

9 СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И ЭТАПЫ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

Большинство изучаемых и подлежащих моделированию объектов являются сложными системами. Характерные признаки сложной системы – невозможность рассмотрения отдельно каждого элемента, неопределенность, проявляющаяся в большом числе возможных состояний системы, неопределенность достоверности исходной информации, разнообразие вариантов путей достижения конечной цели функционирования системы, адаптивность. Эти особенности вызывают необходимость использования методологии системного анализа при создании имитационной модели сложного объекта. Для анализа сложных объектов и процессов рассматривают системные направления, включающие в себя следующие термины: системный подход, системные исследования, системный анализ.

Системный подход. Под системным подходом понимается — направление методологии научного познания, в основе которого лежит рассмотрение объекта как системы: целостного комплекса взаимосвязанных элементов¹; совокупности взаимодействующих объектов²; совокупности сущностей и отношений (Холл А. Д., Фейджин Р. И., поздний Берталанфи)³.

Системные исследования. В работах под этим названием понятия теории систем используются более конструктивно: определяется класс систем, вводится понятие структуры, а иногда и правила ее формирования и т. п. Это был следующий шаг в системных направлениях. В поисках конструктивных рекомендаций появились системные направления с разными названиями: системотехника, системология и др. Для их обобщения стал применяться термин «системные исследования». Часто в работах использовался аппарат исследования операций, который к тому времени был больше развит, чем методы конкретных системных исследований.

Системный анализ. В настоящее время системный анализ является наиболее конструктивным направлением анализа систем. Здесь предлагается методология проведения исследования, делается попытка выделить этапы исследования и предложить методику выполнения этих этапов в конкретных условиях. Особое внимание при анализе систем уделяется определению целей системы, вопросам формализации представления целей.

Системный анализ в широком смысле – это методология (совокупность методических приемов) постановки и решения задач построения и исследования систем, тесно связанная с математическим моделированием [1]. В более узком смысле системный анализ – методология формализации сложных (трудно формализуемых, плохо структурированных) задач.

¹ Блауберг И.В., Мирский Э.М., Садовский В.Н. Системный подход и системный анализ // Системные исследования. – М., 1982. – С. 47-64.

² Берталанфи Л. Общая теория систем: критический обзор // Исследования по общей теории систем. – М., 1969. – С.23-82.

³ <http://ru.wikipedia.org/wiki>

Системный анализ – направление анализа, содержащее методику разделения процессов на этапы и подэтапы, систем на подсистемы, целей на подцели и т. д. В системном анализе выработана определенная последовательность действий (этапов) при постановке и решении задач, которую будем называть алгоритмом (методикой) системного анализа.

На рис. 9.1 представлена схема проведения имитационного исследования сложной системы, предложенная Р.Шенноном [2].

