Некто X, большой начальник, говорит подчиненным: «Я считаю, что должность A должен занять генерал в отставке в возрасте около 60 лет». Один из подчиненных радостно восклицает, что он знает такого человека. Но X явно недоволен. «Идиот,— шепчет на ухо выступившему его сосед,— он просто хочет посадить на это место своего приятеля».

Существует еще несколько особенностей объектов нового типа, с которыми теория управления начала сталкиваться с конца пятидесятых годов нашего столетия. Но и сказанного, по-видимому, вполне достаточно для того, чтобы оценить необходимость в новом подходе к объекту управления при попытке создать систему, управляющую им. Но прежде чем мы перейдем к описанию возможных путей решения этой проблемы, нам нужно совершить экскурс в психологию мышления.

§ 1.3. Психологические предпосылки

Психологи много внимания уделяли проблеме исследования поведения человека при решении возникающих перед ним задач. Было создано немало концептуальных схем, объясняющих особенности его поведения при решении различных по своему характеру задач. Рассмотрим три такие схемы, получившие наиболее широкое распространение и представляющие для нас интерес в рамках нашей книги.

Самая грубая схема носит название *стимульно-реактивной теории*. В ее основе лежит представление об объекте управления как о «черном ящике». Внутренняя структура объекта непостижима для ЛПР. Наблюдению доступны лишь внешние входные сигналы, поступающие на объект (стимулы), и выходные сигналы объекта (реакции). Задача ЛПР состоит в том, чтобы, меняя значения входных сигналов и наблюдая за возникающим при этом изменением выходных сигналов, сказать что-то о f, т. е. об описании функционирования объекта.

В психологии такой подход к изучению поведения человека носит название *бихевиоризма*. Он справедливо подвергся критике, ибо сводит весь процесс решения проблемы к методу проб и ошибок с постепенным накоплением вероятностной информации о целесообразном поведении в данной ситуации. Тем не менее ряд систем управления может быть построен на основе этой весьма грубой теории. Ограничимся для иллюстрации этого утверждения всего одним примером.

Пример 1.1. Рассмотрим объект, имеющий выходной канал и два входных канала x_1 и x_2. На входы x_1 и x_2 могут подаваться сигналы двух типов 1 и 0, что соответствует возбуждению и невозбуждению соответствующих входов. На выходе также могут появиться два сигнала 0 и 1, что соответствует невозбуждению и возбуждению выхода объекта. При фиксированном возбужденном входе случай, когда оба входа возбуждены, исключается; значение сигнала на выходе определяется распределением (p_i; $1-p_i$), где $i=1, 2$. Другими словами, с вероятностью p_i на выходе объекта при возбужденном входе x_i появляется сигнал 0, а с вероятностью $1-p_i$ — сигнал 1. Задача ЛПР состоит в проектировании такой системы управления, которая минимизировала бы случаи невозбуждения выхода объекта.

Если бы значения p_i были ЛПР известны, то дело обстояло бы весьма просто. Пусть, например, для x_i распределение имеет вид (0,9; 0,1), а для x_2 — вид (0,01; 0,99). Тогда совершенно ясно, что необходимо всегда возбуждать вход x_2 и только его. При этом случаи невозбуждения объекта будут сведены к минимуму. Но в случае «черного ящика» информация о распределениях (p_i; $1-p_i$) априорно неизвестна. Надо суметь построить такую систему управления, которая бы при любых заранее неизвестных распределениях добивалась бы успеха, минимизируя число невозбуждений объекта. Как это сделать, показано на схеме, приведенной на рис. 1.2. В качестве системы управления использован *конечный автомат вероятностного типа*. Он работает следующим образом. Во всех состояниях левой группы автомат выдает на объект сигнал x_1, а во всех состояниях правой группы — сигнал x_2. Смена состояний автомата происходит с помощью анализа сигнала, поступившего от объекта после подачи на него того или иного входного сигнала. Если этот сигнал равен 0, то происходит смена текущего состояния автомата по стрелке, приведенной на рисунке штриховой линией, или сохранение текущего состояния, что показано петлеобразной штриховой дугой. Выбор того или другого

