

ЭНЦ
КЛ
П

М. Г. ГАЗЕ-РАПОПОРТ
Д. А. ПОСПЕЛОВ

ОТ АМЕБЫ
ДО РОБОТА:
МОДЕЛИ ПОВЕДЕНИЯ



ПРОБЛЕМЫ НАУКИ
И ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОГРЕССА

М. Г. ГААЗЕ-РАПОПОРТ, Д. А. ПОСПЕЛОВ

ОТ АМЕБЫ ДО РОБОТА: МОДЕЛИ ПОВЕДЕНИЯ



МОСКВА «НАУКА»
ГЛАВНАЯ РЕДАКЦИЯ
ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1987

ББК 32.81
Г12
УДК 519.7(0.23)

Гаазе-Рапопорт М. Г., Поспелов Д. А. От амебы до робота: модели поведения. — М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987. — 288 с. — (Проблемы науки и технического прогресса).

Есть ли общее в поведении животных и человека? Каковы основные процедуры, которые организуют то, что мы называем целесообразным поведением и разумным поведением? Можно ли создать схему, которая подобно дереву эволюции отражала бы постепенное усложнение форм поведения? Как наука о поведении живых организмов, включая человека, может быть полезна при создании искусственных систем, наделенных элементами разума? Ответы на эти вопросы — основное содержание книги, хотя и далеко его не исчерпывают. Впервые с единых позиций изложены принципы построения моделей поведения, определяемых как чисто физиологическими потребностями, так и окружающей организм средой.

Для всех, кто интересуется наукой о поведении и теорией искусственного интеллекта, включая специалистов.

Табл. 4. Ил. 103. Библиогр. 164 назв.

Рецензенты:

доктор физико-математических наук *Я. И. Хургин*;
кандидат биологических наук *И. И. Полетаева*

Г 1504000000—111
052(02) 87 150-07

© Издательство «Наука».
Главная редакция
физико-математической
литературы, 1987

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	5
Введение	7
Глава 1. Организм и среда	18
§ 1.1. Поведение. Основные понятия	18
§ 1.2. Условия реализации поведения	22
§ 1.3. Модель системы «организм — среда»	25
§ 1.4. Функциональные элементы для описания моделей поведения	31
Глава 2. Рефлекторное поведение и его модели	36
§ 2.1. Безусловные рефлексы	36
§ 2.2. Комбинация безусловных рефлексов	51
§ 2.3. Условные рефлексы	73
§ 2.4. Схемы и модели, имитирующие условно-рефлекторное поведение	81
§ 2.5. Сложные виды условных рефлексов и их комбинации	93
Глава 3. Сложные формы поведения	111
§ 3.1. Память и поведение	111
§ 3.2. Некоторые составляющие сложных форм поведения	116
§ 3.3. Обучающие виды поведения	118
§ 3.4. Манипуляционное поведение	127
§ 3.5. Общественное поведение, роли, коммуникации	134
§ 3.6. М-автоматы	141
§ 3.7. Программа «Животное»	152
§ 3.8. Гиромат	158
Глава 4. Модели индивидуального поведения человека	169
§ 4.1. Концептуальные условия	169
§ 4.2. Типология поведения	177
§ 4.3. Описание поступка	182
§ 4.4. Фреймы поступков и классификация	192
§ 4.5. Модель поступка	203
§ 4.6. Модели личности	214

Глава 5. Моделирование типов поведения человека	225
§ 5.1. Ритуальное поведение	225
§ 5.2. Подражательное поведение	237
§ 5.3. Ролевое поведение	242
§ 5.4. Ситуационное поведение	250
Послесловие	254
Комментарии	267
Список литературы	272
Именной указатель	279
Предметный указатель	281

ПРЕДИСЛОВИЕ

Эта книга была задумана нами около двадцати лет назад. Гуляя по улицам Паланги, мы с жаром обсуждали план будущей книги. В какой-то момент перед нами возник вопрос о том, что мы понимаем под поведением. В бесплодных попытках определения этого понятия мы потеряли немало времени. Мы никак не приближались к согласованному мнению, а скорее удалялись от него. В конце концов каждый из нас пришел к мысли о том, что наши представления о поведении настолько различны, что вряд ли мы сумеем написать книгу.

В течение последующих лет время от времени мы снова возвращались к разговору о книге, к обсуждению того, что следует понимать под поведением и моделями поведения. Мы даже пробовали что-то писать, но снова наталкивались на то, что нам не удастся дать даже рабочее определение этих понятий.

И только тогда, когда, готовясь прочитать курс лекций по моделям поведения и ознакомившись с кучей книг других авторов, мы собрали коллекцию определений того, что называется поведением, мы поняли, что никакого единого, устраивающего всех определения просто не существует. Каждый специалист вкладывает в это понятие свой собственный смысл. Биолог и психолог мыслят здесь неодинаково. Физиолог готов называть поведением такие процессы, которые социолог никогда к таковым не причисляет. Кибернетики трактуют поведение значительно более широко, чем этологи.

По-видимому, такое положение не случайно. Поведение оказывается характерным примером объекта междисциплинарного исследования, а следовательно, понятие поведения трансформируется в зависимости от того, какой специалист и под каким углом зрения исследует процессы, к которым прилагается это понятие. —

В прочитанных нами лекциях таким углом зрения являлось рассмотрение поведения в связи с исследованиями в области искусственного интеллекта.

Для работ в области искусственного интеллекта модели поведения интересны, во-первых, как способ реализации искусственным путем разнообразных форм деятельности, присущих живым системам, и, во-вторых, как средство сделать реакции искусственной среды, в которой придется работать человеку, отвечающими нормативам человеческого поведения.

Этот подход мы и попытались реализовать в настоящей книге.

В книге с единых позиций рассмотрены модели усложняющихся форм целенаправленного поведения, начиная с простейших, присущих главным образом животным, и заканчивая некоторыми видами поведения человека.

Изложение материала мы старались сделать по возможности популярным и не требующим специальной подготовки, предполагая, что оно будет доступно широкому кругу читателей, интересующихся кибернетикой, искусственным интеллектом и робототехникой и их связями с биологией и психологией. Надеемся, что и более подготовленные читатели — инженеры и биологи найдут в этой книге новый для себя взгляд на известные им вещи.

Мы сознаем, что настоящая книга не может быть свободна от недостатков, и будем искренне благодарны всем, кто возьмет на себя труд указать нам эти недостатки и возможные в работе такого рода неточности.

Авторы глубоко благодарны рецензентам книги И. И. Полетаевой и Я. И. Хургину. Их благожелательная и конструктивная критика существенно улучшила содержание книги. Авторы признательны также Е. Т. Семеновой, добровольно взявшей на себя труд по ознакомлению с рукописью и высказавшей немало ценных замечаний.

ВВЕДЕНИЕ

Лучше совершенно точно ошибаться, чем приблизительно верно утверждать правильные вещи.

Дж. Тьюки

В книге о поведении правильнее всего было бы начать с ответа на вопрос «Что такое поведение?». Но именно этого сделать мы сейчас, в начале книги, не сможем. Ибо столь ясное в обычной бытовой речи понятие «поведение» (никто, например, не встает в тупик, когда при нем говорят о поведении ребенка или о нормах поведения) в науках, связанных с его изучением, не имеет строгого и однозначного определения. А занимаются поведением представители многих наук: психологи, биологи, физиологи, педагоги, кибернетики, специалисты по интеллектуальным системам, лингвисты, математики. И поистине «у семи нянек дитя без глазу». Представители каждой науки смотрят на феномен, называемый «поведением», под своим углом зрения и сообразно этому используют свои методы для его изучения, предлагают свою классификацию видов поведения и, наконец, разные процессы причисляют к тому, что носит имя «поведение».

Чтобы не быть голословным, приведем для примера несколько определений, заимствованных из книг, отражающих различные взгляды на поведение.

«Совокупность действий и поступков человека. Термин П. применяется и к животным». Поступок там же определяется как «...намеренное действие человека» («Большая Советская Энциклопедия»).

«Совокупность поступков и действий по отношению к окружающим». Поступок определяется так же, а под действием понимается: а) «мн. ч. от «поступок», «поведение» и б) «работа, правильное функционирование» («Словарь современного русского языка»).

«Траектория в пространстве состояний» (Бохманн и Постхоф «Двоичные динамические системы»).

«Все наблюдаемые процессы, посредством которых животное реагирует на воспринимаемые им изменения во внутреннем состоянии своего тела или во внешнем мире» (Э. Кэндел «Клеточные основы поведения»).

«Поведение — это то, что организм делает, или, точнее, то, что может наблюдать при этом другой организм. Таким образом, под поведением я понимаю движение организма или его частей в системе отсчета, заданной самим организмом или какими-нибудь внешними объектами (В. Skinner «The Behavior of Organisms»).

«Явно наблюдаемая активность мышц или желез внутренней секреции, проявляющаяся в движении тела или появлении слез, пота, слюны и т. д. Разговор — это поведение, так же, как и улыбка, гримаса, слезотечение, дрожь, покраснение (которое вызывается изменением тонуса кровеносных сосудов), смена позы или просматривание глазами слов печатного текста (D. Hebb «Textbook of Psychology»).

«Комплекс сложнейших сбалансированных процессов взаимодействия особи с внешним миром...» (И. И. Понятаева, Л. В. Крушинский «Поведение животных, как фактор процесса микроэволюции»).

«Совокупность условных рефлексов. Рефлекс — единица поведения» (школа Скиннера).

«Свойство изменяться», «...совокупность жизненных изменений индивидов и групп», «...общие реакции на условия жизни и среду» («Meyers neues Lexikon»).

Столь же большой разницей царит и в том, что именно считать поведением, а что таковым не считать. Физиологи и этологи склонны, например, относить к поведению процессы пищеварения или терморегуляции у живых организмов, а психологи подобные процессы не включают в сферу поведения. С другой стороны, такие виды поведения, как игровое или речевое, не выступают как самостоятельные типы поведения в биологии.

У различных наук, сталкивающихся с изучением поведения, свои задачи и свои цели исследования.

Педагоги и социологи изучают структуру и формы общественного поведения людей, имея в виду их взаимоотношения в процессе жизни в различных видах деятельности. Их целью является формирование общественно приемлемого, удовлетворяющего социальным нормам поведения, установление корней и причин возникновения отклоняющегося от нормы поведения и методов борьбы с его проявлениями.

Психологи изучают поведение как внешнее объективно наблюдаемое проявление любой деятельности и пытаются на основе таких наблюдений сделать выводы о психологических механизмах, мотивах и побуждениях, определяющих тот или иной вид поведения. Они используют наблю-

дения за поведением людей в различных условиях для установления личностных особенностей, психических состояний, свойств и закономерностей мышления и психики.

Психиатры, наблюдая поведение и его изменения, пытаются делать выводы о наличии или отсутствии патологических изменений в сознании и психике.

Инженеры, разрабатывающие сложные автоматические устройства и системы, стремятся обеспечить их необходимое функционирование в определенных, заранее известных условиях, т. е. добиваются от создаваемых систем и устройств необходимых (заданных или требуемых) форм поведения.

Биологи и зоопсихологи изучают разнообразные формы поведения живых организмов, пытаются установить физиологические и морфологические механизмы, обеспечивающие реализацию этих форм. Их цель — выявление того, какие факторы и каким образом влияют на поведение и его изменения, с помощью каких механизмов осуществляется управление и реализация того или иного вида поведения.

Этологи изучают, как поведение обеспечивает приспособление к условиям среды и его эволюционное происхождение. Результаты их исследований помогают оценить степень влияния искусственных воздействий на среду и их роль в обеспечении сохранности соответствующих форм жизни, что позволяет также целенаправленно воздействовать на эти формы.

Кибернетики изучают информацию, определяющую поведение и его изменения, информационные потоки и способы обработки информации, необходимые для реализации различных форм поведения, а также способы искусственного воспроизведения этих форм поведения и управления ими.

Несмотря на разнообразие объектов изучения, целей исследований и методов, определяемых специальностью исследователей, в конечном счете при исследовании поведения все пытаются решить две основные задачи:

а) установить, как те или иные объекты (популяции, люди, животные, автоматические системы и т. п.) ведут себя в определенных условиях под воздействием изменений во внешней среде;

б) выявить, каковы механизмы, управляющие поведением, как реализуется исключительное разнообразие формы и проявлений поведения и какими способами можно осуществить целенаправленное воздействие на них.

Обе задачи чрезвычайно трудны. И решить их в полном объеме не может ни одна из перечисленных нами наук.

Каждая из них изучает лишь некоторые из аспектов поведения, оставляя другие без внимания. Каждая использует свои специфические методы изучения (натурные наблюдения за поведением живых организмов и людей в естественных или искусственно создаваемых условиях, анализ поведения в случаях патологического изменения норм поведения, структурно-морфологическое исследование механизмов, определяющих конкретные виды поведения и т. д.) и на основании их делает свои выводы.

Однако нам представляется, что при всем разнообразии подходов к изучению поведения, определений того, что считать, а что не считать поведением, методов исследования его, можно все-таки выделить и некое общее ядро, связанное с тем, что поведение всегда представляется в виде процесса, в рамках которого реализуется взаимодействие организма с окружающей его средой. Поведение в самом общем виде — это формируемый организмом отклик на сигналы, поступившие к нему от окружающей среды. Именно так мы и будем трактовать феномен поведения на страницах нашей книги.

Основным методом, который мы будем применять при изучении различных форм поведения, будет модельный метод, получивший широкое распространение в связи с внедрением ЭВМ в сферу научных исследований. Что же характеризует новый подход и в чем состоит его отличие от других подходов? Прежде всего при модельном подходе реальный объект, поведение которого подлежит исследованию, заменяется некой моделью. Эта модель может быть как реальной (например, реализованной в виде некоторой конструкции наподобие макета нового микрорайона, стоящего на столе у архитектора), так и «воображаемой» (например, в виде математического описания, отражающего основные изучаемые характеристики объекта моделирования). Модели второго типа в наше время, как правило, реализуют на ЭВМ. Результаты, полученные при исследовании моделей, потом переносят на реальные объекты.

Использование ЭВМ для моделирования резко сокращает время проведения эксперимента и время на обработку полученных в ходе него результатов. Если раньше исследователь тратил на проведение экспериментов и их обработку приблизительно одинаковое время, то теперь именно эксперимент стал «съедать» основное время, необходимое для получения окончательного результата. Кроме того, большое разнообразие исследуемых объектов, множество форм и характеристик поведения, наблюдаемых в экспери-

ментах, исключительно широкий диапазон свойств внешней среды и других факторов, способных влиять на поведение, — все это делает почти каждый эксперимент уникальным и практически неповторимым и существенно затрудняет получение достаточно достоверных результатов. Анализ и обобщение наблюдаемых фактов часто лишает уверенности в достоверности обнаруженных закономерностей, которые могут оказаться результатом случайного неучета каких-либо факторов, например, индивидуальных особенностей объектов, и привести к ошибочным заключениям.

Помимо этого, уникальность и практическая неповторимость экспериментов, связанные с изменениями объектов в ходе этих экспериментов и невозможностью точно повторить все условия их проведения, позволяют получить лишь самые общие качественные результаты и только в некоторых немногих случаях количественные результаты статистического характера.

Модельный подход избавлен от этого недостатка. Он обеспечивает полную повторяемость условий эксперимента и исключает влияние тех факторов, которые экспериментатор учесть не может или не хочет. Конечно, модельный подход нельзя рассматривать как панацею, способную полностью заменить все остальные методы исследования поведения. Однако большое значение этого подхода и многочисленные ошибки в его оценке и интерпретации заставляют несколько более подробно остановиться на нем.

Несмотря на то, что моделям, моделированию и различным его видам посвящена обширная литература как философско-методологическая, так и специальная, несмотря также на то, что в настоящее время вряд ли найдется сколько-нибудь серьезное исследование, в котором не использовались бы понятия модели и моделирования, — нам все же представляется, что до сих пор нет полной ясности и единого понимания того, что такое модель и что может дать в научном исследовании моделирование, а также каково его взаимоотношение с остальными методами научного исследования. Еще можно встретить в научной литературе утверждения о принципиальной неприменимости моделирования в некоторых областях науки. Встречаются также случаи, когда понятие модель используется в качестве синонима понятия «описание», либо это понятие используется в его примитивном, бытовом смысле, как в словосочетаниях типа «модель обуви» или «модель холодильника». Аналогом такого употребления может служить часто встречаемое в научной литературе словосочетание «модель процесса

обучения», ибо, как правило, за ним скрывается не модель, а конкретный образец процесса обучения. И когда в научной книге мы встречаем ссылку на «модель организационной структуры учреждения», то легко догадываемся, что речь здесь идет не о модели, а об описании этой структуры в виде некоторого графического изображения.

Понятие «модель» и связанное с ним понятие «моделирование» будет часто встречаться в нашей книге. Это видно уже из ее заголовка. Поэтому во введении мы хотели бы разъяснить читателям, как будут пониматься эти термины в дальнейшем. Для этого нам потребуется совершить небольшой экскурс в теорию моделей.

Сначала дадим основное словесное определение модели, а потом на примере постараемся его пояснить.

Под моделью некоторого объекта понимается другой объект (реальный, знаковый или воображаемый), отличный от исходного, который обладает существенными для целей моделирования свойствами и в рамках этих целей полностью заменяет исходный объект.

Формально к понятию модели можно подойти следующим образом. Пусть имеется две системы A и B с элементами $\{a_i\}$ и $\{b_i\}$ соответственно. Пусть далее элементы каждой системы связаны между собой множествами различных отношений $\{r_j\}$ и $\{f_j\}$. В частном случае отношениями могут быть записи некоторых зависимостей между элементами системы, характеризующих интересующие исследователя свойства системы. Пусть, наконец, в каждой системе имеются некоторые правила вывода, позволяющие получать новые зависимости (отношения) между элементами системы и некоторое множество исходных априорно заданных зависимостей (аксиом). Исходные зависимости и те, которые будут получаться из них за счет правил вывода, будем называть *правильными* (справедливыми) для данной системы.

Установим между элементами двух систем взаимно однозначное соответствие (*изоморфизм*). Другими словами, сформулируем правило, по которому каждому элементу a_i в системе A будет соответствовать некоторый элемент b_j в системе B и наоборот. Такую же взаимно однозначную связь установим и между отношениями r_i из системы A и отношениями f_j из системы B . Наконец, установим взаимно однозначное соответствие между множествами исходных зависимостей в A и B и правилами вывода в этих системах. Это приведет к тому, что между правильными зависимостями в A и B будут также установлены взаимно

однозначные связи. Если это так, то, получив правильную зависимость в одной из систем, можно получить правильную зависимость, соответствующую ей в другой системе, не проводя в ней нужных операций.

Поясним сказанное на двух простых примерах. В качестве первого примера сошлемся на известную со школьной скамьи ситуацию, при которой вместо того, чтобы умножать и делить большие числа, производят сложение и вычитание логарифмов этих чисел. Если система A состоит из положительных действительных чисел, а система B —

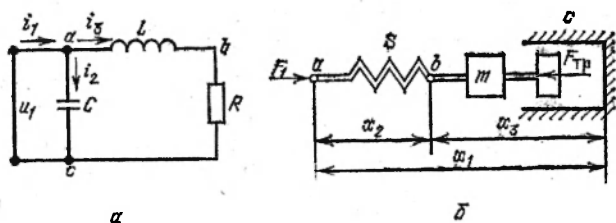


Рис. В.1

из логарифмов этих чисел, то между элементами A и B имеется изоморфизм, ибо каждому числу соответствует его логарифм и наоборот. Операциями (зависимостями) умножения и деления в системе A соответствуют операции сложения и вычитания в системе B . Если мы имеем два элемента в A и хотим узнать результат их перемножения, то мы переходим к соответствующим элементам системы B , складываем их и возвращаемся с помощью правила установления изоморфизма к интересующему нас элементу в A .

В качестве второго примера рассмотрим две системы, показанные схематически на рис. В.1. Первая система (рис. В.1, а) представляет собой электрическую цепь с элементами: емкость C , индуктивность L , сопротивление R , напряжение u_1 , приложенное к точкам α , ϵ , и токи i_1 , i_2 и i_3 в ветвях контура. Вторая (рис. В.1, б) есть механическая система с элементами: упругая пружина S , масса m , демпфер C , представляющий собой элемент вязкого трения, сила F_1 , приложенная к точке α , перемещение x_1 точки α , перемещение (сжатие) x_2 пружины S и перемещение x_3 массы m .

Для первой системы (электрической) известны следующие соотношения между ее элементами (законы Ома и

Кирхгофа):

$$u_{bc} = u_3 = R i_3, \quad (1)$$

$$u_{ab} = u_2 = L \frac{d i_2}{d t}, \quad (2)$$

$$i_2 = C \frac{d u_2}{d t}, \quad (3)$$

$$i_1 = i_2 + i_3, \quad (4)$$

$$u_1 = u_2 + u_3. \quad (5)$$

Здесь R , L и C — значения сопротивления, индуктивности и емкости рассматриваемой электрической цепи.

Для второй системы (механической) запишем соотношения между ее элементами, известные из механики. Получим

$$F_3 = K_{\text{тр}} \dot{x}_3, \quad (1')$$

$$F_2 = m \frac{d \dot{x}_3}{d t}, \quad (2')$$

$$x_2 = E_S F_1,$$

или, дифференцируя,

$$\dot{x}_2 = E_S \frac{d F_1}{d t}. \quad (3')$$

Из рис. В.1 видно, что

$$x_1 = x_2 + x_3,$$

или, дифференцируя,

$$\dot{x}_1 = \dot{x}_2 + \dot{x}_3. \quad (4')$$

Справедливо также

$$F_1 = F_2 + F_3. \quad (5')$$

Здесь $F_3 = F_{\text{тр}}$ — сила вязкого трения, действующая на массу m , $K_{\text{тр}}$ — коэффициент трения (вязкого), m — масса подвижного элемента системы, F_2 — сила инерции, действующая на него, F_1 — сила, приложенная в точке a , E_S — упругость пружины S .

Заметим, что обе системы несколько идеализированы: в первой мы пренебрегаем сопротивлениями индуктивности и емкости, а во второй — массой пружины. Допущения эти обычны при инженерном рассмотрении указанных систем.

Установим теперь изоморфизм между системами. Соотнесем емкость с упругостью, индуктивность с массой, сопротивление с коэффициентом вязкого трения, токи со скоростями и напряжения с силами. В примере индексы

у сил, скоростей, напряжений и токов выбраны таким образом, чтобы соответствующие элементы имели одинаковые индексы.

Выражения (1) — (5) и соответствующие им выражения (1') — (5') дают соответствие между функциональными соотношениями, связывающими элементы каждой из рассматриваемых систем.

Предположим теперь, что мы хотим исследовать механическую систему, например установить, как будет изменяться скорость точки a при приложении к ней силы, изменяющейся по некоторому закону $F(t)$.

Задачу эту можно решить различными способами. Во-первых, можно исследовать саму систему либо экспериментально, прилагая к ней соответствующую силу и измеряя скорость перемещения точки a , либо используя соотношения (1') — (5') и решая систему имеющихся уравнений. Во-вторых, можно воспользоваться установленным соответствием между двумя системами и, определив ток i в электрической системе при приложении к ней напряжения u_1 , изменяющегося по заданному закону $F(t)$, а затем, пересчитав масштабы, сделать заключение об исследуемой системе. В этом случае мы использовали электрическую систему в качестве модели механической. Отметим, что если пользоваться расчетными методами, сложность исследования оказывается в настоящем примере одинаковой, но уже при экспериментальном исследовании модельный эксперимент на электрической системе оказывается много проще соответствующего по точности эксперимента в механической системой.

В нашем примере обе системы (механическая и электрическая) демонстрируют тот случай, когда любую из них можно использовать для изучения всех свойств другой. Другими словами, мы имеем дело с полной моделью. По сути, установив изоморфизм, мы получили возможность полностью изучать тот объект, для которого была построена модель. Но за это пришлось заплатить определенную цену. И этой ценой является наличие полного описания объекта моделирования. Это означает, что мы уверены в полном нашем знании о всех особенностях и сущности процессов, протекающих в моделируемом объекте.

Такой исключительный случай полных априорных знаний об объекте моделирования нетипичен. Гораздо чаще приходится моделировать объект, знания о котором неполны. В этом случае моделирование позволяет оценивать полноту наших знаний о моделируемом объекте. Модель

в этих условиях начинает играть роль инструмента исследования.

Отобразив в модели известные характеристики моделируемого объекта, можно провести моделирование функционирования модели при определенных условиях внешней среды. Если поведение моделируемого объекта при тех же условиях известно и поведение модели совпадает с ним, то можно с некоторой долей уверенности считать, что модель отражает суть моделируемого объекта. Проводя моделирование при различных внешних условиях, можно либо увеличить степень уверенности в адекватности модели и моделируемого объекта, либо обнаружить несоответствие их. В последнем случае можно попытаться определить, что именно вызвало это несоответствие, и понять, чего именно мы еще не знаем об объекте моделирования, важного с точки зрения той задачи, ради которой строится модель.

Наличие модели, в адекватности которой мы уже убедились, позволяет получать с ее помощью новые знания об объекте моделирования, проводя анализ функционирования модели в условиях, в которых моделируемый объект никогда не был. Именно то, что модель позволяет получать новые сведения о моделируемом объекте, дает возможность отличать ее от простого формализованного описания объекта.

Частный случай — модель, основанная на принципе «черного ящика». Она возникает тогда, когда о структуре моделируемого объекта известно слишком мало или даже ничего неизвестно. В этом случае от модели требуется только функциональное подобие: на одинаковые внешние сигналы моделируемый объект и модель должны отвечать одинаково. Естественно, что добившись этого от модели, нельзя считать, что структура модели будет хоть в чем-то аналогична структуре моделируемого объекта.

К сожалению, при моделировании поведения приходится в подавляющем большинстве случаев ограничиваться именно таким подходом. Наши знания о внутренних структурах организмов, ответственных за наблюдаемое поведение, пока еще настолько несовершенны, что вряд ли в ближайшее десятилетие мы сможем построить модели поведения, подобные тем, которые мы приводили в начале нашего разговора о сущности моделей и моделирования.

Итак, наше дальнейшее изложение будет касаться модельного подхода к феномену поведения. Нам кажется, что ретроспективное рассмотрение разнообразных моделей поведения, построенных к настоящему времени, позволит

наметить общую классификационную схему, основанную на некоторой единой точке зрения на поведение.

В отличие от частого в литературе по поведению подхода, при котором отдельные виды поведения рассматриваются вне их взаимосвязи, а поведение живых организмов отделяется от поведения искусственных систем, мы в этой книге стремимся рассматривать частные формы поведения с некоторой единой точки зрения. Нам кажется, что при таком подходе станет возможным формирование единой иерархической последовательности моделей поведения, последовательности, охватывающей в целом поведение любых объектов как живых, так и искусственных. Такая последовательность может оказаться удобной шкалой для оценки и сравнения различных конкретных форм поведения.

Представляется, что модельное рассмотрение поведения должно позволить отделить частности, определяемые морфологической структурой (конструкцией) объектов и отличающиеся большим разнообразием, от принципиальных структурных особенностей, характеризующих различные способы управления поведением. Именно это и позволяет считать, что модельное рассмотрение поведения окажется полезным дополнением к обширным материалам по исследованию его отдельных конкретных видов.

Модельное рассмотрение поведения может стать полезным и при разработке технических устройств и систем (автоматы, роботы и пр.), от которых требуется реализация различных часто весьма сложных форм и видов поведения, помогая оценить необходимую степень сложности используемой структуры и сокращая объем натуральных экспериментов.

Есть основания считать, что модели поведения (и, главное, их недостатки) будут полезны психологам и специалистам в области искусственного интеллекта для уточнения представлений о сознательном поведении, для установления особенностей поведения, еще не поддающихся моделированию, и для формирования рабочих гипотез и программ исследований. Это в свою очередь может оказаться полезным и для развития исследований по проблемам деятельности, сознания и мышления.

В действительности все выглядит иначе, чем на самом деле.

Ст. Эми Лец

§ 1.1. Поведение. Основные понятия

Во Введении уже отмечалось, что дать достаточно точное и удовлетворяющее всем требованиям определение поведения весьма затруднительно и вряд ли вообще возможно. Тем не менее легко убедиться, что во всех случаях, когда речь идет о поведении, вне зависимости от того, в каком или в каких аспектах оно рассматривается, мы всегда имеем дело с совокупностью следующих понятий.

1. *Объект.* Чаще всего организм, поведение которого рассматривается.

2. *Среда.*

3. *Взаимодействие среды и объекта,* воздействующих друг на друга и соответственно изменяющих друг друга в ходе рассмотрения.

4. *Наблюдатель* — исследователь, изучающий с какой-либо определенной целью взаимные связи между первыми тремя понятиями. В дальнейшем роль наблюдателя чаще всего будет принадлежать нам с вами, наш читатель.

Таким образом, взаимодействие объекта и среды в результате воздействия их друг на друга, приводящее к их изменениям (в частном случае к гибели объекта) мы и будем на первых порах называть поведением.

Несмотря на интуитивную ясность основных понятий, связанных с поведением, они (первые два во всяком случае) требуют определенных уточнений и пояснений. Это тем более важно, что в каждом конкретном случае на них обычно налагаются некоторые неясные, по большей части неоговариваемые ограничения.

Под объектом понимается организм или рассматриваемая его часть, а также искусственная система реальная или реализованная в виде программы), поведение которых изучается. Существенно для объекта то, что в процессе поведения он может подвергаться воздействию среды и в свою очередь воздействовать на нее. Таким образом, объект всегда является динамической системой. Примени-

тельно к биологическим объектам это означает, что мы всегда имеем дело с живым организмом, живой системой. Представление о динамичности, свойственной объекту, зависит от целей наблюдателя и определяет возможность рассмотрения изменения объекта как поведение. Так например, гранитный валун, лежащий в поле, конечно оказывает воздействие на среду, не давая расти под ним траве, уменьшая испарение влаги под ним и т. д.; он также подвержен воздействию окружающей среды: солнца, влаги, ветра, постепенно изменяющих и разрушающих его, но вряд ли имеет смысл говорить о его поведении, если, конечно, не рассматривать геологические процессы, протекающие в течение длительного времени. Аналогично, кусок каменной соли, брошенный в лужу, изменяется, постепенно растворяясь под воздействием среды, и в свою очередь изменяет ее, увеличивая соленость воды. Но и в этом случае вряд ли имеет практический смысл говорить о его поведении.

Другое существенное свойство объекта, поведение которого рассматривается,— его целостность. Обладая существенной динамичностью и изменяясь под воздействием среды, он в то же время должен продолжать оставаться самим собой, чтобы можно было говорить о поведении именно данного объекта (организма или модели), а не о новом объекте или совокупности объектов, в которую он превратился. Это означает, что, будучи подвержен изменениям, объект должен сохранять некоторые связи между своими составными частями, позволяющие рассматривать его как целый объект, как одну систему.

Под средой в общем случае понимается все то, что не является объектом, все, что его окружает, что может подвергаться воздействиям со стороны объекта и в свою очередь на него воздействовать. Практически в силу безграничности окружения любого объекта под средой понимается лишь то, что так или иначе может воздействовать на объект и подвергаться существенным воздействиям с его стороны. Так, например, если рассматривается поведение аквариумных рыбок, то средой будет служить лишь внутренность аквариума, включая внутреннюю поверхность его стенок, и воздух над поверхностью аквариумной воды. В характеристики среды в этом случае, конечно, включаются и температура воды, и ее освещенность, и химический состав, и другие факторы, но размер и свойства помещения, в котором находится аквариум, вообще говоря, как характеристики среды рассматриваться не будут.

Таким образом, ту часть окружения, которая непосредственно на объект не воздействует или воздействие которой оказывается несущественным для изучения поведения объекта, мы к среде не относим.

Необходимо обратить внимание на то, что характеристики среды для каждого объекта в значительной степени определяются его свойствами и целями исследования. Так, если объект не содержит светочувствительных элементов и изменения, связанные с медленным выцветанием его окрашенных частей, не входят в число вопросов, подлежащих изучению, освещенностью объекта по большей части можно пренебречь.

Для живых систем, помимо описанной выше среды, называемой *внешней средой*, вводится также распространенное в физиологии понятие *внутренней среды*. Под внутренней средой организма обычно понимают комплекс жидкостей (кровь, лимфа, тканевые жидкости), омывающих клеточные элементы и принимающих участие в питании и обмене веществ в органах и тканях. Понятие «внутренняя среда» было введено французским гистологом Ш. Робеном, а ее теория принадлежит К. Бернару. От параметров внутренней среды (температура, химический состав, давление, вязкость и др.) существенно зависит жизнеспособность и функционирование клеток и органов живого организма. Для наших целей будем пользоваться несколько более широким представлением о внутренней среде, включая в нее, кроме собственно внутренней среды, также и все то, что определяет состояние самого объекта и может сказываться на его поведении. Так, информацию о состоянии частей объекта, его органов, энергетических запасах, степени напряженности, наполнении памяти и т. д. будем считать информацией о внутренней среде объекта.

Из сказанного понятно, что среда (внешняя и внутренняя) непрерывно воздействует на объект, а тот в свою очередь воздействует на среду. При отсутствии таких воздействий или хотя бы одного из них нельзя себе представить какое бы то ни было поведение. Иными словами, воздействие — это то, что воспринимается объектом или средой и приводит к их изменениям, причем для данного объекта воздействия полностью определяют среду, способную оказывать на него влияния. Важно представлять себе двойственный характер воздействий. Любое воздействие всегда имеет *энергетический* характер, в противном случае оно просто не могло бы восприниматься. Вместе с тем энергетическая составляющая часто бывает весьма малой и,

как таковая, не оказывает существенного влияния на объект, а решающую роль играет смысл воздействия, его *информационное содержание*. Так, например, приказ, полученный человеком, существенно влияет на его последующее поведение, однако он может быть передан в виде текста, когда энергетическая составляющая, воспринимаемая глазами, очень мала и практически не отличается от других зрительных ощущений. Тот же приказ может быть передан голосом, энергетическая составляющая которого значительно меньше, чем у окружающего звукового фона, и также не играет существенной роли. Именно поэтому имеет смысл выделять два класса воздействий: *энергетические*, например механические, электрические, химические и др., и *информационные*; энергетическая природа последних может быть самой различной, определяясь особенностями воспринимающих элементов объекта, которые, обобщая соответствующее биологическое понятие, будем называть *рецепторами*.

Сказанное в такой же степени относится и к воздействиям организма (объекта) на среду. Здесь также можно выделить как энергетическую составляющую, так и информационную, сигнальную. Элементы объекта, с помощью которых осуществляется воздействие на среду, будем (также по аналогии с биологией) называть *эффекторами*. Поведение живых систем и технических устройств всегда воспринимается некоторым внешним наблюдателем, который либо сам, либо с помощью специальных устройств его наблюдает. В случае человеческого поведения наблюдателем может быть либо сам человек, наблюдающий и оценивающий свое поведение, либо некое лицо или группа лиц, которые могут непосредственно наблюдать за поведением; они могут также не наблюдать непосредственно поведения, но их предполагаемые оценки способны в значительной степени влиять на поведение объекта. Далее мы будем довольно часто рассматривать этот случай при построении моделей поведения человека.

В заключение упомянем еще одно важное понятие, которым в дальнейшем будем часто пользоваться. Это — *состояние* объекта. Всякий объект характеризуется некоторыми параметрами, последние либо поддаются измерению (непосредственно или косвенно), либо в принципе допускают измерение. Такими параметрами являются, например, координаты объекта, определяющие его положение в пространстве, относительное расположение частей объекта, его характеристики (цвет, масса, размеры и т. п.), а также ско-

рости изменения этих величин. Проще говоря, под состоянием будем понимать все то, что может изменяться в процессе поведения. Обозначим значения этих параметров в некоторый момент времени t через $s_i(t)$, где i — номер параметра. Тогда состояние объекта в данный момент времени в принципе можно определить некоторым множеством $S = \{s_i(t)\}$ значений всех параметров в этот момент времени.

Множество S хотя оно и не бесконечно, но может быть весьма большим, практически необозримым. Поэтому выделим из него некоторое подмножество существенных параметров, т. е. тех, которые представляют интерес для наблюдателя в зависимости от задач, решаемых им. Из сказанного следует, что один и тот же объект в зависимости от задачи (вида рассматриваемого поведения) может характеризоваться различными множествами параметров. Так, например, при анализе локомоций нас не будет интересовать окраска объекта, весьма существенная при оборонительном поведении. В дальнейшем, не оговаривая это специально, под состоянием объекта будем всегда понимать лишь множество существенных параметров. Заметим, что практически иногда достаточно трудно явно указать конкретный перечень параметров, характеризующих некоторое состояние. Так, например, достаточно трудно количественно охарактеризовать состояния гнева или страха, хотя совершенно ясно, что они определяются рядом существенных параметров (химическим составом и, в частности, наличием и количеством адреналина в крови, содержанием солей калия и кальция в спинномозговой жидкости и др.).

§ 1.2. Условия реализации поведения

Перейдем теперь к рассмотрению того, чем должен обладать объект, чтобы осуществлять некоторое поведение. Выше мы уже установили, что он должен обладать эффекторами для воздействия на среду и рецепторами для восприятия воздействий среды, он должен обладать источником энергии, способным приводить в действие эффекторы и рецепторы, а также поддерживать работоспособность остальных своих элементов. Кроме того, представляется, что для осуществления поведения необходимо наличие побудительных причин. Для искусственных систем роль таких причин могут, например, играть задачи, для решения которых создается система. Для живых систем они сводятся

в конечном счете к обеспечению жизнеспособности организма, популяции или вида. Ниже, говоря о человеческом поведении, мы подробнее остановимся на вопросе о побудительных причинах. Здесь же отметим, что эти глобальные цели почти всегда разбиваются па отдельные подцели, в основе которых почти всегда лежит задача сохранения целостности организма и поддержания состояния внутренней среды в определенных допустимых пределах.