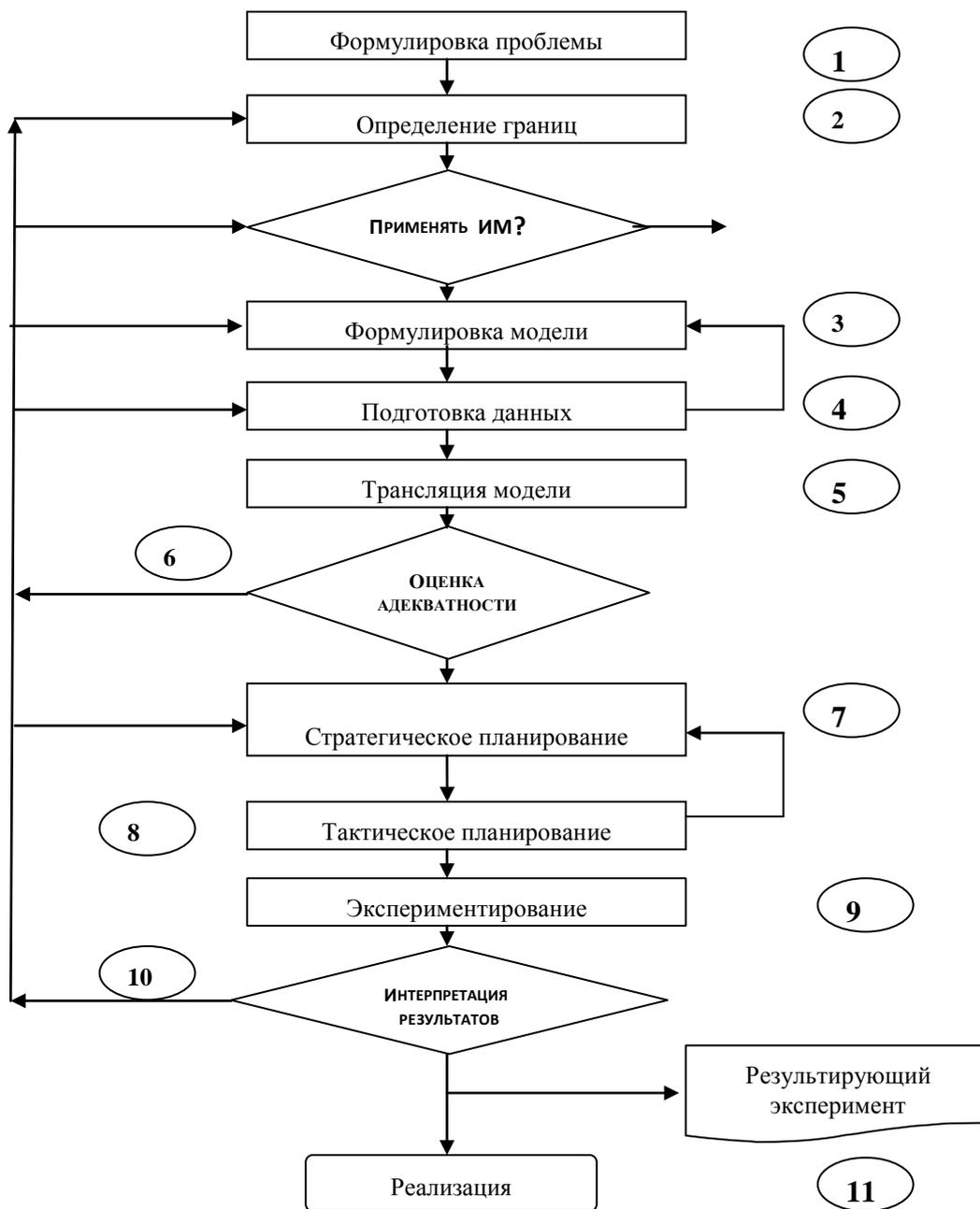


Рисунок 9.1 - Этапы разработки компьютерной модели сложной системы

В каждом цикле разработки компьютерных моделей сложных объектов можно выделить следующие этапы.

1. Формулировка проблемы

Здесь проводится описание исследуемой проблемы и определение целей исследования. Постановка задачи, формулировка и установление иерархии целей и подзадач. Изучение поведения системы в целом.

Результатом этого этапа должно быть документированное содержательное описание объекта моделирования. Иначе говоря, построение полной информационной модели объекта или системы.

Анализ проблемы начинается с детального изучения всех его аспектов функционирования. Здесь очень важно понимание деталей, поэтому надо взаимодействовать с экспертами, либо быть хорошим специалистом в конкретной предметной области. Данная система связана весьма тесно с другими системами, поэтому важно правильно и четко определить задачи, но при этом задача моделирования разбивается на частные задачи.

Разработаны алгоритмы системного подхода к решению проблемы, они представлены в виде ряда этапов (см. рис.9.2).



Рисунок 9.2 - Содержание системного подхода к решению проблем

Первый и самый решающий шаг при создании абсолютно любой модели моделирования состоит в обосновании ее целевого назначения. Возможно применение метода декомпозиции целей, который предполагает разделение целого на части: задач – на подзадачи, целей – на подцели и т.д. Если использовать такой подход на практике, то он приводит к иерархическим древовидным структурам (т.е. построение дерева целей).