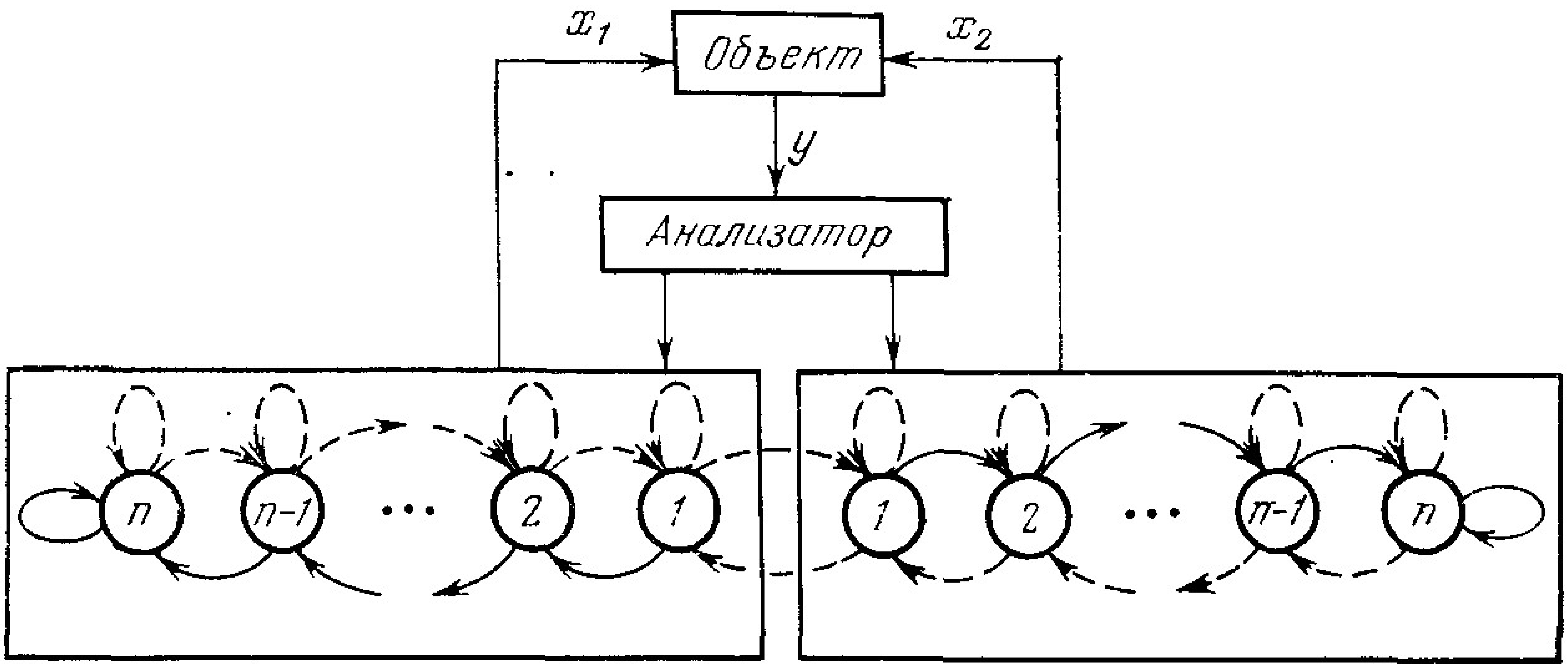

Рис. 1.2

происходит равновероятно. Если выходной сигнал от объекта равен 1, то всегда происходит смена текущего состояния автомата в соответствии со сплошной стрелкой.

Можно строго доказать, что подобный автомат с увеличением глубины памяти n будет, по мнению ЛПР, асимптотически стремиться к наилучшему функционированию. Но и без строгого доказательства это видно из структуры автомата. Пусть, например, объект описывается распределениями, приведенными выше: (0,9; 0,1) и (0,01; 0,99). И пусть в начальный момент наш автомат находится в состоянии *2* левой группы. Он выдает на объект сигнал x_1. С вероятностью 0,9 в ответ будет получен сигнал о том, что объект не возбудился. Тогда с вероятностью 0,5 автомат останется в состоянии *2* левой группы, а с вероятностью 0,5 перейдет в состояние *1* той же группы. Таким образом, с вероятностью 0,45 сохранится состояние *2* в левой группе, с такой же вероятностью возникает состояние *1* в левой группе и лишь с вероятностью 0,1 — состояние *3* в левой группе. На следующем такте работы автомат опять выдаст сигнал x_1 и снова с вероятностью 0,9 получит сигнал о невозбуждении объекта. Если он находился в состоянии *1* левой группы, то с вероятностью 0,45 это состояние сохранится, а с вероятностью 0,45 произойдет переход автомата в состояние *1* правой группы. Рассуждения относительно остальных состояний левой группы, в которых мог находиться автомат, аналогичны. После двух тактов работы из начального состояния (состояние *2* левой группы) его очередным состоянием будет с вероятностью 0,2025 состояние *1* правой группы, с вероятностью 0,405 — состояние *1* левой группы, с вероятностью 0,2025 — состояние *2* левой группы, с вероятностью 0,09 — состояние *3* левой группы и с вероятностью 0,01 — состояние *4* левой группы. Легко посчитать, что с течением времени вероятность уйти в глубь левой группы будет все время падать, а вероятность перейти в правую группу — возрастать.

Но как только автомат перейдет в правую группу и начнет выдавать сигнал x_2, положение резко изменится. Теперь с вероятностью 0,99 на каждом такте работы он будет переходить в глубь состояний этой группы и лишь с вероятностями 0,005 сохранять свое текущее состояние или менять его, переходя влево. Очевидно, что с течением времени автомат обязательно попадет в правую группу состояний и практически при большом n никогда ее не покинет. Тем самым он найдет правильный способ управления объектом лишь на основании знания его выходных сигналов, ничего априорно не зная о внутренней структуре объекта.

Несмотря на столь эффектный пример, следует все-таки отметить, что стимульно-реактивная теория слишком слаба как для объяснения сложных форм поведения человека при решении задач, так и для использования подобного подхода в системах управления сложными объектами. Даже там, где поначалу казалось, что модели такого типа могут привести к успеху, в теории опознавания образов (наиболее популярная модель стимульно-реактивного типа в этой области — персептрон), оказалось, что отсутствие структурирования задачи (объекта) неминуемо приводит к непреодолимым трудностям. Научив, например, персептрон устойчиво отличать букву А от буквы Б и показав ему сочетание АБ, мы поставим его полностью в тупик. Ибо сочетание АБ он не может расчленить на известные ему А и Б. Это сочетание выступает для него как абсолютно новый образ, никак не связанный с ранее усвоенными.

Другая концепция, получившая значительное развитие в моделях решения задач человеком и оказавшая существенное влияние на развитие эвристического программирования для ЭВМ, носит название *лабиринтной теории*. Согласно этой теории перед человеком, принимающим решение, находится как бы лабиринт возможных путей. Используя некоторые локальные критерии, он выбирает то или иное продолжение движения в лабиринте возможностей. Особенность лабиринтной модели состоит в том, что человек видит лабиринт не целиком, а только в некоторой фиксированной окрестности площадки, где он находится.

