

Глава 3

ИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

§ 10

Модели и моделирование

10.1. Общие сведения о моделировании

Человек стремится познать объекты (предметы, процессы или явления) окружающего мира, т. е. понять, как устроен конкретный объект, каковы его структура, основные свойства, законы развития и взаимодействия с другими объектами. При этом зачастую исследуются не сами объекты, а их модели.

Из курса информатики основной школы вам известно, что:

- модель — это новый объект, который имеет свойства данного объекта, существенные для определённого исследования;
- моделирование — метод познания, заключающийся в создании и исследовании моделей;
- натурная (материальная) модель — реальный предмет, в уменьшенном или увеличенном виде воспроизводящий внешний вид, структуру или поведение моделируемого объекта;
- информационная модель — описание объекта-оригинала на одном из языков кодирования информации;
- по форме представления можно выделить знаковые, образные и смешанные информационные модели;
- для создания информационной модели объекта необходимо:
 - 1) выяснить цель моделирования;
 - 2) выделить свойства объекта-оригинала, существенные с точки зрения цели моделирования;

- 3) установить взаимосвязи между значениями выбранных свойств и выразить их в некоторой форме (словесно, таблицей, графиком, функцией, уравнением, неравенством, системой и т. п.).

Модель — общенаучное понятие; моделирование имеет место в любых областях знания и сферах человеческой деятельности.

Приведите примеры моделей, с которыми вы встречались на уроках физики, химии, биологии, истории, математики, обществознания, литературы.



В информатике рассматриваются общие подходы к созданию и использованию информационных моделей, связанные с использованием компьютерной техники.



10.2. Компьютерное моделирование

Информационные модели, реализованные с помощью систем программирования, электронных таблиц, специализированных математических пакетов или программных средств для моделирования, называются **компьютерными моделями**.

Компьютерное моделирование включает в себя процесс реализации информационной модели на компьютере и исследование с помощью этой модели объекта моделирования — проведение вычислительного эксперимента.



С помощью компьютерного моделирования решаются многие научные и производственные задачи: прогнозирование погоды и климатических изменений; конструирование транспортных средств и дизайн лекарственных препаратов; стратегическое управление организациями и прогнозирование цен на финансовых рынках; прогнозирование прочности конструкций и исследование поведения зданий, конструкций и деталей под механической нагрузкой; многие другие задачи.

Рассмотрим основные этапы компьютерного моделирования более подробно (рис. 3.1).

На первом этапе в результате анализа условия задачи определяется объект моделирования и цель создания модели. После этого в объекте моделирования выделяются параметры (свойства,

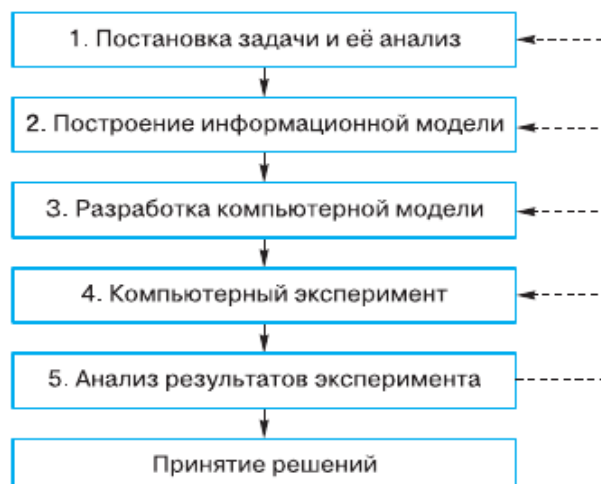


Рис. 3.1. Основные этапы компьютерного моделирования

основные части), существенные с точки зрения поставленной цели. Далее уточняется, какие результаты и в каком виде должны быть получены, а также какие исходные данные для этого нужны.

На втором этапе определяются параметры модели и связи между ними; приводится математическое описание зависимостей между параметрами модели.

На третьем этапе выбирается или разрабатывается алгоритм получения из исходных данных результатов, подбираются программные средства реализации алгоритма на компьютере и создаётся компьютерная модель.

На четвёртом этапе осуществляется работа непосредственно с полученной компьютерной моделью. Сначала на заранее разработанных тестах (наборах исходных данных, для которых заранее известны результаты) осуществляется проверка правильности (тестирование) модели, и при необходимости модель дорабатывается. После тестирования, когда есть уверенность в правильности функционирования модели, переходят непосредственно к компьютерному эксперименту — целенаправленным действиям пользователя над компьютерной моделью. В ходе такого экспериментирования сознательно изменяются условия функционирования модели и накапливаются данные о её «поведении». В процессе проведения эксперимента может выясниться, что нужно усовершенствовать или изменить используемый алгоритм, уточнить информационную модель или внести изменения в постановку задачи. В таких

случаях происходит возвращение к соответствующему этапу, и процесс начинается снова.