Наконец, важной составной частью объекта, без которой невозможно поведение, является память; без нее невозможна фиксация воздействий среды и формирование реакций объекта на эти воздействия.

Рассмотрим более подробно эти основные «кирпичики» поведения. Общий характер поведения в значительной степени определяется количеством, возможностями и свойствами исполнительных органов — эффекторов. Эффекторы характеризуются областью действия, механическими, электрическими и химическими свойствами, энергетическими особенностями и информационными характеристиками. К механическим параметрам относятся размеры, массы, степени свободы, развиваемые усилия, моменты инерции, механические (кинематические) связи, резонансные свойства, упругость и т. п. К энергетическим параметрам относятся вид источника энергии, его мощность, средние и пиковые значения развиваемых усилий, а также длительность непрерывного функционирования и энергетический режим работы. Информационные характеристики включают в себя вид носителя информации, диапазон ее изменений, количество передаваемых состояний и др. Эффекторы, воздействующие на внутреннюю среду, часто имеют химическую и электрическую природу. Пример химических эффекторов — железы внутренней секреции, выделяющие сложные химические соединения (гормоны, секреты), обеспечивающие нормальное протекание обменных процессов в организме. Совокупность характеристик эффекторов определяет множество тех действий, из которых строится поведение. Обозначая действия эффекторов или их совокупности, допустимые в некий момент времени t , через $p_i(t)$, введем множество действий — операторов $P(t) = \{p_i(t)\}$, из которых может строиться в этот момент поведение данного объекта. Через P обозначим полное множество всех допустимых операторов, каждый из которых допустим хотя бы в один момент времени t .

Характер поведения в значительной степени определяется также возможностями рецепторов воспринимать воз-

действия (информацию) о среде и ее изменениях. Как известно, среди рецепторов выделяются две группы: *экстеррецепторы*, непосредственно воспринимающие воздействия внешней среды, и *интеррецепторы*, воспринимающие воздействия внутренней среды. Последние воспринимают изменения, происходящие в самом объекте, усилия и напряжения в исполнительных органах, их взаимное расположение, положение объекта в пространстве, запасы энергии, а также (опосредованно) воспринимают внешние воздействия, приводящие к изменениям внутренней среды. В отличие от эффекторов рецепторы играют роль измерительно-информационных систем, преобразуя воспринятые воздействия в зависимости от их характера и величины в сигналы, имеющие, как правило, электрическую природу. Информационные возможности рецепторов характеризуются носителем воспринимаемой информации, диапазоном изменения воспринимаемых величин, порогами чувствительности и др. Внешние воздействия, если они не воспринимаются какими-либо рецепторами непосредственно, могут быть восприняты опосредованно в том случае, если они приводят к заметным изменениям внутренней среды. Так, например, в отличие от некоторых птиц и насекомых, воспринимающих изменения магнитного поля, человек не чувствует его до тех пор, пока оно не приводит к патологическим изменениям внутренней среды, которые могут быть восприняты интеррецепторами. Аналогично высокочастотное или инфракрасное излучение непосредственно не воспринимается рецепторами человека, пока оно не приводит к нагреву соответствующих органов, воспринимаемому рецепторами, чувствительными к температуре. Поэтому объект, по существу, может «чувствовать» лишь те воздействия, на которые ориентирована его система рецепторов. Из сказанного выше следует, что объект воспринимает не весь окружающий его мир, не всю среду, а только некоторую ее часть, образующую ту квазисреду (подсреду), в которой организуется поведение.

Воздействие объекта на среду существенным образом зависит также от энергетических возможностей объекта, от тех источников энергии, которыми он располагает и которые должны пополняться в ходе жизнедеятельности. Как будет показано далее, достаточно часто сильно различающиеся внешне формы поведения, реализуемые одними и теми же элементами, отличаются лишь в силу различия энергетических возможностей организма. Так, различия в энергетических ресурсах существенно изменяют характер

полета отдельных особей одного и того же вида птиц и особенно мелких насекомых.

Важная составная часть, без которой в принципе невозможно какое-либо поведение,—память. *Память здесь будет пониматься как способность объекта фиксировать и некоторое время сохранять информацию о своем состоянии и о состоянии воспринимаемой части среды.* Без памяти была бы невозможна избирательная реакция объекта на различные воздействия. Для того чтобы иметь возможность одинаковым образом реагировать на одинаковые воздействия, объект должен иметь возможность *сравнения* информации, поступившей через рецепторную систему, с зафиксированной (запомненной) информацией, уже хранящейся в объекте. Говоря о памяти, следует различать врожденную память, позволяющую специфично (для каждого вида) реагировать на ситуации, не встречавшиеся ранее в процессе функционирования объекта, память структурную, определяемую фиксированными соотношениями между частями объекта, и, наконец, память в обычном смысле слова, способную фиксировать новую для объекта информацию.

§ 1.3. Модель системы «организм — среда»

Общая структурная схема системы «организм — среда» изображена на рис. 1.1. На нем показаны уже упоминавшиеся выше основные элементы *), представляющие интерес для понимания и моделирования поведения, и важнейшие связи между ними. Для общности на рисунке изображен еще один блок, а именно процессор — обработчик информации. Этот блок может состоять как из одного устройства, обрабатывающего циркулирующую в системе информацию, что имеет место, например, в некоторых технических системах, так и из нескольких связанных между собой процессоров; наконец, он может представлять собой распределенную на весь объект распределенную систему обработки информации, какой в живых организмах служит, например, нервная система. Связи на рисунке показаны стрелками, указывающими направление соответствующих воздействий. Жирными линиями обозначены связи,

*) Под внутренней средой здесь и далее понимается все то в самом объекте, что воспринимают рецепторы данного объекта. Для удобства (условно) на рис. 1.1 внутренняя среда показана малым прямоугольником, очерченным штрихпунктиром, как часть всей среды.

имеющие существенно энергетический характер, а тонкими — информационный.

Рассмотрим теперь взаимодействие блоков приведенной схемы. Рецепторы воспринимают информацию от среды, частично перерабатывают ее и в виде информационных сигналов передают в память для последующей обработки и формирования управляющей эффекторами информации для осуществления ответных реакций. Здесь следует отметить,

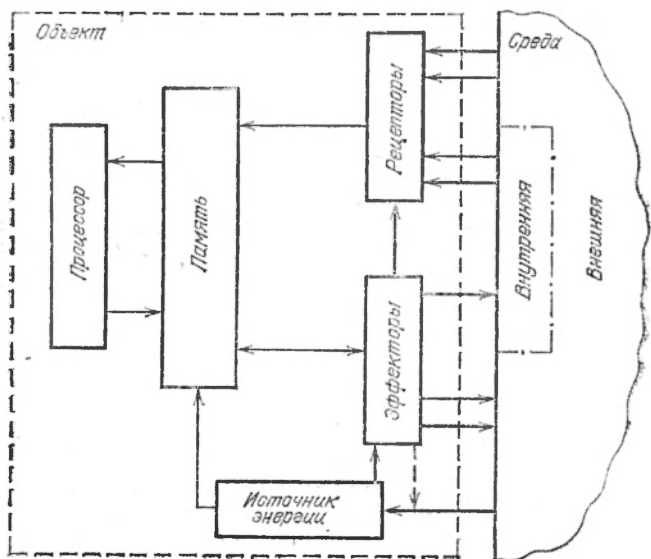


Рис. 1.1

что собственно рецепторные элементы, например рецепторные нейроны, не осуществляют непосредственной переработки информации, а лишь преобразуют поступившее на них воздействие в соответствующие нервные импульсы (электрические сигналы), характер которых зависит от наличия и силы воздействия. Если же рассматривать рецепторный орган, например глаз, содержащий множество рецепторных элементов, то в нем осуществляется достаточно сложная первичная обработка информации.

Жирными линиями, идущими от среды к рецепторам, показаны энергетические воздействия, по большей части способные разрушить или временно вывести из строя ре-

цепторные элементы *). Такими воздействиями может являться нестерпимо яркий, ослепляющий свет или очень сильный звук, вызывающий болезненные ощущения. В этих случаях информация о подобном воздействии (тоже через память) поступает на эффекторы, воздействующие на соответствующие рецепторы (жирная стрелка от блока эффекторов к рецепторам). Примером их реакции может быть зажмуривание глаз при очень сильном свете или просто поворот головы для того, чтобы избежать воздействия света слишком яркого источника. Воздействие эффекторов на рецепторы может иметь и другой, менее «острый» характер. Так, например, при достаточно слабых воздействиях эффекторы увеличивают размер входного отверстия (зрачок) глаза, увеличивая тем самым количество световой энергии, поступающей в глаз. При слишком большой, но не разрушающей яркости внешнего источника они, наоборот, диафрагмируют пучок поступающих лучей, уменьшая размер зрачка. Аналогичным образом эффекторы изменяют форму хрусталика для обеспечения наибольшей резкости изображения, зависящей от расстояния между наблюдаемым объектом и глазом. Подобным же образом эффекторы поворачивают глазное яблоко, добиваясь того, чтобы изображение наблюдаемого объекта среды попало на наиболее чувствительную часть сетчатки — желтое пятно (фовия). Нас не интересуют здесь тонкие детали работы зрительного аппарата и других рецепторных систем. Важно только отметить, что на них воздействуют эффекторные системы, работающие часто по достаточно сложной программе и управляющие их функционированием, используя полученную до этого информацию, воспринимаемую рецепторами.

Основная функция эффекторов заключается в энергетических воздействиях на среду, приводящих к ее изменению (они показаны жирными стрелками, направленными к внешней и внутренней средам). Примерами воздействия на внешнюю среду служат разнообразные движения, включая перемещения в ней объекта; примерами воздействий на внутреннюю среду служат уже упоминавшиеся воздействия на рецепторные органы, а также выделение во

*) Эти воздействия содержат также и информационную составляющую, но нам представляется существенным, что основной здесь является не она, а прямое воздействие на объект, воздействие, способное само по себе изменить структуру объекта, вызвать в нем патологические изменения. Чувство боли, обычно сопровождающее такие воздействия, представляет собой информацию о самом воздействии, но отлично от той информации о внешней среде, которая характерна для существенно информативных воздействий.

внутреннюю среду различных химических веществ в качестве средств, поддерживающих ее равновесие. Среди воздействий эффекторов на внутреннюю среду условно выделены также изображенные пунктиром воздействия, регулирующие восприятие объектом энергии (пища, вода, тепло и др.). Поток воспринимаемой энергии изображен стрелкой от внешней среды к источнику (внутреннему) энергии. В свою очередь источник энергии обеспечивает все элементы объекта энергией, необходимой для поддержания его жизнеспособности. На схеме показан только основной поток этой энергии, направленный к эффекторам. Заметим, что изображенный на рисунке источник энергии представляет собой условный гипотетический элемент, в чистом виде существующий лишь в искусственных, технических системах. В живых организмах, где энергетические обменные процессы и жировые запасы распределены по всему организму, можно говорить только о некотором распределенном источнике энергии, включающем в себя пищеварительный тракт и многие другие органы *).

В более сложных объектах, в функции которых входит и выдача информации в знаковой форме, например обмен сигналами с подобными же объектами, относящимися в плане нашего рассмотрения к внешней среде, к функциям эффекторов относится и выдача информации во внешнюю среду. Примерами такой информации, генерируемой различными живыми объектами, служат разнообразные звуковые сигналы, жесты и позы, имеющие ярко выраженный сигнальный, часто ритуальный характер. Соответствующие информационные воздействия на внешнюю среду изображены тонкой стрелкой, идущей от блока эффекторов к внешней среде.

Что же касается информационных воздействий, то все они, за исключением упомянутых выше, так или иначе связаны с памятью. В памяти, как мы считаем, хранятся

*) На самом деле вопросы энергообеспечения живых систем изложены здесь с сильным упрощением. Вопросы энергообмена в организме, связанные с ролью АТФ, не учитываются. Видимо, пока нет оснований считать, что информация о распределенных энергозапасах, например в мышцах, известна организму. Детальное рассмотрение подобных вопросов увело бы нас в область физиологических моделей, далеких от основной темы. Тем не менее наличие чувств голода и слабости, связанных с дефицитом энергетических ресурсов позволяет считать, что какую-то информацию о состоянии этих ресурсов организм все-таки получает. Это оправдывает приводимую схему, хотя совершенно ясно, что отдельного энергетического блока в живых системах, вообще говоря, не существует.

врожденные сведения о первичных реакциях на информационные сигналы, поступающие от рецепторов (стрелка от рецепторов к памяти), и сама информация, поступающая от рецепторов, информация от эффекторов об их положении и состоянии, информация от источника энергии о наличных запасах энергии и о работоспособности всей системы, а также информация, поступающая от интеррецепторов о состоянии внутренней среды. Кроме того, в памяти хранятся программы переработки входной информации в управляющие воздействия на эффекторы, обуславливающие в основном характер их действия. В ряде случаев в памяти хранится также информация о результатах реакций на ту или иную внешнюю ситуацию, которые могут использоваться при повторной встрече с аналогичной ситуацией.

Выработка решений и соответствующих реакций на информацию о состоянии среды, требует обработки информации, т. е. осуществления над ней ряда логических и вычислительных операций, выполняемых блоком процессоров. Поэтому память непрерывно обменивается информацией с этим блоком (стрелки к процессору и от него к памяти).

В конечном счете объем памяти, количество и разнообразие хранимых в ней знаний и программ определяют сложность и разнообразие поведения, организуемого объектом, и, так сказать, степень «интеллектуальности» этого объекта.

Поэтому, заканчивая рассмотрение общей структуры системы «объект — среда», ограничимся изложенным выше кратким описанием входящих в нее блоков и основных связей между ними. В дальнейшем при рассмотрении различных видов поведения и их моделей мы будем неоднократно возвращаться к блоку памяти, уточняя и детализируя его функции и предполагаемую структуру в зависимости от рассматриваемых видов поведения. В конечном счете именно эта в значительной степени гипотетическая структура, частично опирающаяся на известные данные о морфологической структуре и функциях нервной системы живых организмов, и будет представлять собой основную часть моделей поведения.

Перейдем теперь к некоторой предварительной детализации блока памяти. Выделим из него две составляющих, которые нам понадобятся в дальнейшем. Первая составляющая — фильтр или система фильтров первичной обработки информации, поступающей от рецепторов (рис. 1.2). Введение этого элемента обосновывается следующими соображениями. Рецепторы воспринимают весьма большой объем

информации, поступающий от среды. Если бы вся эта информация поступала в память, последняя очень быстро переполнилась бы и было бы практически невозможно в ней разобраться. Поэтому необходимо выделить наиболее существенную, значимую (или могущую быть значимой для объекта) информацию и только ее передавать для фиксации в память. Такой информацией служит информация (первичная) о состоянии среды, об ее изменениях и о тех источниках

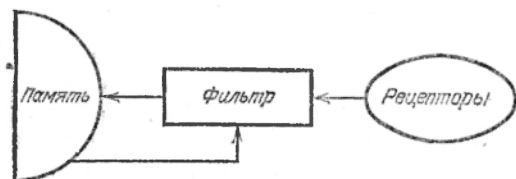


Рис. 1.2

воздействий, которые в данный момент представляются существенными для объекта, т. е. та, на которой сосредоточено «внимание» объекта. Незначимая информация отфильтровывается, во-первых, порогами чувствительности рецепторов, которые могут изменяться под влиянием сигналов обратной связи, поступающих из памяти, а во-вторых, исключением информации о воздействующих объектах, которая на основании имеющегося опыта представляется незначимой для объекта. Так, во время существенного для нас разговора или спора мы обычно не реагируем на посторонние шумы, речь окружающих нас посторонних лиц и прочие помехи, хотя часто замечаем, если кто-нибудь из посторонних произнес что-либо значимое для нас (например, упомянул нашу фамилию). Аналогичным образом, дикие животные активно реагируют на слабый звук треснувшей веточки или на слабые шумы крадущегося хищника, не реагируя (не слыша или не обращая внимания) на более сильные звуки качающихся деревьев, завывающего ветра и другие, служащие для них незначимым шумовым фоном. Число подобных примеров легко может умножить каждый читатель на основе своего опыта. При изменении целей объектов меняются задачи, решаемые ими, и соответственно меняется значимость различных воздействий. Соответственно этому перестраивается фильтр; незначимая ранее информация становится существенной, на нее обращается «внимание» и она начинает восприниматься, т. е. передаваться в память. Как известно, И. П. Павлов в своих опы-

тах в «башне молчания» изолировал животных от всех посторонних воздействий, не имеющих сигнального значения, однако это существенное для целей эксперимента положение не имеет места в реальной среде обитания. В дальнейшем мы в большинстве случаев не будем упоминать о таком фильтре, однако всегда будет подразумеваться, что речь идет только о значимых сигналах, о существенной информации, существенных воздействиях. Заметим, что, как и ранее, для наших целей важно наличие подобного фильтра как функционального элемента. Практическая же реализация его у различных объектов может быть различной и рассматриваться не будет.

Вторая составляющая памяти, которая нам представляется существенной,— так называемая *модель внешнего мира*, т. е. та часть памяти, в которой хранятся знания (представления) о внешнем мире и его свойствах. В зависимости от степени сложности объекта эти знания могут быть осознанными или неосознанными, но факт их наличия представляется бесспорным. Полнота таких знаний зависит от степени сложности объекта и от разнообразия его мира обитания. Так, для одноклеточных (например, амебы) эти знания очень ограничены и заключаются лишь в способности отличать съедобные заглатываемые частицы от несъедобных и различать освещенные и неосвещенные области среды обитания. Возвращаясь к рис. 1.2, заметим, что под памятью здесь подразумевается именно эта ее часть — модель внешнего мира.

§ 1.4. Функциональные элементы для описания моделей поведения

Принято считать, что в достаточно развитых живых организмах нервная система организует и управляет поведением. Поскольку в настоящей работе рассматриваются информационно-кибернетические вопросы моделирования поведения, то, естественно, основное внимание будет уделено вопросам организации поведения именно на уровне нервной системы. Поэтому разнообразие эффекторных систем само по себе нас интересовать не будет, хотя от него зависит различие в однотипном поведении разных организмов. Так, например, поиск дома может осуществляться ползанием, передвижением на четырех конечностях, ходьбой или полетом, но во всех случаях происходит перемещение объекта в некотором направлении. Внешние формы перемещения различаются лишь особенностями соответствующих эффек-

торов и комбинациями воздействующих на них управляющих сигналов, вырабатываемых в каждом случае относительно неизменными программами. На самом деле процессы локомоции, описанные в специальной литературе, гораздо сложнее и включают в себя практически весь организм и всю его нервную систему; однако для наших целей этими дополнительными сложностями можно пренебречь.

Нервная система представляет собой множество нервных клеток (нейронов), связанных между собой в единую нерв-

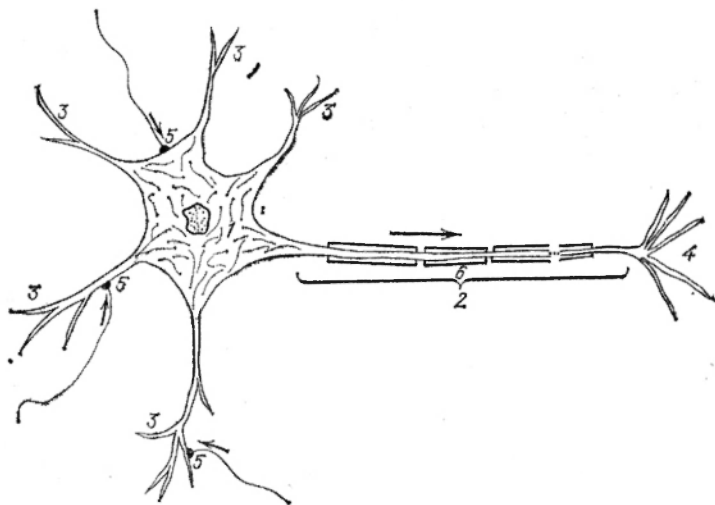


Рис. 1.3

ную сеть. Основной элемент нервной системы — нейрон — специфическая клетка, способная возбуждаться и передавать свое возбуждение другим нейронам.

Как видно из рис. 1.3, типичный нейрон состоит из *тела* клетки 1, от которого отходит несколько разветвляющихся отростков 3, называемых *дендритами*, и один длинный отросток 2 — *аксон*, оканчивающийся разветвлениями 4, носящими название *коллатералей*. На дендритах и их разветвлениях, на теле клетки и, как установлено в последнее время, на аксонах имеются специально организованные области 5, называемые *синапсами*, к которым подходят коллатерали других нейронов. Нейрон может находиться либо в спокойном состоянии, либо в возбужденном, когда у начала аксона образуется электрический импульс, рас-

пространяющийся по аксону и его коллатералиям и воспринимаемый синапсами других нейронов, к которым подходят эти коллатерали. Синапсы в свою очередь могут быть возбуждающими и тормозящими. Аксоны в большинстве случаев покрыты миелиновой оболочкой δ , увеличивающей скорость прохождения по ним импульсов возбуждения. Сигнал, поступающий от возбужденного нейрона на тормозящий синапс, оказывает на воспринимающий нейрон тормозящее воздействие, уменьшающее воздействия, поступившие на возбуждающие входы. Возбуждение нейрона возникает при соответствующем (своем для каждого нейрона) сочетании возбуждающих и тормозящих сигналов, причем возбуждение нейрона зависит как от сочетания числа активированных возбуждающих и тормозящих входов (принцип «голосования»), так и от того, на какие именно возбуждающие и тормозящие входы поступили сигналы от возбужденных нейронов. Считается, что синапсы, расположенные на дендритах, «слабее» синапсов, расположенных на теле нейрона. Количество синапсов на нейроне может очень сильно варьировать. Так, существуют нейроны с небольшим числом синапсов и нейроны (например, клетки Пуркиньи), у которых число синапсов измеряется тысячами. Различаются три основных вида нейронов: чувствительные (рецепторные), промежуточные, или вставочные, и мотонейроны. Различия между ними заключаются в том, что первые непосредственно воспринимают воздействия среды, а возбуждения коллатералей мотонейронов непосредственно воздействуют на мышечные волокна эффекторов, вызывая их сокращение.

Существует множество разнообразных схем, воспроизводящих основные свойства нейронов и называемых *моделями нейронов*.

Рассмотрим одну такую модель, предложенную У. МакКаллоком и У. Питсом в 1943 г. и называемую *формальным нейроном*. В основе формальных нейронов лежат следующие допущения:

- 1) Нейрон имеет конечное число входов n и один выход.
- 2) Каждый из входов и выходов может принимать только одно из двух состояний — 1 или 0.
- 3) Входы (волокна) могут быть возбуждающими или тормозящими, т. е. могут вводить положительную или отрицательную единицу возбуждения.
- 4) Входы, расположенные на волокнах, при наличии сигнала запрещают его прохождение по этому волокну.
- 5) Волокна могут ветвиться, но не сходиться.

6) Нейрон возбуждается, если суммарное возбуждение превосходит некоторый порог срабатывания θ или равно ему.

7) Сигналы проходят только в одном направлении и задерживаются в синапсах на единицу времени.

Примеры графических изображений формальных нейронов приведены на рис. 1.4. Запрещающие входы изображены кружочками или петельками, а возбуждающие — стрелками, которые иногда опускаются (рис. 1.4, *в*).

Техническая реализация формальных нейронов может быть различной и обычно для их осуществления приме-

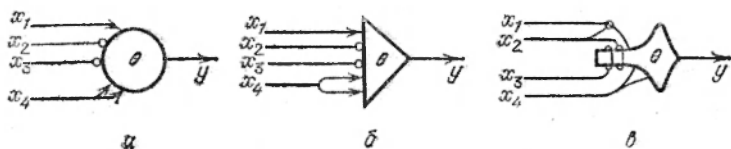


Рис. 1.4

няются пороговые логические элементы. Цифры, стоящие внутри изображения нейронов или логических элементов, означают значения порогов срабатывания соответствующих элементов.

Заметим еще раз, что формальные нейроны отличаются от нейроноподобных элементов лишь тем, что в первых допускается воздействие (тормозящее) входных волокон друг на друга. В отличие от формальных нейронов и нейроноподобных элементов сигналы на выходе логических элементов формируются практически без задержки в момент поступления сигналов на входы.

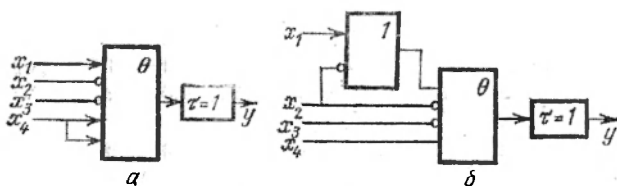


Рис. 1.5

Поэтому в схемы на логических элементах включены также элементы задержки. На рис. 1.5 приведены примеры схем на логических элементах, соответствующих формальным нейронам рис. 1.4. Схема рис. 1.5, *а* соответ-

ствует нейронам рис. 1.4, а и б, схема на рис. 1.5, б — нейрону на рис. 1.4, в. Прямоугольники с $\tau=1$ —элементы задержки с временем задержки τ , равным единице.

На входы нейронных и логических схем поступают всегда двоичные сигналы, чаще всего в виде импульсов, которые в зависимости от вида входа могут быть разрешающими (возбуждающими) или запрещающими (тормозящими). Наличие сигнала свидетельствует о восприятии схемой или устройством соответствующего стимула (раздражителя). Поскольку наличие сигнала указывает на наличие стимула (воздействия), для усиления аналогии с живым прототипом мы часто будем пользоваться обоими терминами как синонимами, не оговаривая для краткости этого.

Рассматривая схемы на формальных нейронах, важно обратить внимание на роль порога θ . Рассмотрим для простоты один формальный нейрон с двумя входами (x_1, x_2), изображенный на рис. 1.6.

Легко видеть, что с изменением порога θ существенно изменяются логические функции, реализуемые этим нейроном. Соответствующие логические функции для различных порогов приведены в табл. 1.1.



Рис. 1.6

Таблица 1.1

Порог θ	Логическая функция
≤ -1	$y \equiv 0$
0	$y = \bar{x}_1 \wedge x_2$
1	$y = x_2$
2	$y = \bar{x}_1 \vee x_2$
≥ 3	$y \equiv 1$

Заканчивая на этом изложение общих вопросов, связанных с взаимодействием объекта со средой и с некоторыми особенностями объектов, которые понадобятся в дальнейшем, перейдем к рассмотрению последовательно усложняющихся видов поведения и их моделей.

РЕФЛЕКТОРНОЕ ПОВЕДЕНИЕ И ЕГО МОДЕЛИ

В поведении нет ничего, кроме рефлексов.
Из выступления на семинаре А. А. Ляпунова

§ 2.1. Безусловные рефлексы

К простейшим и в то же время самым распространенным видам поведения относятся так называемые *безусловные рефлексы*. Всем хорошо известен коленный рефлекс, наличие и сила которого проверяются невропатологами, ударяющими резиновым молоточком по сухожилию, находящемуся ниже коленной чашечки, и вызывающим при этом произвольное подергивание свободно висящей ноги. Типичный пример безусловного рефлекса — выделение слюны при «ощущении» пищи. Также рефлексорно отдергивается рука, неожиданно прикоснувшись к горячему предмету, или сужается зрачок при попадании в глаз интенсивного света. Для всех этих видов поведения характерен один общий принцип: определенный стимул всегда вызывает одну и ту же определенную реакцию.

Простейшая схема безусловного рефлекса, построенная с использованием формальных нейронов, изображена на

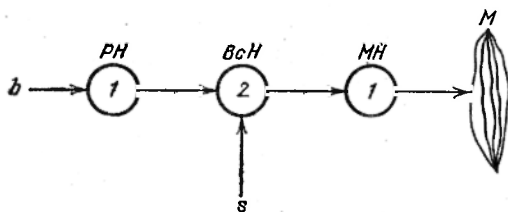


Рис. 2.1

рис. 2.1. Схема работает следующим образом. Воздействие среды b возбуждает рецепторный нейрон РН, передающий возбуждение на вставочный нейрон ВсН. При поступлении на него еще сигнала s , характеризующего состояние среды, этот нейрон возбуждается и передает возбуждающий сигнал мотонейрону МН, возбуждение которого передается мышце M и вызывает ее сокращение, т. е. выполнение тре-

буемой реакции. Приведенная простейшая модель точно отражает существо безусловного рефлекса, однако при сравнении ее с реальными безусловными рефлексамы выясняется необходимость некоторых уточняющих дополнений. Прежде всего следует заметить, что ни в природе, ни при технических реализациях не встречаются в точности одинаковые стимулы b . Поэтому в качестве входного воздействия (стимула b) может выступать не единственное воздействие b , а целый спектр, класс входных воздействий $B = \{b_i\}$, каждое из которых вызывает одну и ту же реакцию, и в этом смысле организм или модель не могут их различить. То же справедливо и для эффекторного выхода: одно и то же возбуждение группы мотонейронов может в разных случаях привести к похожему, но различающимся в деталях сокращениям мышц и изменению амплитуды движения, вызываемого данной мышцей. Различия эти могут быть, на наш взгляд, вызваны как мало заметными изменениями энергетических запасов мышцы, так и небольшими изменениями исходного положения кинематической схемы системы или условий внешней среды. В упомянутом выше примере сухожильного рефлекса амплитуда колебания ноги может зависеть как от силы и места удара, так и от начального положения ноги *). И то, и другое практически никогда не могут при повторении быть строго идентичными. Заметим далее, что даже в таком, внешне очень простом примере, как сухожильный рефлекс, истинная ситуация оказывается много сложнее приведенной на рис. 2.1. Во-первых, сокращение мышцы, состоящей из многих волокон, осуществляется под влиянием нескольких мотонейронов, каждый из которых воздействует лишь на одно или часть волокон, обеспечивающих наблюдаемое движение. Во-вторых, даже простое движение — «дерганье» ногой — требует вовлечения в работу многих других частей двигательного аппарата. В частности, при таком движении автоматически возникают напряжения в ряде других мышц как ноги (разгибатели), так и всего тела, готовые заранее скомпенсировать механические реакции, возникающие при движении ноги. Поэтому приведенная на рис. 2.1 схема характеризует лишь главную, основную часть системы, организующей наблюдаемое явление безусловного рефлекса. Поэтому может возникнуть вопрос: а не является ли такая

*) Заметим, что схема сухожильного рефлекса отличается от схемы, приведенной на рис. 2.1, тем, что в ней вообще нет промежуточного, вставочного, нейрона. Этот рефлекс относится к числу так называемых двухнейронных безусловных рефлексов.

схема лишь гипотетической моделью безусловного рефлекса, не характеризующей его истинную сущность? То, что это не так, доказывается морфологическими исследованиями строения соответствующей части нервной системы, указывающими на существование именно таких цепочек реальных нейронов, а также подтверждается нейрофизиологическими исследованиями простых объектов, у которых наблюдаются безусловные рефлексы. В качестве таких объектов для нейрофизиологических исследований чаще всего используются ракообразные, кольчатые черви и моллюски, в частности брюхоногие. Эти животные отличаются до-



Рис. 2.2

вольно сложным поведением, но нервная система их достаточно проста и состоит из весьма крупных нейронов, позволяющих осуществлять индивидуальное изучение этих клеток и регистрировать электрические сигналы путем внутриклеточного микроэлектродного отведения. Одно из наиболее удобных для исследования животных, интенсивно изучавшееся в последние годы,— морской брюхоногий моллюск аплизия (*Aplisia*), травоядное животное, питающееся водорослями и живущее в береговой зоне океана, на литорали, которая затопляется и обнажается ежедневно, и в сублиторальной зоне, постоянно остающейся под водой. Чаще всего изучается вид аплизии *Aplisia californica*, распространенный у берегов Калифорнии (рис. 2.2); он несколько напоминает по форме и строению живущих на суше слизней и достигает приблизительно 20 см в длину. Как мы видим, строение аплизии обладает типичными для мол-

люска чертами. В головной части, помимо рта, находятся два маленьких глаза, а также переднее и заднее щупальцы, выполняющие функции хеморецепторов и служащие для обнаружения пищи (заднее) и для участия в ее поглощении (переднее). Основание животного, его «нога», тянется от головной части до относительно короткого хвоста и служит для перемещения животного, ползающего, подтягивая заднюю часть к головной и затем перемещая переднюю часть относительно задней. Нога снабжена боковыми придатками — параподиями, прикрываемыми мантийную часть, и у некоторых видов используемыми для плавания. Основная часть туловища, покоящегося на ноге, представляет собой висцеральный мешок, в котором расположено сердце, большая часть пищеварительного тракта, а также выделительная и половая системы. Мантия — верхняя часть туловища — образует мантийный выступ и расположенный позади него сифон. В мантийной области размещаются также жабры и осфрадий — специальный орган, определяющий степень солености воды и управляющий солевым обменом. Жабры, сифон и параподии служат для непрерывного омывания мантийной полости и обеспечения дыхательного процесса. На краю мантийного выступа расположена пурпурная железа, способная выделять чернильную жидкость, применявшуюся в древности для производства ценных красителей. В мантию же погружена относительно небольшая раковина, защищающая сверху висцеральный мешок.

Поведение аплии характеризуется некоторыми рефлексорными актами, а также несколькими видами более сложного поведения.

Рефлекторно осуществляется регуляция концентрации соли в жидкостях организма. Концентрация соли в омывающей мантийную область воде оценивается осфрадием, который тормозит выделение гормона, регулирующего водно-солевой баланс. Рефлекторно же организовано защитное сокращение и втягивание в мантийную полость жабр и сифона, скрывающегося за параподиями. Эта реакция возникает при легком прикосновении к сифону или мантийному выступу. Под воздействием более сильного или повреждающего стимула, помимо втягивания сифона и жабр, осуществляется также выделение чернильной жидкости, выбрасываемой чернильной (пурпурной) железой в виде большого облака темно-фиолетовой жидкости. Аналогично, прикосновение к головной части объектов, отличных от пищи, вызывает ее втягивание, а сильное раздражение сопровождается также выделением защитной чернильной

жидкости. К рефлекторным же реакциям *) относится и откладывание больших масс яиц в виде длинных шнуров из яйцевых капсул, покрытых студенистым веществом.

Более сложными формами поведения, свойственными аплии и не сводимыми к обыкновенному безусловному рефлексу, служат локомоции, обеспечивающие избегание хищника, поиск и реакция заглатывания пищи, а также половое поведение.

Морфологические и нейрофизиологические исследования показывают, что рефлекторные акты у аплии реализуются в точном соответствии со схемой, изображенной на рис. 2.1, где сенсорные (рецепторные) нейроны расположены в двух абдоминальных (брюшных) ганглиях (правом и левом). Дендритные деревья этих нейронов иннервируют поверхность мантии и сифона, образуя на них рецептивные поля, составляемые их чувствительными элементами — своеобразными синапсами, реагирующими на прикосновение. Мотонейроны расположены частично в абдоминальных ганглиях и частично на периферии (в сифоне). Их аксонные коллатерали иннервируют мышцы, возбуждая синапсы мышц, непосредственно вызывающие сокращение последних. Аксоны сенсорных нейронов непосредственно или с помощью вставочных нейронов, также расположенных в абдоминальных ганглиях, передают возбуждения мотонейронам. Заметим, что у нейронов моллюсков синапсы расположены только на дендритах и отсутствуют на теле нейронов. Отличие от схемы, приведенной на рис. 2.1, заключается в том, что рецептивные поля, расположенные на поверхности кожи, многократно (до 8 раз) перекрываются, так что при стимуляции одной точки, размером до 0,5 мм, одновременно возбуждается до 8 сенсорных нейронов. Таким образом, в принципе можно утверждать, что безусловно-рефлекторный акт осуществляется одновременным действием нескольких цепочек типа представленных

*) В биологии различают собственно безусловные рефлексы, когда поступление стимула вызывает фиксированную реакцию, и случай, когда в ответ на стимул выполняется некоторая жестко фиксированная последовательность определенных действий (комплекс фиксированных действий). Некоторые реакции аплии, например откладывание яиц, строго говоря, и есть такой комплекс. Для нас в рамках модельных представлений то обстоятельство, что в одном случае мотонейрон (их группа) приводит в действие мышцу, а в другом — запускает некоторую фиксированную программу, реализация которой связана с запуском ряда различных механизмов, не существенно и не меняет общей рефлекторной схемы модели. Поэтому и в дальнейшем мы будем часто отождествлять комплексы фиксированных действий с безусловными рефлексами или их цепочками.

на рис. 2.1. На самом деле положение немного сложнее, так как чувствительность отдельных участков кожи различна и имеют место конвергентные и дивергентные связи между нейронами, усиливающие и ослабляющие эффект возбуждения, поступающего от различных рецептивных (сенсорных) полей (рис. 2.3).

Вернемся теперь снова к рис. 2.1 и рассмотрим входной сигнал. Функционально именно из-за него возникает необходимость во вставочном нейроне. Как известно, безусловные рефлексы проявляются не всегда и их наличие почти

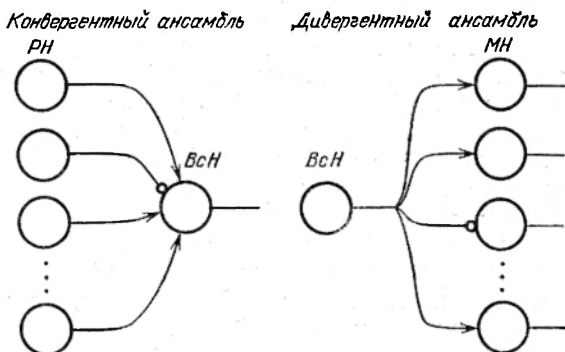


Рис. 2.3

во всех случаях зависит от состояния объекта. Чаще всего безусловные рефлексы возникают при неожиданном воздействии. Мы вздрагиваем, если, находясь в пустой комнате, слышим голос или неожиданно нас касается человек, о присутствии которого мы не подозревали. Мы отдергиваем руку при прикосновении к предмету, неожиданно для нас оказавшемуся горячим. В этих случаях сигнал s отсутствует. Часто, однако, люди берут в руку горячую сковородку и, испытывая боль, переставляют ее на другое место. Известен также исторический факт, когда Муций Сцеволла, демонстрируя свою волю и презрение к боли, не дрогнув, сжег свою руку в огне. Во всех этих случаях объект находился в состоянии готовности к стимулу, вызывающему рефлекс, но сигнал s оказывал тормозящее воздействие на соответствующие вставочные нейроны.