Иллюстрацией этого могут служить ситуации, складывающиеся в различных *позиционных играх*. Пусть разыгрывается некоторая шахматная партия. Любая позиция, сложившаяся в процессе игры на доске, есть площадка некоего лабиринта, коридорами которого являются все возможные ходы, допустимые в игре. Итак, мы находимся на некоторой площадке. Игрок, собирающийся сделать очередной ход, имеет возможность выбора любого хода (коридора лабиринта), допустимого в данной позиции. Если бы он видел лабиринт с высоты птичьего полета, то он мог бы наметить последовательность ходов, ведущую к матовой позиции или к ничьей. Но для человека это исключено. Он может мысленно экстраполировать развитие партии только на несколько ходов вперед, учитывая возможные ответные ходы противника. А это означает, что он может проанализировать лишь некоторую часть лабиринта, некоторую окрестность той площадки, где он сейчас находится. И он должен сделать выбор на основе этой локальной информации. Поэтому правила, которыми игрок руководствуется при выборе хода, неточны, эвристичны. Его выбор не обязательно приведет его к положению, которое приближает для него победу в игре. Он может допустить ошибку, чего-то не учесть вне анализируемой окрестности лабиринта.

Точное решение в лабиринтной модели достигается только тогда, когда удается проанализировать весь лабиринт. Пример такого положения — игра в крестики-нолики на поле 3×3. Недаром ею увлекаются малыши. Они еще не сообразили, что можно априорно проанализировать все пути развития игры и всегда выигрывать, если противник допускает ошибку. При безошибочной игре крестики-нолики всегда заканчиваются ничьей.

Малые конечные лабиринты приводят к модели решения задачи, имитируемой конечными автоматами. Любая площадка лабиринта соответствует некоторому состоянию автомата, а коридоры — переходам автомата из состояния в состояние под воздействием входного сигнала и с учетом того состояния (той площадки лабиринта), где автомат сейчас находится. Входной сигнал имитирует те решения, которые принимает ЛПР при выборе коридора лабиринта. При этом ЛПР может создать систему управления объектом также в виде некоторого конечного (детерминированного или вероятностного) автомата. Подобная схема управления показана на рис. 1.3.

На нем V и V' отражают обратные связи, характеризующие память автоматов, имитирующих объект управления и систему управления. Если ЛПР структура автомата, имитирующего объект, полностью известна (т. е. известен автоматный граф смены состояний и формирования выходных сигналов), то обратная связь от объекта к системе управления не нужна. Поэтому она показана штриховой линией.

Необходимость в ней возникает только тогда, когда в процессе работы нужно производить «настройку» автомата, имитирующего систему управления, из-за неполного априорного знания об объекте управления. По сравнению со схемой на рис. 1.1 здесь нет входов, характеризуемых вектором W. Это соответствует тому, что в лабиринтной теории поведения предполагается, что влияние этих не поддающихся измерению параметров можно описать некоторой вероятностной схемой связи между вектором $\langle X, W\rangle$ и вектором Y.

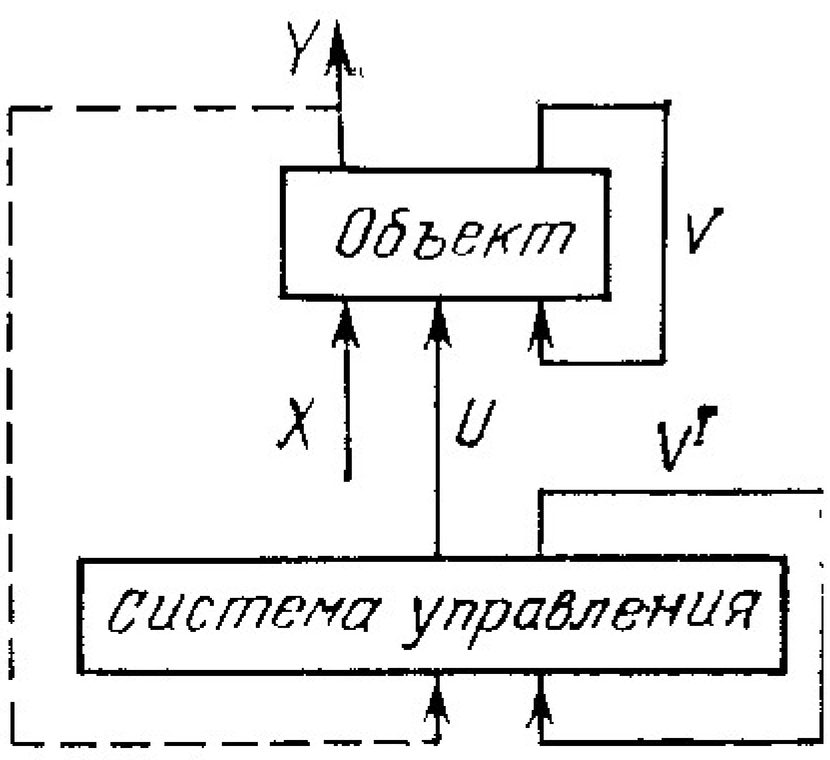

Рис. 1.3

Пример 1.2. Проиллюстрируем схему, показанную на рис. 1.3, для конкретного примера. Для этого выберем простейшую схему условного рефлекса с двумя раздражителями: безусловным x_1 и условным x_2. Как известно, при поступлении на вход схемы безусловного раздражителя должна быть выдана некоторая фиксированная реакция — сигнал y. При подаче на вход схемы только условного раздражителя необученная схема сигнала y выдавать не должна. Пусть в течение некоторого числа тактов (некоторого времени) на вход схемы подаются одновременно два сигнала: x_1 и x_2. Тогда через определенное время должен возникнуть условный рефлекс. Он заключается в том, что при подаче на вход схемы только сигнала x_2 она все-таки выдает сигнал y, т. е. реагирует на условный раздражитель, как собака в опытах И. П. Павлова, которая после долгого кормления одновременно со звонком начинает выделять желудочный сок при наличии звонка. Если теперь некоторое число тактов на вход схемы подается только сигнал x_2, то возникает явление угасания условного рефлекса. Через какое-то число тактов рефлекс должен исчезнуть и наступит такой момент, что подача x_2 на вход схемы не вызовет сигнала y на ее выходе.