На пятом этапе результаты эксперимента анализируются, на их основе делаются выводы о моделируемом объекте. На основе всестороннего анализа полученных результатов принимается некоторое решение, что и является конечной целью моделирования.

Компьютерное моделирование даёт возможность:

- существенно расширить круг исследуемых объектов (моделирование прошлого и будущего, несуществующего или невозможного в реальных условиях);
- исследовать процессы в развитии, при необходимости ускоряя или замедляя их и проводя эксперименты многократно;
- находить оптимальные решения без затрат на изготовление пробных экземпляров;
- проводить эксперименты без риска негативных последствий для здоровья человека или окружающей среды;
- визуализировать получаемые результаты.

10.3. Списки, графы, деревья и таблицы

Между данными, используемыми в той или иной информационной модели, всегда существуют некоторые связи, определяющие ту или иную структуру данных.

Вспомните, как мы определяли структуру данных при рассмотрении алгоритмов и программ. О каких информационных моделях тогда шла речь? С какими структурами данных вы сталкивались в программировании?



Различают линейные и нелинейные структуры данных.

В курсе информатики основной школы вы познакомились с **линейным односвязным списком** — последовательностью линейно связанных элементов, для которых разрешены операции добавления элемента в произвольное место списка и удаление любого элемента. Связь элементов списка осуществляется за счёт того, что каждый элемент списка содержит кроме данных адрес элемента, следующего за ним в списке. В линейном списке для каждого элемента, кроме первого, есть предыдущий элемент; для каждого элемента, кроме последнего, есть следующий элемент.

Частным случаем линейного односвязного списка является **стек** — последовательность, в которой включение и исключение

элементов осуществляются с одной и той же стороны этой последовательности.

Ещё одним частным случаем линейного односвязного списка является **очередь** — последовательность, у которой включение элементов производится с одной стороны последовательности, а исключение — с другой. Сторона, где происходит включение элементов, называется хвостом; сторона, где происходит исключение — головой. Понятие очереди как структуры данных очень близко к бытовому понятию «очередь» (рис. 3.2).



Рис. 3.2. Иллюстрация понятия «очередь»



Подумайте, какая связь между стеком и следующими объектами:



Почему стек является структурой типа LIFO (от англ. *Last In, First Out* — последним пришёл, первым ушёл)?

Почему очередь является структурой типа FIFO (от англ. *First In, First Out* — первым пришёл, первым ушёл)?

Примеры нелинейных структур данных вам также хорошо известны — это графы и деревья (рис. 3.3).

Граф — это множество элементов (вершин графа) вместе с набором отношений между ними.

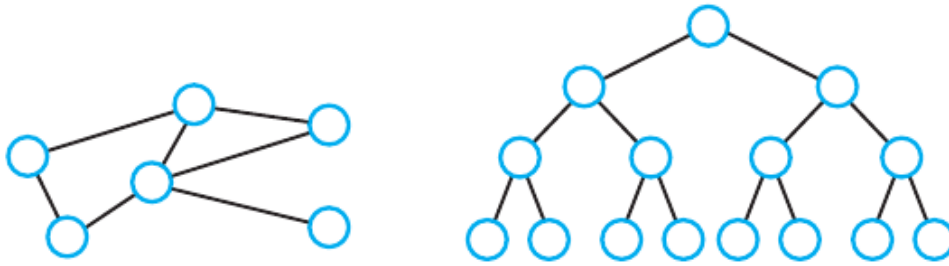


Рис. 3.3. Примеры графовых структур

Граф является многосвязной структурой, обладающей следующими свойствами:

- 1) на каждый элемент может быть произвольное количество ссылок;
- 2) каждый элемент может иметь связь с любым количеством других элементов;
- 3) каждая связка может иметь направление и вес.

Ненаправленная (без стрелки) линия, соединяющая вершины графа, называется **ребром**. Линия направленная (со стрелкой) называется **дугой**. При этом вершина, из которой дуга исходит, называется начальной, а вершина, куда дуга входит, — конечной. Граф называется **неориентированным**, если его вершины соединены рёбрами. Вершины **ориентированного** графа соединены дугами. Граф называется **взвешенным**, если его вершины или рёбра характеризуются некоторой дополнительной информацией — **веса**ми вершин или рёбер.

