

#### 48. Понятие моделирования как метода научного исследования. Виды, назначение, содержание и свойства моделей. Формальное представление модели (с управлением и без).

##### Понятие модели и классификация моделей

Решение задач, связанных с исследованием, проектированием, совершенствованием систем (особенно, сложных организационно-экономических или технических) бывает невозможно, трудно или нерационально проводить на самих этих системах.

К подобным задачам относятся, например, разработка и внедрение оптимальных вариантов бизнес-процессов на предприятии. Теоретически, можно сначала попробовать внедрить каждый из возможных вариантов бизнес-процессов и путем простого сравнения по некоторым показателям выбрать наилучший. Однако, практически это приведет к таким затратам времени и сил, после которых не всякое предприятие сможет выжить. Очевидно, что нужна некоторая предварительная оценка, «проигрывание» вариантов бизнес-процессов на каком-то упрощенном представлении самого предприятия и (или) процесса.

Другим примером может быть проведение экспериментов, позволяющим в масштабах отрасли, региона или государства внедрять новые технологии, варианты организационных структур, варианты взаимодействия предприятий и т.п. В подобных случаях, как правило, для проверки новшеств выбираются некоторые «типичные» предприятия (регионы, города), которые заменяя собой остальные предприятия (регионы, города) выступают в качестве объекта эксперимента.

В этих и других случаях исходная система заменяется некоторой другой материальной или абстрактной системой. Эта вторая система называется моделью. Первую же будем называть «**объект моделирования**» или «**объект-оригинал**». Дадим следующее определение.

**Модель** – это материальная или идеальная система, которая в определенных условиях может заменить объект-оригинал и служит для получения информации об объекте-оригинале и (или) других объектах, с ним связанных.

Уточняя определение, сформулируем следующие важные положения:

- **модель – идеальный или материальный объект;**
- **модель – отображение или воспроизводство объекта-оригинала;**
- **модель - источник получения информации.**

Можно перечислить характерные случаи, в которых требуется модель (как в научно-исследовательской, так и в производственной деятельности):

- когда объект-оригинал есть сложная система, непосредственное изучение которой затруднено, невозможно или экономически невыгодно;
- когда непосредственное экспериментирование с объектом-оригиналом может оказать разрушительное воздействие на него или другие объекты, с ним связанные;
- когда необходимо спрогнозировать возможное состояние или поведение объекта в будущем;
- когда необходимо разработать варианты и выбрать оптимальное решения, связанное с функционированием объекта-оригинала;
- когда объект-оригинал еще не существует в материальном виде, однако уже на этапе проектирования требуется представить информацию об этом объекте, оценить эффективность выбранных методов и средств его разработки;
- когда в практической деятельности необходимо упрощенное представление информации об объекте оригинале с целью информационного обеспечения людей, работающих с ним;
- при обучении работе с моделируемой системой, в играх и т.п.

Термин **моделирование** означает исследование объектов с помощью их моделей. В более широком смысле слова моделирование понимается как процесс, включающий в себя не только исследование, но и разработку модели (рис.3.1). Экспериментальное исследование реальных объектов на их моделях называется **модельным экспериментом**. В модельном эксперименте модель выступает одновременно и средством, и объектом исследования. При этом модель может применяться как для замещения самого объекта, так и быть замещением некоторых внешних условий и (или) систем, связанных с исследуемым объектом в реальном мире.

Чтобы выполнять свои функции, **модель должна** удовлетворять двум основным требованиям: **быть достаточно простой**, чтобы в отличие от оригинала ее можно было исследовать, экспериментировать с ней; **быть подобной объекту-оригиналу**, с необходимой полнотой воспроизводить его свойства.

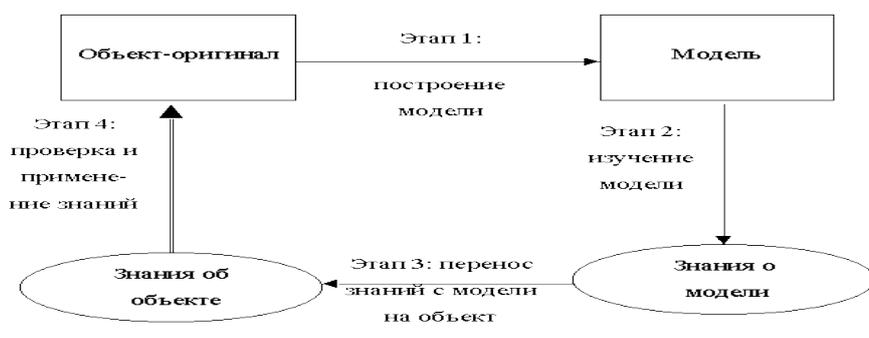


Рис.3.1. Общая схема процесса моделирования

Рис 3.1 Общая схема процесса моделирования

Эти требования в некоторой степени противоречат друг другу. Действительно, наиболее подобной оригиналу будет модель, которая в точности воспроизводит его состав и структуру. Однако, в этом случае модель не станет упрощением объекта-оригинала. Поэтому подобие должно быть адекватным решаемой задаче. Так, если решается задача разработки оптимального плана выпуска продукции, нет смысла строить макет предприятия в масштабе один к одному. Для таких задач используются специальные математические модели, которые позволяют не только разработать план выпуска, но и определить условия, для которых он будет оптимальным.