На рис. 1.4 показана схема вероятностного конечного автомата, которая имитирует описанный процесс. Автомат состоит из трех блоков: логического

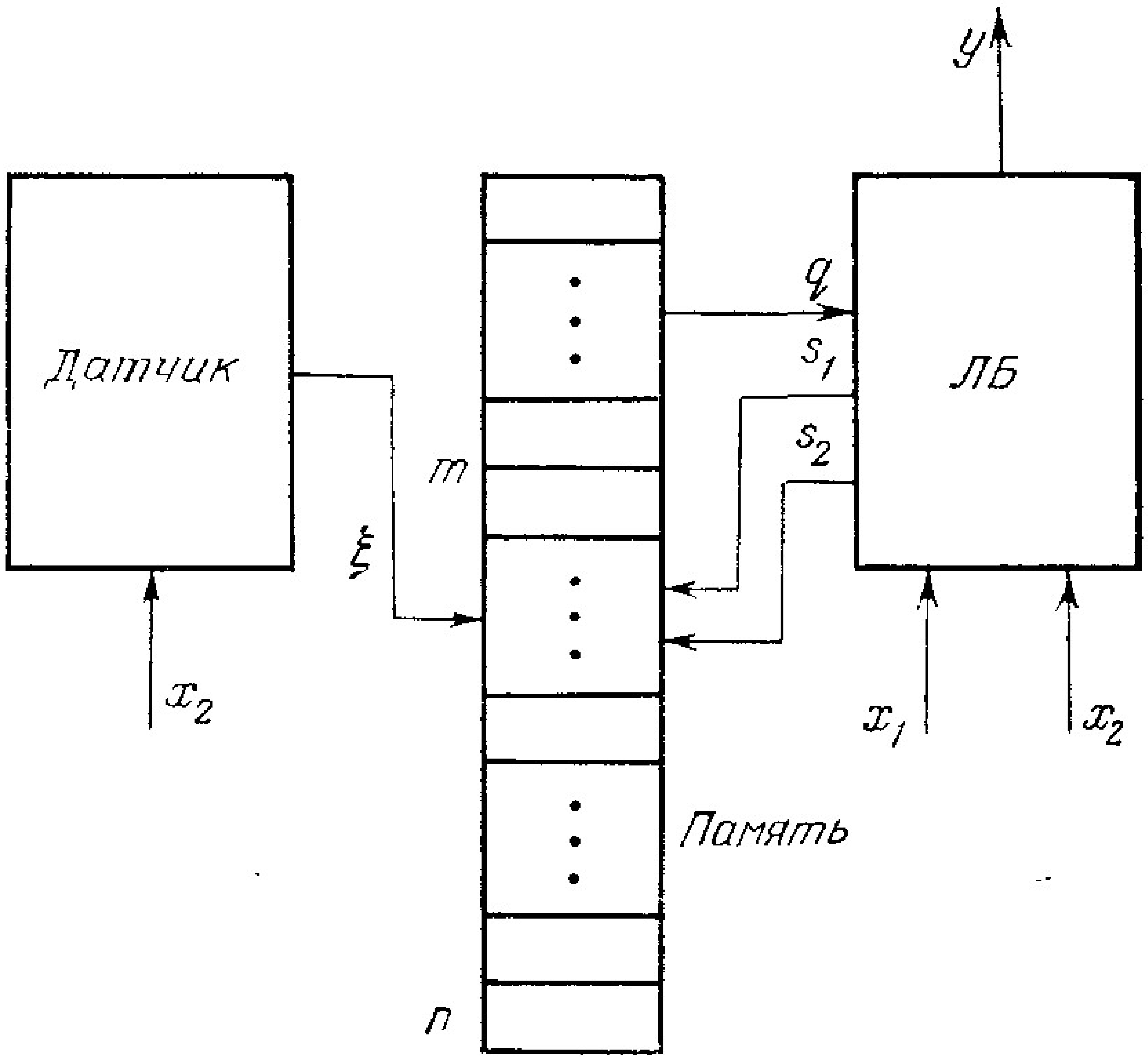

Рис. 1.4

блока ЛБ, магазинной памяти и датчика, на выходе которого появляется сигнал ξ, принимающий с вероятностями $1/3$ значения -1, 0, 1. Автомат работает следующим образом. В начальный момент память-магазин пуста. Пусть глубина магазина есть n. Если на вход автомата поступает только сигнал x_1, то на выходе ЛБ появляется сигнал y и содержимое магазина не меняется. Датчик при наличии только x_1 не срабатывает. Если на вход автомата поступили два сигнала x_1 и x_2, то ЛБ выдает сигнал y. Кроме того, в магазин передается сигнал s_1, вызывающий появление единицы на самом нижнем уровне магазина. При повторении комбинации сигналов x_1 и x_2 сигнал s_1 сдвигает эту единицу каждый раз на одну ячейку магазина вверх. При комбинации сигналов x_1 и x_2 срабатывает и датчик случайных сигналов. При $\xi=0$ он не оказывает никакого действия на запись в магазине. При $\xi=1$ он выдает сигнал, заставляющий единицу в магазине сдвинуться еще на одну ячейку вверх. Наконец, при $\xi=-1$ сигнал от датчика заставляет единицу в магазине сдвинуться на одну ячейку вниз или исчезнуть из магазина, если единица находилась на самом нижнем его уровне. При поступлении на вход автомата только сигнала x_2 происходит следующее. Если единица в магазине находится выше некоторого уровня m, то магазин вырабатывает сигнал q, который формирует на выходе ЛБ сигнал y. Если же уровень m в магазине не достигнут, то сигнал q не выдается и на выходе автомата нет сигнала y. Кроме того, при наличии только x_2 ЛБ выдает в магазин сигнал s_2, заставляющий единицу в магазине опуститься на одну ячейку вниз. Датчик при наличии только x_2 работает так же, как и при наличии x_1 и x_2.