Остановимся на более употребляемых категориях целей в имитационном исследовании: предсказание, сопоставление альтернатив, оценка, оптимизация и др. Эксперименты по моделированию проводятся с разнообразными целями:

– прогноз – критика поведения системы при некоем предполагаемом сочетании рабочих условий;

- сравнение альтернатив – сравнение соперничающих систем, рассчитанных на выполнение конкретной функции, либо же на сравнение 1-го и более предлагаемых рабочих принципов либо методик;
- выявление многофункциональных соотношений – определение зависимости между двумя или более действующими факторами, с одной стороны, и откликом этой системы, с другой стороны;
- анализ чувствительности – обнаружение из чуть большего числа работающих факторов тех, которые в большей степени воздействуют на все поведение системы;
- оценка – определение, как буквально система предлагаемой структуры станет подходить неким конкретным аспектам;
- оптимизация – конкретное определение сочетания работающих величин и их причин, обеспечивающих наилучший отклик всей системы в целом;
- демонстрация – показ возможностей модели и имитационных исследований системы.

2. *Определение границ*

Логико-математическое описание моделируемой системы в соответствии с формулировкой проблемы. Определение границ системы и внешней среды, т.е. выделение системы из окружающей среды. Определение входных параметров и выходных характеристик системы.

В каждой модели существует некоторая комбинация составляющих как переменные, параметры, компоненты, функциональные зависимости, ограничения, целевые функции (аспекты).

При описании моделируемой системы и процессов, определяются основные *параметры и переменные* модели. *Параметрами* являются величины, которые исследователь может выбирать произвольно, в отличие от переменных модели, которые могут принимать значения, определяемые видом заданной функции.

Компонентами системы считают составные части, которые образуют систему. Иногда компонентами считают также элементы системы или ее подсистемы. Система определяется как группа или совокупность объектов, объединенных некоторой формой регулярного взаимодействия или взаимозависимости для выполнения заданной функции.

Функциональные зависимости описывают поведение переменных и параметров в пределах компоненты или же выражают соотношения между компонентами системы. Эти соотношения по природе являются либо детерминистскими, либо стохастическими.

Ограничения представляют собой устанавливаемые пределы изменения значений переменных или ограничивающие условия их изменений. Они могут вводиться либо разработчиком, либо устанавливаться самой системой вследствие присущих ей свойств.

Целевая функция (функция критерия) представляет собой точное отображение целей или задач системы и необходимых правил оценки их выполнения. Выражение для целевой функции должно быть однозначным

определением целей и задач, с которыми должны соизмеряться принимаемые решения (см. предыдущий этап).

3. *Формулировка и разработка модели*

Включает в себя разработку концептуальной модели и формализацию построенной концептуальной модели.

3.1 На этом стадии работы результатом деятельности разработчика компьютерной модели является создание полной концептуальной модели.

Концептуальная (содержательная) модель – это абстрактная модель, определяющая структуру моделируемой системы, свойства ее элементов и причинно-следственные связи, присущие системе и существенные для достижения цели моделирования. Построение концептуальной модели включает в себя декомпозицию системы, определение и выделение основных компонент, элементов и подсистем (построение модели состава). Концептуальная модель – это логико-математическое описание смоделированной системы в соответствии с формулировкой проблемы.

Для разработки концептуальной модели часто используются информационные системы проектирования BPwin, Erwin, Rational Rose, CASE Аналитик, ARIS Toolset и др., в которых можно провести контекстную и функциональную декомпозицию системы, потоков данных, управляющих потоков, определить структуру данных, построить диаграммы «сущность-связь».

3.2. Формализация построенной концептуальной модели осуществляется с помощью языка или аппарата математических методов, в том числе и имитационных технологий.

Процесс формализации сложной системы включает следующие виды работ:

- выбор способа формализации;
- составление формального описания системы.
- В процессе построения модели можно выделить 3 уровня ее представления:
 - неформализованный (этап 2) – концептуальная модель;
 - формализованный (этап 3) – формальная модель;
 - программный (этап 4) – имитационная модель.

Каждый уровень отличается от предыдущего степенью детализации моделируемой системы и способами описания ее структуры и процесса функционирования. При этом уровень абстрагирования возрастает.

Концептуальная модель – это систематизированное содержательное описание моделируемой системы (или проблемной ситуации) на неформальном языке. Неформализованное описание разрабатываемой имитационной модели включает определение основных элементов моделируемой системы, их характеристики и взаимодействие между элементами на собственном языке. При этом могут использоваться таблицы, графики, диаграммы и т.д.