Определение возможных видов моделей и границ их применимости позволяет заранее указать на способы и средства, с помощью которых могут быть решены те или иные задачи моделирования. Иначе говоря, для построения простых и адекватных задачам исследования моделей необходимо представлять, какие виды моделей существуют, в каких случаях они используются и какими выразительными возможностями обладают.

По средствам построения моделей они делятся на следующие обобщенные классы, которые показаны на рис.3.2.

**Материальные** (предметные) модели являются моделями, которые воплощены в каких-то материальных объектах, имеющих искусственное или естественное происхождение. Среди них выделяют **физические модели**, которые представляют собой объекты той же природы, что и объекты-оригиналы. Этот вид моделей широко используется в технике при испытании и эксплуатации каких либо образцов. Например, путем физического моделирования (проведения натуральных испытаний) определяются технико-экономические характеристики экспериментального образца (автомобили, станка, ЭВМ, самолета и т.п.) и затем результаты испытаний распространяются на все другие экземпляры данного типа. В экономике широко используются эксперименты на отдельных предприятиях для оценки показателей других предприятий данного класса.

В **предметно-математических моделях** не ставится задача воспроизвести физическое подобие с объектом-оригиналом. Главным здесь является воспроизведение закономерностей протекания процессов. Таким образом, предметно-математические модели обладают такими характерными чертами:

- они воплощаются в предмете (материальны);
- процессы, протекающие в таких моделях, отличны по природе от процессов в объекте-оригинале;
- процессы в модели и объекте-оригинале подчиняются одним и тем же закономерностям. Практически это означает, что процессы в модели и в объекте-оригинале могут быть описаны с помощью одних и тех же математических зависимостей.

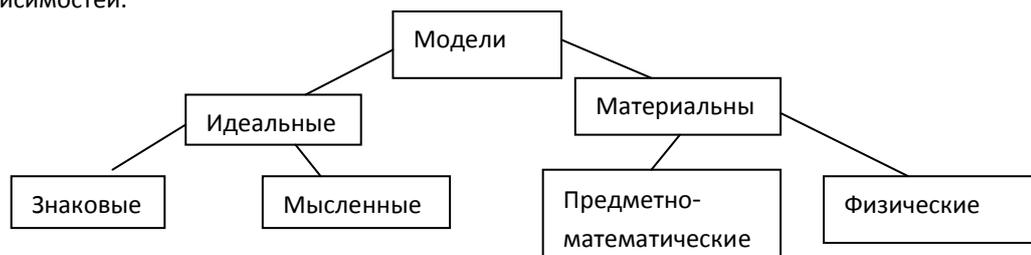


Рис. 3.2. Обобщенная классификация моделей по средствам построения

Среди предметно-математических можно выделить такие виды моделей как:

- компьютерная (машинная) модель, в которой основой для моделирования процессов являются математические выражения, описывающие зависимости между их параметрами. Эти модели есть, по существу, компьютерными реализациями знаковых математических моделей (см. ниже);
- полунатурная модель, в которой наряду с ЭВМ используются отдельные блоки реальных систем, функционирующие под управлением людей или самой ЭВМ;
- модель-аналог, когда одна реальная система используется для моделирования другой системы, отличной по своей природе от первой.

В классе **идеальных моделей** выделяют **мысленные** (существующие в виде мысленных образов) и **знаковые модели**.

Последние объединяет в себе довольно разнообразие моделей, отличающиеся прежде всего по степени формализации действительности. Можно выделить следующие основные виды знаковых моделей:

- описательные модели (алгоритмы, программы, текст-графические описания и т.п.);
- схематические модели (различные блок-схемы, диаграммы и т.п.);
- графоаналитические модели (построенные с помощью инструментариев различных сетей, графов);
- математические (говорят еще - логико-математические) модели.

Приведенная классификация является достаточно условной и, по-видимому, неполной. Важно отметить, что в процессе решения прикладных задач могут использоваться последовательно или даже одновременно разные модели. Так, моделирование с целью оптимизации организационной структуры и технологий бизнеса на предприятии выполняется, как правило, с использованием большого числа различных моделей. На первом этапе формируется примерный мысленный образ и описательная модель целевой системы. Для лаконичного структурированного отображения самого предприятия и процессов, в нем протекающих, используются различные варианты структурных схем и диаграмм (например, диаграммы потоков данных – DFD, диаграммы процессов в методологии IDEF0 и др., более подробно см. в [11]). Для количественного выражения и оптимизации критериев качества бизнес-процессов могут быть применены математические оптимизационные модели, для исследования которых, в свою очередь, применяются программно-аппаратные средства ЭВМ, т.е. предметно-математические модели. В общем случае, сначала строится комплекс знаковых моделей, которые в совокупности отображают текущее положение дел на предприятии. Потом строятся модели, которые отображают целевое состояние

предприятия (организационную структуру, бизнес-процессы и функции, роли и обязанности управленческого персонала и др.). В практике реинжиниринга первый комплекс в совокупности называется информационной моделью «как есть» (as-is); второй – моделью «как должно быть» (to-be).

Предметно-математические и логико-математические модели образуют основу математического моделирования в широком смысле. По существу предметно-математические модели служат средством технической реализации моделей математических и, следовательно, предполагают существование последних. Рассмотрим математическое моделирование более подробно.