Таким образом, положение единицы в магазине характеризует степень обученности автомата условному рефлексу. Уровень m есть порог рефлекса. Меняя его, можно имитировать различные предрасположенности системы к установлению рефлекса. Датчик вносит необходимую вероятностную компоненту. Но так как математическое ожидание ξ равно нулю, то он не вносит в процесс систематических искажений.

Как следует из рис. 1.3, мы предполагаем, что имитирующий автомат и объект описываются одинаковыми (с точностью до вероятностных реализаций) процессами функционирования. Другими словами, схема эта как бы обратима. И подопытное животное может рассматривать себя в качестве экспериментатора, устанавливающего условный рефлекс у истинного экспериментатора (ЛПР). Ситуация эта хорошо отражена в следующем анекдоте.

В клетке находятся две подопытные обезьяны. В комнату входит научный сотрудник, экспериментирующий с обезьянами. В этот момент одна обезьяна говорит другой: «Посмотри, чему я научилась. Сейчас я дерну за веревку, зазвенит колокольчик, и этот чудак даст мне банан. Правда, получилось это не сразу. Пришлось с ним поработать.»

Однако в большинстве практически интересных случаев ЛПР не стремится к тому, чтобы система управления имитировала объект управления. В этом нет никакой необходимости. Как правило, систему управления можно сделать проще объекта, которым она управляет.

Например, нетрудно показать, что с усложнением объекта имитации — с переходом от простейшей схемы условного рефлекса к цепочкам таких рефлексов и сетям условных рефлексов, способным моделировать весьма сложные поведенческие акты,— система управления, воспроизводящая их особенности, останется таким же конечным автоматом, который был использован в примере 1.2.

Но что делать, если лабиринт оказывается слишком большим? Или вообще бесконечным. Например, мы играем в крестики-нолики на неограниченном поле с условием, что l одинаковых крестиков или ноликов (l выбирается по договоренности) в горизонтальных или вертикальных рядах или на диагонали приводят к выигрышу. Такой лабиринт нельзя отобразить в схему конечного автомата. В этом случае можно воспользоваться гипотетическим устройством, легко имитируемым на ЭВМ, которое носит название *«Общий решатель задач»* (ОРЗ). Его функционирование протекает следующим образом. Пусть мы имеем некоторую начальную площадку лабиринта. Эту площадку (текущую ситуацию) можно как-то описать. Если снова привлечь в качестве примера шахматную игру, то описание начальной площадки может заключаться, например, в том, что в нем будут перечислены все фигуры, имеющиеся на доске, с указанием полей, на которых они находятся. А описание конечной площадки также будет описанием некоторой позиции на шахматной доске. И цель состоит в поиске такой последовательности ходов, которая постепенно преобразует исходное описание в желаемое (целевое). Для преобразования описаний используются специальные операторы из некоторого фиксированного списка, хранящегося в ОРЗ. Условие их применения формируется на основе системы различий и приоритетов различий. Каждые два несовпадающих описания в чем-то различаются между собой. Это фиксируется в ОРЗ в виде некоторого типового различия. Например, в шахматной игре одна позиция от другой может отличаться набором фигур на доске или их положением на игровых полях. Приоритет различий задает локальные правила выбора. Они определяют, какие различия требуется устранить в первую очередь. Такая приоритетность различий позволяет ОРЗ на каждом шаге его работы выбирать для применения те операторы (выбирать коридоры в лабиринте), которые устраняют наиболее приоритетные различия. При нескольких операторах, способных устранить определенное различие, в ОРЗ может быть задан и набор приоритетов для операторов. Проиллюстрируем работу ОРЗ на примере, который понадобится нам и в дальнейшем.