Графы являются основным средством для описания структур сложных объектов. С их помощью можно описать вычислительную сеть, транспортную систему, схему авиалиний и другие объекты.

Одной из разновидностей графа является дерево.

Дерево — это совокупность элементов (вершин), в которой выделен один элемент (корень), а остальные элементы разбиты на непересекающиеся множества (поддеревья). Каждое поддерево является деревом, а его корень является потомком корня дерева, т. е. все элементы связаны между собой отношением «предок — потомок». В результате образуется иерархическая структура вершин.

Частным случаем дерева является **бинарное дерево**, в котором каждая вершина может иметь не более двух потомков.

Деревья используются для представления родственных связей (генеалогическое дерево), для определения выигрышной стратегии в играх и т. д.

Ещё одной знакомой вам структурой данных являются **таблицы**, состоящие из строк и граф (столбцов, колонок), пересечение которых образуют ячейки. Таблицы применяют для наглядности и удобства сравнения показателей.



Оформляют таблицы в соответствии с рисунком 3.4.

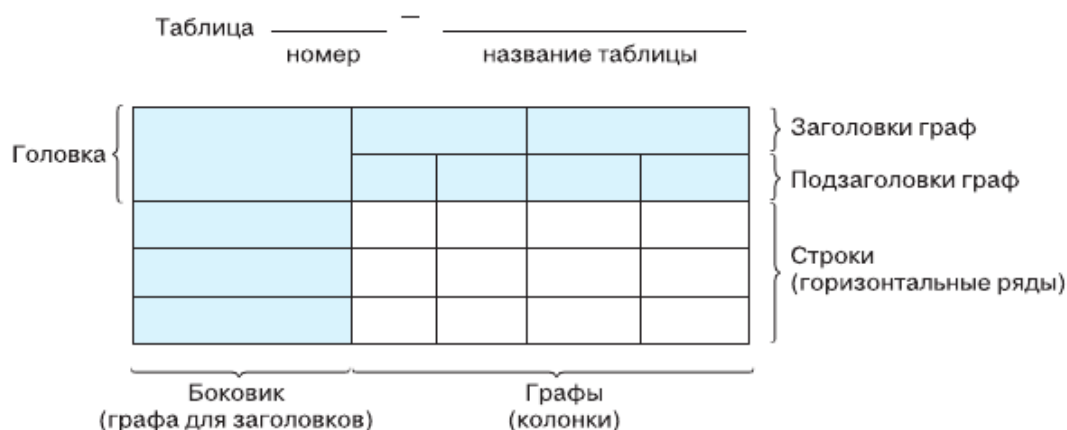


Рис. 3.4. Оформление таблицы

Название таблицы, при его наличии, должно отражать её содержание, быть точным, кратким. Название следует помещать над таблицей.

Заголовки граф и строк таблицы следует писать с прописной буквы, а подзаголовки граф — со строчной буквы, если они составляют одно предложение с заголовком, или с прописной буквы, если они имеют самостоятельное значение. В конце заголовков и подзаголовков таблицы точки не ставят. Заголовки и подзаголовки граф указывают в единственном числе.

Если все показатели, приведенные в графах таблицы, выражены в одной и той же единице физической величины, то её обозначение необходимо помещать над таблицей справа. Если в графе таблицы помещены значения одной и той же физической величины, то обозначение единицы физической величины указывают в заголовке (подзаголовке) этой графы.

Эти и другие требования к оформлению таблиц содержатся в ГОСТ 2.105–95 «ЕСКД. Общие требования к оформлению текстовых документов».

В курсе информатики основной школы вы познакомились с таблицами типа:

- «объект — свойство», содержащими информацию о свойствах отдельных объектов, принадлежащих одному классу;

- «объект — объект», содержащими информацию о некотором одном свойстве пар объектов, принадлежащих одному или разным классам.

Таблицы, в которых отражено наличие или отсутствие связей между отдельными элементами некоторой системы, называются двоичными матрицами.

Вспомните и приведите примеры таблиц типа «объект — свойство», «объект — объект», отражающих не только количественные, но и качественные характеристики свойств (двоичные матрицы).

Табличный способ представления данных является универсальным — любую структуру данных, в том числе и представленную в форме графа, можно свести к табличной форме. Это тем более важно в связи с тем, что для компьютерной обработки табличное представление данных является предпочтительным.