Можно предположить, что здесь мы имеем дело с иерархической системой различных, противоположно действующих стимулов, и наличие или отсутствие сигнала s определяется тем, какой из одновременно действующих стимулов

в данный момент оказывается сильнее. Если стимул, противодействующий рефлексу, оказывается сильнее стимула, вызывающего рефлекс, то вырабатывается тормозящий сигнал s . Выработка этого сигнала осуществляется некоторой схемой (не показанной на рис. 2.1), которая осуществляет сравнение двух действующих стимулов и формирует сигнал, соответствующий действию наиболее сильного (или значимого) стимула. Необходимость сохранения более сильного стимула, видимо, объясняется тот факт, что выработка условных рефлексов, например, при обучении животных, о чем пойдет речь ниже, осуществляется чаще всего тогда, когда животное испытывает чувство голода. В этом случае сигнал s характеризует состояние голода и готовность организма к восприятию пищи. С аналогичным явлением сталкиваются и при изучении рефлексов у аплии. Многократное повторение слабых прикосновений к мантийному выступу, вызывающее при первых прикосновениях втягивание сифона и жабр, в некоторый момент перестает вызывать эту реакцию. Такое привыкание к незначимым или малозначимым для объекта безусловным раздражителям может продолжаться от нескольких часов до нескольких недель. Отметим, что привыкание возникает только при слабых, незначимых для объекта безусловных раздражителях. Сильные, разрушающие стимулы не только не вызывают привыкания, но после их появления наступившее ранее привыкание снимается. Это представляет интерес потому, что даже в рассмотренном простейшем виде поведения наряду с безусловным рефлексом появляется элемент обучения, т. е. существенным становится наличие памяти. Отметим также, что для реализации привыкания и его снятия уже недостаточно относительно автономно работающей части нервной системы аплии, ограниченной абдоминальными ганглиями, и в работу вступают другие, более сложные элементы нервной системы.

Внешне эффект привыкания практически неотличим от утомления, которое возникает на химико-энергетическом уровне, когда на реализацию рефлекторных действий оказалась израсходованной основная часть необходимой энергии, например запас синаптических медиаторов (химических веществ, разложение которых вызывает формирование и передачу сигналов через синапсы) и требуется время для их восстановления. Аналогичный эффект (собственно привыкание) возникает на нейронном уровне, когда факт повторения незначимого стимула запоминается нейронной схемой и тормозит возникновение сигнала, разрешающего

выполнение рефлекса. Принудительное же снятие привыкания, требующее использования резервных энергетических запасов, всегда так или иначе связано с нейронной структурой, которая должна вырабатывать сигнал, управляющий освобождением этой энергии. Пример схемы, реализующей затухание рефлекса (привыкание) после k повторений рефлекса, и снятие привыкания после первого же поступления сильного стимула, приведен на рис. 2.4. Схема работает следующим образом. Стимул b поступает

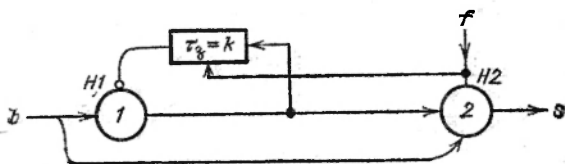


Рис. 2.4

одновременно на два вставочных нейрона Н1 и Н2. В отсутствие запрещающего сигнала на Н1 с его выхода поступает сигнал на нейрон Н2 с порогом 2. При наличии сигналов на этих двух входах на выходе формируется сигнал s , отпирающий схему, изображенную на рис. 2.1, и возбуждается мотонейрон, управляющий рефлекторным движением. Ситуация будет повторяться с каждым появлением стимула b до тех пор, пока после k повторений на выход элемента памяти (линии задержки) и, следовательно, на вход нейрона Н1 не поступит запрещающий сигнал. В результате на вход нейрона Н2 в отсутствие сигнала f (снятие привыкания) поступает только один возбуждающий сигнал, нейрон не возбуждается и сигнал b , разрешающий выполнение рефлекса, не вырабатывается. В случае, когда возбуждающий стимул b имеет разрушающий характер или большую силу, в памяти, хранящей образы ситуаций (на рис. 2.1 она не показана), вырабатывается специальный сигнал (признак) сильного стимула f , поступления которого вместе с самим стимулом b достаточно для возбуждения нейрона Н2 и выработки разрешающего сигнала независимо от состояния нейрона Н1. Таким образом, сильный стимул всегда вызывает рефлекс. Снятие привыкания осуществляется сбросом памяти числа слабых воздействий этим же сигналом f сильного стимула. Выработка сигнала f может быть реализована пороговым элементом конвергентного ансамбля (рис. 2.3), срабатывающим, если число возбуж-

денных сенсорных нейронов, связанных с этим элементом, превосходит некоторый фиксированный порог.

Итак, мы рассмотрели *безусловно-рефлекторное* поведение аплизии и построили его модель. Наша модель имеет логико-функциональный характер, но так как все элементы ее можно реализовать либо в виде программ, либо аппаратно, то тем самым мы описали модель технической системы, поведение которой будем называть *безусловно-рефлекторным*.

Рассмотренный пример принадлежит к числу наиболее простых и характеризуется тем, что рефлекс вызывается

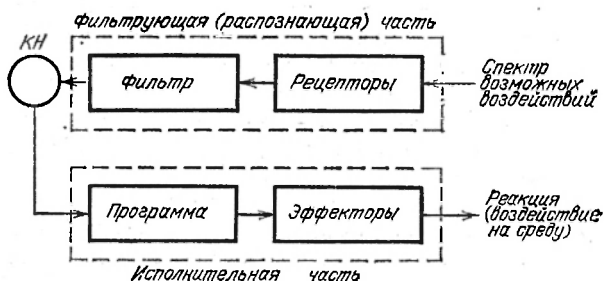


Рис. 2.5

практически любым стимулом, воздействующим на чувствительные окончания рецепторных нейронов. Поведение не изменяется при изменении природы стимула, т. е. при замене механического воздействия электрическим, химическим или каким-либо иным. Все эффекторы (мышцы) функционируют независимо друг от друга и практически одновременно. Для многих других безусловных рефлексов (например, рефлекса отдергивания лапки кошки при прикосновении к ней) ситуация оказывается более сложной. В общем случае безусловным раздражителем является либо часть воздействий, либо их комбинации из общего множества воспринимаемых воздействий $V = \{b_i\}$. Нейроны в эффекторной части системы при этом также работают порозному и не одновременно. Так, при отдергивании лапки эффекторные нейроны, иннервирующие мышцы (сгибатели и разгибатели), не всегда работают одновременно и число их в процессе выполнения рефлекторного действия меняется в строго определенном порядке. В принципе их поведение можно описать некоторой программой, реализующей соответствующую реакцию, т. е. управляющей согласованными действиями мотонейронов. Такой общий случай

реализации безусловного рефлекса можно представить в виде блок-схемы, изображенной на рис. 2.5. Здесь КН — командный нейрон, запускающий программу, управляющую согласованными фиксированными действиями эффекторов. Входные воздействия из множества $V = \{b_i\}$ воспринимаются рецепторами, на выходе которых формируется совокупность сигналов, представляющая собой рецепторный образ $\bar{V} = \{b_j\}$ наблюдаемой ситуации. Фильтр не пропускает слабые сигналы, а также отфильтровывает известные, заведомо незначимые сигналы, не требующие рефлекторной реакции. Нам представляется, что при поступлении на вход фильтра сильных или новых сигналов, а также образов значимых ситуаций, на его выходе образуется сигнал, возбуждающий командный нейрон КН, запускающий рефлекс. В противном случае такой сигнал не вырабатывается и нейрон КН не возбуждается. Можно также считать, что фильтр выполняет функцию сравнения образа наблюдаемой ситуации с некоторым множеством «типовых» ситуаций, на которые следует отвечать рефлекторно. По нашему мнению, так можно описать любой безусловный рефлекс, а также так называемые фиксированные действия *)).

В качестве примера «запрограммированного» врожденного безусловно-рефлекторного поведения укажем на поведение некоторых животных, закапывающих впрок неиспользованные остатки пищи. Лисица, например, находясь даже на каменном полу, выполняет последовательность закапывающих действий по «жесткой» врожденной программе.

Безусловный рефлекс моделируется многими техническими системами, получившими наименование рефлекторных автоматов. В основе всех их лежит некоторое исполнительное устройство, приводимое в действие внешним источником энергии (чаще всего электрической) и способное выполнять фиксированную последовательность действий при поступлении на его вход определенного воздействия. Структура такого автомата изображена на рис. 2.6. Здесь роль входного воздействия (стимула) играет запускающий сигнал x , роль эффекторной системы — автомат F_x , выполняющий некоторое фиксированное действие, например открывающий турникет в метро или выдающий порцию газированной воды. Источник энергии необходим для приведения в действие автомата. Входная часть рефлекторного

*) См. сноску на с. 40.

автомата (рис. 2.7) также полностью аналогична рассмотренной выше и представляет собой фильтр, проверяющий выполнение условий, при наличии которых автомат должен

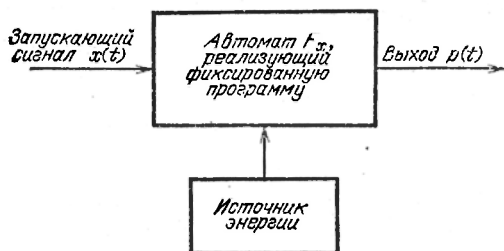


Рис. 2.6

выполнять необходимые действия. Запускающий сигнал вырабатывается только в том случае, если все условия выполнены и если автомат находится в состоянии готовности реализовать требуемое действие, т. е. если на вентильный

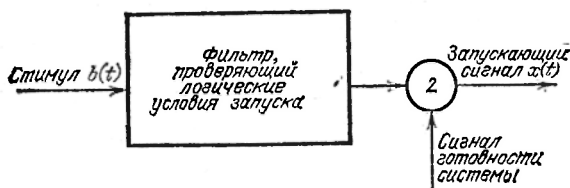


Рис. 2.7

элемент, изображенный в виде нейрона, подан сигнал готовности.

Рассмотрим некоторые примеры рефлекторных автоматов.

1. Автомат, продающий газеты. Стимулом здесь служит опущенная во входную щель монетоприемника монета или набор монет необходимого достоинства. Проверяемое логическое условие — соответствие веса (и размера) опускаемых монет заданному. Автомат, как известно, получает бронзовые монеты, вес которых в граммах соответствует их достоинству. Если вес монет, опущенных в монетоприемник, меньше требуемого, то автомат не запускается. Состояние автомата определяется наличием в его хранилище газет. В отсутствие газет автомат не срабатывает. Источником энергии, приводящей автомат в действие, служит сам покупатель, который отодвигает специальный рычаг и тем самым

пропускает газету в выходную щель. Легко видеть, что автомат работает по принципу «монета — газета», в точности соответствующему принципу «стимул — реакция».

2. Билетные автоматы, установленные в некоторых автобусах и троллейбусах. Несмотря на иное внешнее оформление, эти автоматы работают аналогично газетному. Условие срабатывания — требование, чтобы вес опущенных мелких монет был не менее 5 г. Рабочее состояние автомата определяется наличием катушки с билетами. Источником энергии по-прежнему является пассажир — человек, нажимающий рычаг, который приводит в действие механизм выдачи билетов.

3. Торговый автомат, продающий растительное масло. Этот автомат отличается тем, что здесь проверяется вес и размер, соответствующий монете 50-копеечного достоинства. Заметим, что юбилейными монетами, отличающимися и весом и размером от стандартных, автомат в действие не приводится. Источник энергии здесь — электрическая сеть, к которой подключен автомат. При опускании монеты включается электродвигатель, приводящий в действие устройство, отмеряющее и выдающее фиксированную порцию растительного масла. Рабочее состояние автомата — наличие в его емкости масла. В незаправленном состоянии щель монетоприемника закрыта, и опустить монету нельзя. Совершенно аналогично работает и торговый автомат для продажи газированной воды, отличающийся лишь деталями конструкции и тем, что проверяется размер и вес одно- или трехкопеечной монеты.

4. Разменные автоматы. К числу рефлекторных автоматов, реализующих (моделирующих) принцип безусловного рефлекса, относятся также и многочисленные разменные автоматы, установленные в метро и других местах. Все они выполняют одно определенное действие в ответ на фиксированный стимул. К рефлекторным же автоматам относятся и некоторые торговые автоматы в закусочных-автоматах, служащие для продажи бутербродов, напитков и т. п.

Рефлекторные автоматы возникли в глубокой древности. К ним принадлежит автомат для продажи «святой» воды, приписываемый еще Герону Александрийскому, автомат для открывания дверей храма, известный из истории Древнего Египта, но только в XX веке в связи с развитием современной техники и технологии они приобрели повсеместное распространение.

Существуют и более сложные автоматы, реализующие принцип безусловного рефлекса и способные выполнять

достаточно сложные последовательности фиксированных действий по жесткой программе. Поскольку в этих автоматах фиксированная программа, представляющая собой достаточно сложную последовательность действий, многократно повторяется (по одному разу после каждого запускающего стимула), они получили название *циклических автоматов*. Разнообразие циклических автоматов чрезвычайно велико. К ним принадлежат, например, все виды заводных часов, которые Маркс называл «первым автоматом, созданным для практических целей», самописец Ф. Кнаусса, «писец» и «музыкантша» швейцарских часовщиков П.-Ж. Дро и А. Дро, многочисленные музыкальные шкатулки, распространенные в прошлом веке, и, наконец, многочисленные станки-автоматы, настраиваемые на многократное изготовление однотипных деталей или на выполнение типовых повторяющихся функций, например упаковки и закупорки бутылок и многие другие. К циклическим же автоматам относятся и некоторые типы широко распространенных в настоящее время станков с программным управлением, длительное время работающие с одной программой при изготовлении однотипных изделий.

До настоящего времени действуют часы ратуши в Оломоуце, показывающие, кроме времени, знаки зодиака, положения светил, а также снабженные подвижными фигурами, изменяющими свое положение в определенное время. До сих пор действуют также Пражские куранты, показывающие время, знаки зодиака и положения планет, а также исполняющие мелодии в определенное время (рис. 2.8). Простейший пример циклического автомата-часов — широко распространенные у нас ходики с кукушкой, высывающейся каждый раз из своей дверцы и подающей звуковой сигнал, соответствующий показываемому времени.

Рассмотрим работу токарного автомата, на котором из металлического прутка вытачивается деталь сложной формы. Приведен общий вид изготавливаемой детали (рис. 2.9, *а*) и последовательность выполняемых операций. Цикл работы такого автомата содержит следующие элементарные операции:

- 1) продвижение прутка в патроне до упора и закрепление продвинутого прутка (рис. 2.9, *б*);
- 2) подведение проходного резца 1, проходка и отведение резца (рис. 2.9, *в*);
- 3) подведение фасонных резцов 2, 3 и 4, проточка канавок и отведение резцов (рис. 2.9, *г*);

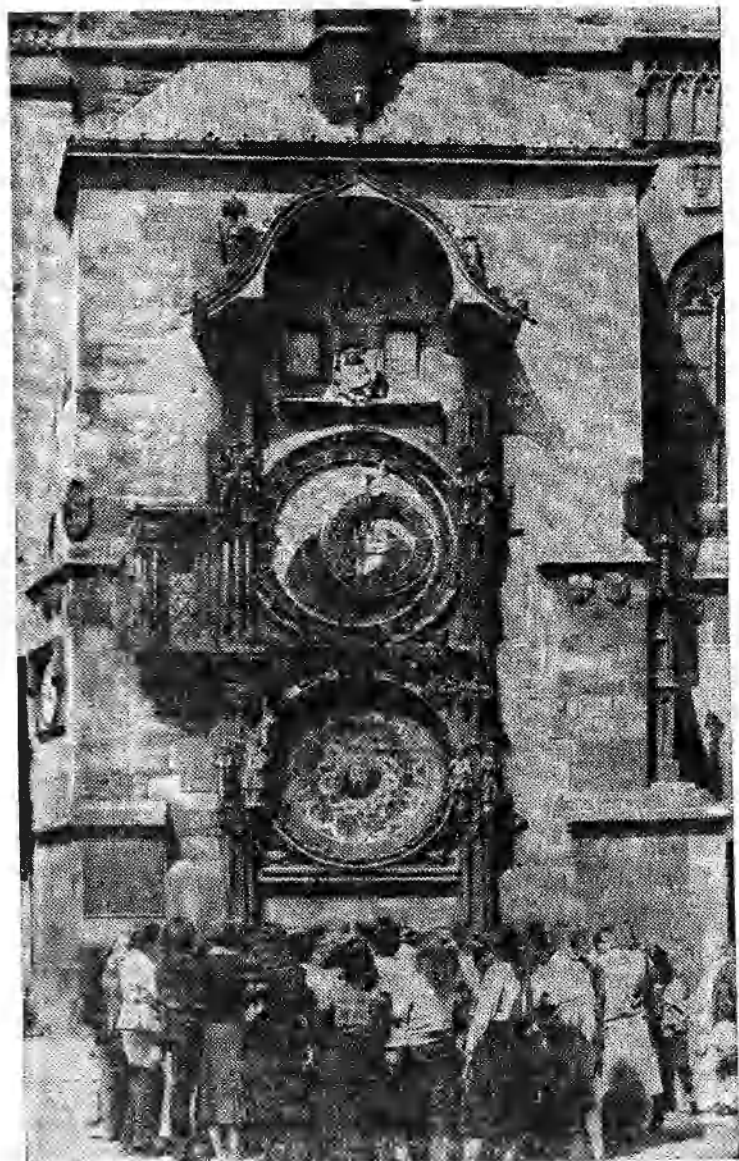


Рис. 2.8

4) подведение сверла, зажатого в патроне 5, сверление и отведение сверла (рис. 2.9, д);

5) отрезка готовой детали отрезным резцом 6 (рис. 2.9, е).

После выполнения этих пяти операций цикл повторяется снова и вытачивается следующая деталь. Процесс повторяется до тех пор, пока не кончится пруток или не произойдут изменения состояния автомата, например поломка или износ резцов.

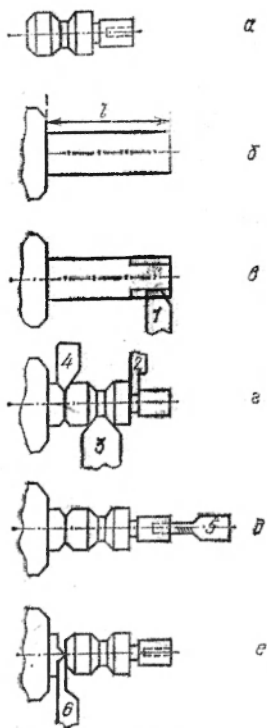


Рис. 2.9

Для составления программы формируется график расположения во времени элементарных операций в течение цикла. Упрощенное изображение такого графика, называемого *циклограммой*, приведено на рис. 2.10. Поясним работу циклограммы на примере резца 1 (рис. 2.9). В момент t_2 , когда подача прутка еще не закончена, к нему начинает подводиться резец 1 и в момент t_4 начинается его продольное перемещение, в результате которого в момент t_5 он соприкасается с прутком и начинается проходка, длящаяся до момента t_6 . В интервале от t_6 до t_{11} резец 1 отводится в исходное положение и одновременно начинается подводка резцов 2 и 4, закрепленных на одном суппорте. Аналогично реализуется вся циклограмма, пока не будут выполнены все необходимые операции. Задание циклограммы однозначно определяет поведение автомата. В соответствии

с циклограммой осуществляется настройка автомата, заключающаяся в подборе системы кулачков и шаблонов, обеспечивающих независимое перемещение каждого резца в соответствии со своей частью циклограммы и в установке всех резцов в исходное положение. В станках с программным управлением роль кулачков и шаблонов заменяется набивкой программы (чаще всего на перфоленте), управляющей в соответствии с циклограммой приводными устройствами, перемещающими резцы, сверло и подающими прутки.

Заканчивая рассмотрение безусловных рефлексов и устройств, их моделирующих, заметим, что в предположениях о дискретно изменяющемся времени в основе последних лежит типовая схема поведения конечного автомата, описываемая следующими соотношениями:

$$S(t+1) = \Psi[S(t), b(t)], \quad p(t) = \Phi[S(t), b(t)],$$

где $b(t)$ — входной сигнал в момент времени t , $S(t)$ — внутреннее состояние автомата в момент t , $p(t)$ — выходной

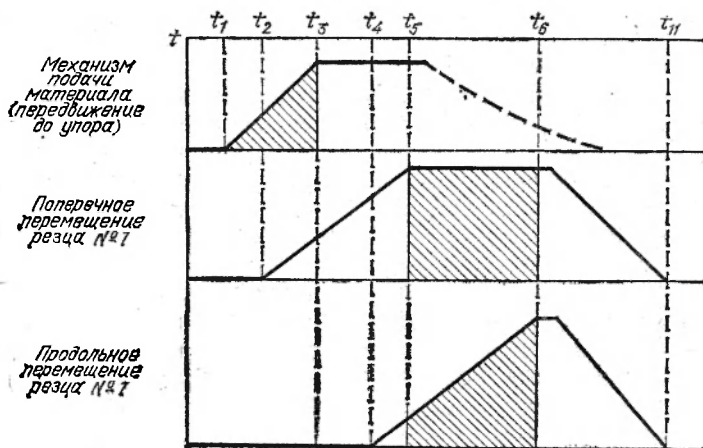


Рис. 2.10

сигнал, действие автомата в момент t . Функции Ψ и Φ характеризуют конкретный автомат и его вид и называются функциями перехода и выхода автомата.

§ 2.2. Комбинации безусловных рефлексов

Выше был рассмотрен простейший тип поведения — безусловные рефлексы. Они характеризуются тем, что на стимул определенного вида объект отвечает фиксированным действием (реакцией), соответствующим этому стимулу или фиксированной последовательностью реакций, выполняющейся по одной программе.

Однако даже для весьма простых организмов дело обстоит не столь просто. Прежде чем перейти к рассмотрению более сложных видов рефлекторного поведения, договоримся об употреблении терминов, связанных с переходом от стимулов, поступающих на входы рецепторов, к реакциям,

реализуемым эффекторами. Как следует из рис. 2.5, сигналы (воздействия), поступающие из внешней среды на рецепторы организма или заменяющих его моделей, проходят в рецепторных системах и в последующих блоках определенную обработку и фильтрацию. Уже то, что появляется после предварительного (в рецепторных системах) этапа обработки, представляет собой определенным образом организованную информацию, интегрирующую показания различных рецепторов. Так, например, когда мы видим приближающийся автомобиль и одновременно слышим предупреждающие об опасности его звуковые сигналы, то у нас образуется комплексный информационный «портрет» того, что происходит. Раздробленная мозаика показаний отдельных рецепторов (в данном случае зрительных и слуховых) превращается в ощущаемую нами единую взаимосвязанную комбинацию. Заметим, что показания отдельных рецепторов, определяемые громкостью, тоном издаваемых звуков, формой автомобиля могут быть различными, но соотношения между этими различными сигналами, характеризующими факт приближения автомобиля, сохраняются и продолжают оставаться для нас тем же целостным образованием. Подобные устойчивые комбинации показаний множества различных рецепторных элементов принято называть *паттернами* (от английского pattern — образец, шаблон, рисунок, узор, мозаика).

Паттерны характеризуют во множестве сигналов, поступающих из внешнего мира на рецепторы, те комбинации, которые определяют объекты, явления и процессы, происходящие во внешнем мире, важные для жизнедеятельности организма. Например, агрессивная реакция трехглазой колюшки не зависит от формы объекта, воспринимаемой рецепторами, а определяется лишь ярко красной окраской его нижней части, которая является в этом случае паттерном, вызывающим агрессивную реакцию.

Выше говорилось, что никакое поведение не может быть реализовано без памяти. Способность выделения паттернов и есть проявление такой наиболее примитивной памяти.

Более сложная ступень памяти связана с образованием образов. Образ — это обобщенное отображение сведений об объектах, явлениях и процессах внешнего мира. Так, образ яблока может включать в себя паттерны, соответствующие и зеленому продолговатому яблоку, и яблоку красному и почти шарообразному, и многим другим объектам, которые будут вызывать у нас одну и ту же реакцию — реакцию на предъявление яблока.

Аналогичным образом на более высоких уровнях обработки и обобщения информации формируются классы образов, обладающих некоторыми общими признаками или их значениями. Так, яблоки входят в класс фруктов, а фрукты — в более общий класс плодов.

Таким же сложным является и стимул. Как уже отмечалось, рецепторные системы могут воспринимать не один сигнал, а целую совокупность сигналов, образующую один сложный стимул. Помимо того, рецепторные и анализаторные системы многих живых существ способны воспринимать не только сигналы от объектов внешнего мира, но и отношения между этими объектами или явлениями, например временные, пространственные и др. Другими словами, рецепторные системы способны воспринимать целые ситуации, складывающиеся во внешнем мире, т. е. совокупности взаимосвязанных (или кажущихся такими) объектов и явлений. В этом смысле мы иногда будем говорить не о сигналах, поступающих на вход и служащих стимулами для возникновения определенных реакций, а о ситуациях, фиксируемых рецепторами.

Однако это еще не все. Если бы каждый паттерн, каждая ситуация фиксировались бы своей, специфической, системой рецепторов, то совокупность рецепторов оказалась бы чрезвычайно громоздкой и не позволяла бы воспринимать паттерны, ранее неизвестные системе, т. е. организм не мог бы адаптироваться к изменениям внешнего мира. Действительно, трудно представить себе организм, у которого были бы одни глаза для восприятия фруктов, другие для восприятия животных, а третьи, например, для восприятия неподвижных предметов. На самом деле все разнообразие внешних сигналов и их комбинаций воспринимается одной общей системой рецепторов, разделяющейся на несколько групп, ориентированных на сигналы различной природы (зрительные, слуховые, механические, химические и т. д.), причем все эти группы работают одновременно, дополняя друг друга. Так, например, уже упоминавшаяся аплизия с помощью весьма простой системы рецепторов способна воспринимать и распознавать различные паттерны, отвечая на них различными видами поведения: втягиванием сифона и жабр, поиском и заглатыванием пищи, защитным выпуском чернильной жидкости, бегством от врага (морские звезды), регулированием солевого обмена, и, наконец, весьма сложным половым поведением.

Неэкономно было бы вместо использования одного автомата для продажи билетов на пригородные поезда, способ-

ного продавать простые и детские билеты «туда» и «туда и обратно» в любую из тринадцати пригородных зон, как это сделано сейчас на многих вокзалах, создавать огромное количество отдельных автоматов, каждый из которых продавал бы билеты только одного определенного вида.

Аналогичным образом в процессе обработки информации на разных уровнях системы и в различных ее блоках было бы неэффективно всегда представлять эту информацию в виде полной совокупности сигналов, вырабатываемых на выходах отдельных элементов. Поэтому в различных частях системы (живой или искусственной) вырабаты-

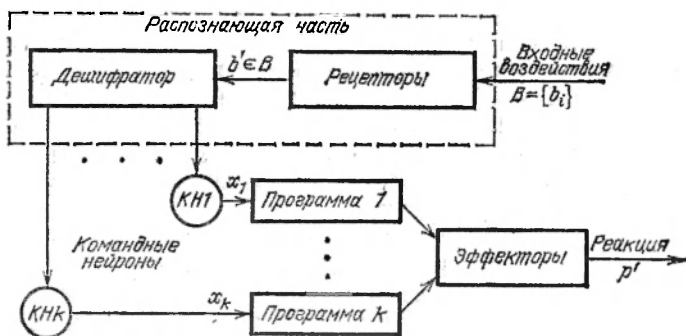


Рис. 2.11

ваются специфические сигналы (или коды), соответствующие тому или иному паттерну, образу или признаку (его значению), которые и поступают на входы соответствующих обрабатывающих блоков.

Подобная организация приводит к тому, что живые и технические системы становятся способными реализовать с помощью одних и тех же рецепторов и одних и тех же эффекторов целые комплексы безусловных рефлексов. Принципиальная схема организации такого функционирования приведена на рис. 2.11.

Основное отличие этой схемы от той, которая показана на рис. 2.5, заключается в замене фильтра, выделяющего один определенный паттерн, дешифратором. В задачу дешифратора входит выработка на выходе совокупности управляющих сигналов, каждый из которых соответствует своему паттерну. Каждый такой сигнал подается на свой связанный с этим выходом командный нейрон (вентиль на нашей схеме) и таким образом включается та программа управления эффекторами, которая соответствует паттерну,

которым возбуждается данный выход дешифратора. Для упрощения схемы на рис. 2.11 не показаны каналы, по которым подаются на командные нейроны специальные разрешающие сигналы, без наличия которых сигнал от дешифратора не возбуждает командного нейрона. Разре-

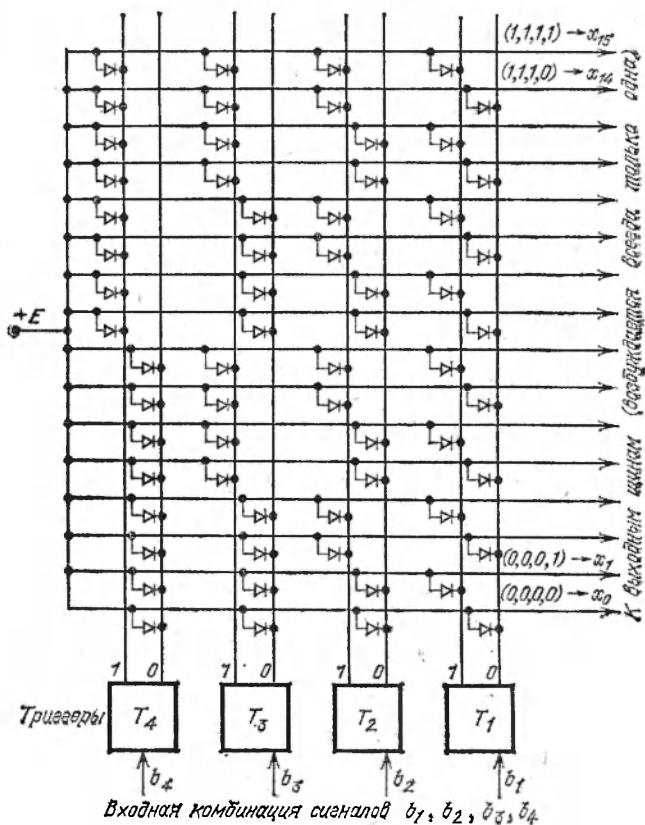


Рис. 2.12

шающие сигналы характеризуют готовность к выполнению того или иного рефлекторного действия.

На рис. 2.12 в качестве примера приведена схема дешифратора, на входе которого могут иметь место сигналы b_1, b_2, b_3 и b_4 . Существует 16 различных комбинаций из четырех двоичных входных сигналов, и для каждой из этих комбинаций выдается сигнал на одном из 16 выходов дешифратора. Таким образом, такой дешифратор способен

проанализировать 16 различных паттернов. Если каждому из них соответствует своя реакция организма, то схема, показанная на рис. 2.12, реализует 16 различных безусловных рефлексов. Принципиальная схема дешифратора, соответствующего тому, который показан на рис. 2.12, приведена на рис. 2.13.

Рассмотренный нами дешифратор проверяет наличие того или иного паттерна параллельно по всему множеству из 16 паттернов. Можно осуществить эту проверку и последовательно. Работу последовательного дешифратора

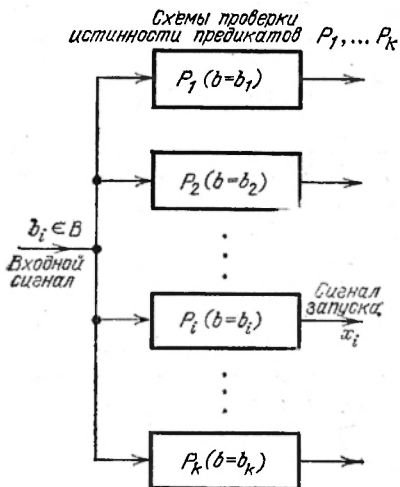


Рис. 2.13

можно описать, воспользовавшись для этого, например, языком логических схем алгоритмов, предложенным в свое время А. А. Ляпуновым. Эта запись имеет вид

$$P_1 (b \neq b_1) \uparrow^1 P_2 (b \neq b_2) \uparrow^2 \dots P_k (b \neq b_k) \uparrow^k \downarrow^{k+1} \\ \text{Я} \downarrow^1 R_1 (p_1) P_{\omega} \uparrow^{k+1} \downarrow^2 R_2 (p_2) P_{\omega} \uparrow^{k+1} \dots \downarrow^k R_k (p_k) P_{\omega} \uparrow^{k+1}.$$

Здесь используются следующие обозначения: $P_i (b \neq b_i)$ — операторы проверки логических условий, помещенных в скобках. Если условие выполнено, осуществляется переход к следующему оператору; в противном случае осуществляется переход, указанный стрелкой \uparrow^i , в место, следующее за соответствующей стрелкой \downarrow^i . Я — оператор останова (прекращения выполнения действий). После его выполнения процедура прекращается и система готова к

приему следующего воздействия. $R_i(\bar{p}_i)$ — операторы, характеризующие работу эффекторов и реализующие реакцию p_i . P_ω — так называемый оператор безусловного перехода, после которого процедура продолжается только по стрелке (\uparrow), стоящей за ним.

Рассмотрим в качестве примера работу разменного автомата, воспринимающего монеты достоинством в 20, 15 и 10 коп. и выдающего соответствующее число пятикопеечных монет. Такие автоматы одно время были установлены в метро и иногда еще встречаются. Предположим, что в монетную щель опущена k -копеечная монета. Сначала проверяется условие $k \neq 20$. Если условие не выполнено, т. е. опущена двадцатикопеечная монета, то включается программа, выдающая 4 пятака, и автомат останавливается и готов к приему следующей монеты. Если же условие выполнено, т. е. достоинство монеты отлично от 20 коп., осуществляется следующая проверка на неравенство достоинства монеты 15 коп. После этого либо выдается три пятака (условие $k \neq 15$ не выполнено), либо проверяется последнее условие на неравенство $k \neq 10$ коп. Если и оно выполнено, т. е. опущенная монета отлична и от 10-копеечной, автомат выбрасывает монету и готов к приему новой. При невыполнении условия, т. е. при равенстве достоинства опущенной монете 10 коп., выдаются два пятака и автомат снова готов к приему новой монеты. В зависимости от конструктивной реализации проверки свойств монет порядок проверки может быть и обратным, т. е. проверка может начинаться с 10-копеечной монеты и далее следовать в порядке возрастания ее достоинства.

Рассмотрим теперь несколько более сложный случай взаимодействия безусловных рефлексов. Вернемся к апплизи и рассмотрим следующие два случая. Пусть в первом случае на мантию сначала подействовало слабое раздражающее воздействие, вызывающее втягивание жабр и сифона, а затем более сильное, влекущее за собой втягивание головы и выпуск чернильной жидкости. В этом случае одновременно возбуждаются два запускающих сигнала и одновременно выполняются обе программы: программа втягивания сифона и жабр и программа втягивания головы и выпуска чернильной жидкости. Программа реагирования на сильное воздействие включает как часть программу ответа на слабое воздействие, а при сильном раздражающем воздействии включается весь комплекс защитных действий.

Пусть теперь животное выполняет программу поглощения пищи и одновременно мантия его испытала сильное

раздражение. В этом случае жизненно более важный сигнал опасности включает защитную программу, а пищевая программа прекращает свое действие, хотя сигнал наличия пищи продолжает существовать. Отсюда следует, что на множестве безусловных рефлексов установлено отношение приоритетов, и сигналы, вызывающие рефлексы старших

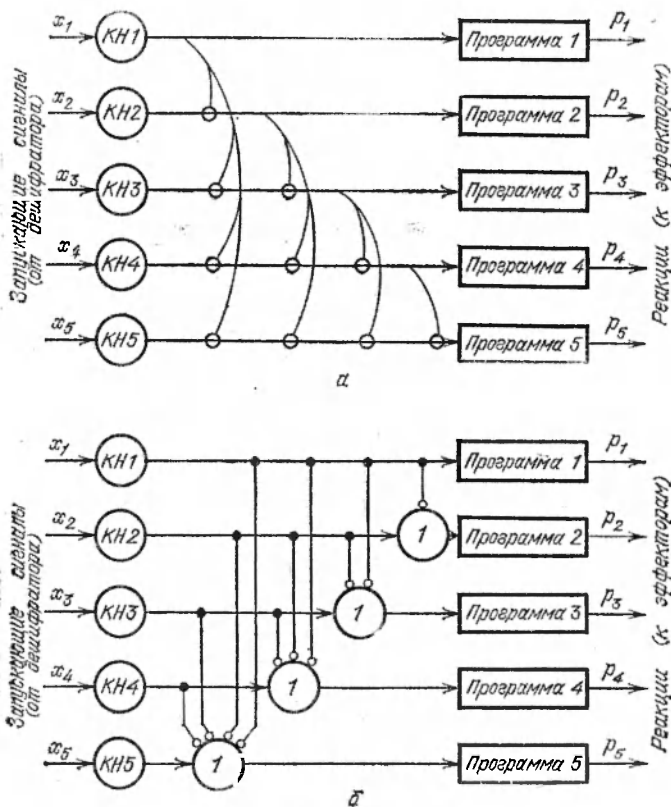


Рис. 2.14

приоритетов, жизненно более важные, тормозят одновременно возникающие сигналы менее важных рефлексов, если они оказываются несовместимыми с первыми. В модельном представлении исполнительная часть схемы рис. 2.11 может иметь вид, изображенный на рис. 2.14. Здесь рассмотрен случай, когда все реакции p_1, p_2, \dots, p_3 связаны приоритетами $\pi(p_i)$, старшинство которых убывает с увеличением

номера реакции

$$\pi(p_1) > \pi(p_2) > \dots > \pi(p_6).$$

Показаны два варианта учета приоритетов. Первый реализован с помощью запрещающих волокон, тормозящих прохождение сигналов по выходным волокнам командных нейронов (рис. 2.14, а), второй — с использованием вставочных нейронов с запрещающими входами (рис. 2.14, б). Функционирование схемы видно из рисунка и пояснений не требует.