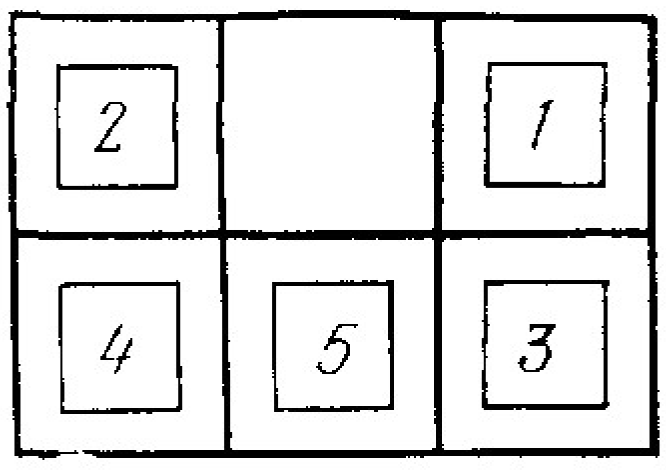

Рис. 1.5

Пример 1.3. Игра в 5 есть усеченный вариант игры в 15, которой, наверное, увлекались многие читатели. Игра происходит на поле 2×3 (рис. 1.5), на котором расположено пять фишек с цифрами от *1* до *5*. Одно поле остается свободным. Требуется перевести фишки из начального расположения (например, показанного на рис. 1.5) в некоторое заранее заданное положение (например, в положение, при котором все фишки стоят по порядку, а правая нижняя клетка свободна). Введем теперь различия между позициями этой игры и операторы устранения различий. Можно, например, считать, что позиции имеют элементарное различие, если в соответствующих клетках поля стоят разные фишки, а различием двух позиций считать сумму элементарных различий, которыми они характеризуются. Тогда позиция, показанная на рис. 1.5, будет отличаться от целевой позиции на 4 единицы, так как фишки с номерами *4* и *5* уже стоят на тех местах, которые требуются для целевой позиции. Но такое определение различий не слишком удобно для решения поставленной задачи. Если, например, в позиции на рис. 1.5 поменять местами фишки с номерами *3* и *2*, то различие сохранится, но нет уверенности, что исходная позиция и вновь полученная «одинаково далеки» (в смысле числа необходимых преобразований) от целевой позиции. Более удобно ввести различие через суммарное число транспозиций, необходимых для перевода текущей ситуации в целевую. (Транспозиция — это перестановка двух соседних фишек или сдвиг фишки на пустое поле.) Например, для того чтобы фишка с номером *2* стояла там где надо, требуется одна транспозиция — передвижка ее на одно поле вправо. Для фишки с номером *1* требуется две транспозиции, а для фишки с номером *3* — одна. Как уже говорилось, фишки с номерами *4* и *5* уже стоят на своих местах. Тогда суммарное отличие начальной позиции от целевой будет равно 4 единицам. Но если фишки с номерами *2* и *3* поменять местами, то различие в транспозициях будет другим (в отличие от того, что было при другом определении различия, приведенном ранее). При таком изменении различие будет равняться 6 единицам. Другими словами, вновь полученная позиция будет отстоять от целевой на большее расстояние, чем исходная.

Для устранения различий в рассматриваемой игре можно использовать операторы четырех типов: сдвинуть на свободное поле нижнюю, верхнюю, левую, правую фишки. В конкретной позиции можно использовать не все операторы. При свободном поле в середине — три из четырех, а при свободном угловом поле — два из четырех. Выбор того или иного оператора определяется их приоритетностью. Приоритетность, в свою очередь, определяется тем, насколько данный оператор уменьшает различие. Например, в той позиции, которая изображена на рис. 1.5, нет смысла двигать фишку с номером *5* (применять оператор «сдвинуть на свободное поле нижнюю фишку»), так как это приведет к увеличению различия. Применение же операторов: «сдвинуть на свободное поле левую фишку» и «сдвинуть на свободное поле правую фишку» здесь равноправно. Применение любого из них уменьшает отличие данной позиции от целевой на одну единицу.

Пример 1.3 демонстрирует одну важную особенность ОРЗ. Планы решения, которые строит ОРЗ, обладают свойством *монотонности*. На каждом шаге решения должно происходить улучшение, приближение к цели. Именно это свойство и оказалось роковым для ОРЗ и подобных ему программ и систем. Можно привести следующую аналогию из математики. Метод градиента позволяет находить экстремум функции только при условии, что эта функция имеет один экстремум. Тогда возможно монотонное движение к экстремальной точке. Но в большинстве случаев экстремумов у функции несколько. Тогда метод градиента, последовательно «улучшающий» значения функции, может завести нас в любой локальный экстремум, который окажется для нас ловушкой. Куда бы мы ни двигались из данной точки с заданным шагом градиента, везде нас ожидает неудача, ибо значения функции во всей доступной нам окрестности «хуже» того, которое соответствует точке, в которой мы находимся.

Для поиска глобального экстремума в теории оптимизации придумано немало приемов: изменение градиентного шага, движение «вдоль оврага» и т. п. В системах типа ОРЗ также построены некоторые приемы улучшения планов решения. Например, переход от исходного лабиринта к более простому, более грубому. Планирование движения сначала по нему, а потом уточнение этого плана на исходном лабиринте, причем при монотонности грубого плана уточненный план может стать немонотонным. Но, к сожалению, пока не удалось найти хорошие процедуры для построения грубых планов. А пока это не сделано, нельзя надеяться на построение хороших моделей принятия решений.

Но у лабиринтной теории есть куда более важный недостаток, чем свойство монотонности, присущее практически всем процедурам движения по лабиринту. Этот недостаток заключается в априорной заданности лабиринта или способа его построения. Но откуда берутся эти сведения? В терминах, принятых в п. 1.1, это означает, что ЛПР знает f и ему нужно лишь построить процедуру управления. Но мы уже говорили, что создание описания объекта управления — задача не только более сложная, чем нахождение самой процедуры управления, но и не имеющая пока каких-либо стандартных приемов решения.

При решении различных задач, при принятии решений мы всегда сталкиваемся с двумя случаями. Либо перед нами задача, которую, в принципе, мы умеем решать и надо только найти решение данной конкретной задачи, либо мы сталкиваемся с совершенно неясной для нас проблемой, для которой даже неизвестно, с чего начать. Вот ребенок пробует сложить из кубиков то, что нарисовано на картинке. Если в коробке всего шесть кубиков, на сторонах которых что-то нарисовано, то его лабиринт весьма велик — можно сложить более 48 тысяч комбинаций. Но маленький ребенок справляется с таким громадным лабиринтом. Ибо он не складывает кубики хаотично, а соотносит их с концевой площадкой лабиринта, выбирая для каждого кубика одну верную грань из шести. В этой задаче лабиринт налицо. Раз научившись что-либо складывать, ребенок уверенно выполняет аналогичную работу для других кубиков, даже если число их значительно больше шести. Но вот перед ним другая задача.

