

# Методы системного анализа и проектирования информационных систем

## **I. Основы системного анализа**

## 4. Модели систем

4.1. Модели и их роль при исследовании систем

4.2. Моделирование функционирования систем

4.3. Функциональное описание и моделирование систем

4.2. Информационное моделирование систем

#### *4.1. Модели и их роль при исследовании систем*

Конечной целью исследования сложных систем является повышение эффективности существующих систем или создание новых эффективных систем. При этом исследования можно выполнить двумя способами:

- путем обработки данных натурального эксперимента, проводимого над системой;
- путем обработки данных эксперимента, проводимого над моделью системы.

Изучение существующих систем с помощью натурального эксперимента в принципе допустимо, но в большинстве случаев не целесообразно из-за огромных расходов.

Поэтому метод исследования систем с помощью проведения эксперимента на их моделях стал основным, хотя возможно и сочетание - эксперимент с элементом системы и с моделью системы в целом.

Вся история развития естественных наук - это история создания и совершенствования тех или иных моделей. Здесь можно назвать геоцентрическую и гелиоцентрическую модели солнечной системы, предложенные Птолемеем и Коперником, модели строения вещества, последовательно сменявшие друг друга в химии, различные модели атома и его ядра (планетарная, капельная и квантовая), математические модели, описывающие взаимодействия тел, Ньютона и Эйнштейна и многие другие.

Что касается настоящего времени, то можно привести огромное количество примеров использования моделей различных природных явлений и систем с целью их изучения. Накоплен большой опыт по созданию разнообразных видов моделей различной степени сложности.

Определение модели

***Модель - это естественный или искусственный объект, находящийся в соответствии с изучаемым явлением или какой-либо его стороной. Другими словами, модель (лат. modulus) - это объект, заменяющий оригинал и обеспечивающий воспроизведение некоторых его свойств.***

Разнообразие моделей, применяемых в различных областях науки и техники, чрезвычайно велико. Их можно классифицировать по различным признакам.

С точки зрения сложности и степени детализации можно предложить следующую иерархию моделей.

- ❑ Первый уровень - наиболее простые модели - вербальные.
- ❑ Второй уровень иерархии подразумевает введение формализованной структуры и предполагает задание моделей с помощью структурных, функциональных и принципиальных схем. К этому уровню относятся, например, информационные модели, отражающие состав и структуру информационных систем.

Модели этих двух уровней могут входить в состав первого этапа исследования систем - этапа постановки задачи.

- Третий уровень иерархии - геометрические, физические и математические модели, которые обеспечивают наибольший уровень детализации.
  - Геометрические модели отражают внешние, наглядные стороны системы и используются в основном для демонстрационных целей. Примерами могут служить макеты архитектурных сооружений, кораблей и т.п. Эти модели могут выступать как экспонаты выставок.
  - Физические модели наиболее полно отражают свойства системы - кроме внешнего сходства модель имеет одинаковую физическую природу с системой. Физические модели находят широкое применение при исследовании систем. Например, широко используются действующие макеты электростанций, защитных сооружений, железных дорог и т.п. Физические модели находят применение в тех случаях, когда производится многократное в течение длительного времени исследование систем.

*Математические модели* реальных систем представляют собой совокупность соотношений (например, формул, уравнений, неравенств, логических условий и т. д.) определяющих характеристики функционирования системы, входных переменных, начальных условий и времени.

- Математические модели лишены внешнего сходства с системой, но отражают глубокие ее свойства, касающиеся реакции на внешние воздействия. Главным достоинством математических моделей является их универсальность, связанная с тем, что различные процессы и явления описываются одними и теми же математическими уравнениями или алгоритмами.



Математические модели можно разделить на:

- аналитические, в том числе вероятностные;
- статистические;
- имитационные, которые включают аналитические и статистические элементы (блоки).

При построении аналитических моделей для описания исследуемых процессов используются такие аналитические методы, как математический анализ, теория вероятностей, математическое программирование, теория массового обслуживания, алгебра - логики и т.д.

Для разработки статистических моделей могут применяться методы прикладной статистики.

Имитационные модели занимают особое место среди других математических моделей. Они получили широкое распространение с развитием вычислительной техники и информационных технологий.

Построению математической модели предшествует вербальная модель (содержательное описание) и формализованная схема функционирования исследуемой системы.

В результате построения формализованной схемы должна быть дана точная математическая формулировка задачи исследования с указанием окончательного перечня искомых величин и уточненной совокупности всех исходных данных, характеристик элементарных операций и начальных условий.

Дальнейшее преобразование формализованной схемы в математическую модель происходит строго в соответствии с математической постановкой задачи математическими методами без притока дополнительной информации о процессе. При этом необходимо все соотношения записать в аналитической форме, выразить логические условия в виде системы неравенств.