Пример 1. Построим таблицу, соответствующую неориентированному графу (рис. 3.5), отражающему схему дорог между некоторыми населёнными пунктами.

Строки и столбцы таблицы будут соответствовать вершинам графа. Если две вершины являются смежными (соединены ребром), то в ячейку на пересечении соответствующих столбца и строки будем записывать вес этого ребра. В противном случае (вершины не являются смежными) в ячейку будем записывать 0. Получится таблица типа «объект — объект».

Такую таблицу называют матрицей смежности. Часто в матрицах смежности вместо нуля ставят знак минус, что обеспечивает бóльшую наглядность.

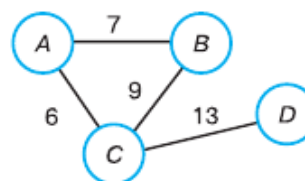


Рис. 3.5. Граф схемы дорог

	A	B	C	D
A	0	7	6	0
B	7	0	9	0
C	6	9	0	13
D	0	0	13	0

	A	B	C	D
A	–	7	6	–
B	7	–	9	–
C	6	9	–	13
D	–	–	13	–



Матрица смежности неориентированного графа симметрична относительно главной диагонали, идущей от левого верхнего угла к правому нижнему углу. У матрицы смежности неориентированного графа такая симметрия отсутствует.



Пример 2. Обед в школьной столовой состоит из двух блюд и напитка. На первое можно выбрать щи или окрошку, на второе — плов или пельмени, на третье — сок или компот. Все возможные варианты представлены с помощью дерева на рисунке 3.6.

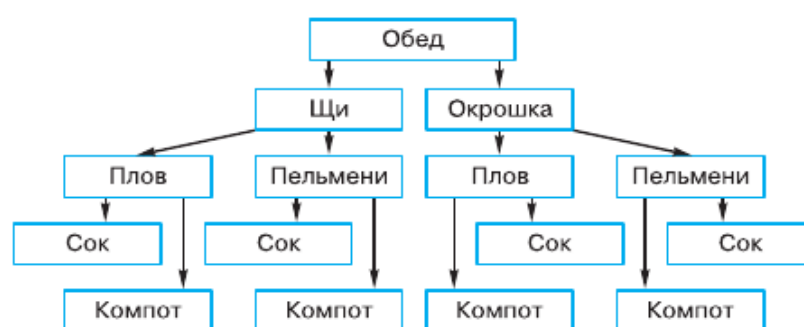


Рис. 3.6. Дерево вариантов обеда

Для того чтобы представить эту же информацию в таблице, будем двигаться по дереву от листьев к корню, описывая все возможные варианты обеда.

Обед	Напиток	2-е блюдо	1-е блюдо
Вариант 1	Сок	Плов	Щи
Вариант 2	Компот	Плов	Щи
Вариант 3	Сок	Пельмени	Щи
Вариант 4	Компот	Пельмени	Щи
Вариант 5	Компот	Плов	Окрошка
Вариант 6	Сок	Плов	Окрошка
Вариант 7	Компот	Пельмени	Окрошка
Вариант 8	Сок	Пельмени	Окрошка

Получилась таблица типа «объект–свойства»: объектами в ней являются варианты обеда, а свойствами — составляющие его блюда. При этом число граф в полученной таблице соответствует числу уровней в дереве.

При решении класса задач, связанного с нахождением кратчайшего пути в ориентированном графе, можно:

- 1) от исходного графа перейти к матрице смежности;
- 2) по матрице смежности построить дерево решений;
- 3) по дереву решений выбрать подходящий вариант.

Пример 3. Найдём кратчайший путь от вершины A до вершины F в графе, приведённом на рисунке 3.7.

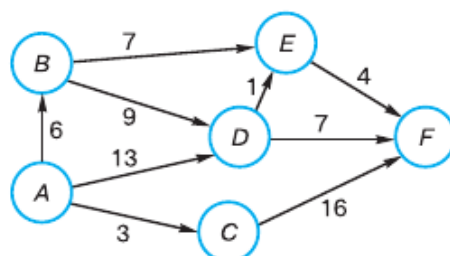


Рис. 3.7. Ориентированный граф

Составим матрицу смежности, соответствующую данному ориентированному графу:

	A	B	C	D	E	F
A	–	6	3	13	–	–
B	–	–	–	9	7	–
C	–	–	–	–	–	16
D	–	–	–	–	1	7
E	–	–	–	–	–	4
F	–	–	–	–	–	–

По матрице смежности построим полное дерево перебора решений — рисунок 3.8.