

ГЛАВА 5. ОСНОВЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

5.1. Этапы моделирования

Изучив эту тему, вы узнаете:

- ▶ что такое моделирование;
- ▶ каковы основные этапы моделирования;
- ▶ что такое математическая модель;
- ▶ что такое компьютерная модель;
- ▶ зачем нужно тестирование модели;
- ▶ что такое компьютерный эксперимент.

Человек встречается с моделями на протяжении всей своей жизни. Окружающий мир существует независимо от того, знает человек о том, что и как в нем устроено, или нет. Все знания человека (и человечества) об окружающем мире есть не что иное, как набор моделей. И насколько правильно отражают эти модели реальную ситуацию, настолько правильно мы можем управлять ею, то есть использовать ее в своих целях. Только благодаря знаниям, полученным на протяжении развития человечества, мы имеем современные способы получения энергии, транспортные средства, компьютеры и многое другое, что делает нашу жизнь более удобной, интересной, насыщенной и безопасной. Именно поэтому приобретение знаний — важный подготовительный этап к тому, чтобы человек мог начать созидать, то есть разрабатывать новые модели на благо окружающему миру и человечеству.



Модель — это аналог реального объекта, отражающий его характеристики в соответствии с заданной целью.

Построение и изучение моделей является сферой человеческой деятельности, которая называется *моделированием*. Моделирование — творческий процесс, поэтому заключить его в формальные рамки очень трудно. В наиболее общем виде его можно представить состоящим из этапов (рис. 5.1).

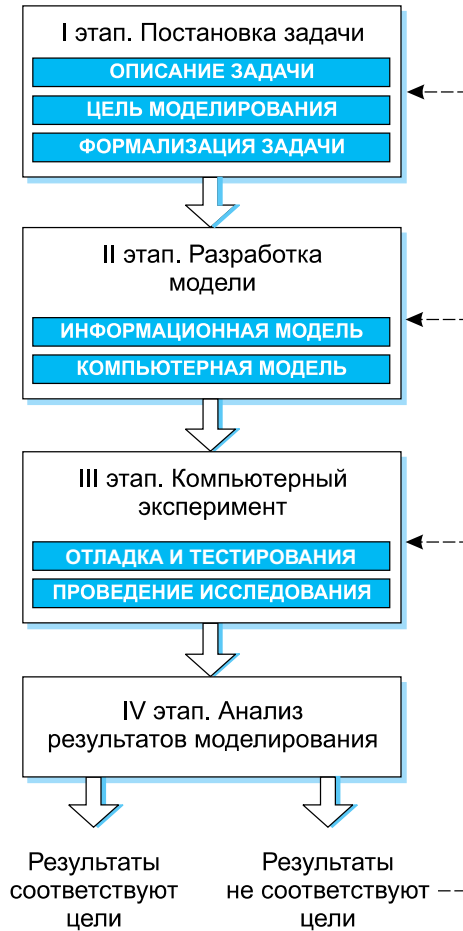


Рис. 5.1. Этапы моделирования

Предложенная схема — это лишь ориентир для организации деятельности по разработке и исследованию моделей. В зависимости от постановки задачи, цели моделирования, выбранных средств моделирования в каждом отдельном случае предлагаемые этапы получают конкретное наполнение, будут относительно быстрыми и легкими или, наоборот, длительными и трудоемкими.

В данном издании мы будем рассматривать учебные модели, отражающие несложные объекты и процессы. В реальной исследовательской и конструкторской деятельности процесс моделирования очень

длительный, задачи сложные и очень велика цена ошибки. Моделированием в той или иной форме занимаются многочисленные научно-исследовательские институты и конструкторские бюро. Их деятельность является основой для преобразования жизни.

Напомним основное содержание каждого из этапов.

1 этап. Постановка задачи. Нельзя начинать моделирование без этапа постановки задачи. Поставить задачу — это значит сформулировать ее таким образом и на таком языке, чтобы ее однозначно понял любой, кто будет участвовать в ее решении. Проблема исследования возникает в самом общем виде. Условно ее можно представить в виде проблемных вопросов: «Что будет, если ...?» и «Как сделать, чтобы ...?». Отталкиваясь от этих вопросов, исследователь должен четко сформулировать цели моделирования — по сути, конечный результат, который он хочет получить. На основе поставленных целей выполняется формализация задачи, то есть преобразование общего неформального проблемного вопроса к формальному описанию, из которого должно быть ясно, что дано, что надо найти и каковы основные пути получения конечного результата. Нужно помнить, что при моделировании прежде всего надо четко понять, модель какого фрагмента окружающего мира будет строиться. Это может быть объект, система объектов или процесс, протекающий в некоторой системе. Выделив объект моделирования, следует отобрать моделируемые параметры, описать законы их изменения, то есть зависимости параметров друг от друга. Необходимо также учесть влияние на изменение параметров объекта или процесса окружающей среды, то есть описать ее моделируемые параметры и их связь с параметрами объекта.