До сих пор мы рассматривали такие безусловные рефлексy, когда реакцией являлось либо строго определенное действие, выполнявшееся по жесткой программе и автоматически прекращавшееся после ее выполнения, либо фиксированный комплекс таких независимых друг от друга действий, причем продолжительность их реализации была постоянной. Во всех подобных случаях продолжительность рефлекторного акта могла увеличиться только при повторном его запуске, т. е. при повторном возникновении ситуации и, следовательно, паттерна, вызывающего рефлекс. Существуют однако и другие типы безусловных рефлексов, которые условно назовем *безусловными рефлексами с обратной связью*. В этих рефлексax однажды запущенное действие продолжается до тех пор, пока либо не иссякнет источник энергии, обеспечивающий выполнение рефлекторного действия, либо не поступит специальный сигнал, свидетельствующий о таком изменении среды, которое делает дальнейшие действия невозможными или нецелесообразными. Чаще всего такой сигнал есть сигнал обратной связи, и он отражает то обстоятельство, что «цель», стоявшая перед рефлексом, достигнута. Примерами поведения, реализуемого таким образом, служат полет насекомых, преследование жертвы, постройка гнезда и многие составляющие так называемых комплексов фиксированных действий (КФД), характеризующих инстинктивное поведение большинства представителей животного мира.

Рассмотрим сначала несколько примеров. Многочисленные исследования показали, что полет пустынной и перелетной (странствующей) саранчи автоматически запускается при выполнении следующих двух условий: отрыва ног насекомого от опоры и возбуждения ветрочувствительных рецепторов. При наблюдении и специальных исследованиях подвешенного насекомого в воздушном потоке установлено, что полет может продолжаться часами — до полного изнеможения насекомого — и прекращается сразу же после

снятия обдува или после помещения твердого предмета под ножки саранчи. Известно также, что саранча начинает полет либо после прыжка, либо отрываясь от веточки, на которой она до этого находилась. Нейрофизиологические исследования подтвердили связь нервных ганглий, управляющих полетом, с рецепторами, расположенными на ногах насекомого, и с ветрочувствительными рецепторами головы. Другой пример — сложный комплекс действий, осуществляемый многими роющими осами при доставке парализованной жертвы в специально подготовленную порку. Как показал еще К. Фабр, действия эти имеют бессознательный, инстинктивный характер и прекращаются либо после «достижения цели», либо в том случае, если жертва потеряна или отнята.

Модельным примером автомата, работающего по принципу безусловного рефлекса с обратной связью, служат хорошо известный входной турникет, расположенный на входе в метро. Турникет остается открытым при проходе пассажира, опустившего 5-копеечную монету, но после прохода сигнал обратной связи возвращает его в исходное положение, не допускающее прохода следующего пассажира, если снова не будет введен новый безусловный стимул. Заметим, что работу этого автомата можно описать и несколько иначе, считая реакцией (действием) не пропуск пассажира, а запрет его проходов (закрывание створок). В этом случае можно считать, что до опускания монеты автомат находился в состоянии *A*, когда проход пассажира (прерывание светового луча, освещающего входной фотоэлемент) вызывает безусловный рефлекс закрывания створок, а опускание монеты переводит автомат в состояние *B*, в котором прерывание первого (входного) пучка не вызывает рефлекторной реакции. В этом случае сигнал обратной связи при завершении прохода — прерывание второго (выходного) пучка света, падающего на выходной фотоэлемент, снова переводит автомат в состояние *A*.

Другими примерами таких систем являются многие станки-автоматы и станки с программным управлением. Действительно, рассмотренные выше циклические автоматы предусматривали наличие жесткой циклограммы, т. е. точное соблюдение времени выполнения каждой операции, известного заранее. При изготовлении относительно небольших партий простых изделий это требование обеспечить не слишком трудно, тогда как при изготовлении сложных изделий и больших партий его выполнение оказывается невозможным из-за неизбежных незначительных изменений

режимов обработки (например, в силу колебаний напряжения источников энергии, неоднородностей обрабатываемого материала или незначительного износа резцов). В таком случае приходится устанавливать специальные упоры (например, для прутка) и датчики конечных положений резцов, срабатывающие в момент окончания операции и дающие сигнал обратной связи для прекращения выполняемой операции и для перехода к следующей. Усовершенствованные подобным образом станки-автоматы и станки с программным управлением превращаются теперь в модели

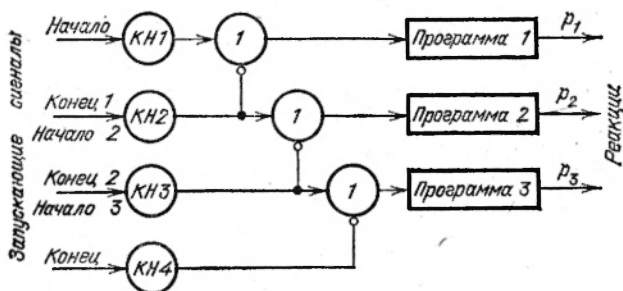


Рис. 2.15

последовательно действующих безусловных рефлексов с обратной связью.

Схема примера организации последовательности из трех безусловных рефлексов с обратной связью приведена на рис. 2.15. Для каждого рефлекса сигнал о достижении цели тормозит его дальнейшую реализацию (для первых двух рефлексов) и запускает следующий.

Приведенный пример схемной реализации безусловного рефлекса с обратной связью или последовательной цепочки таких рефлексов характеризует лишь простейший вид обратной связи, при которой фиксируются лишь моменты запуска и остановки, а протекание реакции осуществляется полностью автоматически и не зависит от величины различия (рассогласования) между исходным и конечным состояниями. Это положение достаточно хорошо отражает некоторые виды поведения, в основе которого лежат безусловные рефлексы и комплексы фиксированных действий; однако имеются и другие формы безусловно-рефлекторного поведения, в которых обратная связь, не прекращая реакцию, оказывает существенное влияние на ход ее протекания, главным образом на ее скорость и интенсивность.

Схема системы с обратной связью, изображенная на рис. 2.16, *a*, относится именно к такому случаю. Символом K здесь обозначена некоторая характеристика (комплексный коэффициент усиления) системы, формирующей выходное воздействие на среду $p(t)$. Сама система управляется воздействием ε , называемым сигналом рассогласования и представляющим собой некоторую функцию от входного воздействия $b(t)$ и выходного сигнала $p(t)$, подаваемого на сравнивающее устройство по каналу обратной связи.

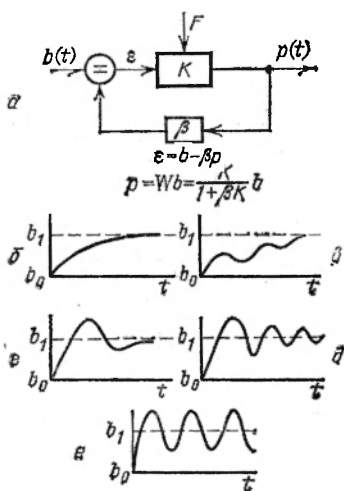


Рис. 2.16

с более сложной, чем K , характеристикой W . Изменение характеристики обратной связи ведет к существенному изменению поведения системы. Ниже приводятся характерные типы такого поведения при резком изменении входного воздействия от значения b_0 до значения b_1 . Поведение может быть монотонным, аperiodическим, с перерегулированием, колебательным (рис. 2.16, *b—d* соответственно). В некоторых случаях при положительной обратной связи на выходе может возникнуть незатухающий колебательный процесс (рис. 2.16, *e*). Введение обратной связи часто оказывается необходимым, так как характеристика K , определяемая динамическими свойствами системы без обратной связи, в значительной степени зависит от свойств эффекторов, их «конструкции» и динамических характеристик, и ее нельзя изменить у конкретного объекта. Наличие обратной связи приводит к тому, что в ходе реализации реак-

ции (в отличие от ранее рассматривавшихся случаев) на рецепторную систему действует не изменяющийся по величине запускающий сигнал $b(t)$, а величина $\varepsilon(t)$, вообще говоря, уменьшается в ходе реакции при приближении к цели системы.

Системы с обратной связью, исследуемые в теории автоматического регулирования, широко распространены в технике (на их основе построены многочисленные регуляторы и следящие системы, быстро, точно и плавно реагирующие на изменения входных воздействий), в народном хозяйстве и в живых организмах. Так, при преследовании жертвы животное в большинстве случаев не могло бы успешно достичь цели, если бы в ходе преследования не учитывало изменения своего расстояния до жертвы и в соответствии с этим не изменяло (регулировало) своего поведения. Выполнение тонких и точных операций, которые имеют место при многих рефлекторных действиях, было бы также невозможным, если бы не учитывалась информация обратной связи о степени завершенности выполняемых действий и соответственно не корректировались бы необходимые для успеха скорости, направления, усилия и другие параметры.

Здесь уместно еще раз напомнить, что нейроны не являются чисто релейными элементами, работающими по принципу «возбужден — не возбужден». По крайней мере некоторые из них способны в зависимости от силы возбуждающих сигналов выдавать на выходе (аксоне) спектр импульсов, сила которых при постоянной амплитуде определяется частотой их повторения.

Рассмотрим теперь несколько более подробно уже упоминавшийся комплекс фиксированных действий ряда видов роющих ос (сфекс, церцерис, аммофила, бембекс и др.), связанный с заботой о яйцах и молоди. Взрослые особи питаются пыльцой и цветочным нектаром, тогда как для развития их личинок-хищников необходимы свежие тела других насекомых, защищенные жесткой хитиновой оболочкой. Комплекс фиксированных действий по заготовке пищи для потомства и созданию необходимых условий для развития личинок, различающийся для разных видов, но строго специфичный для каждого, распадается на следующие сложные действия, выполняемые в фиксированной последовательности, длящейся у некоторых видов в течение нескольких дней (осы функционируют только в дневное время): поиск места для норки, выкапывание норки, поиск жертвы, парализация жертвы, откладывание яичка, закупорка норки. Для некоторых видов часть этих действий,

например выкапывание норки, может отсутствовать, так как они используют либо готовые норки, либо пригодные щели между камнями. В качестве места для норки выбирают обычно хорошо прогретое солнцем место с почвой, пригодной для выкапывания норки. После нахождения необходимого места оса приступает к рытью норки. Этот процесс представляет в свою очередь сложный комплекс действий по выкапыванию хода и камеры норки, имеющих в совокупности длину, достигающую до десятков сантиметров, удалению из нее земли и обработке стенок. Каждый вид строит норку по-своему, размещая ее так, чтобы в нее не попадала влага и посторонние предметы. После постройки норка обычно закрывается с помощью подходящих кусочков земли или небольших камешков. Вид готовой норки запускает следующий комплекс действия — поиск жертвы. Виды, использующие крупные жертвы (сверчков, кузнечиков, кобылок), обычно строят норки в местах обитания жертв и ищут жертву недалеко от норки. Другие виды в поисках жертвы улетают достаточно далеко от норки. Жертвами служат насекомые различных видов: мелкие жуки — златки, долгоносики, некоторые виды личинок и гусениц, а также сверчки, кузнечики, кобылки и др. Каждый вид ос выбирает, как правило, жертв из одного вида насекомых, в некоторых случаях из нескольких, но всегда близких. Интересно, что иногда специфичным оказывается не только вид насекомого, но и такие признаки, легко различаемые осой, как возраст и пол жертвы. Так, сфексы, использующие в качестве жертвы сверчка эфиппигеру, намного превосходящего осу размерами и весом, ловят только самок, снабженных яйцекладами. Наличие жертвы запускает следующий комплекс действий — нападение на жертву и ее парализацию. Эта видоспецифичная процедура, представляет собой очень сложный и тонкий комплекс движений, в результате которого у схваченной жертвы через единственное у каждого вида жертвы место в хитиновой оболочке, доступное проникновению жала, одним уколом поражается именно тот ганглий, который управляет его движениями. В некоторых случаях поражается два, реже три ганглия, а при охоте на гусениц — ганглии, находящиеся почти в каждом членике. Сложность процедуры заключается в том, что жертва должна быть парализована, обездвижена, но не убита. Убитое животное не могло бы сохраниться свежим в течение того длительного времени, в течение которого развивается личинка. Парализованная жертва в полете или волоком доставляется к норке. Иногда

волок и полет чередуются, так как жертва часто оказывается тяжелее нападающего. Крупные жертвы доставляются волоком. Существенно заметить, что способ схватывания у ос каждого вида также всегда оказывается видоспецифичным. Например, для доставки сверчка используются его длинные усики, за которые оса его волочит. Достаточно оборвать или перерезать усики, чтобы насекомое полетело за следующей жертвой, бросив уже найденную. Это показывает, что усики сверчка играют для осы роль того паттерна, который запускает механизм доставки жертвы. Заметим, что потеря жертвы во время доставки сразу же стимулирует новый поиск. После доставки жертвы к норке последнюю открывают, проверяют ее внутреннюю часть и жертву затаскивают внутрь. Число жертв в норке (или их отсутствие) служит стимулом для инициации поиска. Так, если доставленную жертву убрать из норки или при нескольких жертвах извлечь одну из них, то поиск будет осуществляться многократно, пока в норке не окажется необходимого количества жертв. Если же жертву убрать из норки после откладки яйца, то потеря окажется «незамеченной» и оса будет продолжать типовые действия по закупорке норки, как если бы в ней была жертва с отложенным яйцом. Таким образом, стимул для закупорки норки — факт откладки яйца. Заметим, что этот цикл действий также отличается чрезвычайно высокой точностью. Яйцо откладывается точно там, куда был произведен укол, так, чтобы ротовое отверстие молодой личинки находилось против самого слабого места в оболочке жертвы и позволяло проникнуть внутрь. Небольшое смещение яйца достаточно для того, чтобы личинка не смогла питаться, что приводит к ее гибели. Последняя операция рассматриваемого комплекса фиксированных действий заключается в закупорке входа в норку. Она производится путем засыпки туда земли, оставшейся после рытья, и закрытия входа комочками земли или мелкими камешками.

Другим примером такой цепочки может служить поведение самца колюшки. С развитием самца происходит изменение его мозгового придатка (гипофиза), который в определенный момент этого развития начинает вырабатывать гормоны, стимулирующие развитие половых желез. На определенной стадии развития происходит возбуждение соответствующего интеррецептора. Если одновременно с возбуждением во внешней среде создается температура, превышающая пороговую, то срабатывает некоторая комбинационная схема, и самец осуществляет программу поиска

брачной территории. Когда такая территория найдена, наступает следующий этап — устройство гнезда из растений. При поиске территории самец, конечно, видел растения, но не обращал на них внимания. Соответствующие фильтры (вентили) были закрыты. На этапе строительства гнезда именно растения становятся главными раздражителями — соответствующие вентили открыты. На следующем этапе возникает раздражитель в виде самки, форма живота которой свидетельствует о том, что она готова метать икру. Если гнездо еще не построено, то такую самку самец не замечает — сигнал от вида самки не пропускается. Увидев самку, самец начинает менять окраску. Почти сливающийся с окружающей средой в процессе строительства гнезда самец становится ярким и блестящим. Этим он привлекает внимание самки (у которой также работает аналогичная схема), и возникает этап поведения, на котором самец «ведет» самку к гнезду. Самка входит в гнездо, а самец, оставшись снаружи, начинает делать особые движения, как бы трясется. Это служит для самки сигналом для метания икры и последующего ухода из гнезда, после чего самец оплодотворяет икру.

Если, например, в тот момент, когда самка колюшки зашла в гнездо и готовится метать икру, самца, находящегося около гнезда, убрать, то отсутствие сигнала о трясущемся самце не позволит блоку состояний, инициирующему поведение самки, перейти в то состояние, в котором реализуется звено цепочки безусловных рефлексов, связанное с метанием икры. Вместо этого возникнет состояние, при котором самка покинет гнездо, т. е. произойдет выпадение одного звена из цепочки.

Рассмотренные примеры показывают сложность комплекса выполняемых действий, их жесткую последовательность и рефлекторную связь начала последующего шага с окончанием предыдущего, служащего для последующего запускающим сигналом. Точной моделью подобного комплекса фиксированных действий, функционально аналогичной последовательной цепочке безусловных рефлексов, являются уже упоминавшиеся станки с программным управлением или автоматические поточные линии, где завершение обработки детали на одном станке служит стимулом для ее передачи на последующий станок и осуществления на нем предусмотренной программы. Прерыванию действий, связанных с потерей жертвы, здесь соответствует выкидывание детали и прекращение ее дальнейшей обработки при обнаружении брака.

Логическая схема программы, моделирующей фиксированную последовательность сложных безусловных рефлексов естественных или искусственных систем, имеет следующий вид:

$$\Phi \downarrow^1 A_1 P(r_1) \uparrow^1 \downarrow^2 A_2 P(r_2) \uparrow^2 \dots \downarrow^{k-1} A_{k-1} P(r_{k-1}) \uparrow^{k-1} \downarrow^k A_k P(r_k) \uparrow^k \downarrow^k \text{Я}.$$

Здесь Φ — первичный стимул, A_i — элементарный акт, многократное повторение которого реализует i -е действие, $P(r_i)$ — логическое условие завершения i -го действия (получение его результата), при невыполнении которого соответствующий акт продолжается, а при выполнении осуществляется переход к следующему действию, Я — оператор останова (прекращения выполнения комплекса действий).

Для модельного исследования форм поведения объекта, реализуемых с помощью последовательностей безусловных рефлексов, было разработано множество простых моделей, напоминающих по своей форме различных животных — черепах, жуков, белок, собак и т. п. Большинство представителей этого «кибернетического зверинца» питалось от аккумуляторных батарей, а некоторые — от электрической сети. Первые простейшие схемы таких устройств, способные двигаться в направлении света («моль») или удаляться от него («клоп»), разработал Н. Винер, как модели тропизмов. Наибольшую известность приобрели «черепахи», разработанные английским биофизиком и нейрофизиологом Г. Уолтером в 1950, 51 гг. Известны также «Одноклеточное» Ф. Люкса, «Собака» Филлипса, «Черепахи» Э. Эйхлера, В. Васильева и А. Петровского, И. Гутчина и др., «Белка» Э. Беркли, а также многие другие, созданные радиолюбителями и членами детских технических кружков и станций. Отличаясь внешним оформлением, конструкцией и используемыми чувствительными элементами, все эти модели, реализуя цепочки последовательных безусловных рефлексов, были способны к достаточно сложному «целесообразному» поведению.

Рассмотрим в качестве примера «Черепаху» Г. Уолтера, названную им «Машина спекулятрикс», что означает «думающая машина». «Черепаха» представляет собой трехколесную тележку, на которой размещены аккумуляторы, система реле и электронная (ламповая) схема. Переднее колесо расположено на рулевой колонке и приводится в действие двумя двигателями — рулевым D_1 и приводным D_2 . На рулевой колонке закреплен также фотоэлемент и осветительная лампочка, свет от которой не попадает на

фотоэлемент. Тележка покрыта кожухом, напоминающим по форме черепаший панцирь и оставляющим открытыми лишь фотоэлемент и лампочку. Вокруг кожуха размещен упругий бампер, прикосновение к которому замыкает механический контакт K_1 . Принципиальная схема «Черепахи» приведена на рис. 2.17. «Черепаха» с такой схемой способна воспроизводить следующие виды поведения: движение на

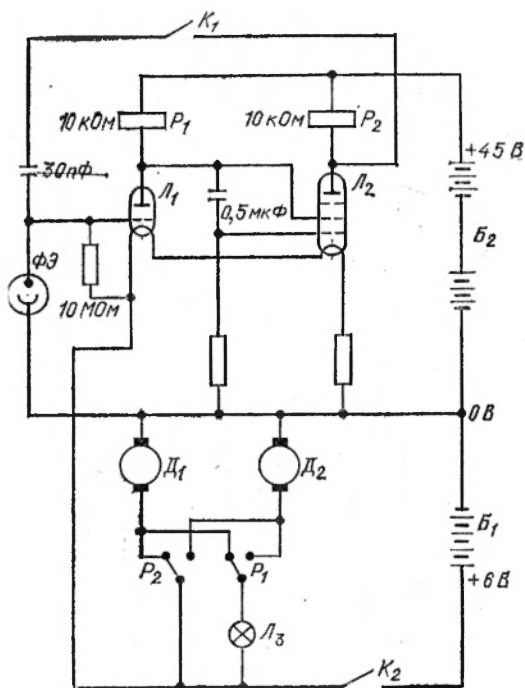


Рис. 2.17

свет или от него, поисковые движения, обход препятствия, движение к «кормушке» и заход в нее для подзарядки аккумуляторов. Схема отрегулирована таким образом, что при низком потенциале анода лампы L_1 запирается лампа L_2 , и реле P_2 устанавливается так, что исключается одновременное нахождение под током реле P_1 и P_2 . Если фотоэлемент ФЭ не освещен, то лампа L_2 открыта, а L_1 заперта. При умеренном освещении фотоэлемента лампа L_2 «приоткрывается», однако проводимый ею ток недостаточен для срабатывания реле P_1 , хотя уменьшение напряжения на

аноде этой лампы и приводит к отпусканию реле P_2 . Дальнейшее увеличение освещенности фотоэлемента («ослепление») ведет к срабатыванию P_1 при отпущенном P_2 . Замыкание механического контакта K_1 превращает схему в мультивибратор, попеременно включающий и выключающий реле P_1 и P_2 .

Поведение «Черепахи» зависит от внешних воздействий, т. е. от состояний реле и характеризуется табл. 2.1.

Таблица 2.1

Раздражение	Состояние реле		Скорость, развиваемая двигателями	
	P_1	P_2	D_1 (руль)	D_2 (привод)
Темнота	Выключено	Включено	Нормальная	Малая —
Свет	Выключено	Выключено	О (руль неподвижен)	Нормальная
«Ослепление»	Включено	Выключено	Малая	Нормальная
Прикосновение	Выключено	Включено	Нормальная	Малая
Прикосновение	Включено	Выключено	Малая	Нормальная

Несмотря на относительную простоту устройства, «Черепаха» демонстрирует достаточно разнообразные виды поведения. В нормальных условиях она осуществляет «поиск», двигаясь по формируемым ею и средой траекториям, и в течение часа способна исследовать довольно большую комнату. При попадании на фотоэлемент света она либо приближается к источнику света (при слабом свете или разрядившихся батареях), либо отходит от него (при сильном «ослепляющем» свете). При наезде на препятствие — независимо от того, какой другой раздражитель действовал — автомат реагирует только на прикосновение, являющееся более сильным раздражителем, и отходит от препятствия. После совершения отходного маневра он продолжает двигаться под влиянием оставшегося раздражителя. «Черепаха» способна отыскивать оптимальное для себя состояние, которым является поиск в слабо освещенных местах. Лампа L_3 , расположенная в передней части устройства, позволяет ей в отсутствие других источников света «узнавать» себя в зеркале, приближаясь к своему изображению. Таким же образом два автомата могут «увидеть» друг друга и двигаться навстречу. При частичной разрядке аккумуля-

торов способность избегать «ослепления» ослабевает и «Черепаша» приближается к «кормушке», в которой установлен источник света, и, соприкасаясь с контактами зарядного устройства в ней, «насыщается», а затем (возникло «ослепление») отходит от нее и продолжает нормальную деятельность. Ниже приведены примеры различного поведения «Черепашки»: поиск в отсутствие яркого света, стремление к не очень сильному источнику света, поведение при наличии двух сильных источников света, обход препятствия при стремлении к свету, стремление к одному источнику света двух одинаковых автоматов, посещение «кормушки»,

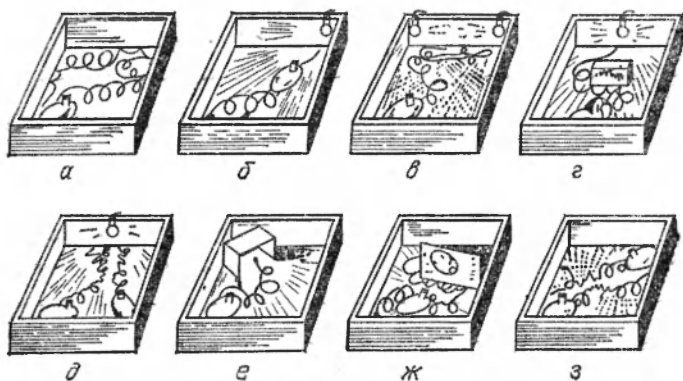


Рис. 2.18

поведение перед зеркалом и «знакомство» двух «Черепашек» (рис. 2.18, а—з соответственно). Легко видеть, что поведение автомата во многом аналогично описанному выше комплексу фиксированных действий, наблюдаемых в поведении живых организмов. Заметим, что, как и в том случае, точные траектории движений заранее установить невозможно. В каждом отдельном случае они определяются рядом случайных факторов, таких, как шероховатость и наклоны поверхности, по которой движется автомат, трение в подвижных его частях, разброс моментов срабатывания реле и т. п.

Аналогичным образом устроены и другие модели. «Белка» Беркли имеет специальный фотоэлемент, реагирующий на белые теннисные мячи, разбросанные по полу. При приближении к ним она схватывает их с помощью специальных лапок и относит в хранилище. Здесь прикосновение лапок к мячу служит запускающим сигналом для схватыва-

ния, а завершение схватывания включает режим поиска хранилища.

Другим, имеющим практическое значение классом устройств, поведение которых тоже сводится к комплексам безусловных рефлексов, являются оцувствленные роботы. К ним относятся как антропоморфные роботы, внешне похожие на стилизованную человеческую фигуру, так и оцувствленные промышленные роботы, хотя и непохожие внешне на человека, но обладающие рецепторами и эффекторами, часто превосходящими соответствующие человеческие органы по скорости, силе и некоторым другим характеристикам.

Антропоморфные роботы (рис. 2.19) служат обычно рекламным целям (например, используются для раздачи проспектов и приглашений) или создаются любителями (как правило, в качестве домашних роботов). Они в состоянии по командам (часто голосовым) выполнять ряд сложных действий — открывать и закрывать двери, переставлять мебель, снимать телефонную трубку и в отсутствие хозяина отвечать на телефонные звонки и записывать поручения на магнитофонную ленту, а также выполнять ряд других фиксированных действий. Оцувствленные промышленные роботы способны воспринимать команды и регулировать свои усилия при операциях схвата, выполнять весьма точные и тонкие операции. Существуют роботы, эффекторы которых могут продеть нитку в ушко иголки или выполнить некоторые хирургические операции. Многие промышленные роботы используются для замены человека при выполнении тяжелых работ и работ в среде, опасной для человека. В этом случае их рецепторы и эффекторы могут быть более грубыми. Широко распространены, например, сварочные роботы, применяемые для сварки кузовов автомобилей, роботы, загружающие станки и устанавливающие на них (и снимающие с них) тяжелые заготовки и т. п.

Этими простыми примерами мы закончим изложение вопросов, связанных с безусловными рефлексами и их моделями. Заметим в заключение, что система с такими рефлексами должна «помнить» встречавшиеся (возможные) виды воздействий и соответствующие реакции на них. Запоминание осуществляется за счет структуры самой конструкции и жесткой схемы реагирования, т. е. здесь имеет место постоянная («врожденная») структурная память. Память эта формируется при изготовлении устройства и частично путем введения в него информации о типовых ситуациях и программах, реализуемых в этих ситуациях.

В ходе функционирования ни набор ситуаций, ни набор программ изменяться не могут. Даже при использовании программно-управляемых станков, станочных линий и

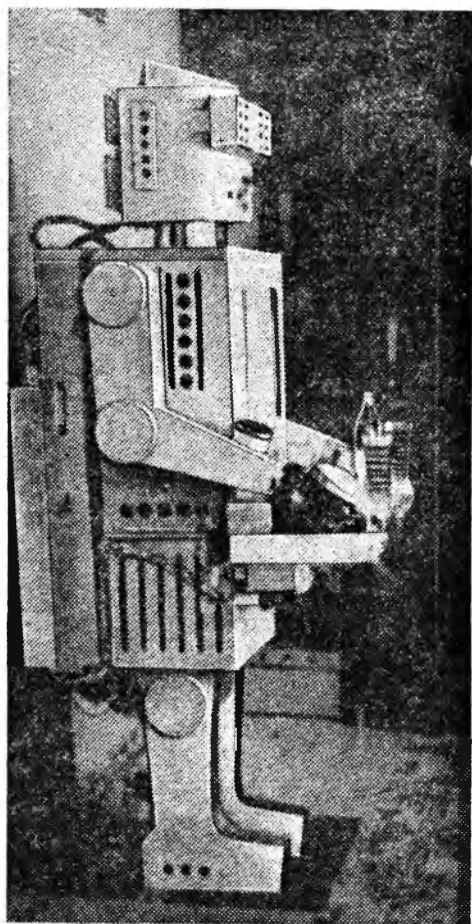


Рис. 2.19

промышленных роботов сначала должны быть разработаны и введены в систему комплексы программ, ориентированных на тот или иной вид использования, а затем система оказывается в состоянии автоматически выполнять их в определенной последовательности.

Возвращаясь к общей схеме рис. 1.1, мы можем считать, что для обеспечения описанных видов поведения структура блока памяти должна иметь простой вид, изображенный

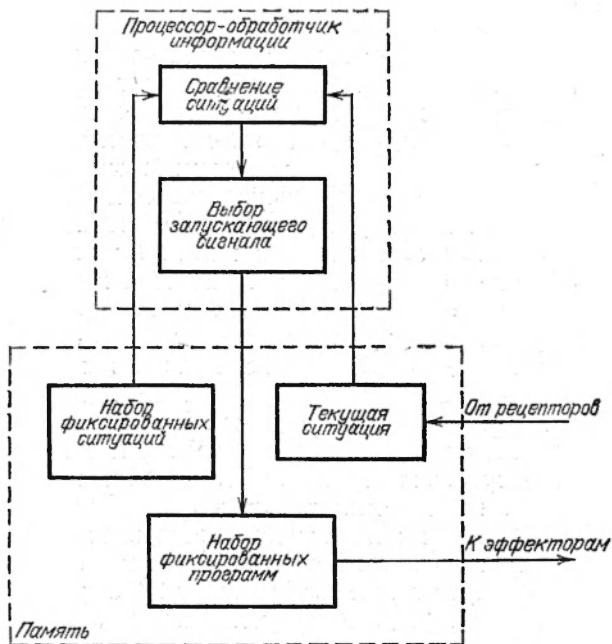


Рис. 2.20

на рис. 2.20. Обработка информации, осуществляемая процессором, сводится здесь к сравнению входных ситуаций с набором эталонных, оценке приоритетов и запуску соответствующих программ.

§ 2.3. Условные рефлексy

Любое поведение есть средство приспособления (адаптации) объекта к условиям обитания. Для приспособления к постоянным условиям и к средам с относительно небогатым ассортиментом изменений безусловные рефлексy служат наиболее экономным средством адаптации, позволяющим ограничиваться весьма простым набором средств. То же справедливо и для тех искусственных систем, цели функционирования которых и способы достижения этих целей остаются неизменными либо в течение всего времени

существования систем, либо меняются достаточно редко, допуская перестройку (переналадку) самих систем.

В действительности же среда обитания живых систем и цели, стоящие перед искусственными системами, изменяются достаточно быстро и обладают большим разнообразием. Даже для однотипных объектов (организмов, принадлежащих к одному биологическому виду) условия обитания могут различаться, и увеличение числа жестких программ в этих объектах могло бы привести к такому положению, когда часть таких программ (разная для каждого объекта) оставалась бы неиспользованной. Это неоправданно увеличивало бы сложность объектов и ухудшало приспособляемость последних хотя бы потому, что существенно увеличивало бы энергетические и материальные затраты на создание программ и поддержание их работоспособности, причем подавляющая часть затрат для каждого конкретного объекта не была бы эффективно реализована. Поэтому рациональным путем, реализованным как в ходе естественного отбора в процессе филогенеза, так и в ходе развития инженерной практики, явилось сохранение безусловно-рефлекторного принципа для наиболее важных, практически всегда встречающихся ситуаций и формирование механизмов, обеспечивающих индивидуальную систему приспособления к изменениям среды. Значение этого пути заключается и в том, что, увеличивая разнообразие форм (индивидуального) поведения в пределах вида, он тем самым повышает сопротивляемость объекта к резким изменениям в среде, которые в иных условиях могли бы привести к его гибели.

Заметим еще, что в большинстве своем конкретные изменения среды происходят в общем достаточно медленно и их можно учесть, приспособиться к ним при наличии способности к обучению и к запоминанию на какое-то время результатов обучения.

Простейший механизм, лежащий в основе такого поведения — *условный рефлекс*. Классическим примером условных рефлексов, детально изучавшихся И. П. Павловым, служит пищевой, или слюнной, условный рефлекс. Существование экспериментов Павлова заключалось в следующем. Известно, что при предъявлении пищи голодной собаке возникает безусловный рефлекс, заключающийся в выделении слюны, т. е. пища служит безусловным раздражителем. Предъявление собаке другого раздражителя, например звукового сигнала или зажигающейся лампочки, выделения слюны не вызывают. Эти раздражители воспри-

нимаются животным, но по отношению к выделению слюны они безразличны, *нейтральны*. Если теперь изменить условия опыта и перед предъявлением пищи или одновременно с ним воздействовать на собаку каким-либо нейтральным раздражителем, то после нескольких таких опытов (количество их может быть различным и зависит от состояния животного, вида и силы нейтрального раздражителя) предъявление одного раздражителя, бывшего ранее нейтральным, начинает вызывать выделение слюны. Собака как бы «запоминает», что появление нейтрального раздражителя совпадало с предъявлением пищи и начинает реагировать на него так же, как на безусловный пищевой раздражитель. Сила этого, ставшего условным раздражителя зависит от числа одновременных предъявлений, т. е. от числа подкреплений раздражений.

Если после установления условного рефлекса прекратить подкрепления, то рефлекс постепенно угасает и спустя некоторое время пропадает. Собака «забывает» установившуюся ранее связь, например, между звуком и пищей, и перестает реагировать на звуковой сигнал. Показано, что условные рефлексы можно сформировать для любого нейтрального раздражителя, воспринимаемого животным, и можно переучить животное, формируя одну и ту же условную реакцию сначала на один, а затем на другой нейтральный раздражитель. Аналогичным образом можно осуществить и тонкую дифференцировку условных рефлексов. Выработав, например, условный рефлекс на звуковой раздражитель, можно далее вырабатывать его на более специфические раздражители, отличающиеся тоном или длительностью и т. п. Таким способом оказывается возможным установить способность животных различать весьма сложные раздражители (образы).

Число и разнообразие условных рефлексов поистине необозримы. К ним в сочетании с безусловными рефлексами сводятся многие виды поведения; на них же построена и дрессировка животных, базирующаяся на принципах подкрепления (обычно пищевого), совмещенного с использованием дифференцировки раздражителей и основанного на свойственных дрессируемому животному видоспецифических движениях. Некоторые специалисты вообще считают, что в поведении животных нет ничего, кроме безусловных и условных рефлексов. К условным рефлексам сводятся и многие виды поведения человека, в частности его так называемые привычки, которые, в сущности, ничем не отличаются от условных рефлексов.

Выше уже отмечалось, что для формирования условного рефлекса необходима память, правда, еще достаточно элементарная. Объект должен обладать способностью запомнить совместное появление условного и безусловного раздражителей в период обучения и способностью забыть выработанный рефлекс, если какой-то период он не подкрепляется соответствующим безусловным.

Заметим, что в природе существует одно исключение из описанного правила, *импринтинг* (запечатление). Это явление, встречающееся у многих птиц и млекопитающих, заключается в том, что в первые моменты жизни (например, при выходе птенца из яйца) первый движущийся объект, попадающий в поле зрения, вызывает рефлекс следования. В естественных условиях это — следование за наседкой или матерью. В некоторых случаях таким объектом может оказаться и человек и любой другой подвижный объект. Такой сформированный рефлекс в дальнейшем работает как безусловный, всегда возникая в ответ именно на этот (условный) раздражитель. Существуют также условные рефлексы, вырабатываемые и длительно сохраняющиеся после первого воздействия условного и безусловного раздражителей. Примером может служить длительное избегание животными (например, птицами) предметов, хотя бы раз их напугавших. Как правило, однако, условные рефлексы для своего образования требуют несколько подкреплений и при отсутствии их способны через то или иное время забываться.

Рассмотрим теперь формализованное описание условного рефлекса. Пусть a — безусловный раздражитель, появление которого всегда вызывает реакцию A , а b — нейтральный раздражитель, который мы хотим сделать условным.

В начальный момент $a \rightarrow A$ и $b \rightarrow \bar{A}$, где \bar{A} означает отсутствие реакции A , а стрелка трактуется как «вызывает». Во время фазы установления условного рефлекса на организм одновременно или с небольшим разнесением во времени действуют обоими раздражителями, что естественно вызывает реакцию A из-за наличия безусловного раздражителя a . При достаточном числе таких совместных воздействий начинают возникать случаи, когда организм при предъявлении только одного условного раздражителя b выдает реакцию A . С ростом числа совместных воздействий двух раздражителей число таких случаев неуклонно возрастает. Наступает момент, когда схема $b \rightarrow A$ начинает

срабатывать почти всегда. Этот момент характеризует момент установления условного рефлекса.

