

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ В ОБОРУДОВАНИИ И ПРОИЗВОДСТВЕ

Глава 1. Модели. Моделирование

1.1. Основные понятия и определения

Модель – это объект любой природы, который при исследовании способен замещать реально существующий объект с целью получения новой информации о последнем.

Объект – все, на что направлена человеческая деятельность.

Любой объект исследования является бесконечно сложным и характеризуется бесконечным числом состояний и параметров.

Моделирование – замещение исследуемого объекта (оригинала) его условным образом, описанием или другим объектом (моделью) и познание свойств оригинала путем исследования свойств модели.

В данном курсе будут рассмотрены основные классы моделей, используемых при моделировании технологических процессов.

Знание типовых моделей позволит исследователю правильно выбрать наиболее подходящую модель, определить ее параметры, чтобы модель адекватно описывала исследуемый процесс или явление.

1.2. Цели и принципы моделирования

Основные цели моделирования:

1. **описание объекта** (как устроен исследуемый объект, каковы его структура, внутренние связи, основные свойства);
2. **объяснение объекта** (законы развития и взаимодействия с окружающей средой);
3. **прогнозирование поведения и свойств объекта** (прогнозирование последствий различных воздействий на объект с целью управления объектом, определение оптимальных управляющих воздействия при заданных целях и критериях).

Моделирование базируется на следующих **основополагающих принципах**:

1. **Принцип информационной достаточности** – при полном отсутствии информации об объекте построение его модели невозможно.

Существует некоторый уровень априорной информации об объекте, только при достижении которого может быть построена адекватная модель. При наличии полной информации об объекте построение его модели не имеет смысла.

2. **Принцип осуществимости** – создаваемая модель должна обеспечивать достижение поставленной цели исследования с вероятностью, существенно отличающейся от нуля.
3. **Принцип множественности моделей** – создаваемая модель должна отражать в первую очередь те свойства реального объекта (системы), которые интересуют исследователя.

Для полного исследования объекта необходимо достаточно большое количество моделей, отражающих исследуемый объект с разных сторон и с разной степенью детализации.

4. **Принцип агрегатирования** – в большинстве исследований систему целесообразно представить как совокупность подсистем, для описания которых оказываются пригодными стандартные схемы.
5. **Принцип параметризации** – модель строится в виде известной системы, параметры которой неизвестны.

1.3. Аксиомы теории моделирования

Аксиома 1

Модель не существует сама по себе, а выступает в тандеме с некоторым материальным объектом, который она представляет (замещает) в процессе его изучения или проектирования.

Аксиома 2

Для естественных материальных объектов модель вторична, т.е. появляется как следствие изучения и описания этого объекта (например, модель солнечной системы).

Для искусственных материальных объектов (создаваемых человеком или техникой) модель первична, так как предшествует появлению самого объекта (например, модель самолета, модель двигателя).

Аксиома 3

Модель всегда проще объекта. Она отражает только некоторые его свойства. Для одного объекта строится целый ряд моделей, отражающих его поведение или свойства с разных сторон или с разной степенью детальности.

Аксиома 4

Модель должна быть подобна тому объекту, который она замещает, т.е. модель в определенном смысле является копией, аналогом объекта.

Адекватность – это воспроизведение моделью с необходимой полнотой и точностью всех свойств объекта, существенных для целей данного исследования.

Аксиома 5

Построение модели не самоцель. Она строится для того, чтобы можно было экспериментировать не с самим объектом, а с более удобным для этих целей его представителем, называемым моделью.

1.4. Виды моделей и моделирования

Модели характеризуются тремя **основными признаками**:

1. **принадлежностью к определенному классу задач** (например, управление технологическими процессами, управление техническими объектами, планово-экономические задачи и т.д.);
2. **принадлежностью к определенному классу объектов** (физические, биологические и т.д.);
3. **способом реализации**.

По способу реализации модели подразделяются на **материальные** и **идеальные**.

К этому условному делению приводит использование моделирования на эмпирическом и теоретическом уровнях познания.

Материальное моделирование – это моделирование, при котором исследование объекта выполняется с использованием его материального аналога, воспроизводящего основные физические, геометрические, динамические, функциональные характеристики объекта.

Идеальное моделирование основано на идеальной (мыслеобразной) аналогии и всегда носит теоретический характер.

Идеальное моделирование является первичным по отношению к материальному.

Существует две основных разновидности **материального моделирования**: **натурное** и **аналоговое** моделирование.

Оба вида основаны на свойствах геометрического или физического подобия.

При **натурном моделировании** реальному объекту ставится в соответствие его увеличенный или уменьшенный аналог, допускающий исследование (в лабораторных условиях) с помощью последующего перенесения свойств изучаемых процессов и объектов на реальный объект.

Примерами натуральных моделей являются макеты зданий, ландшафтов, судов, самолетов и т.д.

Аналоговое – это моделирование, основанное на аналогии процессов и явлений, имеющих различную физическую природу, но одинаково описываемых формально.

В основу аналогового моделирования положено совпадение математических описаний различных объектов.

Примерами аналоговых моделей могут служить электрические и механические колебания, которые с точки зрения математики описываются совершенно одинаково, но относятся к качественно отличающимся физическим процессам.

Идеальное моделирование разделяют на два основных типа: **интуитивное** и **научное** моделирование.

Интуитивное – моделирование, основанное на интуитивном (не обоснованном с позиций формальной логики) представлении об объекте исследования, не поддающемся формализации или не нуждающемся в ней.

Примером интуитивной модели окружающего мира можно считать жизненный опыт любого человека, его умения и знания, полученные от предков. Роль интуитивных моделей в науке чрезвычайно высока.

Научное – это всегда логически обоснованное моделирование, использующее минимальное число предположений, принятых в качестве гипотез на основании наблюдения за объектом моделирования.

Главное отличие научного моделирования от интуитивного заключается не только в умении выполнять необходимые операции и действия по собственно моделированию, но и в знании «внутренних» механизмов, которые используются при этом.

Знаковым называют моделирование, использующее в качестве моделей знаковые изображения какого-либо вида: схемы, графики, чертежи, наборы символов и т.д.

Примерами таких моделей являются языки общения, алгоритмические языки, ноты для записи музыкальных произведений, математические формулы и т.д.

Знаковая форма используется для передачи как научного, так и интуитивного знания.

Когнитивная модель – мысленный образ реального объекта, сложившийся в голове исследователя.

Создавая такую модель, исследователь часто упрощает объект, чтобы получить более лаконичное и компактное описание.

Содержательная модель – представление когнитивной модели на естественном языке.

Концептуальная модель – содержательная модель, при формулировке которой используются понятия и представления предметных областей знаний, занимающихся изучением объекта моделирования.

Формальная модель – представление концептуальной модели с помощью формальных или алгоритмических языков.

К формальным относятся **информационные** и **математические** модели.

Информационные модели – автоматизированные справочники, реализованные с помощью систем управления базами данных.

Такие модели позволяют найти в базе данных информацию по запросу и не могут генерировать новое знание, отсутствующее в базе данных.

В то же время использование информационных моделей в сочетании с весьма простыми математическими моделями (например, с применением регрессионного анализа) может привести к открытию новых закономерностей.

Математическое моделирование – это идеальное научное знаковое формальное моделирование, при котором описание объекта осуществляется на языке математики, а исследование модели проводится с использованием тех или иных математических методов.