В реальной исследовательской деятельности сначала строится упрощенная модель с минимальным набором параметров. Если она не отвечает целям моделирования, то постановка задачи уточняется — добавляются новые параметры и законы поведения. Этот циклический процесс повторяется до получения результатов, отвечающих целям моделирования. Невозможно построить модель реального объекта во всем его многообразии.

Этап постановки задачи движет исследователя от описания задачи через уяснение целей моделирования к ее формализации. Он является основополагающим в моделировании. Этот этап человек проходит самостоятельно, без помощи компьютера. Дальнейшая успешная работа по разработке модели зависит от правильности постановки задачи.

II этап. Разработка модели. На основе формального описания поставленной задачи разрабатывается информационная модель.



Информационная модель — это целенаправленно отобранная и зафиксированная в некоторой знаковой форме информация об объекте моделирования.

Информационная модель является мостиком ко второму этапу моделирования. На основе информационной модели исследователь принимает решение о выборе программной среды, подходящей для разработки компьютерной модели.

Очень удобно представить информационную модель в виде таблицы, отражающей моделируемые параметры и возможный диапазон их значений (табл. 5.1). Из таблицы должно быть видно, значения каких параметров следует задать до начала моделирования (исходные данные), а какие станут известны в ходе моделирования (результаты).

Таблица 5.1. Табличная форма представления информационной модели

Объект моделирования	Обозначение и пояснение	Параметр	
		Значение	Как определяется
Краткое название объекта (для системы — и его частей)	Перечислить буквенные обозначения параметров моделирования и привести их смысловое описание	Указать возможный диапазон значений (для исходных данных — обязательно, для результирующих — по возможности)	Указать, известно ли значение параметра до начала моделирования (исходные данные) или это результат

Кроме указанной табличной формы описания информационной модели можно использовать и другие знаковые или образно-знаковые формы — рисунок, схему с условными обозначениями. Любая форма должна способствовать лучшему пониманию поставленной задачи.

Особую роль при моделировании играет *математическая модель* — совокупность математических формул и соотношений, отображающих связь параметров моделирования, что как раз и отражает законы поведения объекта. Если исследователю удастся описать математическую модель, то это очень важный результат моделирования. Именно разработка правильной математической модели составляет самую трудоемкую и наукоемкую часть реального исследования. Математическая

модель нужна не только в вычислительных задачах, но и в задачах конструирования объекта — деятельности по составлению чертежа объекта с правильным соотношением его размеров.

На основании информационной модели принимается решение о выборе программной среды для создания и исследования компьютерной модели.



Компьютерная модель — это реализованная в выбранной программной среде информационная модель.

В настоящее время существует множество программных сред, используемых для моделирования. Это могут быть среды общего пользования — графические редакторы, текстовые процессоры, табличные процессоры и пр. Это могут быть специализированные среды, ориентированные на модели определенного вида. Современные профессиональные среды компьютерного моделирования включают в себя мощные инструменты, позволяющие представить модель с разных позиций в одном проекте. Так, помимо численных расчетов характеристик объекта они позволяют создать чертеж с заданными размерами, визуальное представление, анимированный процесс, отображающий изменения объекта во времени. Профессиональные среды моделирования очень дорогие, требуют от исследователя специальных знаний и в прикладной области, и в области компьютерных технологий. Например, довольно часто надо знать язык программирования, используемый в среде.

Если говорить об офисных программных средах, то они тоже могут быть полезны для разработки моделей. Например, при моделировании в среде графического редактора или текстового процессора можно построить образно-знаковые модели — схемы, чертежи, графическое изображение объекта, блок-схему алгоритма, текстовое описание. Табличный процессор позволяет реализовать математическую модель и выполнить расчеты, а на их основе построить диаграммы и проанализировать результаты.

III этап. Компьютерный эксперимент. Любая модель создается для того, чтобы исследовать на ней, как будет вести себя реальный объект в тех или иных условиях, при различных воздействиях на объект. Эта деятельность называется *экспериментом*. Компьютерный эксперимент заключается в проведении испытаний на компьютерной модели. При каждом испытании исследователь вводит новые значения исходных данных, получает новые результаты и анализирует их.