Для сохранения выработанного рефлекса (в фазе его сохранения) необходимо время от времени подкреплять его, воздействуя на организм несколько раз по схеме $(a \text{ и } b) \rightarrow A$. Если же поддержание рефлекса прекратить, то наступает фаза угасания. Постепенно схема $b \rightarrow A$, не подкрепляемая больше схемой $(a \text{ и } b) \rightarrow A$ начинает сменяться схемой $b \rightarrow A$. Число таких случаев увеличивается и наступает момент, когда схема $b \rightarrow A$ становится практически постоянной. Это момент угасания условного рефлекса.

Не следует думать, что память, используемая в образовании рефлекса, реализуется поэтапно, когда объект сначала вспоминает о бывшем совпадении воздействий, затем как бы «осознает» их и после этого выполняет рефлекторное действие. Все происходит одновременно и автоматически. Забывание в свою очередь не предусматривает полного стирания в памяти следов о совпадении раздражителей, а свидетельствует лишь о том, что рефлекс перестал вырабатываться. Насколько известно, рефлекс на «забытый» раздражитель восстанавливается быстрее, чем на новый.

Формальная запись, описывающая схему формирования и забывания условного рефлекса при нескольких возможных нейтральных раздражителях, имеет следующий вид:

$$A_{n+1}^i = a_{n+1}^i \bigvee_{t=1}^s b_{n+1}^t P(N_n^i \geq N_n^t), \quad i = 1, s, \quad (*)$$

$$N_n^i = \sum_{n=1}^{n-1} \Delta N_n^i + \xi_n^i, \quad (**)$$

$$\Delta N_n^i = \begin{cases} +\varphi_n^i & \text{при } a_{n-1}^i b_{n-1}^i = 1, \\ -\psi_n^i & \text{при } a_{n-1}^i \overline{b_{n-1}^i} = 1, \\ -\xi_n^i & \text{при } \overline{a_{n-1}^i} b_{n-1}^i = 1, \\ b_i b_j = 0 & \text{при } i \neq j, \end{cases} \quad (***)$$

$$\varphi_n^i, \psi_n^i, \xi_n^i \geq 0, \quad \varphi_n^i \geq \psi_n^i, \quad \psi_n^i > \xi_n^i, \\ -k^i \leq \xi_n^i \leq k^i, \quad k, i, n \geq 0.$$

Здесь верхний индекс i — номер соответствующего нейтрального раздражителя, нижний индекс n — момент дискретного времени (номер эксперимента), P — логическая функция (предикат), равная 1 при выполнении условия,

стоящего в скобках, A_n — рефлекторный акт в момент n , N_0^i — порог срабатывания i -го раздражителя, φ_n^i — функция запоминания, которая в общем случае может зависеть и от n , ψ_n^i , ζ_n^i — функции забывания, ξ_n^i — случайная составляющая, символ \bigvee — логическая сумма (дизъюнкция) всех стоящих за ней членов (с индексом i). Величины A_n , a_n , b_n^i , P — двоичные и могут принимать одно из значений — 0 или 1 (имеет место или отсутствует, выполняется или не выполняется). Остальные величины — целые, не отрицательные.

Покажем теперь, что приведенная формальная запись полностью соответствует описанной выше схеме условного рефлекса. Действительно, пусть в некоторый момент n подействовал безусловный раздражитель ($a_n=1$). Тогда в соответствии с соотношением (*) имеем $A_{n+1}=1$, т. е. возникнет рефлекторный акт, причем, если отсутствовали нейтральные раздражители b_n^i , то все запомнившиеся значения N_n^i в силу (**) и (***) немного уменьшатся (на величины ζ_n^i). Если при подаче a_n одновременно появляется один из нейтральных раздражителей b_n^i , то значение соответствующего N_n^i увеличится на величину φ_n^i . Когда накопленное (запомнившееся) значение приблизится к величине порога \bar{N}_n^i , т. е. при выполнении соотношения

$$|\sum \Delta N_n^i - N_0^i| \leq k,$$

может возникнуть условный рефлекс. Появление или отсутствие условно-рефлекторного акта при предъявлении b_n^i будет зависеть от случайной величины ξ_n^i . Когда же накопленное значение $\sum \Delta \bar{N}_n^i$ превысит порог N_0^i более чем на k , условный рефлекс станет устойчивым, так как при любом случайном значении ξ_n^i величина N_n^i , определяемая соотношением (**), будет превосходить значение порога N_0^i . Аналогичным образом при подаче условного раздражителя без подкрепления накопленное значение $\sum \Delta N_n^i$ будет уменьшаться на величину ζ_n^i и с течением времени станет меньше $N_0^i - k$, т. е. рефлекс пропадет. Варьируя подкрепления любого воздействия b^i , можно аналогичным образом выработать на него условный рефлекс. Описанная схема в общих чертах соответствует (моделирует) возникновению и угасанию условных рефлексов в естественных условиях (функции φ^i , ψ^i и ζ^i не зависят от экспериментатора). В искусственных условиях (дрессировка) поощрения и наказания и их величины, воздействующие на значения φ_n^i и ψ_n^i , вводятся эксперимента-

тором в зависимости от реакций дрессируемого животного. Соответствующая программа была разработана А. Эттингером еще в 1952 г. В ней с помощью «поощряющего» или «наказывающего» воздействия c_n ($c_n > 0$ — «поощрение», $c_n < 0$ — «наказание») осуществлялось обучение программы — выбору одной из пяти возможных реакций A_j . Структура программы отличалась от описанной выше схемы тем, что в начальный момент возможные реакции системы A_j возникали случайно, а сигналы c_n выполняли роль функций φ или ψ и в зависимости от их величины и знака изменяли значения пороговых состояний каждой реакции, соответствующих величинам N_n . Соотношения (*) — (***) в этом случае заменяются следующими:

$$\begin{aligned}
 A_{j, n+1} &= P(N_{j, n} \geq N_0), \\
 N_{j, n} &= N_{j, n-1} + c_n + e_n + H A_{j, n-1} + \xi_n - \xi_{n-1} - \psi(N_{j, n-1}), \\
 N_{j, 0} &= N_j, \\
 \psi(N_{j, n-1}) &= \begin{cases} +1 & \text{при } N_{j, n-1} > 1, \\ 0 & \text{при } N_{j, n-1} = 1, \\ -1 & \text{при } N_{j, n-1} < 1, \end{cases} \\
 j &= \overline{1, 5}.
 \end{aligned}$$

Здесь $N_{j, n}$ — накапливаемая характеристика состояний j -й реакции, e_n — степень возбуждения, устанавливаемая экспериментатором, H — константа привыкания (в программе $H=1$), добавляемая к $N_{j, n}$, если в предыдущем такте имела место та же реакция A_j , и $\psi(N)$ — функция забывания, выравнивающая состояния программы. В программе j изменялось от 1 до 5, а порог N_0 был установлен равным 7.

В табл. 2.2, составленной по материалам Эттингера, приведен пример обучения программы, звездочкой (*) отмечено состояние «безразличия», когда программа не выдает никакой реакции.

Заметим, что в рассмотренных примерах в отличие от безусловных рефлексов требуется память для хранения изменяющихся значений $N_{j, n}$ и предыдущей реакции A_j (ее номера).

Модели условно-рефлекторного поведения можно построить не только программным путем, но и с использованием формальных нейронов. Рассмотрим некоторые примеры таких моделей.

Таблица 2.2

n	e_n	f	c_n	Примечание
1	02	*		Преимущественно «безразличное» состояние (реакции редки и случайны)
2	02	*		
3	02	2	00	
4	02	*		
5	02	3	00	
6	02	1	00	
7	02	*		
8	02	*		
9	02	3	00	
10	02	*		
11	02	*		
12	02	*		
13	03	2	00	Увеличение степени возбуждения e_n приводит к «привыканию» программы к некоторой случайно выбранной ею реакции A_3
14	03	5	00	
15	03	3	00	
16	03	1	01	
17	04	3	00	
18	03	5	00	
19	03	5	00	
20	03	3	00	
21	01	*		
22	03	3	-01	Обучение; A_3 подавляется, A_1 поощряется
23	03	*		
24	03	3	-02	
25	03	3	-03	
26	03	*		
27	03	1	02	
28	03	3	-01	
29	03	1	02	
30	02	1	01	
31	02	1	00	
32	02	1	00	
33	01	1	00	
34	01	1	-03	Переучивание с A_1 на A_4
35	01	1	-03	
36	01	1	-04	
37	01	*		

n	e_n	i	c_n	Примечание
38	02	*		Переучивание с A_1 на A_4
39	03	1	-04	
40	03	4	02	
41	03	4	01	
42	02	*		
43	03	4	02	
44	03	4	01	
45	02	4	01	
46	01	4	-01	
47	01	4	-01	
48	01	4	00	
49	01	4	-02	
50	01	4	-02	
51	01	4	-04	
52	01	4	-04	
53	01	4	-04	
54	01	*		«Безразличное» состояние после резкого подавления устойчивого рефлекса
55	02	*		
56	03	*		
57	03	*		
58	03	*		
59	03	*		
60	03	2	00	

§ 2.4. Схемы и модели, имитирующие условно-рефлекторное поведение

Выше уже отмечалось, что для реализации условно-рефлекторного поведения необходимы элементы памяти. В частности, необходимо запоминать факт появления сигнала, факты n -кратного повторения комбинации сигналов или их отсутствия. Рассмотрим простейшие схемы на нейроноподобных элементах, с помощью которых можно сформировать такие элементы памяти*).

*) Напомним еще раз, что у нейроноподобного элемента (он показан кружком на рис. 2.21, а) выходной сигнал формируется с единичной задержкой, тогда как у логического элемента (прямоуголь-

На рис. 2.21, *а*, *б* приведены два варианта схемы, за-
поминающей поступление одного сигнала s . При подаче
на вход s одного импульса через период τ (рефрактерный
период) на выходе y начинает генерироваться после-
довательность импульсов, следующих с интервалом τ ,
(рис. 2.21, *в*). Генерирование прекращается при подаче на
запрещающий вход r сбрасывающего сигнала, приводящего
схему в исходное состояние.

Вариант схемы, выдающей на выходе y сигнал после
поступления на вход n сигналов (импульсов), повторяю-
щихся через произвольные промежутки времени (не мень-
шие τ), и называемой счетчиком, показан на рис. 2.22, *а*.
На рис. 2.22, *б* приведены временная диаграмма, поясняя-
ющая работу схемы, и ее условное обозначение (рис. 2.22, *в*),
которым мы будем пользоваться далее. Заметим, что
эти схемы можно реализовать на различных технических
(логических) элементах. Читателей, интересующихся такой
реализацией, мы отсылаем к обширной литературе по
логическим элементам ЭВМ.

Перейдем теперь к рассмотрению ряда простых схем
формирования различных вариантов условных рефлексов.
В основе элементов памяти этих схем лежат уже описанные
схемы запоминания одного сигнала и последовательности
из n сигналов. Так, на рис. 2.23 приведена схема выра-
ботки условного рефлекса после одного совпадения раз-
дражителей. Безусловный раздражитель a всегда возбуж-
дает нейрон Н4 и вызывает реакцию А. При совпадении
раздражителей возбуждается нейрон Н1 и его возбуждение
запоминается элементом памяти (обведен пунктиром), по-
строенным на одном нейроне Н2. После запоминания
первого же совпадения стимулов безусловный раздражитель b
всегда возбуждает нейрон Н3, а затем и Н4 и вырабатывает
сигнал реакции А. Изображенная на рис. 2.24 схема вы-
работки рефлекса после n совпадений отличается от только
что рассмотренной лишь элементом памяти, которым в
этом случае служит счетчик n совпадений. В остальном
схема работает аналогично. При поступлении сигнала на
вход r рефлекс пропадает. В случае схемы, показанной
на рис. 2.24, обучение заканчивается после n совпадений
стимулов независимо от того, встречалось ли в ходе обу-
чения хотя бы одно несовпадение стимулов (один сигнал a
или один сигнал b). Для исключения подобных ситуаций

на рис. 2.21, *б*) такой сигнал образуется практически одновременно
с поступлением сигнала на вход. Цифрами (в данном случае единица-
ми) показаны значения порогов срабатывания элементов.

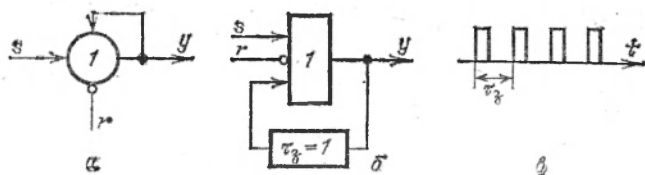


Рис. 2.21

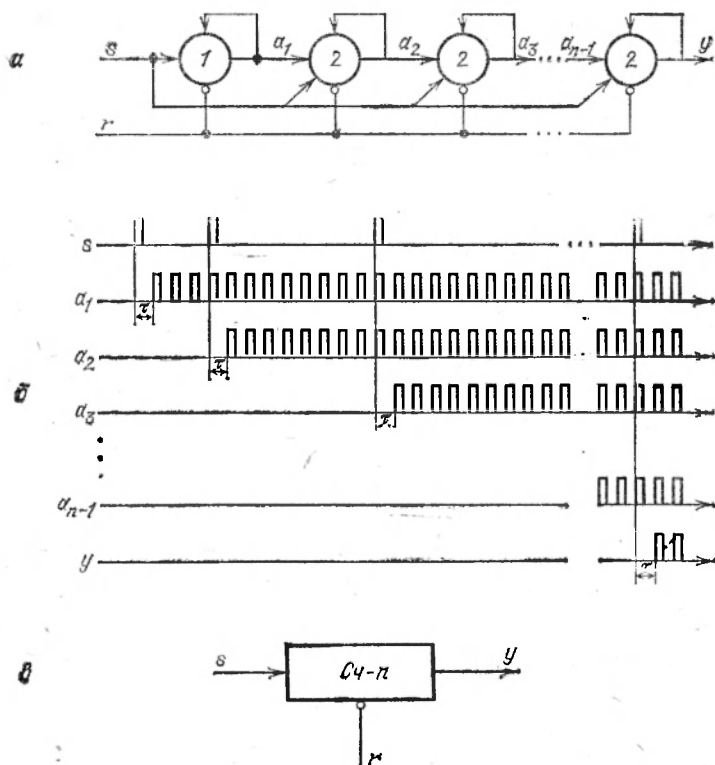


Рис. 2.22

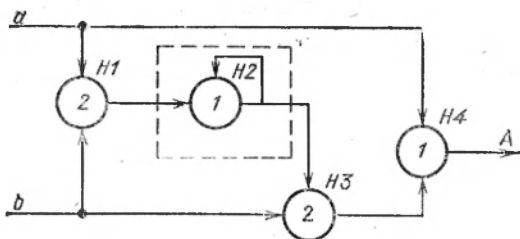


Рис. 2.23

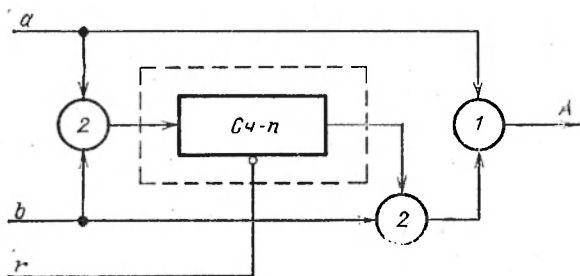


Рис. 2.24

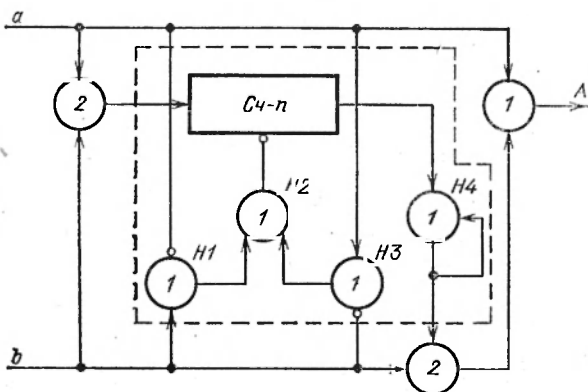


Рис. 2.25

достаточно в память добавить четыре нейрона Н1 — Н4 (рис. 2.25). В этом случае при поступлении одного условного раздражителя b срабатывает нейрон Н1 и через нейрон Н2 «сбрасывает» результаты незаконченного обучения. При появлении одного безусловного раздражителя a аналогичным образом работают нейроны Н3 и Н2. Заметим, что часто не требуется, чтобы появление одного безусловного раздражителя тормозило обучение. В этом случае нейрон Н3 может быть исключен. В схеме имеется еще один элемент памяти на нейроне Н4. Назначение его состоит в сохранении выработанного рефлекса, если после его образования появится хотя бы одно несовпадение, сбрасывающее содержимое счетчика Сч- n . Если сигнал уже появился на выходе счетчика, то Н4 его сохранит и при сбросе содержимого счетчика. Таким образом, схема на рис. 2.25 позволяет выработать условный рефлекс, если число следующих друг за другом совпадений было не

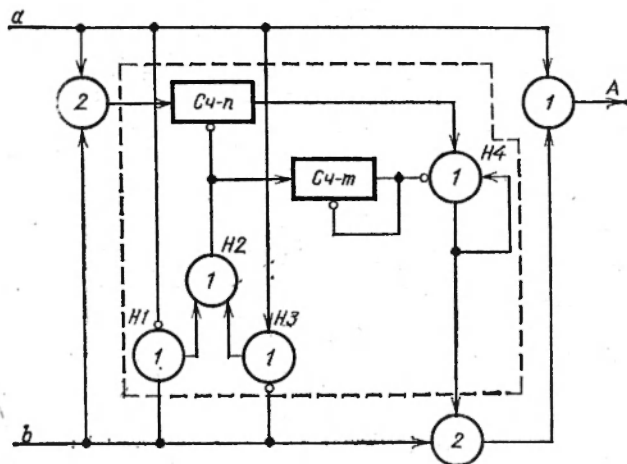


Рис. 2.26

менее n . На рис. 2.26 к предыдущей схеме добавлен в память счетчик несовпадений (Сч- m), тормозящий выработанный рефлекс после m несовпадений стимулов. Счетчик Сч- m «сбрасывается», чтобы после угасания рефлекса схема была готова к новому обучению. Не составляет труда разобраться и в работе чуть более сложных схем, изображенных на рис. 2.27 и 2.28. На этих схемах три нейрона Н1 — Н3, реализующие схему несовпадения, заменены

одним нейроном S , выполняющим ту же функцию. В первой схеме (рис. 2.27) для обучения требуется n последовательных совпадений, а забывание происходит после m последовательных же несовпадений. На второй схеме

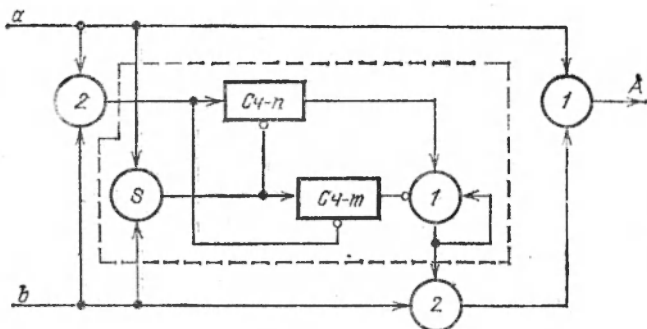


Рис. 2.27

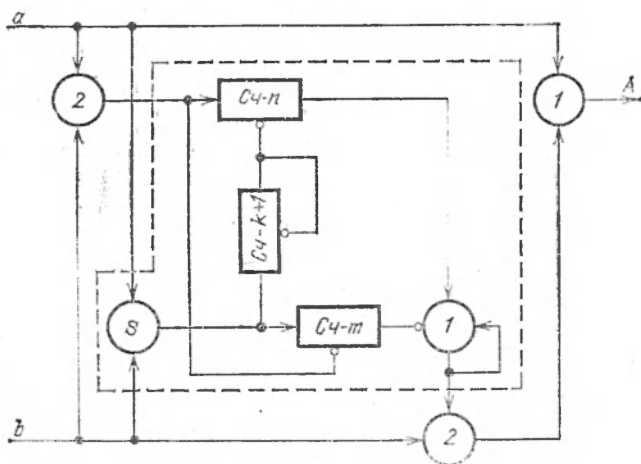


Рис. 2.28

(рис. 2.28) обучение осуществляется за n совпадений, если в ходе его было не более k несовпадений, а забывание, так же как и в предыдущем случае, — после m последовательных несовпадений.

Совершенно ясно, что, используя изложенный принцип построения, не составляет большого труда схемная орга-

низация процедуры формирования условного рефлекса с любой требуемой характеристикой обучения и забывания.

Заканчивая на этом рассмотрение «нейронных» схем формирования условных рефлексов, заметим, что приведенные схемы соответствуют лишь грубому, приближенному описанию условных рефлексов. Больше всего они соответствуют опытам Павлова с классическими условными рефлексами, когда животное искусственно изолировалось от многочисленных одновременно действующих раздражителей и из них выбирались лишь основные, наиболее сильные и характерные. В действительности, комплексное взаимодействие многих раздражителей (хотя оно сохраняет в основном план поведения) может оказывать достаточно сильное влияние на модификацию поведения в каждом конкретном случае. Здесь остаются справедливыми все замечания, сделанные выше, о влиянии на поведение строения, особенностей и состояния эффекторной системы, влиянии энергетических запасов, влиянии выбираемой условной реакции на жизнеспособность объекта и т. п. Необходимо также заметить, что использованные в схемах логические элементы — формальные нейроны и их комбинации — работают по принципу «все или ничего» и не позволяют учесть фактической пластичности естественных нейронов, превращающей даже относительно простой вид поведения — условно-рефлекторное поведение — в значительно более сложный и разнообразный процесс. То же следует сказать и относительно реальных связей между нейронами, которые в действительности существенно сложнее, чем в описанных схемах. И в заключение укажем еще, что в наших схемах полностью отсутствовал случайный элемент, который, как видно из рассмотренных программных моделей, существенно влияет на картину условно-рефлекторного поведения.

Перейдем теперь к обсуждению некоторых технических моделей, реализующих условно-рефлекторный принцип.

Одна из первых таких моделей, относящаяся еще к 20 г. нашего века, — «Одноклеточное» Люкса. Модель представляла собой закрытый резиновый цилиндр с двумя отверстиями (рис. 2.29). Ее закрепляли на якоре и помещали в медленно текущий ручей. При этом она примерно на половину погружалась в воду, плавая в ней так, что во входное отверстие могла поступать вода, игравшая роль пищи, воспринимаемой «Одноклеточным». Если в «животное» поступало слишком много воды, то эластичная обо-

лочка, воздействуя на заштрихованный на рисунке рычаг, приводила к замыканию нижнего контакта и отверстие («рот») прикрывалось, что уменьшало количество поступающей воды. Излишек воды вытекал из выходного отверстия («анус»). Если же воды оказывалось недостаточно, замыкался верхний контакт, укрепленный на том же рычаге, и входное отверстие приоткрывалось. Таким образом, за счет отрицательной обратной связи непрерывно поддерживалось жизнеспособное состояние модели. Обучение и «воспоминание» о прошедшем реализовались следующим образом. При сильном волнении отраженный от фронта

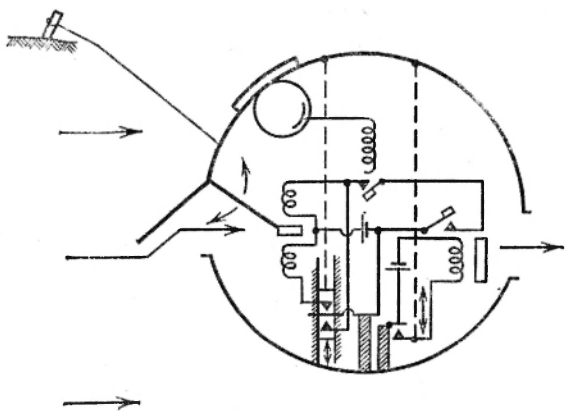


Рис. 2.29

волны свет попадал на фотоэлемент (полной схемы на рис. 2.29 нет) и замыкал контакт; сильное волнение деформировало цилиндр и приводило к замыканию контакта, включавшего реле. Замкнутые контакты полностью закрывали входное отверстие. В силу большой инерционности электромагнитного реле его контакт оставался замкнутым некоторое время, в течение которого одно попадание света, отраженного от приближающейся волны, на фотоэлемент приводило к закрыванию «рта» еще до очередной деформации цилиндра сильной волной. В модели элементом памяти служила инерционность электромагнитного реле. Интересная особенность такой модели состоит в том, что сначала попадание света на фотоэлемент служит составной частью безусловного раздражителя, а после обучения оно начинает играть роль самостоятельного условного раздражителя.

Другим устройством, разработанным специально для моделирования условно-рефлекторного поведения является описанная выше «черепаха» КОРА (Conditional Reflex Automat — автомат условного рефлекса). Устройство это внешне не отличается от «Машины спекулятрикс», однако имеет несколько более сложную «нервную систему». В нем введен дополнительно еще один рецептор — микрофон, воспринимающий звуковой сигнал (свист) и емкостной элемент памяти, сохраняющий некоторое время заряд на конденсаторе; кроме того (мы рассматриваем усовершенствованный ее создателем вариант), она способна к новому действию — кратковременному замиранию при по-

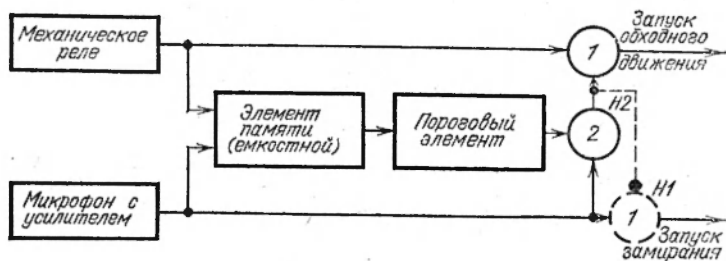


Рис. 2.30

даче звукового сигнала. КОРА ведет себя так же, как описанная выше «Машина спекулятрикс», но при подаче звукового сигнала на мгновение останавливается (замирает, как делают некоторые насекомые в момент опасности, притворяясь мертвыми), а затем снова продолжает выполнявшееся ею действие. Особенность поведения такой «Черепахи» — способность обучаться. Так, если несколько раз в момент ее наезда на препятствие подавать звуковой сигнал, то примерно после 20-кратного совпадения стимулов (механического воздействия при наезде и звука) она начинает и в отсутствие препятствия на один звуковой сигнал отвечать краткой остановкой и совершением обходного движения. По истечении некоторого времени, если наезд не сопровождается звуковым сигналом, КОРА «забывает» приобретенный рефлекс и перестает реагировать на звук обходным движением. Блок-схема формирования условного рефлекса у нее практически не отличается от классической схемы его формирования и имеет вид, изображенный на рис. 2.30. Здесь сигнал от механического реле всегда вызывает запуск обходного движения,

а звуковой сигнал — реакцию замирания. При совпадении сигналов заряжается конденсатор элемента памяти, причем постоянная времени его цепи заряда значительно меньше, чем цепи разряда. После достаточного числа совпадений стимулов выходной сигнал элемента памяти превысит порог срабатывания порогового элемента и откроет нейрон Н2 для прохождения сигнала от микрофона. Рефлекс выработан. Пунктиром на рис. 2.30 показана допол-

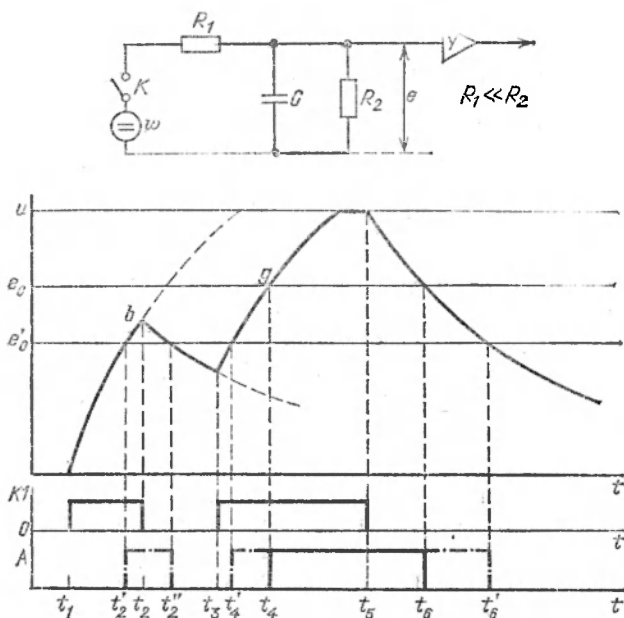


Рис. 2.31

нительная цепь с нейроном Н1, которая может быть введена, если требуется при реализации условного рефлекса исключить безусловную реакцию замирания на звуковой сигнал.

Упрощенная схема емкостного элемента памяти и примерный график изменения во времени величины напряжения на входе порогового усилителя U изображены на рис. 2.31. На нем ключ K замыкает цепь при наличии звукового сигнала. Работа схемы показана при двух различных значениях порога срабатывания e_0 и e'_0 . При большом пороге e_0 подача первого звукового сигнала от момента

t_1 до момента t_0 , заряжая емкость C , еще не вызывает формирования рефлекса (точка b ниже значения порога). В интервале от t_2 до t_3 емкость разряжается. Повторное включение ключа K на время от t_3 до t_5 приводит к появлению рефлекса в момент t_4 (точка g). Рефлекс сохраняется до момента t_a в продолжение интервала ($t_5 - t_a$), когда ключ K уже разомкнут. При меньшем пороге (e'_0) (см. штрих-пунктир на рис. 2.31) рефлекс ненадолго наступает уже после первого включения ключа K на время ($t'_2 - t'_0$) и затем формируется снова (t_4) и длится дольше (до t'_0).

В подражание КОРЕ было создано много других «черепах», способных вырабатывать условные рефлексы. Как правило, все эти модели строились по одной схеме и различались лишь способами реализации запоминающего элемента. Так, в «черепахе» Эйхлера память формировалась схемой с инерционными термосопротивлениями, менявшими свою величину при нагревании и медленно восстанавливаемыми ее при охлаждении. Были также построены «черепахи» с памятью на термореле, на реле с задержками и т. п.

Другой вариант самодвижущегося робота, моделирующего условный рефлекс, описывает Дж. Янг. Это «черепахи» Асторы, разработанные Астонской кибернетической лабораторией. Подобно КОРЕ Асторы осуществляли поисковые движения по обнаружению слабого источника света и приближались к нему при обнаружении. Они также обходили препятствия и избегали сильного света. В ответ на звуковой сигнал они замирали на некоторое время.

Условный рефлекс вырабатывался на сочетание звукового сигнала и слабого света. После нескольких совпадений сигналов Астор в течение определенного времени начинает реагировать на звуковой сигнал так же, как и на обнаружение слабого света. Подобно КОРЕ они имели по два двигателя, тяговый и рулевой, которые в нормальном положении постоянно работали и обеспечивали поисковые движения.

В отличие от КОРЕ Асторы были построены на интегральных схемах и содержали два фотоэлемента ФЭ-1 и ФЭ-2. Первый имел относительно большое поле зрения, а второй был ориентирован строго в направлении рулевого колеса.

Примерная логическая схема управления Астором изображена на рис. 2.32. Схема содержит три запоминающих элемента (они показаны квадратами), обеспечивающие

сохранение поступающих на них сигналов в течение некоторого заданного времени. При наезде на препятствие на 2 с выключается тяговый двигатель, а рулевой продолжает работать, так что к моменту включения тягового двигателя направление движения оказывается измененным. При подаче звукового сигнала на необученную модель на 5 с выключаются оба двигателя и Астор замирает. При обнаружении слабого света тележка останавливается до тех пор, пока рулевое колесо не окажется направленным на свет, что фиксируется фотоэлементом ФЭ-2, после чего

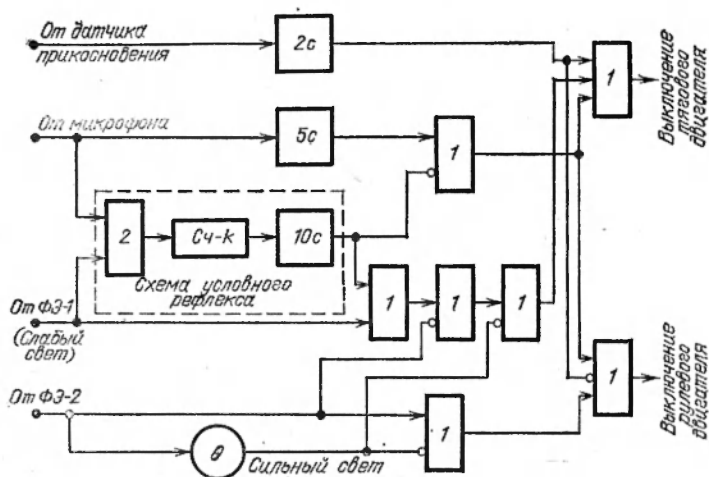


Рис. 2.32

она начинает двигаться в направлении источника света. Если на ФЭ-2 падает яркий свет, то срабатывает пороговый элемент θ (он обозначен кружком), запускаются оба двигателя и начинается поиск слабого света.

Обучение осуществляется следующим образом. Каждое совпадение звукового сигнала и слабого света фиксируется счетчиком. После k совпадений формируется рефлекс, запоминаемый на 10 с. Он блокирует цепь управления от звукового сигнала и подключает к нему цепь управления от сигнала слабого света. По прошествии 10 с рефлекс забывается (если он за это время не был снова подкреплен) и звуковой сигнал снова становится сигналом для замирания.

Асторы использовались для отработки надежной системы управления и, подобно КОРЕ, для экспериментов

по автоматической подзарядке источников питания автономной тележки. При разрядке аккумуляторов было недостаточно сильного света для включения порогового элемента. Астор приближался к источнику света и подсоединялся к источнику питания. После зарядки аккумуляторов срабатывал пороговый элемент и продолжалось нормальное функционирование системы.

Заканчивая на этом рассмотрение рефлекторного поведения и его моделей, перейдем к рассмотрению более сложных форм поведения.

§ 2.5. Сложные виды условных рефлексов и их комбинации

Классическая форма условного рефлекса лежит в основе разнообразных схем, позволяющих организовать куда более сложные формы поведения, чем те, которые может осуществлять сама классическая схема. Прежде всего следует отметить, что в роли безусловных и условных раздражителей могут выступать самые разнообразные сигналы и паттерны, образующиеся из сложных комбинаций этих сигналов на выходе рецепторной системы организма. В этих паттернах могут участвовать сигналы различных модальностей (полученные от рецепторов различного типа), в качестве значащих параметров могут выступать скорости изменения отдельных сигналов, их амплитудные или частотные характеристики, наличие или отсутствие определенных сигналов и т. п. Короче говоря, любое изменение информации, приходящее из внешней среды и порождающее значимый паттерн на выходе рецепторной системы, может служить стимулом для возникновения определенной реакции или условным стимулом, на появление которого можно выработать в организме условный рефлекс.

Однако для того, чтобы иметь возможность вырабатывать условные рефлексы на сложные паттерны, выступающие в роли условных раздражителей, надо в нервной системе организма иметь специальные органы, которые бы интегрировали раздражения, поступающие от различных рецепторов, учитывали бы такие параметры, как скорости изменения характеристик сигналов, их временное соотношение и т. п. Со многими задачами такого типа рецепторная система сама справиться не может.

Например, для случая одновременного воздействия двух безусловных раздражителей необходимо использовать механизмы, относящиеся к более высокому уровню нерв-

ной системы, чем те, которые мы описали выше. Так, если на лапку лягушки поместить бумажку, смоченную раздражающей жидкостью, то она рефлекторно подергивает лапкой или другой лапкой смахивает бумажку. Этот безусловно-рефлекторный акт наблюдается и у обезглавленных лягушек. Такое же безусловно-рефлекторное (фиксированное) действие лягушки — прыжок, который в состоянии совершать и обезглавленная лягушка. В нормальных условиях оба рефлекса могут осуществляться одновременно, т. е. в прыжке лягушка подергивает лапкой и сбрасывает обжигающую бумажку, но у обезглавленной лягушки в прыжке второй рефлекс (сбрасывание) не возникает. Отсюда следует, что координация нескольких рефлексов, лежащая в основе всякого достаточно сложного поведения, требует привлечения более высоких отделов нервной системы. Это справедливо и для одиночных условных рефлексов. Достаточно заметить, что анализаторные системы большинства сложных рецепторов находятся в мозгу. Этим, в частности, объясняется то обстоятельство, что степень дифференцировки условных рефлексов у разных животных различна и зависит от степени совершенства их мозга. Так, например, у собак, вырабатывая условные рефлексы, можно добиться различения эллипса и круга, однако при приближении формы эллипса к кругу, наступает момент, когда ясно видимое человеком различие собака обнаружить не может. Продолжение эксперимента не приводит к успеху и обычно завершается нервным срывом и отказом животного от работы.

Исследования, позволившие установить степень элементарной «разумности» в поведении различных видов птиц, проводились известным нейрофизиологом Л. Крушинским, обнаружившим явление, существенно отличное от условного рефлекса и названное им *экстраполяционным рефлексом*.