Обратимся к рис. 1.6. На нем изображена карта острова. На ней отмечены города и связывающие их железные дороги. Мистер Браун живет в городе *А*, находящемся на севере острова. Во время отпуска он поставил перед собой следующую задачу: не пользуясь шоссейными дорогами и автомобилем, проехать из города *А* в город *Я*, посетив по пути все города, отмеченные на карте, ровно по одному разу.

Разрешима ли эта задача? Лабиринт перед вами. Остается только пробовать. Прежде чем читать дальше, попробуйте.

Теперь вам стало ясно, что решение, по-видимому, не существует, но мистер Браун решил поставленную перед собой задачу. Как он это сделал? По-видимому, он кое-что слышал о лабиринтной и модельной теориях мышления, а скорее всего, обошелся без них, не зная, что он «говорит прозой». Он знал, что задача разрешима. Для этого достаточно воспользоваться тем, что между городами *В* и *Щ* можно проехать морским путем, на который нет запрета в условии задачи. Тогда поставленная задача разрешима. Если вы сами догадались о подобном решении, то вы испытали инсайт (озарение), чувство радостного изумления от найденного решения. При этом от лабиринта, навязанного чертежом, приведенным на рис. 1.6, вы сумели перейти к новому лабиринту, построенному вами.

В рассмотренной задаче подсказка о новом лабиринте содержалась в чертеже. Города *В* и *Щ* стоят на море. Но подобная подсказка может и отсутствовать. Такое положение имеется в весьма популярной в психологических экспериментах головоломке «не ломая и не сгибая спичек, сложить из шести спичек четыре одинаковых равносторонних треугольника». В эксперименте все шесть спичек кладутся перед испытуемым на стол, что задает лабиринт всевозможных положений шести спичек на плоскости стола. Испытуемые делятся на две группы. Те, кто относится к первой группе, подвигав спички и убедившись, что задача не решается (в данном лабиринте!), отказываются от ее решения, считая, что их попросту надули. Испытуемые второй группы начинают пытаться выяснить условия, при которых решение задачи возможно. И вознаграждаются за усилия тем, что строят новый лабиринт возможностей — пространственный. В нем легко решают поставленную экспериментальную задачу, сооружая правильную треугольную пирамиду.

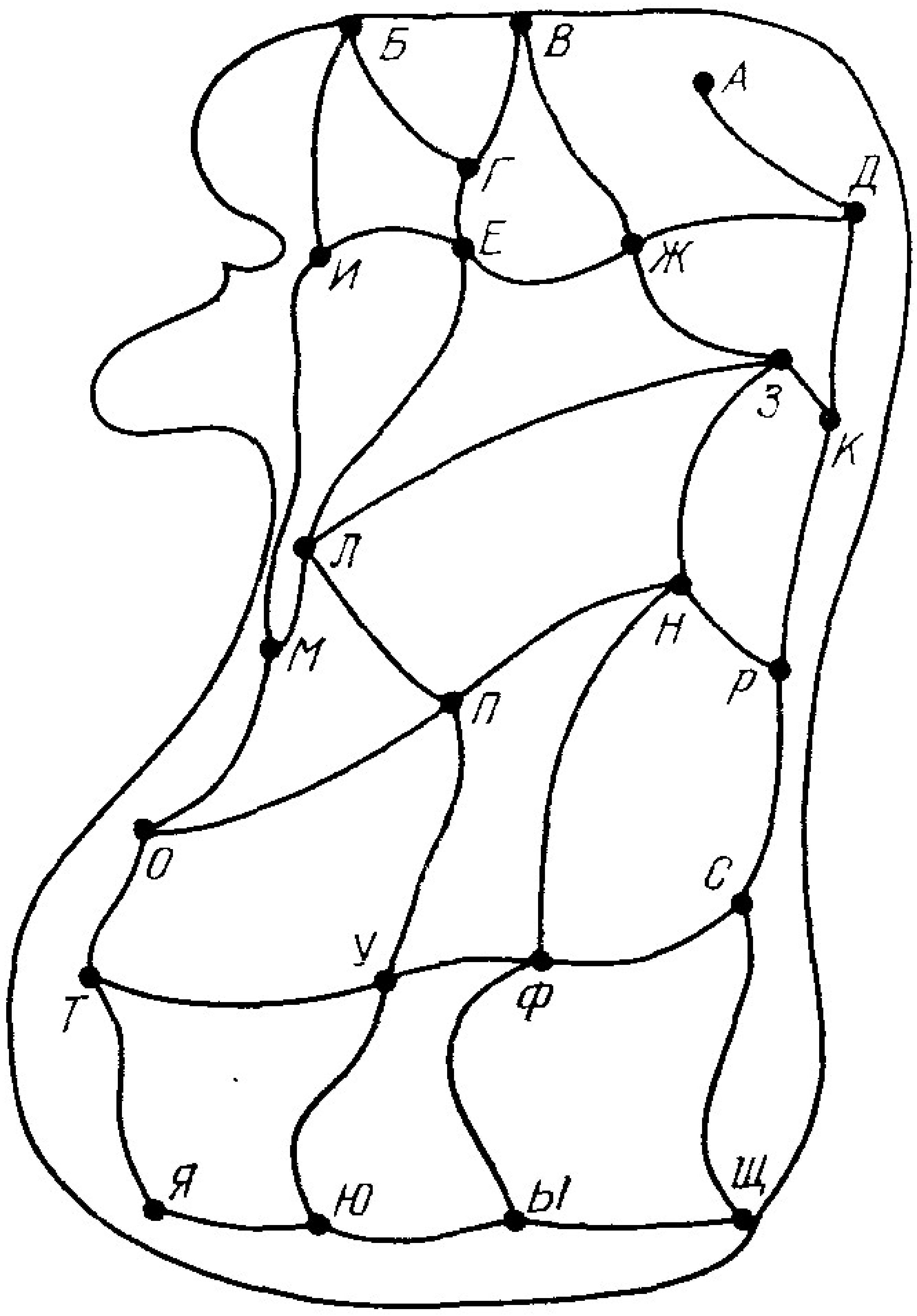

Рис. 1.6

Можно считать, что в какой-то мере лабиринтная модель описывает поведение человека при решении задач, когда им используется стандартная шаблонная модель, найденная ранее им самим, или сообщенная ему учителем, или почерпнутая им из книг и учебников.

