курсу «Моделирование систем».Алма-Ата 1987.
7. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука. Монография, изд-во «Мир»1978.

8. Гмурман В.Е.Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистикеУч.пос для вузов.М.;Высш.школа, 1999.
 9. Исмаилова Р.Т. Методические указания по курсу Имитационному моделированию для практических и самостоятельных работ. Алматы, КазНТУ, 2003г.
 - 10.Исмаилова Р.Т. Методические указания по курсу Имитационному моделированию для лабораторных и самостоятельных работ .Алматы, КазНТУ, 2003г.
- 