Сущность одного из экспериментов Крушинского заключалась в следующем. Кормушка 1 с кормом устанавливалась на рельсе 3 и продвигалась вдоль него, попадая в отрезки непрозрачной трубы 2. После некоторого времени продвижения в трубе пища снова оказывалась на виду, но уже с другого ее конца. На рис. 2.33 схематически изображена установка и результаты экспериментов (траектории) с голубями, курами и врановыми птицами (сороками), где пунктиром показаны примерные траектории птиц до попадания пищи в трубу, а сплошными линиями — последующие траектории. Труба состоит из двух отрезков,

между которыми сделан просвет, позволяющий увидеть пищу в середине ее перемещения в трубе. Эксперименты показывают, что голуби (рис. 2.33, а) следуют за кормушкой 1, пока она не скроется в трубе 2 и сразу же прекращают поиск. Куры (рис. 2.33, б) какое-то время пытаются найти пищу у того конца трубы, в который она скрылась, а затем прекращают поиск. Сорока же (рис. 2.33, в) сразу после попадания пищи в трубу бежит к промежутку между трубами и, заметив там пищу, быстро движется к выходу из трубы и дожидается появления кормушки с пищей. Подобным же образом различается и поведение млекопитающих. Кролики, например, ведут себя примерно так же,

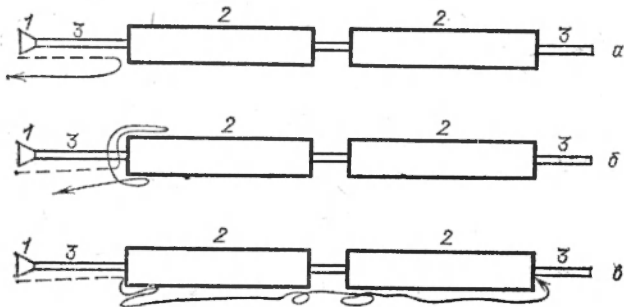


Рис. 2.33

как куры. У других животных обнаруживается экстраполяционный рефлекс. Интересный пример в различии поведения собак, с одной стороны, и лис или волков, с другой, демонстрирует характер преследования этими животными бегущей дичи. На рис. 2.34 представлены соответствующие кривые погони и принцип их построения. Заметим, что траектория а, используемая также в некоторых технических приложениях, получила название «собачьей кривой», а траектории б и в — «волчьей или лисьей кривой». Легко видеть, что преследование с упреждением, зависящим от расстояния до дичи (волчьи кривые), оказывается более эффективным, так как траектория при этом короче и кривизна ее меньше. На приведенном рисунке принято, что скорость преследователя на 25% больше скорости преследуемого. Кривые б и в отличаются величиной упреждающего угла, под которым бежит преследователь. Для кривой б этот угол равен 30° , и преследователь настигает дичь в точке 8 (В"). Для кривой в выбран угол 45° , и цель (дичь) настигается в точке 7 (В"). При погоне по «собачьей

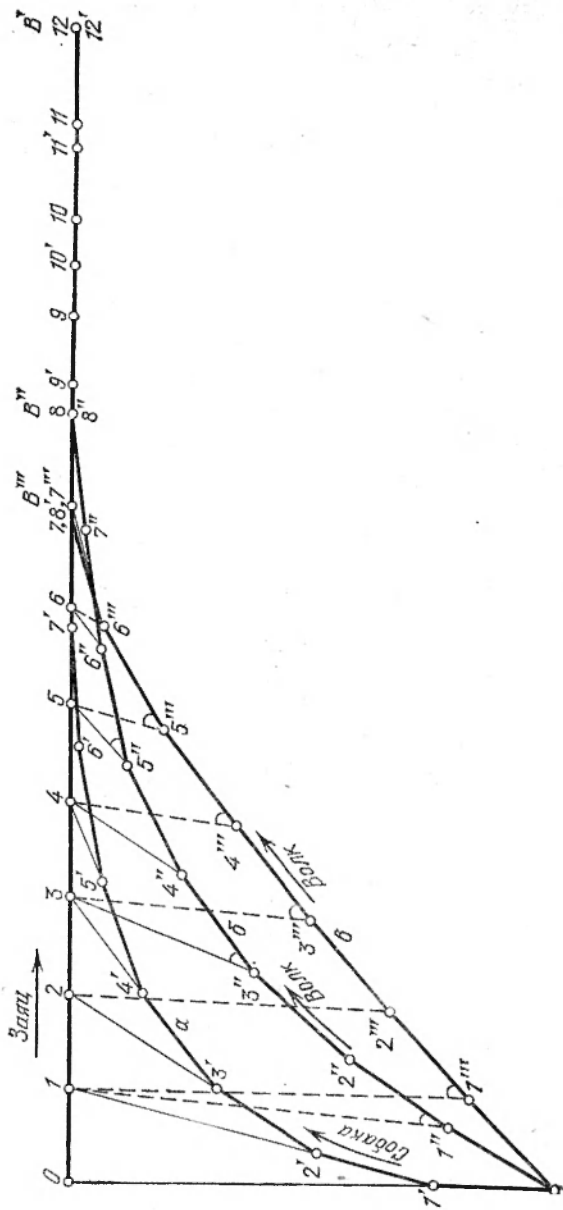


Рис. 2.34

кривой» дичь догоняется в точке $12 (B')$. Если бы хищник умел измерять свою скорость и скорость дичи и знал бы геометрию, то он должен был бы выбрать упреждающий угол равным $\arcsin(v_x/v_d)$, где v_x — скорость хищника, v_d — скорость дичи. При этом, если дичь не изменит направления движения, ее траектория будет прямолинейной и кратчайшей из возможных. Заметим, что для формирования экстраполяционного рефлекса в памяти объекта должно формироваться некоторое представление о будущей ситуации *).

Рассмотрим формирование сложного условного рефлекса, а именно рефлекса, в основе которого лежит другой условный же рефлекс. Мы имеем в виду не переучивание, при котором один условный раздражитель перестает действовать и заменяется другим, а случай, когда в отсутствие первого раздражителя, вызывающего условную реакцию, та же реакция может быть вызвана и другим условным раздражителем. В качестве примера рассмотрим ситуацию, когда после выработки условного рефлекса на звуковой сигнал, обычно подкрепляемый пищей, одновременно с этим сигналом начинает появляться экспериментатор, на что пищевой рефлекс не был выработан. Спустя некоторое число одновременных появлений экспериментатора и звукового раздражителя пищевой (слюнный) рефлекс будет возникать и при виде экспериментатора без соответствующего звукового сигнала. Возможны два случая. Первый — появление экспериментатора связано только с подачей звукового сигнала и не связано непосредственно с пищевым подкреплением, и второй — появление экспериментатора связано с пищевым подкреплением и становится вторым условным раздражителем. Во втором случае мы имеем дело просто с генерализацией стимулов, т. е. с положением, когда один условный стимул (звук) заменился более сложным стимулом (звук и (или) экспериментатор). Схема, описывающая первый случай, приведена на рис. 2.35. Здесь условный раздражитель b связан с безусловным a обычной схемой условного рефлекса с первым элементом памяти с порогом. Условный же раздражитель c непосредственно с безусловным не связан, а с помощью связи через второй элемент памяти связан с условным

*) Заметим, что экстраполяционный рефлекс наблюдается у необученных птиц. Птиц, не обладающих этим рефлексом, можно обучить и выработать у них внешне похожий условный рефлекс на скорость и перемещение пищевого раздражителя, который, однако, не будет связан со степенью разумности объекта.

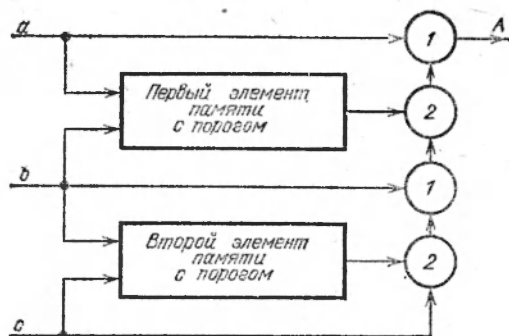


Рис. 2.35

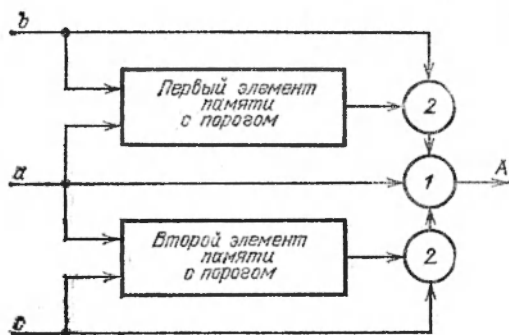


Рис. 2.36

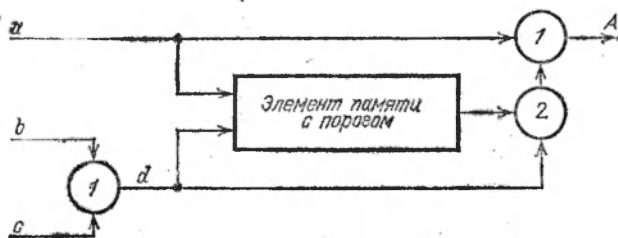


Рис. 2.37

раздражителем b и может его заменить в основной схеме условного рефлекса. Случай генерализации стимулов изображен на рис. 2.36. Здесь оба условных стимула b и c образуют с безусловным стимулом a одинаковую типовую схему условного рефлекса. Поэтому можно считать, что в этом случае мы имеем дело с одним стимулом d , определяемым как

$$d = b \vee c.$$

Содержательно такая формальная замена двух стимулов одним не вполне оправдана, так как элементы памяти с пороговыми могут различаться и, кроме того, частоты появления каждого стимула могут быть неодинаковыми. Настоящее объединение стимулов b и c можно получить, если подать их на вход d обычной схемы рефлекса, как показано на рис. 2.37. В этом случае стимулы неразличимы, и после выработки рефлекса на один из них рефлекс будет сохраняться и для другого. Естественно, что подобным образом можно объединить любое число элементарных стимулов. Интересной моделью, в которой имитируется объединение

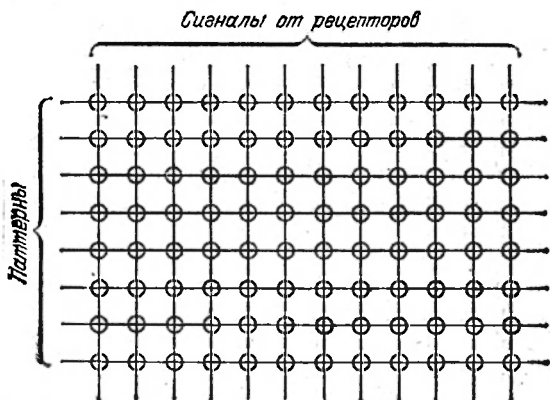


Рис. 2.38

нескольких условных рефлексов, являются *обучаемые матрицы*, предложенные и исследованные немецким кибернетиком К. Штайнбухом. Вид такой матрицы показан на рис. 2.38. В этой матрице вертикальные шины имитируют рецепторы организма. Если на один из рецепторов попадает из внешней среды сигнал, возбуждающий его, то в обучаемой матрице возбуждается соответствующая «рецепторная» вертикальная шина. Горизонтальные шины

возбуждаются, когда возбуждена определенная группа вертикальных шин. Это означает, что возбуждение некоторой горизонтальной шины имитирует появление определенного паттерна на выходе рецепторной системы живого организма. Передача возбуждения с вертикальных шин на горизонтальные возможна в местах их пересечения. Возможность этой передачи возникает в процессе обучения модели по методу условного рефлекса.

Условные рефлексы (связи в местах пересечения) образуются в фазе обучения при многократном повторении одновременного возбуждения пересекающихся шин. Эти связи, как и все условные рефлексы, могут ослабевать при прекращении подкреплений. Для реализации таких связей и отражения динамики их установления и угасания можно воспользоваться различными техническими средствами. Это могут быть схемы с памятью, в которой накапливается число совпадений возбуждений двух или большего количества вертикальных шин, одна из которых соответствует появлению безусловного раздражителя, а остальные — появлению условных. Накопление информации по этим совпадениям приводит к тому, что возникает сигнал, выдаваемый на горизонтальную шину в месте соединения ее с той или иной вертикальной шиной, входящей в совокупность условных рефлексов, устанавливаемых в данной серии экспериментов.

Обучаемые матрицы могут моделировать и безусловно-рефлекторные связи и явление импринтинга, когда устойчивая связь между вертикальными и горизонтальными шинами устанавливается за один раз и затем не разрушается.

Рассмотрим, как происходит формирование связей в обучаемых матрицах. Места, где возможно установление таких связей, будем на рисунках изображать незаштрихованными кружочками, а те места, где она уже возникла, — заштрихованными (рис. 2.38, 2.39).

Пусть имеется шесть различных рецепторов, которые мы для наглядности будем считать зрительными. Модальность рецепторов, как будет видно из дальнейшего, роли не играет. Кроме того, будем обозначать одними и теми же символами b_i ($i=1, 2, 3, 4, 5, 6$) сами рецепторы и их состояния. Рецепторы расположены так, как показано на рис. 2.40, *a*. Пусть каждый рецептор реагирует только на свет ($b_i=0$) и темноту ($b_i=1$). Если каждому состоянию рецептора соответствует возбуждение промежуточного нейрона, то возникнет 12 таких нейронов, которые мы свяжем

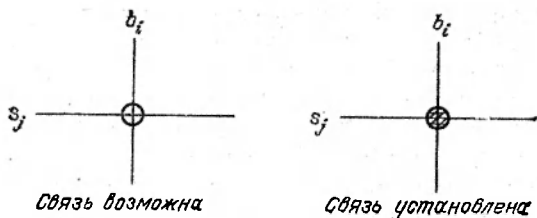


Рис. 2.39

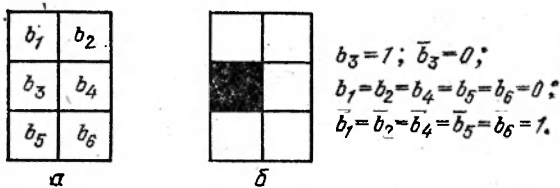


Рис. 2.40



Рис. 2.41

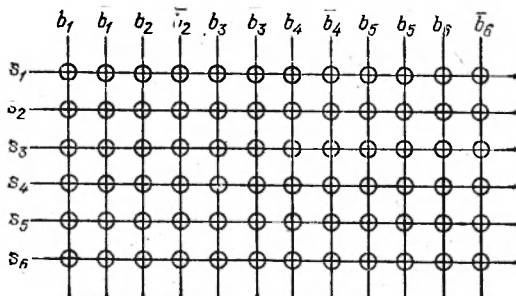


Рис. 2.42

с «рецепторными» шинами обучаемой матрицы. При этом состоянию «свет» будет соответствовать наличие сигнала на шине \bar{b}_i , а состоянию «темнота» — сигнал на шине b_i . На рис. 2.40, б показан пример ситуации, когда в состоянии «темнота» находится третий рецептор, а остальные освещены. На том же рисунке приведены состояния всех двенадцати шин матрицы. Заметим, что наше предположение о существовании нейронов, возбуждающихся при темноте или на свету, отвечает действительному строению зрительных анализаторов, в которых обнаружены *of*-нейроны, генерирующие импульсы при освещении рецепторной клетки сетчатки, и *on*-нейроны, генерирующие импульсы в отсутствие освещения.

Шести рецепторам, выбранным нами, соответствует $2^6=64$ различных паттерна. Будем для простоты считать, что из них значимы (т. е. такие, на которые объект должен реагировать своим способом) только шесть, показанных на рис. 2.41.

В начальном состоянии (до обучения) ни одна связь еще не установлена и обучающая матрица имеет вид, изображенный на рис. 2.42.

Пусть, например, мы хотим обучить систему распознавать паттерн, задаваемый одновременным возбуждением вертикальных шин, соответствующих состояниям b_1 , b_2 , b_3 , \bar{b}_4 , b_5 и b_6 . Пусть для отклика на этот паттерн выбрана горизонтальная шина s_4 . Тогда после обучения мы хотим получить такое соединение вертикальных шин с шиной s_4 , которое показано на рис. 2.43.

На этом рисунке заштрихованными кружками показаны места, в которых после обучения должны установиться соединения вертикальных и горизонтальных шин. Как уже говорилось, на месте каждого кружка на рис. 2.42 находится специальная схема, моделирующая процедуру установления условного рефлекса. Как она устроена, для нас роли не играет. На выходе схемы (если она сработала) появление сигнала на входе вертикальной шины, с которой эта схема связана, вызывает появление сигнала, передаваемого на горизонтальную шину. Сила этого сигнала (например, его амплитуда) такова, что она составляет $1/6$ силы того сигнала, который может быть считан с горизонтальной шины. Иными словами, сигнал на шине, который может быть считан, возникает только тогда, когда все схемы, соответствующие заштрихованным кружкам, выдадут свои сигналы на эту шину.

После обучения системы реакции на все интересующие нас шесть паттернов мы получим матрицу, показанную на рис. 2.44. Так как для любой из горизонтальных шин на этом рисунке имеется шесть заштрихованных кружков, то при любой комбинации сигналов на вертикальных шинах либо возбуждается в точности одна горизонтальная



Рис. 2.43

шина (на ней возникает сигнал достаточной для считывания силы), либо не возбуждается ни одна из горизонтальных шин (комбинация сигналов, поступивших на рецепторы, для системы не значима).

В зависимости от того, как устроены схемы, показанные на наших рисунках в виде кружков, матрицы могут обладать или не обладать свойством обратимости. Это свойство состоит в том, что в обратимых матрицах имеется

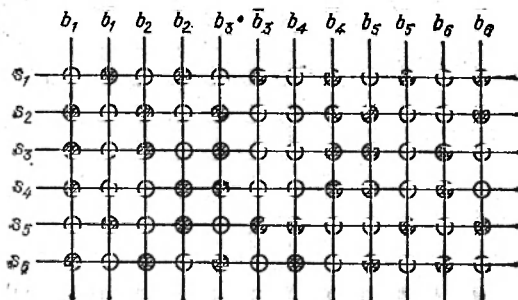


Рис. 2.44

симметрия вертикальных и горизонтальных шин, понимаемая в следующем смысле. Если при возбуждении определенной комбинации рецепторов на некоторой горизонтальной шине возникает считываемый сигнал, то при подаче на данную шину такого же сигнала он должен возбудить на вертикальных шинах комбинацию сигналов, которая поступала до этого с рецепторов. Если такая обратимость на схемах, использованных для обучения условным рефлексам, невозможна, то мы будем предполагать, что в матрице имеются другие специальные схемы,

которые делают операцию обращения реализуемой. Свойство обратимости позволяет моделировать феномен представления, когда возбуждение паттерна в памяти системы приводит к представлению о ситуации внешней среды, которой этот паттерн соответствует.

За счет соединения матриц между собой можно получить достаточно сложные иерархические структуры. В подобных структурах выходы с горизонтальных шин одних

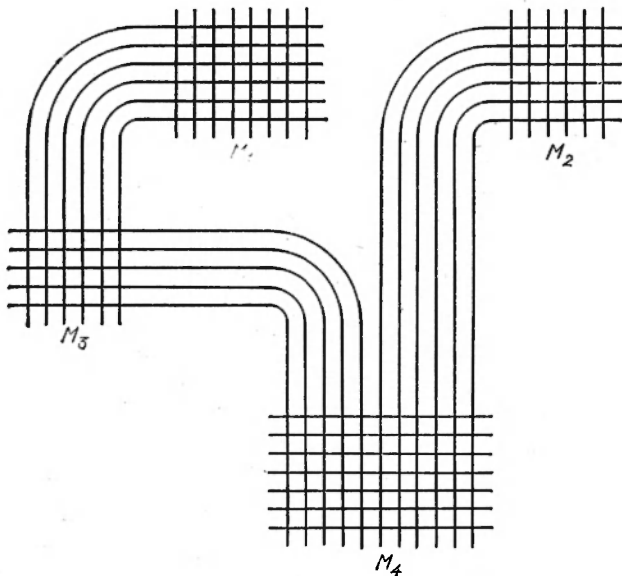


Рис. 2.45

матриц могут использоваться как входы вертикальных шин других матриц. Пример такого соединения дан на рис. 2.45. При этом если вертикальные шины ранее рассматривавшейся нами матрицы были соединены непосредственно с рецепторами, т. е. возбуждались за счет тех или иных ситуаций внешнего мира, то вертикальные шины матрицы второго и последующего уровней возбуждаются паттернами, выработанными на предшествующих уровнях.

Можно считать, что движение по матрицам сверху вниз от рецепторных входов к выходам на самом нижнем уровне моделирует процесс абстрагирования (обобщения), при котором происходит постепенный переход от комплекса

сигналов, поступивших на рецепторы, к тому, что мы ранее назвали образами. Если число различных ситуаций, воспринимаемых рецепторами, практически неограничено, то с каждым новым уровнем обработки они объединяются во все меньшее число классов, из которых, наконец, формируется небольшое число обобщенных образов. Мы оставляем открытым вопрос о том, происходит ли такое обобщение сознательно или бессознательно. Подчеркнем только, что столь сложный процесс, как обобщение, для своей реализации не требует ничего, кроме рассмотренных нами рефлексов.

Изменив порядок прохождения сигналов в матрицах, можно с помощью возбуждения шины, соответствующей некоторому образу, возбудить, двигаясь снизу вверх, одну из возможных комбинаций состояний рецепторов. Такая процедура моделирует операцию конкретизации образа в виде некоторого «чувственного» представления.

Если учесть, что для совершения даже совсем простых движений требуется согласованная совместная работа большого числа эффекторных элементов, можно считать, что подобное соединение обучаемых матриц, рассматриваемое снизу вверх, моделирует процесс превращения единичного сигнала (например, команды «идти») в сложный комплекс сигналов участвующего в этом движении множества эффекторных элементов (мотонейронов). Мы отдаем себе отчет в том, что одного перечисления всех двигательных единиц, реализующих какое-либо, даже самое простое движение, недостаточно, что процесс этот требует сложного согласования времен включения и выключения необходимых двигательных единиц, наличия многих обратных связей для учета и компенсации сопротивления среды в ходе выполнения движения, а также учета целого ряда кинематических, динамических и иных факторов. Тем не менее выбор основных типовых программ и управляющих движением сигналов — необходимое условие выполнения движения, и в первом приближении последнее можно промоделировать рассмотренной схемой, т. е. можно осуществить на рефлекторном уровне.

Закончим этими примерами обсуждение моделей из обучаемых матриц и перейдем к рассмотрению обучающейся модели на нейронах с использованием принципов формирования условных рефлексов. Модель эта предложена в 1954 г. Б. Фэрли и У. Кларком.

Содержательно задача ставится следующим образом. Имеется множество нейронов $\{k_i, i=1, n\}$, случайно свя-

занных друг с другом. Под *связью* здесь понимается способность одного нейрона передавать при возбуждении сигнал другому, причем при некоторых сочетаниях этих сигналов нейрон тоже может возбудиться. Множество нейронов произвольным образом разбито на две части — входные и выходные нейроны. Входные нейроны получают возбуждающие воздействия от внешней среды (от экспериментатора), а выходные — только от других нейронов множества $\{k_i\}$. Задача состоит в таком выборе свойств нейронов и способов изменения связей между ними, чтобы,

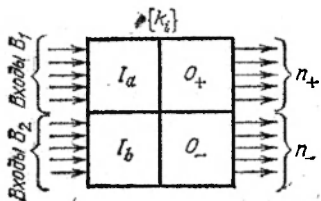


Рис. 2.46

множественно возбуждая некоторые входные нейроны, добиться регулярного возбуждения определенной группы выходных нейронов или по крайней мере большинства нейронов этой группы.

Одним из рассмотренных Фэрли и Кларком примеров (не единственный) был следующий. Половина нейронов была

выбрана входными, и среди них были выделены две равные группы нейронов I_a и I_b . Выходные нейроны также были разбиты на две равные группы O_+ и O_- . Необходимо было добиться, чтобы возбуждение всех нейронов из I_a вызывало возбуждение всех или большинства нейронов из O_+ , а возбуждение группы I_b влекло за собой возбуждение всех или большинства нейронов из O_- . Пример, поясняющий такое разбиение множества нейронов, схематически изображен на рис. 2.46. Заметим, что в силу случайности начального установления связей и произвольного отнесения нейронов исходного множества к группам входных и выходных, задача приобретает большую общность. Цели заключаются в установлении условно-рефлекторных связей между группами нейронов, произвольно связанных между собой в начальный момент.

Модель была построена следующим образом.

1. Каждый нейрон k_i может воздействовать на любой нейрон k_j , $i \neq j$, с интенсивностью ω_{ij} , так что совокупность всех связей описывается матрицей вида

$$\Omega' = \|\omega_{ij}\|, \quad \text{где } i, j = \overline{1, n} \text{ и } \omega_{ii} = 0. \quad (*)$$

Предполагается, что нейроны не воздействуют сами на себя.

2. Каждый нейрон k_i может получать воздействие из

внешнего мира, интенсивность которого обозначим также через ω_{ii} , и поместим эти отличные от нуля ω_{ii} на диагонали матрицы Ω' . Построенная таким образом матрица Ω будет описывать все воздействия, поступающие на нейроны

$$\Omega = \|\omega_{ij}\| \quad (i, j = \overline{1, n}).$$

3. Нейрон k_i характеризуется двумя неотрицательными величинами: степенью возбуждения S_i и порогом возбуждения h_i .

4. Степень возбуждения в некоторый момент дискретного времени t является функцией состояния данного нейрона в предыдущий момент $t-1$ и величин возбуждений, полученных нейроном в момент t ; она также может зависеть от свойств самого нейрона и возможных «шумов», имеющих случайный характер.

В описываемой модели степень возбуждения определяется следующим соотношением:

$$S_i(t) = (1 - \delta_i) S_i(t-1) + \sum_{j=1}^n \omega_{ij}(t) + \xi_i,$$

где δ_i — константа затухания возбуждения в отсутствие возбуждающих воздействий, ξ_i — случайная составляющая («шум»).

Заметим, что степень возбуждения здесь соответствует накопленному значению N_i в модели условного рефлекса Эттингера, рассмотренной в § 2.3. Величины $\omega_{ij}(t)$, представляющие собой составляющие интенсивности возбуждения i -го нейрона за счет j -х, определяются следующим образом:

$$\omega_{ij}(t) = \begin{cases} 0 & \text{при } S_j \leq h_j, \\ \omega_{ij} & \text{при } S_j \geq h_j. \end{cases}$$

Это означает, что на данный нейрон могут воздействовать лишь те нейроны, которые были возбуждены в предыдущий момент времени.

Порог возбуждения h_i — также переменный и равен

$$h_i = h'_i e^{-\alpha_i t} + h''_i + h_{см},$$

где h'_i — наибольшая величина порога, характеризующая данный нейрон, α_i — характеристика спада порога возбуждения, уменьшающая порог, если нейрон не возбуждался в течение времени τ , h''_i — минимальное значение порога, определяемое свойствами нейрона и $h_{см}$ — по-

стоянное смещение порога, общее для всех или для группы нейронов и устанавливаемое управляющей схемой.

Нейрон возбуждается, если выполняется неравенство

$$S_i \geq h_i.$$

Введение величины h_i позволяет обеспечить невосприимчивость нейрона к новым возбуждениям в течение некоторого времени, т. е. моделирует существующий у нейронов рефрактерный период.

Описанная система находится под воздействием управляющей схемы (модификатора), которая может изменять смещения $h_{см}$ порогов и изменять матрицу Ω' связей между нейронами. Критерием, в соответствии с которым работает управляющая схема, служит величина $N(t)$, определяемая соотношением

$$N(t) = N(t-1) + n_+(t) - n_-(t),$$

где $n_+(t)$ — число возбужденных нейронов в группе O_+ , $n_-(t)$ — их число в группе O_- . Если $N(t)$ положительна, то в следующем такте подаются сигналы на вход B_2 и возбуждаются все нейроны группы I_b . В противном случае, т. е. если $N(t) < 0$, входные сигналы подаются на B_1 и возбуждаются все нейроны группы I_a . При правильной работе системы при любом начальном значении $N(t)$ будет убывать по абсолютной величине, пока не начнет колебаться, меняя знак в области, близкой к нулю.

Поскольку значение $N(t)$ зависит от значений элементов матрицы связей Ω' , управляющее устройство непрерывно изменяет ее, воздействуя на связи ω_{ij} . Так, если система в некотором такте работает правильно, т. е. если

$$|N(t)| \leq |N(t-1)|,$$

то она усиливает все связи ω_{ij} , имевшиеся в предыдущем такте. В случае неправильной работы все связи ω_{ij} , действовавшие в предыдущем такте, уменьшаются.

Эксперименты с описанной системой показали, что при любых начальных условиях она способна в ходе функционирования менять свою структуру и обучаться заданному условному рефлексу.

Степень активности системы, т. е. скорость реагирования на неправильное поведение, можно регулировать, изменяя значения величин $h_{см}$, т. е. усиливая или ослабляя «мотивацию» системы.

Заканчивая рассмотрение рефлекторного поведения, заметим, что введение условных рефлексов существенно усложняет общую схему организации поведения (см. рис.

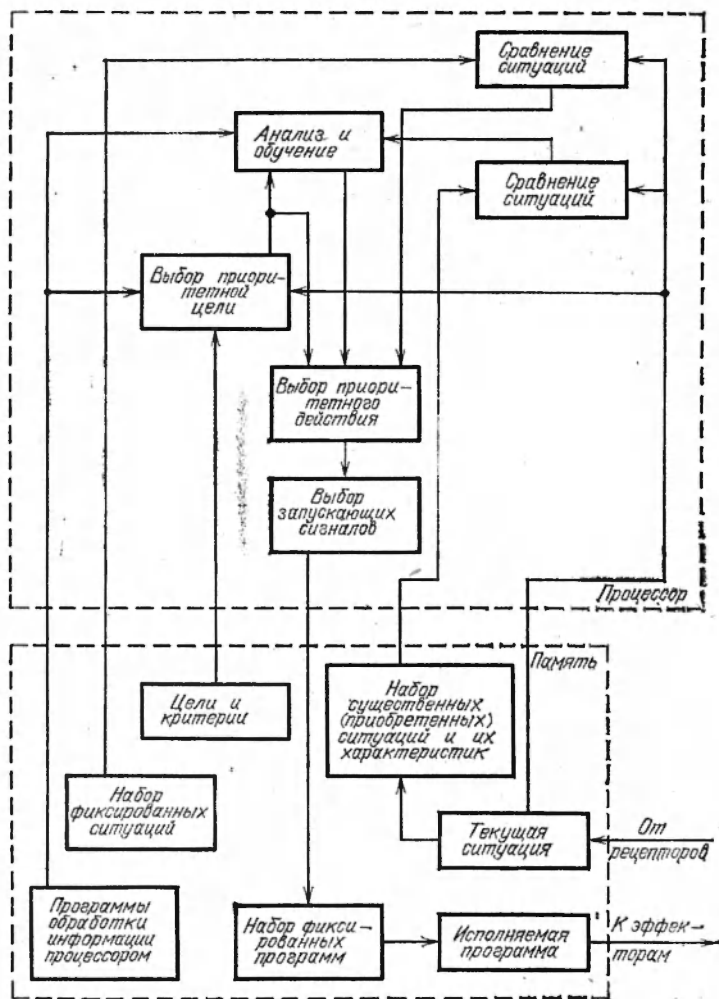


Рис. 2.47

1.1). Так, по сравнению с вариантом этой схемы для случая безусловных рефлексов (см. рис. 2.20) память, помимо набора фиксированных ситуаций и текущей ситуации,

должна содержать набор существенных ситуаций, на которые выработаны условные рефлексы с критериями (целями), связанными с каждой из этих ситуаций, а также память о времени. Процессор в свою очередь должен выполнять ряд дополнительных функций, к которым, помимо перечисленных в конце § 2.2, должны относиться: осуществление обучения и забывания, обобщение ситуаций и связь их с критериями (оценками этих ситуаций), установление приоритетов реакций, выработка сигнала прерывания и др. Общая схема формирования поведения в этом случае будет иметь вид, представленный на рис. 2.47.

СЛОЖНЫЕ ФОРМЫ ПОВЕДЕНИЯ

Умного отличает прежде всего то, что он может схватить ситуацию в целом, увидеть путь, ведущий к успеху, там, где для остальных решение будет скрыто множеством не связанных между собой частных факторов и обстоятельств.

Ф. Кликс

§ 3.1. Память и поведение

Рассмотренные в гл. 2 простейшие виды поведения, называемого рефлекторным, нельзя реализовать без наличия памяти, содержащей достаточно много разнообразной информации, формирующейся в ходе деятельности.

В конечном счете весь репертуар поведенческих актов определяется возможностями эффекторной системы и разнообразием образов, хранящихся в памяти. Операции над образами, выполняемые условно выделенным нами блоком — процессором, достаточно просты и сводятся к сравнению, простой оценке этих образов и ее выбору в соответствии с простыми критериями.

Наблюдения и исследования реальных форм поведения показывают, что их богатство, разнообразие и вариативность существенно зависят от сложности и объема нервной системы, т. е. в первую очередь от свойств и возможностей памяти и в меньшей степени от возможностей оперирования с ее содержимым, от возможности преобразования хранящейся в ней информации. Можно считать, что организация сложных форм поведения — это прежде всего организация работы механизмов памяти. Именно поэтому в моделях сложного поведения основное внимание уделяется памяти, ее структуре и функционированию.

Перейдем к рассмотрению с этой точки зрения некоторых понятий, существенных для описания и понимания сложных форм поведения, выходящих за пределы чисто рефлекторного *).

Прежде всего выделим в общей памяти три области: *область хранения информации о состоянии организма, область хранения данных о положении и состоянии эффекторов и, наконец, область, содержащую информацию о*

*) К таким формам относятся, например, рассмотренные выше экстраполяционные рефлексy.

внешнем мире (окружающей среде). Это разделение соответствует существующему в высоко организованных животных разделению рецепторных систем на группы. Заметим некоторую условность такого разделения; так, например, можно видеть положение своих конечностей, т. е. воспринимать его средствами восприятия внешнего мира, а можно также ощущать их положение по данным рецепторов, находящихся в самих конечностях и выдающих информацию об их положении и об условиях, возникающих в них (проприорецепторов). Заметим также, что подобное разделение функций как памяти, так и рецепторных систем возникает на разных уровнях развития живых систем и у различных организмов оказывается неодинаковым.

Следующая важная особенность памяти и рецепторной системы — способность (развитая у разных видов в различной степени) воспринимать не всю информацию о наблюдаемой ситуации в целом, а выделять в ней информацию об отдельных объектах или их параметрах, значимых для системы.

Иными словами, в таких системах начинает проявляться внимание, т. е. такая настройка рецепторов, при которой они выдают не всю информацию, а только ту, которая может быть реально использована для организации поведения. Вся же остальная, фоновая информация, безразличная для системы, не воспринимается и не фиксируется в памяти. Излагая здесь наши представления о памяти, мы хотели бы подчеркнуть, что они в значительной степени имеют гипотетический характер и основаны главным образом на данных о поведении. По-видимому, эти соображения относятся лишь к не очень глубоким слоям памяти.

Классические эксперименты У. Пенфильда по раздражению во время хирургических операций коры головного мозга человека, во время которых он вспоминает о многих давно забытых и часто незначимых фактах, так же как и другие эксперименты, позволяют предполагать, что в глубинных слоях памяти сохраняется значительно больше информации, в том числе и незначимой. Забывание при этом можно трактовать не как стирание информации из памяти, а как прекращение (временное или постоянное) доступа к соответствующим ее частям. Нам представляется также, что глубина и характер доступа к накопленной в памяти информации существенно зависят от эмоционального состояния. В различные моменты времени внимание в зависимости от состояния системы может быть направлено на различные объекты или на различные образы,

хранящиеся в памяти. Сам процесс выделения образов имеет условно-рефлекторный характер, и его легко представить моделями условных рефлексов. Таким образом, в памяти формируется структура, представляющая собой совокупность образов объектов внешнего мира, т. е. формируется некоторое его описание (модель). В простейшем случае такая модель врожденна и содержит три класса образов: пищевые образы, образы опасности и безразличные образы. Заметим, что уже в этом простейшем случае модель имеет знаковый характер, т. е. в ней хранятся не ситуации, а сигналы — знаки ситуаций и (или) их частей и признаков. Если модель не врожденна, она может пополняться в ходе функционирования в результате обучения. Таким образом, одна из функций обучения — пополнение модели внешнего мира, хранящейся в памяти.

Другая функция обучения связана с частью памяти, где хранятся данные о состоянии эффекторов, а также с той ее частью, в которой хранятся программы, управляющие рецепторами. Лишь у некоторых живых объектов (в том числе у насекомых) такие программы строго фиксированы и содержатся во врожденных схемах безусловных рефлексов. В большинстве же случаев программы управления эффекторами (например, ходьбы, сохранения позы у стоящего человека и многих других движений), представляющие сложные комплексы взаимосвязанных, скоординированных сигналов, поступающих на чрезвычайно большое количество отдельных эффекторов, формируются в ходе обучения на соответствующих стадиях онтогенеза. Отметим, что в программах управления движениями участвуют все уровни нервной системы — спинной мозг и различные отделы головного. В памяти поэтому должны храниться как программы-стереотипы, ответственные за общий план отдельных видов движений, так и средства корректировки этих программ, изменяющихся применительно к конкретным условиям осуществления движений. Вопросы управления движениями составляют значительный раздел современной нейрофизиологии. Основные результаты, касающиеся этого раздела, принадлежат Н. Бернштейну. Ему же принадлежит идея о том, что в основе обучения движениям лежит принцип сокращения большого числа степеней свободы комплекса эффекторов, участвующих в движении, об иерархическом построении управляющей системы, согласовывающей работу реализующих движения подсистем различных уровней. В настоящее время более тонкие детали управления движениями

успешно исследуются В. Гурфинкелем и его сотрудниками. Здесь нам хотелось бы только подчеркнуть, что в управлении движениями памяти принадлежит важная роль хранилища стандартных и корректирующих программ управления.