Имитационная модель – преобразование формализованного описания в программу – имитатор, построенную в соответствии с некоторой методикой в средах программирования или моделирования. Аналогичная схема имеет место

и при выполнении имитационных экспериментов: содержательная постановка отображаются на формальную модель, после чего вносятся необходимые изменения и дополнения в методику направленного вычислительного эксперимента. Основная задача этапа формализации – дать формальное описание сложной системы, свободное от второстепенной информации, имеющейся в содержательном описании, алгоритмическое представление объекта моделирования.

Цель формализации при аналитическом моделировании – построить аналитическую модель в виде каких-либо уравнений (линейных, дифференциальных, интегро-дифференциальных и др.).

Таким образом, концептуальное или формальное описание модели сложной системы на уровне формализации это построение имитационной компьютерной модели «программы – имитатора» в соответствии с некоторой методикой программирования с применением языков и систем автоматизации моделирования. Выбор инструментального средства для построения компьютерной модели является основным моментом в имитационном исследовании сложной системы.

4. Подготовка данных Включает идентификацию, спецификацию и сбор данных.

Идентификация – статистический анализ модели, статистическое оценивание неизвестных параметров.

Спецификация – определение конечных целей моделирования; определение набора экзогенных и эндогенных переменных; определение состава системы уравнений, их структур; формулировка исходных предпосылок, ограничений. Спецификация опирается на имеющиеся экономические теории, специальные знания, интуицию исследователя.

В подготовку данных входит сбор и анализ исходных данных для моделирования.

Основные способы получения исходных данных:

- из экспериментальных данных (физический эксперимент);
- из документации на систему (финансовая и техническая документация для промышленных систем, данные отчетов, статистические сборники).

5 Трансляция модели

Трансляция модели – это перевод модели со специальных имитационных языков или языка математики на язык программирования, на котором будет реализована прикладная программа, соответствующая компьютерной модели. Алгоритмизация и программная реализация. Проводится отладка компьютерной модели.

6 Оценка адекватности (верификация и валидация)

Верификация – это установка правильности разработанной программы, формальное, либо практическое доказательство ее правильной работоспособности на ЭВМ. На этом этапе проводится испытание, корректировка, проверка модели, комплексное тестирование компьютерной модели на адекватность объекту моделирования.

Валидация – это оценка требуемой точности и адекватности имитационной модели.

После реализации имитационной модели на ЭВМ, необходимо проводить испытания для оценки достоверности модели. В периоде испытания и исследования разработанной имитационной модели организуется комплексное тестирование модели (testing) – планируемый итеративный процесс, направленный на поддержку операций верификации и валидации имитационных моделей и данных.

7-8 Стратегическое и тактическое планирование

На этом этапе проводится стратегическое и тактическое планирование машинного эксперимента. Результатом является составленный план эксперимента и проведенный вычислительный эксперимент («прогоны» компьютерной модели с различными начальными данными). Здесь проводится определение условий машинного эксперимента с имитационной моделью, а также параметров при тестировании модели, результаты по входным данным.

9 Постановка экспериментов. На данном этапе предполагается прогон программы имитационной модели на ЭВМ для получения выходных данных или результатов, позволяющих оценить адекватность построенной модели.

10 Анализ результатов моделирования

Обработка, визуализация и интерпретация результатов машинного компьютерного эксперимента, предполагает рассмотрение и изучение результатов имитационного эксперимента для подготовки выводов о возможности применения имитационной модели для решения некоторой проблемы.

11 Реализация и документирование

На основе построенной имитационной модели можно дать рекомендации о принятии того или иного управленческого решения и документально отразить процесс функционирования модели и полученные результаты. Анализ основных проблем, возникающих при создании модели сложной системы[46].

Контрольные вопросы:

- 1 Опишите этапы разработки компьютерной модели сложной системы
- 2 Раскройте содержание системного подхода к решению проблем.

Используемая литература:

1 Введение в математическое моделирование. Интернет–Университет Информационных Технологий [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.intuit.ru/studies/courses/1020/188/info>, (2014, 21фев.).

2 Девятков, В.В. Методология и технология имитационных исследований сложных систем: современное состояние и перспективы развития [Текст]: монография / В.В.Девятков. – М.: Вузовский учебник: ИНФРА– М, 2013. – 448с.