Итак, кроме поиска по лабиринту возможностей для человека при решении нетривиальных проблем весьма важна процедура поиска самого лабиринта (или его части), в котором можно найти необходимое решение. В процессе решения задачи он должен сформировать этот лабиринт, а затем уже искать решение. Именно нахождение такого лабиринта вызывает у человека поток положительных эмоций, «радость открытия». Сформулированное нами положение о двухэтапности решения любой задачи является краеугольным камнем третьей психологической теории решения задач — *модельной теории*.

В рамках этой теории всякое решение некоторой проблемы состоит из последовательности нескольких шагов: описание исходной позиции задачи, описание целевой позиции задачи, установление гомоморфизма между этими описаниями или сведение их к одинаковому языку описания, установление системы преобразований описаний, поиск последовательности преобразований, ведущих от начальной позиции к целевой. Лишь последний шаг отражен в лабиринтной модели решения задач, первые четыре шага в ней считаются уже реализованными.

Рассмотрим суть первых четырех этапов. На этапе описания исходной позиции можно поступать по-разному. Для иллюстрации этого опять обратимся к шахматам. В некоторой шахматной позиции можно, как уже говорилось, описать положение каждой фигуры на игровом поле. И это описание будет полным и исчерпывающим. Но шахматист вряд ли использует его для поиска своего хода. Оно для него слишком далеко от способа описания целевой позиции. В самом деле, окончательная позиция в шахматной игре не описана в терминах расположения конкретных фигур на полях доски. Она описана в других терминах, типа «Король противника находится под ударом, не может покинуть клетку, где он находится, так, чтобы перейти на клетку, не находящуюся под ударом, и не может другими фигурами ликвидировать угрозу взятия короля». Это означает, что описание исходной позиции, которое мы приняли, и описание конечной позиции (описание патовой позиции производится в тех же терминах, что и описание мата) не гомоморфны друг другу. Они не лежат в пределах одного лабиринта. И именно в этом состоит психологическая трудность решения шахматных задач для неопытных шахматистов. Опытные же шахматисты описывают исходную позицию на языке того же уровня, что и язык, использованный для описания заключительной позиции. Так вместо отдельных фигур и ходов появляются связки, вилки, сдвоенные и проходные пешки, форсированные ходы и многое другое.

В шахматах нет нужды искать систему преобразований описаний. Она определена правилами игры. Но во многих случаях это необходимо делать. На соревнованиях кондитеров, которые должны приготовить торт из заданного для всех одинакового набора исходных компонент, каждый участник соревнования формирует свою систему «преобразования позиций». И насколько успешно он это сделает, настолько успешен будет результат его работы.

Заканчивая этот экскурс в психологию решения задач человеком, остановимся еще на одном важном для нас вопросе. До сих пор мы рассматривали решение задач человеком в статике, вне времени и пространства. Но для реальных объектов управления такое ограничение вряд ли возможно. Как правило, решения по управлению принимаются с учетом динамики функционирования объекта управления. Что по этому поводу может сказать нам психология?

При наблюдении за поведением людей, занятых управлением динамическими объектами, психологи выявили определенные принципы, которыми люди руководствуются при принятии своих решений. И основной вывод заключается в том, что при решении управленческих задач, в которых учитывается динамика процессов в объекте, человек строит их динамическую модель. Они как бы протекают у него в уме, сохраняя относительный временной масштаб частей процессов.

В зависимости от «удаленности» управленца от процесса управления динамическая модель может быть различной. Если дежурный на железнодорожной сортировочной горке, который управляет перемещением локомотивов и вагонов с помощью стрелок, видит всю пространственную картину перемещений непосредственно, то дежурный по станции воспринимает ее с помощью мнемосхемы, а поездной диспетчер — лишь по графику движения поездов, вычерчиваемому по дискретным сообщениям, поступающим к нему. Таким образом, динамическая модель процесса на сортировочной горке не требует от дежурного специальных способов отображения кроме тех, которые связаны с непосредственным наблюдением за реальным положением вещей. Дежурный по станции непосредственно наблюдать и оценивать может только то, что видно из окна помещения, где он находится. Остальная информация является опосредованной, она отражена на мнемосхеме. Поэтому развитие процессов частично происходит как бы в его голове. Он вынужден интерполировать и экстраполировать это развитие. В наибольшей степени интерполяция и экстраполяция процессов происходит в голове поездного диспетчера или дежурного по отделению железной дороги. В его голове как бы отражается в реальном масштабе времени процесс перемещения поездов на участке, которым он управляет. У опытных дежурных и диспетчеров такое протекание процессов на объекте управления отражается как бы «само собой», вне активного сознания. Поступающие к диспетчеру или дежурному словесные сообщения перекодируются им на уровень представлений, характерных для имитационной модели, работающей в его голове.

§ 1.4. В чем состоит ситуационное управление?

Итак, при работе с объектами, с которыми столкнулась сейчас теория управления, по-видимому, не приходится надеяться на возможность использования для управления ими традиционных методов и приемов. Как уже выяснилось, проблема состоит в самом описании уникального объекта управления, учета в этом описании