Обратимся теперь к части памяти, хранящей информацию о внутренней среде организма. Как уже отмечалось, цель всех видов поведения в конечном счете состоит в поддержании жизнеспособности организма, т. е. сохранении параметров его внутренней среды в определенных границах. В основе сохранения равновесия внутренних параметров среды лежит принцип гомеостаза, сформулированный известным физиологом У. Кэнноном еще в двадцатые годы нашего века.

Внутреннее поведение объекта, которое, следуя Кэннону, будем называть *гомеостатическим*, заключается в одновременном изменении множества параметров этой среды — химического состава, температуры, артериального давления, содержания в крови вредных веществ, возникших в результате обменных процессов. Такие изменения осуществляются множеством взаимосвязанных систем регулирования, каждая из которых воздействует, как правило, на один из параметров, стремясь установить его нужное значение. При этом, пытаясь отрегулировать значение «своего» параметра, система «портит» другие и заставляет тем самым функционировать другие системы регулирования, устанавливающие «свой» и портящие «чужие» параметры. В результате такого противоречивого функционирования многих систем они в конце концов приходят к некому состоянию равновесия с определенным набором требуемых значений параметров внутренней среды. При этом изменение значения одной регулируемой величины или даже выход одной из систем регулирования из строя не нарушает равновесия всей системы, а лишь несколько изменяет значения параметров, соответствующих точке равновесия. При достижении гомеостаза в живых организмах довольно часто происходит взаимодействие регуляторов, действия которых в некотором смысле антогонистичны друг другу. Например, состояние крови у высших животных регулируется двумя видами химических регуляторов. Одни из них подают в кровь вещества, сжижающие ее, а другие способствуют свертыванию крови. Только их взаимодействие создает то равновесное состояние крови, которое нужно организму. Аналогичным образом во многих случаях действуют сигналы, поступающие

от симпатической и парасимпатической нервных систем. Несколько более отдаленную аналогию демонстрируют пары мышц-антагонистов — сгибателей и разгибателей.

Значения гомеостатически регулируемых параметров внутренней среды фиксируются в памяти, стимулируя возникновение того или иного вида поведения. Так, понижение температуры вызывает интенсивную дрожь или другие произвольные движения эффекторов, вызывающие разогревание системы, изменения химического состава внутренней среды могут вызвать ощущения голода или жажды, стимулировать поиск воды или пищи и т. п. Совокупность указанных параметров (на самом деле все гораздо сложнее, чем в приведенном примитивном описании) формирует те внутренние сигналы, которые запускают программы поведения. Заметим, что различные наборы этих сигналов могут взаимодействовать друг с другом. Так, например, чувство опасности чаще всего подавляет чувство голода и, тормозя пищедобывательное поведение, инициирует оборонительное.

Заканчивая эти общие замечания о значении памяти для организации сложных форм поведения, обратим внимание на то, что в ней, начиная с некоторого уровня развития, должна храниться и информация о самом организме и его положении в окружающей среде, о взаимном расположении его органов. То, что такие представления о себе («память тела») присущи не всем представителям животного мира, вытекает из следующих примеров. Змеи в погоне за жертвой принимают за нее собственное тело, кусают его и даже пытаются (несмотря на сопротивление) проглотить его. О плохом знании своего тела, его размеров, свидетельствуют и то, что змеи и домашние мыши застревают в маленьких отверстиях, например в ячейках изгороди, в которые свободно проходит из голова. Вместе с тем известно, что, например, олени хорошо представляют и умеют учитывать свои размеры и, в частности, размер рогов. Примером отсутствия представлений о своем теле может, вероятно, служить и упоминаемое в литературе агрессивное поведение скорпионов, изгибающих вверх и вперед в состоянии возбуждения свой жалящий хвост. Нам кажется, что при весьма сильном возбуждении его хвост изгибается очень сильно и, натываясь на собственную голову, рефлекторно жалит ее, в результате чего животное погибает. Отметим, что заполнение отдела памяти, хранящего информацию о своем теле, осуществляется, видимо, в раннем возрасте. Так, младенцы и детеныши

зверей в ходе беспорядочных и хаотических движений ощупывают и рассматривают себя и приобретают первые навыки согласования своих движений с формой и размерами собственного тела. Тем же целям служит в значительной степени и игровое поведение молодых животных, свойственное почти всем млекопитающим и некоторым птицам.

§ 3.2. Некоторые составляющие сложных форм поведения

Выше уже указывалось, какое значение даже для простых форм поведения имеют накопленные в памяти представления о характере и свойствах окружающего мира. К числу такой информации относятся представления об объектах окружающего мира (пища и опасность) и их расположении в пространстве, способность выделять (распознавать) новые объекты и пополнять ими набор своих представлений, способность оценивать результаты собственных действий и в зависимости от этого продолжать реализацию старых или включать новые поведенческие программы; к ней относится, наконец, знание некоторых закономерностей, свойственных окружающему миру. Степень и разнообразие таких представлений в значительной степени определяет сложность и «разумность» присущих данному объекту форм поведения.

Следующим важным фактором служит наличие у объекта представлений о себе и своем положении в мире, что позволяет ему оценивать результаты своих действий и корректировать их, даже если они не привели к достижению цели.

Важным свойством, которое биологи называют элементарной *рассудочностью*, является способность, используя эти представления, предугадывать ход изменения ситуации и прогнозировать некоторую общую ситуацию. Данная способность проявлялась уже в экстраполяционных рефлексах, невозможных без знания того свойства мира, что объекты, движущиеся в некотором направлении, и в дальнейшем обычно продолжают двигаться в том же направлении. Способность к экстраполяции проявляется и в других видах поведения (например, при управлении движениями, при выборе цели с учетом своего состояния и т. п.) Многие специалисты считают, что принцип «предвидимого будущего» есть основной элемент, определяющий поведение живых существ. Мы полагаем, что в процессе

экстраполяци важно то обстоятельство, что запускающим элементом, определяющим характер поведения, служит не цель, достигаемая в ходе поведения, а некое представление о своем будущем положении и, следовательно, представление о некоей итоговой ситуации, возникшей в результате динамического изменения среды, в частности из-за активных действий самого живого существа.

Способность замещать реальный объект представлением о нем, формирующимся в памяти (образом), и использовать это представление для планирования последующих действий кажется нам весьма существенным зародышем возникновения сознания.

Следующий важный элемент знаний о внешнем мире это представление о других, себе подобных. Способность различать особей своего вида и даже выделять среди них особей, принадлежащих к своей и чужой стаям, обнаружена у многих видов обезьян и у ряда других представителей животного мира. В частности, некоторые обезьяны хорошо распознают не только представителей своей стаи, но и надежно выделяют среди них индивидов, находящихся с ними в близкой степени родства.

Очень важна также способность устанавливать ассоциативные связи между каким-либо признаком, связанным с объектом, и самим объектом. В этом случае сигнал о наличии признака замещает собой объект, т. е. вызывает представление о целом объекте, которому присущ данный признак. Такими признаками могут быть звуки, по которым распознается издающий их объект, запахи и многое другое. Свойство идентифицировать объекты по запаху, присущее собакам, широко используется в розыскных ситуациях. Известен случай, многократно повторявшийся в одной семье, где жило двое военнослужащих. Жившая в этой семье собака-боксер приходила в сильное волнение, если один из военнослужащих случайно надевал фуражку другого.

К числу составляющих сложного поведения относится и способность к формированию абстракций проявляющаяся в различении плоских и объемных фигур, а также способность к запоминанию длинных последовательностей действий, ведущих к достижению цели, способность воспринимать и использовать в качестве условного раздражителя понятие «новое» (что было доказано К. Прайер в экспериментах с дельфинами) и многие другие.

В ряду составляющих сложных форм поведения заметную роль играет также способность к манипуляционной

деятельности, предполагающая достаточно глубокие знания о свойствах предметов, применяемых в качестве инструментов для достижения цели, а также использование знаковой информации (жестов, звуков и т. п.) как в качестве предупреждающих и координирующих сигналов, так и в прямом информационно-коммуникационном смысле.

Многие из этих свойств имеют в своей основе условно или даже безусловно-рефлекторный поведенческий акт, но большинство свойств приобретает в ходе жизнедеятельности и требует для своей реализации достаточно сложных представлений и знаний, зафиксированных в памяти. Далее, при рассмотрении конкретных примеров мы попытаемся выделять те механизмы памяти, без которых, как нам представляется, невозможно объяснить сущность тех или иных видов поведения.

§ 3.3. Обучающие виды поведения

Мы уже видели, что практически все формы поведения, за исключением безусловно-рефлекторного, имеют то или иное отношение к обучению. Тем не менее существуют такие формы поведения, основная цель которых — приобретение новой информации, причем могут приобретаться знания о внешнем мире и его свойствах, о себе и своем положении в мире, а также навыки умения выполнять те или иные действия (например, согласованно управлять собственными рецепторами).

К формам обучающего поведения относятся: обучение и управление движениями, ориентировочно-исследовательское поведение, игры и игровое поведение и, наконец, подражательное поведение.

Управление движениями, даже такими привычными, как поддержание позы или ходьба, обеспечивает согласованное действие множества эффекторов (мотонейронов), число которых может достигать многих сотен и даже тысяч. Таким образом, объект управления — тело животного представляет собой систему с колоссальным числом степеней свободы. Естественно, что независимое управление каждым отдельным эффекторным элементом (мотонейроном) практически неосуществимо, так как потребовало бы сложнейшей сети передачи информации от каждого мотонейрона в управляющий центр. Кроме того, оно не может быть достаточно эффективным из-за необходимости учитывать все те мелкие случайные изменения, которые в массе компенсируются и на характере движения практически не сказываются.

Образно говоря, такое полностью централизованное управление можно сравнить с попыткой в ходе большого сражения управлять не группами бойцов (подразделениями, частями и соединениями), а непосредственно каждым бойцом в отдельности из одного командного органа. Подобно бойцам в этом примере, в ходе реализации движения отдельные эффекторные элементы объединяются в группы, в пределах которых они работают синхронно и выполняют одну из задач, общую для всех элементов группы, например изменяют положение одного сустава или приводят в движение одну мышцу. Эти группы эффекторных элементов, связанных общей для всех элементов задачей, называются *синергиями* и представляют элементарные подсистемы общей системы, реализующей движение. Общий план выполнения движения заключается теперь в формировании таких синергий и их групп и в установлении последовательности их включения в работу. В начале обучения управление деятельностью отдельных синергий или их групп осуществляется централизованно под непосредственным контролем сигналов, идущих от рецепторных систем (проприорецепторов), зрительных, слуховых, а также реагирующих на прикосновения и внешние сопротивления. По истечении некоторого времени обучения устанавливаются фиксированные связи между синергиями и их группами, присущие тому или иному виду движения, а на центральный управляющий орган возлагается только слежение за общим ходом реализации движения, его отклонениями от выработанного стереотипа и выработка корректирующих воздействий при изменении условий выполнения.

Реализация движения осуществляется под непосредственным контролем сигналов, поступающих от рецепторов. Часть этих сигналов реализуется непосредственно на уровне синергий и их групп, вызывая соответствующие мелкие корректировки в их деятельности, а другая, более общая часть, используется центральными управляющими органами как для уточнения и корректировки стереотипа (общего плана) движения, так и для смены планов, т. е. смены видов выполняемых движений. Для пояснения сказанного, лишь схематически описывающего ход реализации движений, рассмотрим некоторые наглядные примеры.

Исследования бега тренированных спортсменов демонстрируют высокую точность повторения всех элементов движения, полное отсутствие лишних движений, высокую

степень слаженности и скорректированности движений, позволяющих едва заметными их изменениями приспособляться к изменениям условий (повороты беговой дорожки, изменения ее поверхности). Бег же нетренированного человека характеризуется большим разбросом диапазонов и формы типовых движений, наличием многих лишних движений. Нетренированный человек еще не знает, как следует рационально ставить ноги, как махать руками. Соответствующие операции еще не вышли из-под детализированного контроля высших органов управления, еще не выработаны управляющие этими движениями стереотипы, делающие их исполнение автоматическим.

Аналогичное положение наблюдается и при ходьбе. Ребенок, обучающийся ходьбе, осторожно делает каждый шаг, постоянно проверяет положение своих конечностей, смотря на них, совершает множество лишних движений для поддержания равновесия. Научившись ходить, т. е. выработав стереотипы, человек почти не смотрит под ноги, уверенно сохраняет равновесие за счет почти незаметных движений. Зрительная информация также используется практически автоматически, когда, например, лежащее на пути дерево заставляет изменить характер движения, чтобы перешагнуть через него. То обстоятельство, что при выполнении движений текущая афферентация продолжает постоянно сравниваться с ожидаемой, подтверждается изменением характера движения в темноте, когда зрительная информация отсутствует. Тогда движение резко изменяется и замедляется, каждый шаг делается осторожно в ожидании появления ощущения опоры, которое служит стимулом для включения последующих элементов движения. Заметим, что в известной обстановке, когда заранее известны условия и их стабильность, движение в темноте может быть почти таким же уверенным, как и на свету. Наличие подготовки, ожидания информации, характеризующей изменение условий при совершении движений, иллюстрируется следующим наглядным примером. Известно, что для сохранения равновесия при стоянии автоматически работает сложный комплекс мышц, обеспечивающий неизменность положения центра тяжести тела. Если стоящий человек поднимает руку, то включаются многочисленные мышцы, изменения состояния которых можно объективно зафиксировать, причем в результате их действия центр тяжести сохраняет свое положение. Если человеку дана команда «поднять руку», то хотя он еще не совершил этого действия, но в мышцах уже можно зафик-

сировать изменения усилий, свидетельствующих о предварительной подготовке к совершению действия и к компенсации тех динамических изменений, к которым оно должно привести.

Приведем еще один простой пример, характеризующий наличие достаточно жестких стереотипов движения. Человеческая рука способна к разнообразным самостоятельным движениям пальцев, как правило, независимым друг от друга. Примером может служить игра на фортепиано. Однако если попытаться согнуть один мизинец, оставляя все другие пальцы разогнутыми, то легко убедиться, что без достаточной тренировки не всякий сможет это сделать.

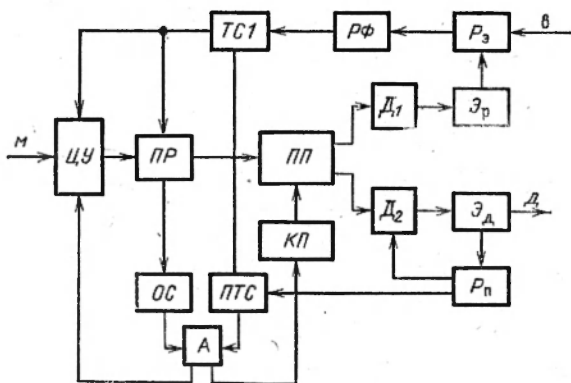


Рис. 3.1

Вместе с мизинцем будет сгибаться и безымянный палец. Кинематически такое действие вполне возможно, в чем можно убедиться, сгибая безымянный палец другой рукой. Объяснить это можно тем, что чаще всего оба пальца одновременно участвуют в операции схватывания, а в отдельности такое движение обычно не совершается, поэтому соответствующий стереотип, управляющий подобным движением мышц мизинца, в большинстве случаев отсутствует.

Общую схему обучения и управления движениями можно приблизительно представить так, как показано на рис. 3.1. Схема работает следующим образом. Сигналы внешнего мира θ воспринимаются рецепторами R_z , преобразуются и отфильтровываются распознающим фильтром R_F и превращаются в образ текущей ситуации $ТС 1$. На основании данных о текущей ситуации под влиянием мотивационного сигнала m центр управления движением $ЦУ$

формирует общий план реализации движения. С учетом текущей ситуации и общего плана движения инстанция, принимающая решения ПР, формирует ожидаемую (подготовительную) ситуацию ОС и осуществляет выбор и запуск элементарных поведенческих программ ПП, которые передают управляющие сигналы двигательным центрам D_1 и D_2 (синергиям), непосредственно управляющим эффекторами \mathcal{E}_p и \mathcal{E}_d . Эффекторы \mathcal{E}_p воздействуют на рецепторы R_p , обеспечивая их ориентацию на место, где происходит действие, так сказать, «концентрируя внимание» на соответствующую часть внешнего мира. Эффекторы \mathcal{E}_d непосредственно выполняют заданные элементы движения d . Работа эффекторов \mathcal{E}_d регулируется сигналами обратной связи, представляющими собой информацию о состоянии эффекторов, получаемую проприорецепторами R_n . Одновременно информация о состоянии эффекторов \mathcal{E}_d объединяется с образом текущей ситуации и формирует полный образ текущей ситуации ПТС. Этот образ сравнивается с образом ожидаемой ситуации ОС в схеме А и анализируется. Если отклонения достаточно малы (движение осуществляется по плану, система обучена), то эти слабые сигналы осуществляют текущую корректировку программ КП и движение продолжается. Если же отклонения велики, то они поступают в центр управления ЦУ, который осуществляет грубую перестройку общего плана движения, и начинается новый цикл, аналогичный описанному. Заметим, что на схеме не показаны цепи обратной связи в системе управления рецепторами R_p , в общем аналогичной схеме локального управления эффекторами \mathcal{E}_d . Кроме того, вместо одного образа ожидаемой ситуации должно формироваться по меньшей мере два: один — ожидаемая подготовительная, или текущая, ситуация и второй — ожидаемая конечная ситуация, совпадение которой с текущей ситуацией ПТС вызывает сигнал завершения движения, передаваемый на ЦУ.

Ориентировочно-исследовательское поведение служит мощным средством пополнения знаний о внешнем мире и его свойствах. Исследовательское поведение наблюдается у подавляющего большинства животных, начиная с насекомых, обладающих относительно развитой нервной системой. Уже упоминавшиеся нами роющие осы совершают многочисленные «рекогносцировочные» полеты над обширной территорией, запоминая ее в мельчайших подробностях. Именно это позволяет им впоследствии с большой точностью обнаруживать найденные или приготовленные норки

для запасаения пищи и откладывания яиц. Хорошо изучено также ориентировочное поведение крыс, активно исследующих новые объекты, появляющиеся в местах их обитания, и новые территории. Интересно, что у крыс стремление исследовать новое иногда подавляет стремление избежать болевые ощущения. Так Р. Хинд приводит данные Х. Ниссена, который установил, что стремление обследовать новое помещение заставляло крыс пробегать находящуюся перед входом в него решетку, к которой был подведен ток. Ярко выражено исследовательское поведение и у других животных. Так детеныши многих животных внимательно обнюхивают и осматривают все новое,

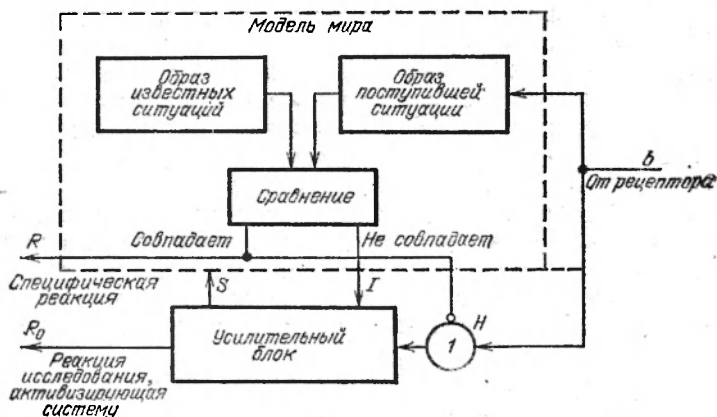


Рис. 3.2

попадающееея им на глаза. Очень сильно развито оно и у обезьян, осматривающих новые предметы, пытающихся схватить их, пощупать, укусить. Большой интерес у обезьян вызывают также окна, в которые можно увидеть окружающий мир и длительно наблюдать за всем, что в нем происходит.

Обычно исследовательское поведение проявляется у животных при наличии любых неспецифических (новых, незнакомых) воздействий. Оно, как правило, сопровождается повышением активности животного и формированием у него готовности к опасности, избегающим или защитным реакциям.

Одна из простых схем формирования исследовательски-ориентировочного поведения принадлежит Е. Соколову (в несколько измененном виде она представлена на рис. 3.2).

Схема эта функционирует следующим образом. Воспринимаемый рецепторами образ ситуации или некоторого предмета поступает в модель мира, где сравнивается с образом известных ситуаций или предметов. Если ситуация оказывается новой, то ее образ поступает на усилительный блок, который вырабатывает реакцию \bar{K}_n , повышающую активность системы, ее готовность к неожиданностям и инициирует продолжение исследовательской деятельности. Одновременно вырабатывается воздействие S на модель мира, обеспечивающее запоминание информации о новом предмете, его свойствах или о новой ситуации. В случае новой ситуации система увеличивает активность усилительного блока, воздействуя на него сигналом I . Если поступивший образ знаком, то соответствующий сигнал тормозит прохождение внешней информации в усилительный блок и выдает реакцию \bar{K} , стимулирующую типовое поведение, соответствующее поступившей информации. На рисунке это выполняет нейрон H , хотя в действительности это может быть группа нейронов. Остается еще отметить, что в организации исследовательского поведения часто встречается случайный выбор того или иного движения (например, «рыскание» при исследовательском облете территории насекомыми), что аналогично случайному поиску пищи, которым обычно начинается любое поведение, связанное с ее поиском.

Игра, или игровое поведение, свойственное многим видам (преимущественно их молодым особям), также имеет своей основной целью обучение.

В этом смысле функции игрового поведения существенно шире, чем у исследовательско-ориентировочного. Если последнее отвечает на вопрос «что это такое?», то игра дает ответ на вопрос: «что с этим можно сделать?» Помимо пополнения модели мира, в игре формируются двигательные навыки, отрабатываются стереотипы тех движений и их элементов, которые могут понадобиться впоследствии. Типичным примером служит игра котят с бумажкой или с принесенным матерью полуживым мышонком, в которой можно проследить все элементы движений, присущих взрослой кошке. Множество примеров игрового поведения можно наблюдать у домашних животных, а также в любом зоопарке.

Обучающая роль игры не ограничивается приобретением знаний о мире и навыков в разнообразных движениях. Игру можно рассматривать также как средство приобретения знаний об особях своего вида и как первый, началь-

ный, этап выработки навыков ролевого поведения в коллективе. Кроме того, игра с различными предметами, например их подбрасывание, перестановка, образование различных комбинаций, наблюдаемая главным образом у обезьян, может рассматриваться как подготовительный этап формирования элементов манипуляционной деятельности.

Большое разнообразие форм и проявлений игрового поведения, наблюдается также у птиц. Его относительно слабая изученность не позволяет ставить вопрос о моделировании этой формы поведения. Заметим только, что игра часто состоит из элементов поведений различных видов, не объединяемых в реальной деятельности; для нее характерна незавершенность имитируемых видов поведения и многократная повторяемость отдельных элементов.

Подражательное поведение представляет собой одну из распространенных форм поведения, важнейшая задача которого состоит в обучении, формировании двигательных стереотипов. Здесь мы встречаемся с ситуацией, когда действие, выполняемое матерью или кем-либо из представителей своего вида, замещает стимул и образ результата для организации собственного поведения.

Как правило, подражательное поведение осуществляется тогда, когда его вероятность в обычных условиях низка. Примером может служить подражательное поведение рыб при встрече с врагом. Достаточно одной рыбе испугаться, увидев гибель вожака, и повернуть назад, как вся стая совершает подражательный маневр и бежит от врага. В данном случае подражательное поведение имеет рефлекторный характер и служит охранительной функцией.

Обучающий характер подражательных движений наиболее сильно развит у птиц, хищных животных и обезьян. Так, например, ряд исследователей показал, что макаки-резусы способны обучаться, наблюдая процедуру обучения других обезьян распознаванию предъявляемых стимулов. Множество примеров подражательного поведения у дельфинов приводит К. Прайер. Она пишет, что у двух дельфинов ей удалось выработать представление о новом движении. Поощрения за движения, ранее не встречавшиеся в репертуаре дельфинов, привели к целенаправленному порождению целого цикла новых движений, в том числе и движений, не свойственных данному виду. Интересно также, что дельфины, обученные разнообразному репер-

туару, будучи случайно заменены друг другом, смогли все же выполнить чужую программу, которой обучены не были. Они могли только ранее наблюдать работу друг друга.

Птицы могут обучаться избегать потенциально опасных ситуаций, наблюдая за поведением других, уже обученных птиц. Интересный пример обучения при подражании приводит Р. Шовен. Он пишет, что в Англии синицы научились протыкать клювом крышки молочных бутылок и выпивать сливки. Этот трюк, «изобретенный» отдельными птицами, быстро переняли другие, и он так сильно

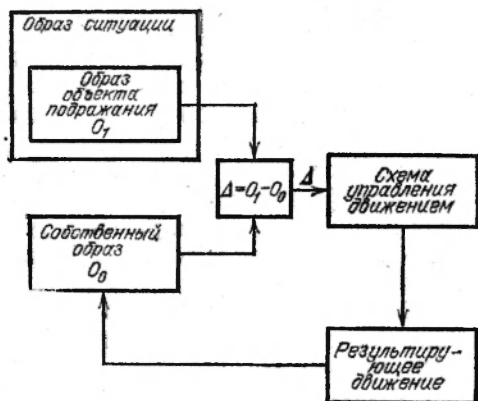


Рис. 3.3

распространился в довольно большом районе, что молочники уже не осмеливались оставлять по утрам молоко у дверей домов.

Подражательное поведение наблюдается и в отношении объектов и действий, не свойственных данному виду. В качестве примеров отметим подражание обезьян действиям и жестам человека, подражание действиям обезьян других видов, а также хорошо известная у многих птиц имитация звуков, производимых другими особями как своего, так и «чужого» вида, часто весьма далекого от данного.

Упрощенная схема формирования подражательного поведения приведена на рис. 3.3. Здесь образ объекта подражания, составляющего часть образа ситуации, играет роль образа своего будущего положения. Он сравнивается с образом своего текущего положения, и образовавшийся сигнал рассогласования Δ запускает схему управления движениями, что приводит к изменению положения. Такая система автоматического регулирования работает до тех

пор, пока рассогласование не станет достаточно малым, т. е. цель подражания не будет достигнута.

Реализация подражательного поведения требует достаточно сложной организации нервной системы. В памяти должны сохраняться наблюдаемая ситуация, представление о самом себе, представление о другом и мотивах его поведения, система сравнения своего положения с положениями другого, сформировавшаяся программа нового навыка или движения, а также система пополнения множества мотивов и соответствующих ситуаций за счет наблюдаемых у другой особи. В сложных случаях подражательного поведения, видимо, можно уже говорить о наличии элементов разумности.

§ 3.4. Манипуляционное поведение

Манипуляционное поведение, т. е. использование свойств различных предметов для решения задач, стоящих перед субъектом, представляет для нас интерес, так как в той или иной мере оно связано с наличием элементов разумности — знанием (осознанным или неосознанным) свойств окружающих предметов и умением использовать их в своей деятельности. Характер и репертуар манипуляционного поведения различны у разных видов и зависят как от сложности и организованности нервной системы, так и от особенностей обычной среды жизнедеятельности. Уже простейший случай, когда роющая оса подбирает подходящие по размеру камешки, закрывая ими вход в норку на время полета за добычей, предполагает знание свойств камня и учет размеров отверстия норки и применяемых камешков. Можно говорить о наследственном, генетическом характере этого поведения, но, тем не менее, факт наличия знаний и их использование остаются.

Чрезвычайное разнообразие видов манипуляционного поведения (в значительной степени видоспецифичное) демонстрирует строительное поведение при изготовлении гнезд, строительстве нор и убежищ, построения паутин для ловли жертвы и т. п. В него входит много стандартных, типовых элементов, различных для отдельных видов. Общий план строения гнезда всегда видоспецифичен, но детали выбора материала и его использования, точное соответствие каждой веточки или другого строительного материала именно тому месту, где оно используется, свидетельствуют о знании свойств выбираемого материала и его соответствия назначению. В качестве примера осо-

бенно сложного поведения при построении гнезда упомянем ткачиков — птиц, которые сшивают корпус гнезда из листьев, предварительно проделав в них клювом отверстия и применяя вместо ниток гибкие травинки или иной гибкий материал. Подобное поведение позволяет предполагать наличие знаний о свойствах используемого материала и об элементах планирования своих действий. Интересный пример манипуляционного поведения, свидетельствующего, как нам представляется, о наличии элементов разумности и планирования даже у животных с достаточно примитивной нервной системой (пауки) сообщает И. Кюни. Она описывает эксперименты над тысячей пауков, которые проводились в Научном центре по изучению психологии животных в Жиф-сюр-Ивет во Франции. На паутину бросалась нитка, прикрепленная к потолку, чтобы паук не мог сбросить ее, как он сбрасывает случайно попавшую на паутину травинку. Нитка не позволяла паутине вибрировать и последняя не могла использоваться для ловли добычи. Подавляющее большинство пауков покинули бесполезную паутину и приступили к строительству новой в другом месте. Некоторые пауки проделали в паутине дырку вокруг нитки, устранив таким образом ее антивибрационное действие. Нашлось, однако, шесть пауков, которые свернули нитку и прочно прикрепили ее к потолку, освободив таким образом паутину.

Рассмотрим теперь некоторые примеры деятельности животных, применяющих окружающие их предметы в качестве орудий и учитывающих их свойства.

Классическим примером такой деятельности служит поведение калана (морской выдры), использующего специально подобранный плоский камень для раскалывания особенно прочных панцирей моллюсков, входящих в его рацион. Калан питается, лежа на спине, на поверхности воды. Собрав предварительно нескольких моллюсков или морских ежей, он пробует зубами их панцирь и в случае необходимости разбивает их, сильно ударяя по плоскому камню, который кладет себе на грудь. Иногда калан многократно повторяет попытки разбить панцирь — до тех пор, пока не добьется успеха. В качестве «наковальни» используются камни, имеющие плоскую поверхность и массу от 0,5 до 3,5 кг. Камни каланы обычно таскают с собой, держа их под мышкой, и даже ныряют с ними. Обнаружено, что они многократно используют камни и не расстаются с одним до тех пор, пока не подберут себе другой.

Факты манипуляционного поведения встречаются как в естественных условиях, так и при жизни в неволе, причем у птиц они распространены больше, чем у млекопитающих. В частности, птицы пользуются разнообразными предметами различного происхождения для украшения гнезд и их окружения, используют перья, щепочки для почесывания, смазывания туловища жировыми выделениями, наконец (североамериканский дятел), применяют кусочки коры в качестве губки: макая такой кусочек в разжиженный мед, дятел иногда кормит подобным образом своих птенцов. Репертуар манипуляционных действий млекопитающих существенно беднее, к нему относится использование смятого пучка травы или листьев для очистки своего тела (каланы, некоторые обезьяны), бросание камней и других предметов для отпугивания приближающихся животных (обезьяны); наконец, шимпанзе систематически пользуется специально приготовленными и очищенными от листьев прутиками для протыкания отверстий в термитниках и «выуживания» оттуда термитов, идущих в пищу.

Широкий ассортимент манипуляционных действий наблюдается и у животных, находящихся в необычной для них обстановке, например в неволе или вблизи мест обитания человека. К. Фабри описывает случай, когда дельфин афалина, наблюдавший за водолазом, соскребавшим со дна бассейна ковшевым скребком водоросли, долго обследовал оставленный скребок и манипулировал с ним. Через некоторое время после ухода водолаза дельфина увидели с куском кафельной плитки во рту, с помощью которой он срезал куски водорослей со дна бассейна.

В базельском зоопарке молодая самка очкового медведя жердью сбивала листья и плоды клена, до которых не могла дотянуться. В другой раз, когда в ее распоряжении оказалось две палки, длинная и короткая, она сначала исследовала палки, поставив их вертикально, а затем, выбрав длинную, достававшую до плодов, стала целенаправленно сбивать их. Пример этот интересен тем, что медведица не подвергалась целенаправленному обучению и, родившись в зоопарке, не могла использовать прошлый опыт. Известны случаи, когда находящиеся в неволе слоны применяют палки для почесывания недоступных мест туловища. В естественных условиях они могут делать это, используя другие предметы, например стволы деревьев. Слонам свойственно также бросание в цель камней и различных предметов для отпугивания назойливых посети-

телей или служителей, до которых они не могут непосредственно дотянуться из-за наличия ограда.

Число подобных примеров легко умножить. В обширной литературе описано множество случаев целенаправленного разумного манипуляционного поведения как в естественных условиях обитания, так и при жизни в неволе. Существенным и общим во всех этих примерах является то, что поведение такого рода встречается тогда, когда цели нельзя достичь обычными, привычными способами. Таким образом, манипуляционное поведение возникает и развивается в тех случаях, когда для решения задач следует использовать знания об окружающем мире, свойствах и возможном назначении имеющихся в нем предметов.

Естественно возникает вопрос о том, каковы пределы такой разумности и сообразительности и как они связаны со сложностью и совершенством нервной системы, какие механизмы в ней обеспечивают эту разумность?

Для ответа на эти вопросы проводились и проводятся многочисленные эксперименты и наблюдения поведения и обучения различных животных, находящихся в неволе и помещенных в экстремальные условия, требующие разумных действий. Объектами таких исследований служили многочисленные животные, но наибольшее число интересных и повторяющихся результатов было получено при работе с крысами, а также с приматами (человекообразными обезьянами), мозг и строение тела которых сильнее всего приближается к человеческим.

Существует множество методик, позволяющих установить интеллектуальный уровень отдельных крыс, их способность к обучению, к выполнению сложных последовательностей манипуляционных действий.

Рассмотрим в качестве примера лишь одну из задач, описанную Н. Тинбергеном. В помещении с гладкими стенами, по которым крыса не может подняться, установлены одна над другой две полки P_1 и P_2 (рис. 3.4), куда допрыгнуть невозможно. На верхней полке лежит пища — пахучий кусок сыра. Лестница L , ведущая на нижнюю полку, прикреплена к потолку с помощью блока B и груза-противовеса Γ и при приложении небольших, доступных крысе усилий, ее можно поднять вверх. Крыса ведет себя следующим образом. Исследовав обстановку и убедившись, что допрыгнуть до полок нет возможности, она по лестнице забирается на нижнюю полку и, поняв, что до верхней допрыгнуть она не может, пытается поднять лестницу.

Установив лестницу на нижней полке, она сразу же забирается по ней на верхнюю и решает тем самым задачу. Легко видеть, что для ее решения требуется достаточно большой объем знаний о мире, умение предвидеть, воспринимать и формировать новую обстановку. Так, надо было понять, что лестница не просто позволит попасть на полку Π_2 , но что этот объект можно перенести в другое место, где в настоящий момент нет лестницы. Далее, надо было понять, что, воздействуя на шнур противовеса, можно поднять лестницу в новое, необходимое положение. Все это представляет собой достаточно сложную цепочку логических умозаключений и когнитивных представлений, реализовать которую в результате случайного поиска без представлений о будущей ситуации и без планирования своих действий невозможно *).

Изучением различных видов поведения обезьян, в том числе манипуляционного, а также их обучения занимались многие исследователи. Эксперименты показали, что обезьяны самостоятельно овладевают широким спектром разнообразных манипуляционных действий. Они используют камень для разбивания твердых орехов, палку для доставания предметов; легко обучаются пользованию ключами, различными запорами и задвижками, умеют применять палку в качестве рычага, легко обучаются отворачиванию винтов и шурупов, пользуются подсобными предметами в целях личной гигиены, умеют макать кусочки пищи в жидкости, чтобы слизывать их, и многое другое. Установлено, что в процессе своей манипуляционной деятельности они не только хорошо изучают свойства и особенности предметов, но и в состоянии установить и запомнить отношения между ними, временные и причинно-следственные связи, а также некоторые абстрактные понятия.

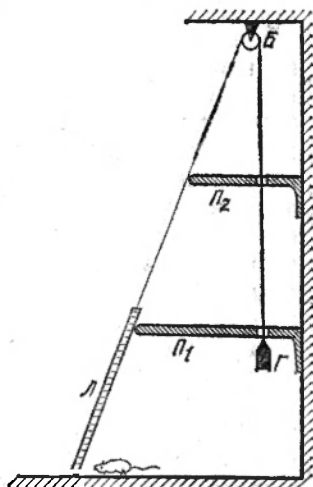


Рис. 3.4

*) Насколько нам известно, описываемый эксперимент не был повторен, и поэтому многие биологи склонны считать, что здесь имело место не манипуляционное поведение, а случай сложной дрессировки.

Рассмотрим четыре примера сложной манипуляционной деятельности обезьян.

Пример первый (В. Келлер). К потолку комнаты подвешен банан. В помещении ничего нет, кроме ящиков различных размеров. После того как обезьяна установила, что, поместив один ящик под приманкой и взобравшись на него, дотянуться до банана невозможно, она построила довольно неустойчивое сооружение, ставя ящики под приманкой друг на друга, после чего, забравшись на него, обезьяна свободно достала банан.

Пример второй (Н. Ладыгина-Котс). В сходной ситуации в распоряжении обезьяны были палки различного диаметра, длины которых были недостаточны, для того чтобы одной палкой сбить приманку. После нескольких неудачных попыток обезьяна занялась исследованием палок и спустя некоторое время догадалась вставить одну палку в другую, и тогда она легко решила задачу. В других вариантах того же опыта в распоряжении обезьяны были стержни, соединенные шарнирами (подобно складному метру) или другие длинные предметы. Для достижения успеха необходимо было связать концы этих предметов бечевкой, что обезьяна и делала, предварительно разъединив (сломав) шарнирные соединения.

Пример третий (Б. Ренш). Обезьяна научилась вывертывать шурупы, чтобы открыть ящик с пищей, пользуясь металлической пластиной, край которой можно было вставить в шлиц. Следующий раз для решения той же задачи ей были предоставлены три предмета: две отвертки и металлический предмет, напомилавший тот, которым она ранее пользовалась, но с более толстой кромкой. Без всяких проб, только осмотрев и ощупав предметы, Джулия (так звали обезьяну) сразу же выбрала отвертку подходящих размеров и использовала ее по назначению. Заметьте, что ранее Джулия никогда не встречалась с отвертками. Пример этот характеризует формирование довольно сложного понятия «отвертка» по совокупности тех функциональных признаков, которыми должен обладать инструмент для вывинчивания шурупов.