Прежде чем проводить компьютерный эксперимент, необходимо принять решение об адекватности (соответствии) модели реальному объекту. Для этого выполняется *тестирование* модели. Для тестирования используются наборы исходных данных, для которых заранее известен результат. Эти исходные данные получены либо с помощью измерений на реальном объекте, либо путем расчета другими способами. Иногда, например, при создании графических моделей можно доказать правильность построенной модели на основании знаний из геометрии.

Если результаты тестирования модели не совпадают с тестовыми, значит, либо при разработке модели были неправильно применены технологии программной среды, либо неправильно проведен этап постановки задачи. Поэтому надо прежде всего исключить технологические ошибки.

Если у исследователя появляется уверенность в соответствии модели оригиналу, можно приступать к *проведению исследования*, то есть ставить эксперименты в соответствии с заранее продуманным планом. Если модель отображает процесс, то выполняется анализ того, как он развивается во времени. Другой вид экспериментов заключается в изменении значений исходного параметра и прослеживании, как это влияет на поведение модели, то есть, по сути, исследовании чувствительности модели к этому параметру. Выводы по результатам эксперимента должны относиться не к конкретным значениям, а к модели в целом.

IV этап. Анализ результатов моделирования. Конечная цель моделирования — принятие решения, которое должно быть выработано на основе всестороннего анализа результатов моделирования. Это решающий этап — либо вы продолжаете исследование, либо заканчиваете. На рис. 5.1 видно, что этап анализа результатов не может существовать автономно. Полученные выводы часто вызывают проведение дополнительной серии экспериментов, а подчас и изменение задачи.

Основой выработки решения служат результаты тестирования и экспериментов. Если результаты не соответствуют целям поставленной задачи, значит, на предыдущих этапах были допущены ошибки. Это может быть либо неправильная постановка задачи, либо слишком упрощенное построение информационной модели, либо неудачный выбор метода или среды моделирования, либо нарушение технологических приемов при построении модели. Если такие ошибки выявлены, то требуется *корректировка модели*, то есть возврат к одному из предыдущих этапов. Процесс повторяется до тех пор, пока результаты эксперимента

не будут отвечать целям моделирования. Довольно часто результатом моделирования является переход к рассмотрению уточненной модели с большим количеством моделируемых параметров и связей.

Контрольные вопросы и задания

1. Что такое модель? Приведите примеры.
2. Что такое информационная модель? Приведите примеры.
3. Что такое компьютерная модель? Приведите примеры.
4. Какие можно выделить основные этапы моделирования?
5. Что вкладывается в понятие (этап) «Постановка задачи»?
6. Каково назначение этапа моделирования «Разработка модели»?
7. Каково назначение этапа моделирования «Компьютерный эксперимент»?
8. Каково назначение этапа моделирования «Анализ результатов моделирования»?
9. Зачем нужно тестирование модели?
10. Приведите примеры постановки задачи «Что будет, если...» в различных областях деятельности.
11. Приведите примеры постановки задачи «Как сделать, чтобы...» в различных областях деятельности.
12. Какие эксперименты проводят с моделью нового вида телевизора?
13. Существует экспериментальная установка аэродинамическая труба. Это довольно большое цилиндрическое тело, в котором с помощью вентилятора создается мощный поток воздуха. Какие эксперименты можно проводить в такой установке?
14. Что такое формализация задачи?
15. Как проводится формализация?
16. Какие виды информационных моделей можно составить и зачем это нужно?
17. Что такое математическая модель?

5.2. Моделирование в среде графического редактора

Изучив эту тему, вы узнаете:

- об особенностях моделирования в среде графического редактора;
- о конструировании как разновидности моделирования;
- о том, как моделировать объемные изображения;
- о том, как выполнять моделирование инструментами векторной графики.

Особенности моделирования в среде графического редактора

С помощью графического редактора можно создавать образно-знаковые модели. Такие модели направлены на зрительное восприятие информации, которую они содержат. Образно-знаковой моделью может служить и художественная картина, передающая видение окружающего мира художником, и схема с нанесенными на ней условными обозначениями. Картина является слабо формализованной моделью, поскольку ее смысл каждый понимает по-своему. Схема более формализована, так как существует общепринятое толкование условных обозначений, облегчающее ее понимание. Таким образом, адекватность модели, созданной в графическом редакторе, определяется степенью ее формализации.