В случае имитационной модели формализованная схема используется не для построения аналитической модели, а для разработки моделирующего алгоритма.

В общем случае математическая модель не идентична формализованной схеме из-за использования в моделях приближенных зависимостей. Это обстоятельство в некоторых случаях может играть заметную роль с точки зрения совпадения результатов исследований с опытными данными.

В связи с этим необходимо отметить, что одной из центральных проблем исследования системы на ее модели является проблема адекватности модели и исследуемого объекта. Любая модель представляет собой упрощение реальной ситуации. Хорошая модель учитывает существенные черты изучаемого процесса и, что не менее важно, игнорирует несущественные. В связи с этим возникает вопрос об оценке адекватности модели, ее близости к оригиналу. Имеется два подхода к решению этой проблемы сравнение поведения объекта и модели и сравнение их структуры.

Согласно первому подходу объект и модель считаются близкими, если с достаточной степенью точности совпадает их поведение, т.е. близки реакции на одинаковые входные воздействия. Такой подход обычно применяют для систем с неизвестной внутренней структурой.

Согласно второму подходу объект и модель считаются близкими, если совпадают их структуры. Обычно это совпадение реализуется при построении имитационных моделей. Как правило, первый подход оценки адекватности может использоваться при решении прямой задачи, а второй при решении обратной задачи исследования систем.

## 4.2. Моделирование функционирования систем

В широком, философском понимании, моделирование можно определить следующим образом.

**Моделирование - это метод опосредованного познания, при котором изучаемый объект находится в соответствии с другим объектом, способным в том или ином смысле замещать изучаемый объект на некоторых стадиях его процесса функционирования**

***Другими словами моделирование - это представление объекта моделью для получения информации об этом объекте путем проведения экспериментов с его моделью.***

Методы использования математических моделей или моделирования:

- ❑ Аналитические исследования процессов.
- ❑ Исследование процессов при помощи численных методов (с применением ЭВМ).

- ❑ Исследование процессов на ЭВМ непрерывного действия аналоговых или моделирующих машинах.
- ❑ Моделирование процессов на цифровых ЭВМ.

Как правило, математическая модель в своем первоначальном виде не может быть использована для аналитического исследования процесса (искомые величины находятся в неявном виде).

Необходимо преобразовать математическую модель в такую систему отношений относительно искомых величин, которая допускает получение результата аналитическими методами.

Например в системе явных формул для искомых величин, либо приведение уравнений к виду, для которого методы решения известны.



Аналитическое исследование является наиболее полным решением задачи моделирования, однако воспользоваться им не всегда удастся, т.к. преобразование математической модели в систему уравнений, допускающую эффективное решение, является очень трудной задачей, а для сложных систем эти трудности часто оказываются непреодолимыми, несмотря на упрощение модели для получения хотя бы приближенного решения.

В тех случаях, когда не удастся преобразовать математическую модель в подходящую систему уравнений, а упрощение модели приводит к недопустимо грубым результатам, от аналитического исследования или моделирования отказываются.

Более широкую сферу применения математической модели имеет исследование процессов с помощью численных методов и ЭВМ.

Содержание работ при численном исследовании процессов остается в основном такими же, как и при использовании аналитических методов.

Разница в том, что после преобразования математической модели в систему уравнений, последние решаются численными методами. Класс уравнений, которые могут быть решены приближенно численными методами, значительно шире, чем класс уравнений, доступных аналитическому исследованию.

Однако математические модели сложных процессов, очень трудно преобразовать в соответствующую систему уравнений, которую можно решать численными методами.

При моделировании процессов с помощью аналоговых ЭВМ математическую модель не обязательно преобразовывать в специальную систему уравнений относительно искомых величин. Для оценки искомых величин в аналоговых машинах используется информация, циркулирующая в модели.

Математическая модель дает возможность выбрать процесс-аналог подходящей природы и установить значения соответствующие коэффициентам подобия.

Недостатком аналогового моделирования является то обстоятельство, что аналоговые вычислительные машины не могут быть универсальными. Они строятся для решения только определенного класса задач (например, решение линейных дифференциальных уравнений).

К сожалению, во многих случаях аналитическое, численное или аналоговое моделирование вообще невозможно использовать для исследования случайных процессов.

Наиболее универсальным методом моделирования является моделирование с помощью цифровых ЭВМ. Для этого необходимо преобразовать математическую модель в специальный моделирующий алгоритм или расчетный алгоритм, который затем описывается алгоритмическим языком.

Особо следует отметить реализуемое цифровыми ЭВМ имитационное моделирование, при котором математическая модель имитирует почти полностью реальный процесс. Оно применяется в основном для исследования сложных систем, для которых, как правило, неизвестны закономерности взаимодействия различных операций составляющих функционирование системы, и воздействия на нее случайных различных факторов.