Существует довольно много программных сред, предназначенных для создания графических изображений. Они различаются по способу получения изображений — растровые и векторные, по составу инструментов. Однако инструменты графического редактора не похожи на обычные чертежные. Будем ориентироваться на простейший графический редактор Paint и его возможности.

Рассмотрим класс моделей, которые требуют точных построений в среде графического редактора. Эти модели являются сильно формализованными, так как требуется не просто создать изображение какого-либо геометрического объекта, но и обеспечить его соответствие заданным значениям. Адекватность, то есть точное соответствие модели поставленной задаче, в этом случае можно доказать только на основе геометрических аксиом и теорем.

В графическом редакторе Paint предусмотрены несколько технологических приемов, которые следует использовать для точных построений (табл. 5.2). Иногда для выполнения точных построений удобно использовать вспомогательный цвет. Эти приемы реализованы и в других графических редакторах.

Таблица 5.2. Точные построения в графическом редакторе

Точное построение	Технологический прием
Линия — горизонтальная, вертикальная или под углом 45°	Провести линию при нажатой клавише Shift
Квадрат	Инструментом Прямоугольник нарисовать фигуру при нажатой клавише Shift
Круг (окружность)	Инструментом Овал нарисовать фигуру при нажатой клавише Shift
Удалить вспомогательный цвет	Инструментом Заливка залить вспомогательным цветом пространство, затем залить белым цветом

Следует также помнить, что геометрическая фигура овал практически во всех графических редакторах изображается как вписанная в прямоугольник. Для построения овала в точном месте надо сначала нарисовать вспомогательный прямоугольник, а затем инструментом Овал провести мышью с нажатой левой клавишей по его диагонали из одного угла в другой.

Конструирование из набора совместимых элементов

Конструирование — один из видов моделирования. Оно может быть натурным, когда изготавливается модель разрабатываемого объекта, а может быть компьютерным, когда модель объекта изображается в какой-либо программной среде. Конструирование всегда предполагает построение объекта с заданными геометрическими размерами в таком же соотношении, как у реального объекта. Области конструирования разнообразны: конструирование обуви, моделей одежды, обоев, рисунков на тканях, моделирование орнаментов, разработка чертежей объектов: зданий, транспортных средств, механизмов и прочих технических устройств.

Часто объект, подлежащий моделированию, представляет собой совокупность составных частей, совместимых между собой по размерам.

Вспомните детский конструктор «Лего». Дом состоит из кирпичей или строительных блоков, механизм — из отдельных узлов. Поэтому конструирование также предполагает разработку типовых деталей, совместимых между собой. Из этих деталей можно сконструировать много разных объектов. Можно разработать набор деталей в графическом редакторе и сохранить его, а затем использовать для конструирования.

Пример 5.1. Конструирование паркета

I этап. Постановка задачи

Описание задачи. В Санкт-Петербурге и его окрестностях расположены великолепные дворцы-музеи, в которых собраны произведения искусства великих русских и европейских мастеров. Помимо великолепных творений живописи, скульптуры, мебели здесь сохранились уникальные образцы паркетов. Эскизы этих паркетов создали великие зодчие. А реализовали их идеи мастера-паркетчики.

Паркет составляется из деталей разной формы, вырезанных из дерева разных пород. Детали паркета могут различаться по цвету и рисунку древесины. Из деталей паркетчики на специальном столе собирают блоки, совместимые друг с другом. А из этих блоков уже в помещении на полу компонуется реальный паркет.

В настоящее время в строительных магазинах продаются паркетные блоки в более простом исполнении. Любой, даже не слишком опытный мастер может при желании покрыть пол в своей квартире такими блоками.

Рассмотрим пример конструирования паркета из правильных геометрических фигур (треугольников, квадратов, шестиугольников) (рис. 5.2). Из этих деталей в различных сочетаниях можно сконструировать неповторимые узоры.

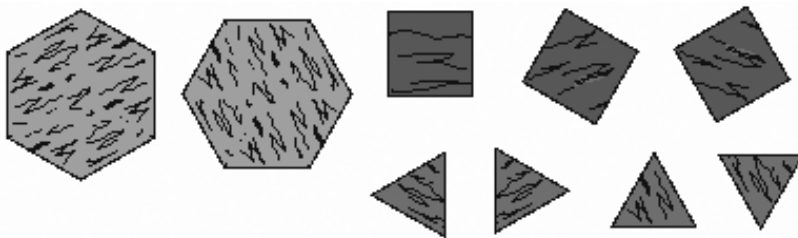


Рис. 5.2. Меню паркета