Пример четвертый (Б. Ренш). Обезьяна была обучена открыванию ящиков с помощью различных инструментов и ключей, каждый из которых подходил только к одному ящику. В один из ящиков была помещена пищевая приманка. Инструмент для открывания этого ящика помещался в другой ящик, ключ от которого был в третьем и т. д. Открыть последний ящик обезьяна могла с помощью

имевшегося в ее распоряжении инструмента. В результате обезьяна последовательно открыла все ящики и добралась до приманки. Результат опыта не изменился, когда порядок расположения ящиков был произвольно изменен. Обезьяна следовала строго в последовательности, определенной наличными инструментами.

Этот опыт был несколько модифицирован. Ящики были сделаны прозрачными, так что можно было видеть в каком ящике какой инструмент находится. Животное начало обследование с ящика с пищей, затем последовательно обнаружило ящики с ключами от предыдущих и, дойдя до первого, безошибочно повторило всю процедуру открывания ящиков для получения пищи. Число ящиков в опыте Ренша равнялось 14, и было использовано 13 различных инструментов: ключ, отвертка, ножницы для разрезания проволоки, стержень для отодвигания засова и т. д.

Последний пример требует сохранения в памяти длинной цепочки причинно-следственных отношений вида

«Инструмент I_i необходим для получения инструмента I_{i+1} ».

На основании этой зависимости должна быть сформирована цепочка

$$I_1 \rightarrow I_2 \rightarrow I_3 \rightarrow \dots \rightarrow I_{13} \rightarrow Ц \text{ (цель)}.$$

Мало того, что ее нужно запомнить; она должна быть последовательно реализована, причем для реализации каждого ее элемента следует выбрать соответствующие действия и соответствующие объекты, т. е.

$$I_{i+1} \Leftarrow D_i(I_i, Y_i),$$

где D_i — i -й комплекс специальных действий с инструментом I_i над ящиком Y_i . Таким образом, возможность предвидеть результат последовательных действий требует запоминания следующего сложного функционального соотношения:

$$Ц \Leftarrow D_{13}(D_{12}(D_{11}(\dots(D_2(D_1(I_1, Y_1), Y_2), Y_3), \dots \\ \dots, Y_{12}), Y_{13}), Y_{14}).$$

В модификации опыта указанную цепочку надо было построить сознательно, двигаясь от цели и исключая ящики, не содержащие нужных инструментов, пока не будет достигнут первый, а затем повторить ту же цепочку в противоположном направлении, совершая при этом необходимые комплексы действий.

Можно, таким образом, предположить, что для решения подобной задачи объект должен обладать не просто элементами разумности, а достаточно высоким уровнем сознания.

§ 3.5. Общественное поведение, роли, коммуникации

Способность к образованию временных или постоянных сообществ служит важным средством повышения жизнеспособности вида, популяции. В решении задач заботы о потомстве, поиске пищи, борьбе с врагами коллективные, организованные действия часто оказываются значительно эффективнее индивидуальных.

Многие сообщества — семья, стадо или стая определяют наличие совместных согласованных действий по достижению целей.

В подавляющем большинстве случаев для коллективного поведения необходим обмен информацией, сигналами, управляющими такой согласованной деятельностью. Даже примитивный поиск партнера другого пола, совершаемый инстинктивно, требует сигналов о местоположении партнеров и о готовности их к спариванию. Сигналы эти имеют различную природу (запахи, звуки, позы и т. п.), но во всех случаях существен их информационный, сигнальный характер. Известно, например, что многие насекомые определяют по запаху местоположение партнеров, удаленных на расстояние нескольких километров.

Для относительно низко развитых видов такие сигналы носят видоспецифичный безусловно-рефлекторный характер и запускают, как правило, один стандартный тип поведения. Однако уже для многих общественных насекомых они имеют осмысленный, условно-рефлекторный характер. Так, например, муравьи достаточно хорошо обучаются и способны улавливать логические связи; они обладают, кроме того, широким набором врожденных поз и сигналов, позволяющих передавать информацию. Классические наблюдения Фриша так называемых танцев пчел доказали, что с помощью подобных танцев пчелы передают информацию о направлении и расстоянии до источника пищи. Большие логические способности медоносных пчел доказаны также экспериментами Г. Мазохина-Поршняксова. Он показал, что пчелы опознают классы фигур вне зависимости от их размера и взаимного поворота, т. е. обобщают фигуры по признаку формы, способны отличать

такие зрительные признаки, как «новизна окраски», «двухцветность», «непарность». Иными словами, они могут решать достаточно сложные логические задачи. Заметим, что во всех указанных случаях сигналы имели резко выраженное информационное содержание. Возвращаясь к обмену информацией, т. е. собственно к коммуникации, заметим, что общественные насекомые способны передавать друг другу, помимо информации о наличии пищи, и информацию об опасности. Интересно отметить, что у муравьев большое значение имеют жесты (позы), служащие как для передачи информации (о голоде, о пище, о требовании помощи), так и для установления иерархических связей (подчинения) в пределах особей одной «специальности», например только среди рабочих-фуражиров. Приведенные примеры свидетельствуют о том, что уже на этом уровне развития появляются зародыши семиотической (знаковой) формы передачи информации. Сигнальная, знаковая, форма коммуникаций — это простейшая, начальная форма знакового общения, своеобразная форма языка, который в ходе филогенеза эволюционировал до сложной и совершенной формы, свойственной языкам, используемым в человеческом обществе.

Сигнальная форма коммуникации присуща не только различным видам — почти у всех животных есть крики, жесты и позы, предупреждающие об опасности; они используются и в межвидовых отношениях. Всем известно, например, что крики сороки или сойки часто служат сигналом о приближающейся опасности и воспринимаются другими животными, хотя сами они никак эту опасность не воспринимают.

Интересной и очень распространенной формой знакового общения служит *ритуальное поведение*, достигшее весьма большого разнообразия у птиц. Известно, как сложны и разнообразны позы и жесты ухаживания, включающие украшение гнезда, «преподнесение подарков», последовательное принятие демонстративных поз (развертывание хвоста, демонстрация оперения и многие другие). Другой пример ритуального поведения — встреча двух особей одного вида. Здесь наблюдается типичная последовательность ряда поз и движений, не имеющих прямого функционального назначения, а представляющих собой информационные сигналы, характеризующие эмоциональный настрой и намерения партнеров. Примеры различных сигнальных поз приведены на рис. 3.5 и 3.6. На рис. 3.5 представлены различные сигнальные позы

серого гуся: тревога; угроза на расстоянии; решительное наступление; сильный конфликт между агрессивностью и страхом; оборона; подчинение; нерешительность при сближении с другой особью; приближение к потенциальному партнеру. На рис. 3.6 показаны различные положения головы и мимика лисицы в следующих состояниях: внимание, наблюдение за еще неизвестным воздействием; спокойствие; мимика при подчиняющемся, доверчивом движении головы; состояние подчинения; агрессивность или угроза; заторможенная угроза; угроза с заметными за-

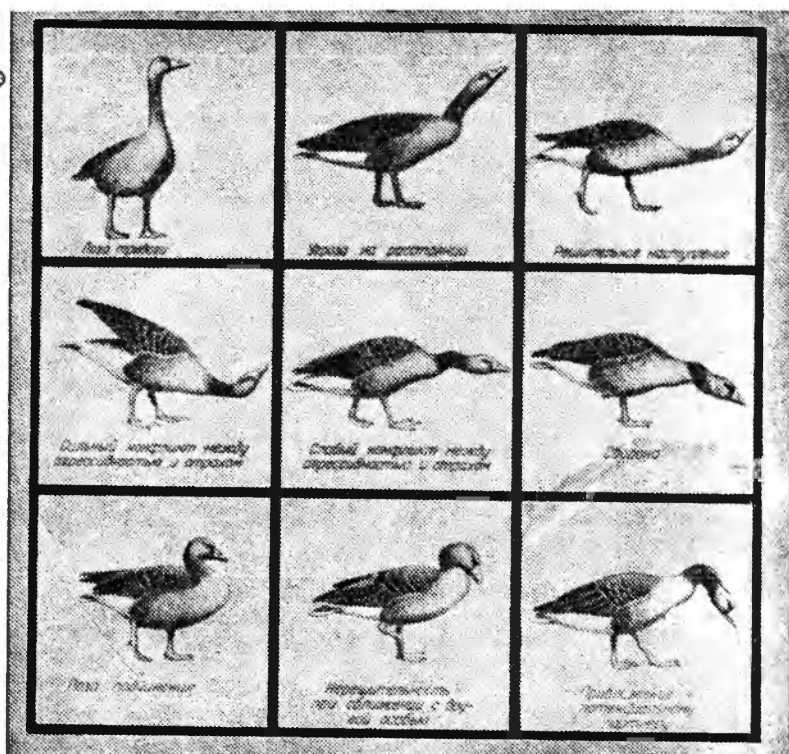


Рис. 3.5

щитными элементами; агрессивная защита (рис. 3.6, а — з соответственно).

Общественное поведение характеризуется также появлением и развитием совместной деятельности, взаимо-

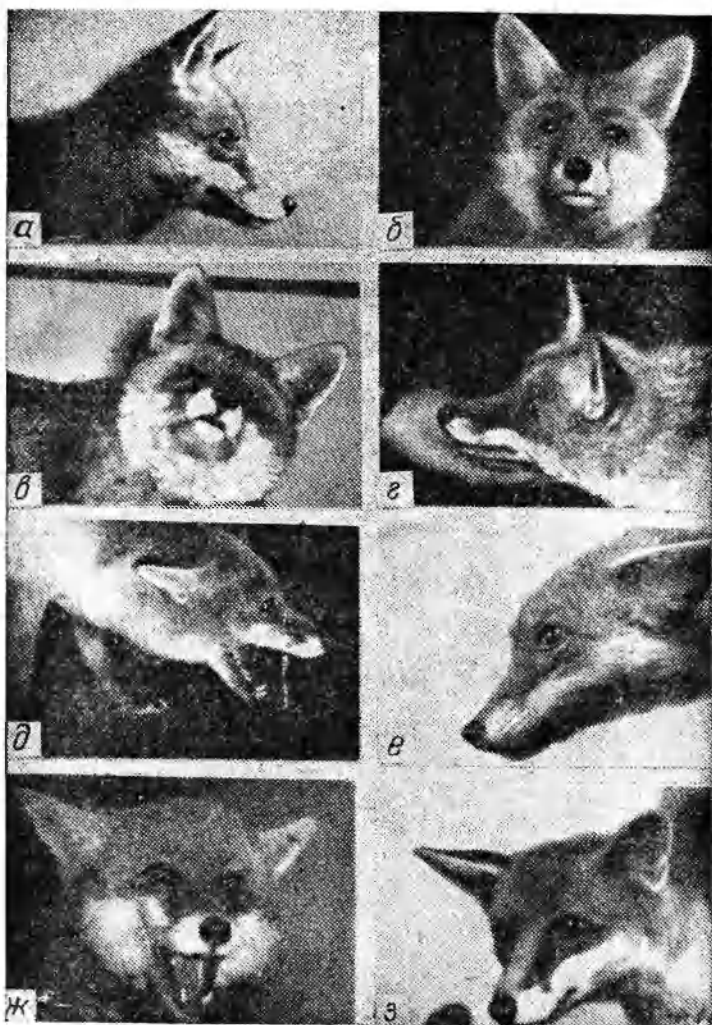


Рис. 3.6

помощи, разделения функций. Эти виды поведения наблюдаются и в семейном и в групповом поведении многих животных. Пингвины, например, совместно заботятся о молодняке; хорошо известна также стайная охота волков, диких собак, многие копытные осуществляют совместную

защиту против нападения хищников, образуя круг, внутри которого обычно помещается молодняк. Обезьяны способны к взаимопомощи при выполнении гигиенических функций — ловле насекомых в шкуре друг у друга, помощи и обучении молодняка, заботе о нем и др. Такое

поведение требует наличия развитой системы знаковых коммуникаций.

Совместный характер деятельности приводит к тому, что часто в общественном поведении между особями, входящими в сообщество, устанавливается жесткая иерархическая система доминирования и подчинения. Доминирование может быть строго линейно упорядоченным, как, например, у некоторых стайных рыб, плавающих цепочкой, в которой каждая предшествующая рыба доминирует над следующими за ней. Оно может быть и частично упорядоченным, как, например, у крыс, где существует одна или несколько особей, доминирующих над всеми остальными, промежуточная группа, подчиняющаяся первой и доминирующая над особями третьей группы, самыми слабыми



Рис. 3.7

и поэтому ограниченными в возможности добывания пищи и в осуществлении сексуальных возможностей. Доминирование достигается в результате борьбы и подкрепляется соответствующими жестами. Подчиненные особи хорошо различают доминирующих, понимают их жесты. Их движения и позы выражают подчинение. В частности, при наличии пищи в первую очередь ею пользуются «лидеры»,

не подпускающие к ней особей, стоящих на более низких уровнях иерархии, и регулирующие получение пищи остальными. «Лидеры» обычно определяют общее поведение стаи. Вожаку обезьян достаточно при движении стаи поднять руку, чтобы все следующие за ним обезьяны тотчас же остановились.

У обезьян существует большой набор жестов и поз, устанавливающих факт доминирования, демонстрирующих силу и агрессивность вожака. Примеры разнообразных поз и действий человекообразных обезьян, призванные продемонстрировать факт доминирования, изображены на рис. 3.7. Животные хорошо понимают свое место и роль

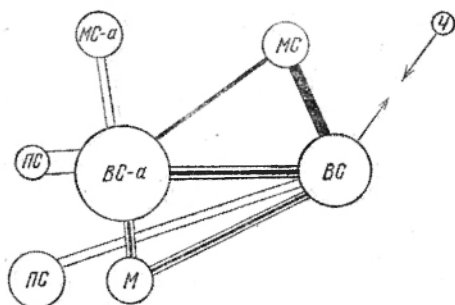


Рис. 3.8

в системе иерархии. Характер их поведения и жесты существенно различны и зависят от того, относятся ли они к доминирующей или подчиненной особи. Эти жесты, часто весьма сложные и разнообразные, играют сигнальную, информативную роль и позволяют избегать или минимизировать число столкновений между особями, что приводит к поддержанию равновесия в сообществе.

Пример иерархических взаимоотношений в стае лангуров схематически изображен на рис. 3.8, на котором диаметры кружков соответствуют иерархическому рангу животных, а ширина полос — интенсивности проявления агрессии. Светлые полосы соответствуют умеренным формам агрессии, таким, как пристальные взгляды, удары лапой о землю, гримасы. Зачерненными полосами показаны более резко выраженные формы — прыжки на месте, удары, погоня, покусывания. Наивысший иерархический ранг имеет взрослая самка (BC-a), за ней следует взрослый самец (BC), далее подчиненный самец (PC). Молодые (неполовозрелые) самки (MC-a), самец (MC) и молодяк (M)

занимают подчиненное положение. Еще один подчиненный самец (ПС) занимает самое низкое положение в иерархии стаи. На рисунке показан также самец-чужак (Ч), который обычно не допускается в стаю.

Сложная форма общественного поведения, при которой вместо индивидуальной борьбы за существование на первый план выступает совместная деятельность, обеспечивающая безопасность, пропитание и другие потребности группы, ведет к расширению ассортимента знаковых средств общения между ее членами. А это влечет за собой эволюционное развитие способностей к обучению, формированию понятий и знаковой коммуникационной деятельности — языку знаков. Можно предположить, что плохая приспособленность гортани обезьян к произнесению членораздельных звуков привела к тому, что их знаковая коммуникационная деятельность развилась преимущественно на мимико-жестикуляционном фоне. Об этом свидетельствуют работы супругов Р. и Б. Гарднер, обучивших шимпанзе языку глухонемых. Одна из обезьян шимпанзе Уошо изучила 90 фигур в качестве знаков предметов, действий и событий, так что глухонемые знакомые Гарднеров могли безошибочно распознавать до 70% ее жестов.

В настоящее время исследования интеллекта обезьян интенсивно развиваются. Повторены эксперименты по обучению шимпанзе языку знаков (Д. Примак, Р. Футс), показано, что обезьяны могут «ругаться», обладают своеобразным «чувством юмора», «беседуют» на языке жестов с людьми и даже друг с другом.

Мы рассмотрели последовательность все более усложняющихся форм поведения. Несколько раз подчеркивали тот важный факт, что в сложные формы поведения в качестве их частей входят более простые формы. Природа экономна. Раз найдя эффективное средство для организации поведения, она старается использовать его многократно. Там, где простые формы поведения надежно достигают цели, никогда не используются более сложные пути достижения целей, стоящих перед организмом.

Обсудим теперь несколько моделей, имитирующих достаточно сложные формы поведения. К сожалению, таких моделей создано немного. Поэтому особенно приятно, что наиболее интересные модели подобного типа созданы в нашей стране. Сначала опишем класс моделей, в основе которых лежат ансамбли, состоящие из искусственных нейронов. Такие модели оказываются способными имитировать довольно сложные эмоционально окрашенные виды

поведения. Затем рассмотрим программу «Животное», в которой предполагалось промоделировать многие поведенческие процессы, характерные для живых существ. И хотя эта программа так и не была доведена до конца, опыт работы с ее фрагментами и те идеи, которые декларировали и использовали ее создатели, представляют большой интерес. И, наконец, опишем систему «гиромат», в которой была сделана попытка осмыслить и реализовать многие аспекты поведения, связанные с принятием целесообразных поведенческих решений на основании семиотической модели окружающего мира, хранящейся в памяти системы.

§ 3.6. М-автоматы

Наш рассказ о моделях, демонстрирующих достаточно «разумное» поведение, мы начнем с моделей, чья структура и функционирование опираются на идеи, связанные с нейронной организацией в живых организмах. Они активно разрабатывались в течение ряда лет в Институте кибернетики им. В. М. Глушкова в Киеве под руководством академика АН УССР Н. М. Амосова.

Основная идея, лежащая в основе работ этой группы исследователей, состоит в том, что функциональные состояния организма, связанные с его поведением (голод, стремление к продолжению рода, страх перед опасностью и т. п.), могут быть промоделированы независимо друг от друга как отдельные информационно-программные блоки, а затем уже объединены в единую систему. Каждая такая модель (ей при аппаратной реализации соответствует отдельный блок, а при программной реализации — автономный пакет программ) носит название *i-модели*. Кроме функциональных состояний организма *i-модели* могут имитировать все процедуры, связанные с преобразованием некоторой группы паттернов в единый образ. *i-модель* — как бы заместитель этого образа в памяти животного или человека. А для человека можно говорить, что *i-модель* является чем-то вроде аналога понятия, связанного с данным образом, или совокупностью образов, входящих в данное понятие. Таким образом, *i-модель* соответствует достаточно разнообразным информационным блокам.

Между собой *i-модели* могут обмениваться различными сообщениями, которые в работах группы Амосова отождествляются с возбуждающими и тормозящими сигналами, передаваемыми по сети, связывающей между собой *i-модели*. Эта сеть носит название *М-сети*.

Таким образом, имеется определенная аналогия между сетью, в которую включены i -модели, и подходом Фэрли и Кларка (см. выше). Только вместо отдельных нейронов, на которые поступали возбуждающие и тормозящие сигналы, в модели Фэрли и Кларка, в M -сети используются целые нейронные ансамбли, при помощи которых описывается функционирование i -моделей.

Расскажем теперь, как устроена и функционирует i -модель.

1. Каждая i -модель имеет конечное число входов и один выход. В M -сети выход любой i -модели может присоединяться к нескольким входам других i -моделей, но так, что выполняется условие: если выход уже связан с одним входом другой i -модели, то он не может быть присоединен к другому входу той же i -модели.

2. Время, в котором функционируют i -модели, дискретно. В каждый момент времени каждая из i -моделей характеризуется некоторой числовой характеристикой, называемой *уровнем возбужденности модели* (или просто возбужденностью модели).

3. К любому входу i -модели может подходить только одна связь.

Связи, существующие между i -моделями в M -сети, направлены. Они всегда идут от выхода одних моделей к входам других. Каждая связь характеризуется вектором вида $(r_{kl}, \bar{r}_{kl}, r_{kl}^0, \bar{r}_{kl}^0)$ с числовыми компонентами. Здесь k и l — имена тех i -моделей, которые связаны между собой данной связью, r_{kl} — возбуждающая компонента связи, \bar{r}_{kl} — тормозящая компонента связи, r_{kl}^0 — остаточное возбуждение связи, а \bar{r}_{kl}^0 — остаточное торможение связи. Связи нужны для передачи возбуждения и торможения от одной i -модели к другой. В зависимости от величины компонент вектора, характеризующего связь, одна i -модель может увеличивать или уменьшать (тормозить) возбужденность другой модели. Сами значения r_{kl} и \bar{r}_{kl} являются динамическими, меняются во времени. Они задаются «проторенностью» связей, определяемой соотношением возбужденностей моделей, между которыми данная связь реализуется. Кроме того, на значения этих компонент вектора оказывает влияние процесс затухания, который постепенно, по определенному закону, уменьшает значения r_{kl} и \bar{r}_{kl} так, что они довольно быстро стремятся к r_{kl}^0 и \bar{r}_{kl}^0 соответственно. Такое затухание

имитирует как бы кратковременную память связей в M -сети. Но, кроме того, с течением времени медленно уменьшаются и остаточные возбуждение и торможение, стремясь к нулю. Такое затухание имитирует эффект долговременной памяти связей.

Взаимодействие между связями и i -моделями определяется достаточно сложно. Во всяком случае уровень возбужденности модели и параметры вектора связи связаны так, что на небольшой входной возбуждающий сигнал i -модель может выдать на своем выходе и большой сигнал возбуждения, если уровень возбужденности данной модели был очень высоким, а тормозящее воздействие данной связи было невелико. Не останавливаясь на подробном описании законов взаимодействия компонент векторов связей и уровней возбужденности i -моделей, отметим только, что в M -сети они таковы, что позволяют имитировать такие процессы, как привыкание к неизменной ситуации во внешнем мире, адаптацию к его изменениям, обучение и т. п.

Постараемся на содержательном уровне описать, как функционирует M -сеть вместе с входящими в нее i -моделями.

Как уже говорилось, i -моделям могут соответствовать разные вещи. Выделим три группы i -моделей. В первую входят i -модели, характеризующие определенные объекты внешней среды, во вторую — те состояния, в которых может находиться организм, в третью — действия (возможно целые процедуры, состоящие из ряда действий), которые может выполнять организм. Пусть в определенный момент дискретного времени, в котором функционирует M -сеть, во внешней среде возникла какая-то ситуация. Тогда все важные для организации поведения организма компоненты данной ситуации должны иметь аналоги среди i -моделей M -сети. Эти аналоги возбуждаются, и возбуждение начинает по определенным законам распространяться по M -сети.

Например, естественно считать, что i -модель, соответствующая понятию «голод», имеет связи с i -моделями, соответствующими объектам, которые могут служить пищей. При имитации «чувства голода» i -модель «голод» имеет высокую степень возбуждения, и любые возбуждающие сигналы, приходящие от i -моделей (аналогов пищевых объектов), i -моделью «голод» будут значительно усиливаться и передаваться по M -сети дальше. Если же организм не голоден, то i -модель «голод» может тормозить

сигналы возбуждения, идущие от i -моделей пищевых объектов. Для утоления голода организм должен совершать некоторые действия. Если соответствующие им i -модели достигают некоторого определенного уровня возбуждения, то выдается сигнал на эффекторы и действие совершается. Ясно, что входы таких i -моделей должны быть связаны с выходом i -модели «голод» и i -моделей, характеризующих пищевые объекты. Таким образом, за счет распространения возбуждения по M -сети от i -моделей «голод» и «пищевые объекты» может возникнуть возбуждение i -модели «нападение на пищу», что даст имитацию пищевого поведения.

Конечно, функционирование M -сети определяется теми законами изменения компонент векторов, соответствующих связям, и порогов возбуждения i -моделей, которые будут выбраны. Изменение этих законов будет приводить к изменениям в поведении. Если на M -сети указанные законы зафиксированы, то говорят, что задан M -автомат. Из сказанного ясно, что одна и та же по конфигурации M -сеть может входить в различные M -автоматы.

M -автоматы можно построить различными способами. Их можно реализовать аппаратно, используя аналоговые или дискретные элементы. Их можно реализовать и программным путем. Но в любом случае в них должна быть реализована схема, показанная на рис. 3.9.

Совокупность сигналов о ситуации, сложившейся во внешнем мире в данный момент времени, поступает на блок восприятия, где происходит выделение полезных сигналов и формирование паттернов, соответствующих объектам, явлениям и фактам, для которых в M -сети имеются соответствующие i -модели. Эти i -модели получают как бы подкрепляющее возбуждение, и их уровень возбуждения увеличивается. Затем с учетом внутренних потребностей M -автомата (его внутренних состояний таких, как «чувство голода», «чувство страха» и т. п.) происходит распространение возбуждения по M -сети. Когда оно достигнет i -моделей, соответствующих действиям, то те из них, в которых уровень возбуждения превысит имеющийся в них порог, выдают сигналы действий, поступающие в эффекторы. Эффекторы выдают соответствующие воздействия во внешний мир, и наступает очередной цикл работы M -автомата.

На рис. 3.9 выделена пунктирной рамкой система усиления — торможение (СУТ), в которой реализуются все законы управления распространением возбуждения по M -сети.

В качестве элементов внешнего мира могут выступать и внутренние состояния автомата. Даже тогда, когда во внешнем мире ситуации не меняются, может произойти смена внутренних состояний (например, *M*-автомат может «проголодаться»). При этом также могут возникнуть требования к каким-то действиям во внешнем мире. Например, начнется передвижение в нем в поисках пищи. Некоторые действия могут направляться на рецепторы *M*-автомата

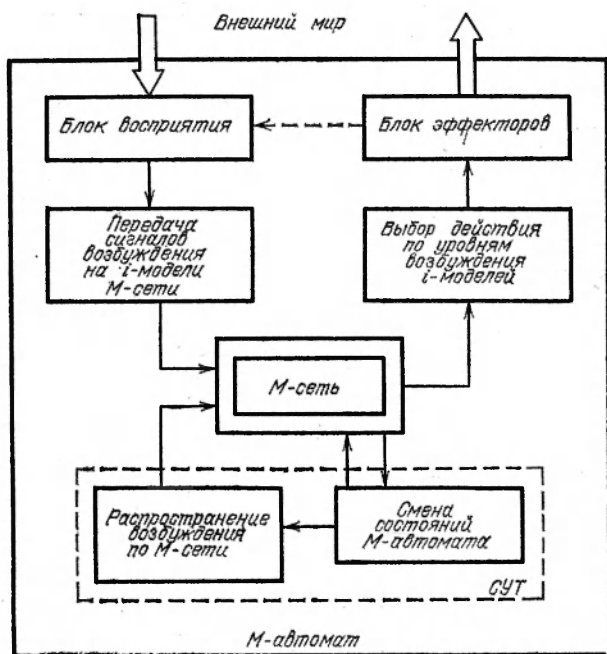


Рис. 3.9

(например, осмотр видимой части внешнего мира в поисках пищи). Такая связь между эффекторами и рецепторами показана на рис. 3.9 пунктирной стрелкой.

Для иллюстрации работы *M*-автомата рассмотрим две конкретные модели, построенные на его основе. Первая из них — модель поведения робота Спиди из известного рассказа А. Азимова «Хоровод». Этот робот основывал свое поведение на выполнении трех законов робототехники. Они формулировались следующим образом:

1. Робот не может причинить вред человеку или своим бездействием допустить, чтобы человеку был причинен вред.

2. Робот должен повиноваться командам, которые дает ему человек, кроме тех случаев, когда эти команды противоречат первому закону.

3. Робот должен заботиться о своей безопасности, поскольку это не противоречит первому и второму законам.

В рассказе «Хоровод» робот Спиди получает задание: пойти к селеновому озеру и принести оттуда пужный

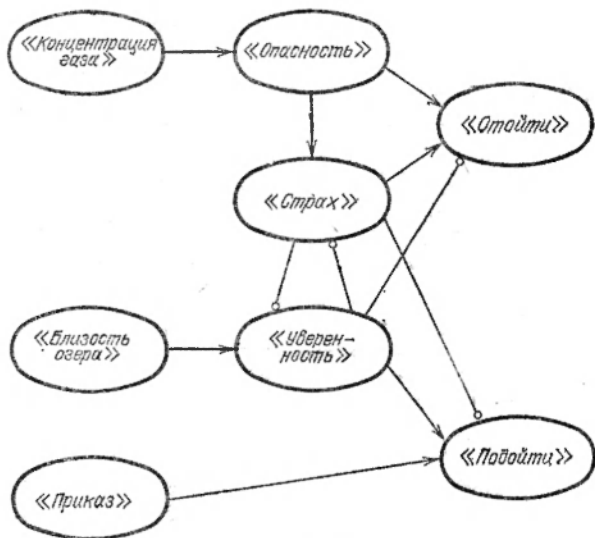
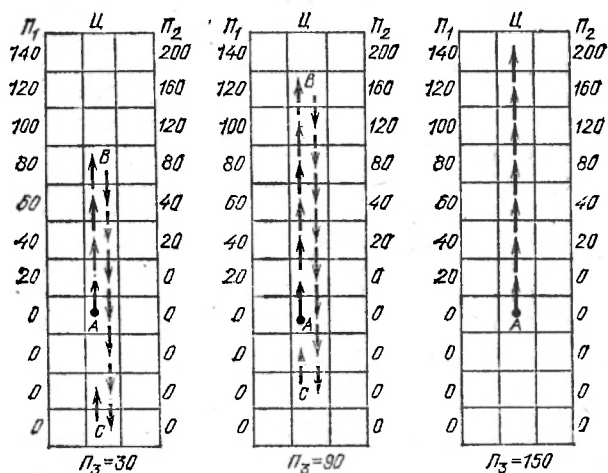


Рис. 3.10

людям селен. В полученном роботом задании не был подчеркнут тот момент, что от доставки селена в срок зависит судьба экспедиции, жизнь людей, входящих в нее. Поэтому Спиди в своих действиях не учитывает первого закона робототехники. При приближении к селеновому озеру Спиди стал ощущать присутствие газа, который грозил нарушением целостности робота и мог привести его к гибели, что активизировало действия Спиди по сохранению себя, вытекающие из третьего закона робототехники. Но эти действия противоречили выполнению второго закона — необходимости выполнения полученного роботом задания. Перед Спиди возникла неразрешимая дилемма. Как только он приближался к озеру,

так возрастала концентрация вредного газа и значимость третьего закона возрастала. Действия, вытекающие из необходимости его выполнения, заставляли Спида удаляться от озера. Но по мере удаления от него, когда концентрация газа уменьшалась, возрастала значимость второго закона, и Спид снова стремился приблизиться к озеру. Робот терял драгоценное время, бессмысленно двигаясь то по направлению к озеру, то в обратном направлении. И только присланное ему дополнение к заданию, в котором была подчеркнута идея первого закона робототехники,



с. 3.11

позволило Спида вырваться из бесконечного движения по «заколдованному кругу» и выполнить действия по добыче селена.

Промоделируем поведение Спида с помощью М-автомата.

Он довольно прост и состоит из восьми i -моделей, показанных на рис. 3.10.

Для упрощения понимания принципов действия модели Спида примем, что все восемь i -моделей характеризуются одинаковыми законами роста возбуждения, близкими к изменениям, описываемым логарифмическими зависимостями. С той же целью примем, что связи между i -моделями были фиксированы заранее так, как показано на нашем рисунке. Уровни возбуждения i -моделей «Близость озера» и «Концентрация газа» увеличивались по мере приближения Спида к озеру, как показано на рис. 3.11.

На нем изображены маршруты движения Спида при различных силах приказа, сформулированного в задании. Все величины представлены на рисунке в условных единицах. Три изображенных на нем маршрута демонстрируют такое поведение модели, которое подтверждает описанную в рассказе Азимова ситуацию. Стрелками показаны элементарные движения Спида на каждом шаге моделирования. Точка *A* фиксирует начальное положение Спида, точка *B* — место, попав в которое Спид начинает совершать поворот, чтобы уйти от опасности, а точка *C* — место его поворота к озеру, когда в его поведении начинает доминировать полученный приказ и необходимость его выполнения. Само озеро для Спида обозначено буквой *Ц*. Буквы P_1 и P_2 означают величины возбуждений для *i*-моделей «Близость озера» и «Концентрация газа» соответственно, буква P_3 — сила приказа, отданного Спида.

Другая модель, в основе которой лежит идея *M*-автомата, представляет собой самоходную тележку, способную перемещаться в реальной физической среде. Эта модель названа ее авторами ТАИР (Транспортный Автономный Исследовательский Робот). ТАИР — трехколесная тележка с управляемым положением переднего колеса. Он приводится в движение электродвигателем, питающимся от аккумуляторной батареи. Его перемещение возможно с двумя фиксированными скоростями: нормальной и форсированной. В процессе движения ТАИР может использоваться для оценки расстояний дальномер. Управляемое переднее колесо тележки позволяет ТАИРу совершать восемь фиксированных маневров.

Управление ТАИРОм осуществляет *M*-автомат с *M*-сетью, в которую входит 62 *i*-модели, образующие узлы этой сети. В *M*-сети между узлами имеется 337 различных связей. Каждая *i*-модель ТАИРа реализована в виде соответствующей электронной схемы, а связи между ними выполнены на резисторах. В пределах одного эксперимента все характеристики возбуждения *i*-моделей и характер проводимости связей (возбуждающих или тормозящих) фиксированы, но могут меняться от эксперимента к эксперименту.

Чтобы оценить свое местоположение в пространстве и выбрать свое движение по направлению к цели, ТАИР производит разбиение окружающего его пространства на восемь секторов, показанных на рис. 3.12 и имеющих фиксированные обозначения. Каждому сектору соответствует положение рулевого колеса тележки ТАИРа.

Цель для ТАИРа задается двумя координатами — расстоянием до нее и местоположением цели в одном из восьми секторов.

Возможность совершать при движении маневры позволяет ТАИРу во время движения обходить препятствия.

На рис. 3.13 показана укрупненная блок-схема управления ТАИРа. Как мы видим, в состав ее входит система рецепторов и шесть блоков, каждый из которых соответствует некоторому фрагменту М-сети.

Система рецепторов ТАИРа состоит из 14 датчиков: датчика тока в двигателе, датчика времени непрерывной работы двигателя, четырех датчиков наклона тележки

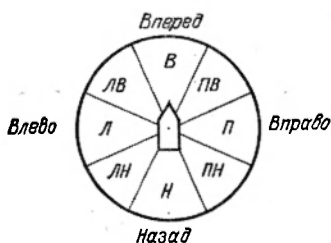


Рис. 3.12

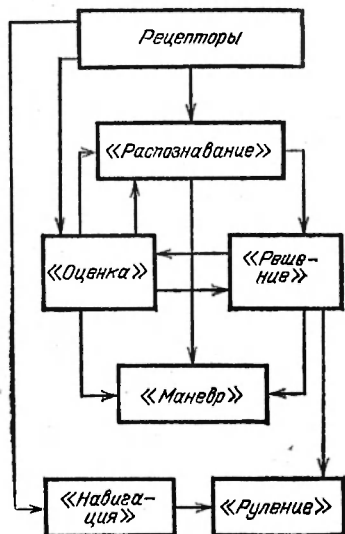


Рис. 3.13

(вперед, назад, вправо, влево), датчика вибраций, четырех тактильных датчиков, расположенных на тележке так, что они фиксируют направления на секторы ПВ, ПН, ЛН и ЛВ, датчика, указывающего расстояние до цели, датчика текущего времени и дальномера. Дальномер для каждого объекта внешней среды (в частности, для препятствий) указывает зону их нахождения (ближняя, средняя, дальняя), а также тот сектор, где объект находится. При нахождении объекта в ближней зоне указывается один из трех секторов (В, П, Л), а в средней и дальней зонах — один из пяти секторов (В, ПВ, П, Л, ЛВ). Таким образом, дальномер грубо определяет три значения дальности и до пяти направлений-секторов для объекта, расположенных в пределах его работы.

Перейдем теперь к описанию М-сети ТАИРа. Блок «Рас-

познавание» содержит 18 *i*-моделей, каждая из которых отвечает одному из паттернов, выделяемых на выходах дальномера и тактильных датчиков. Каждая *i*-модель соответствует одному из различающихся для ТАИРа ситуаций внешнего мира. Перечислим эти ситуации: «Цель находится за стеной слева», «Цель находится за стеной справа», «Стена справа», «Стена слева», «Перед целью стены нет», «Стена впереди и близко», «Ловушка», «Коридор», «Узкий коридор», «Тупик», «Уход далеко от цели», «Выполнение разворота в тупике», «Прекращение движения», «Усиление дискомфорта», «Возвращение назад», «Справа путь свободен», «Слева путь свободен». Таким образом, *i*-модели, входящие во фрагмент *M*-сети, включенный на рис. 3.13 в блок «Распознавание», позволяют ТАИРу правильно ориентироваться во внешней среде, в которой он осуществляет движение к цели, обходя препятствия в виде стен, образующих лабиринт. В процессе движения возбужденность первых 12 из перечисленных нами *i*-моделей может меняться с помощью СУТ по тем законам, которые в нее заложены. Последние шесть *i*-моделей действию СУТ не подвергаются и их возбужденность зависит только от ситуаций, которые складываются во внешнем мире. Заметим еще, что возбуждение *i*-модели «Прекращение движения» в основном связано с тем, что на нее действует возбуждение по усиливающим связям, идущее от не показанной на рис. 3.13 *i*-модели «Перегрев двигателя». Если этот перегрев превысит допустимый порог, то ТАИР останавливается, а когда двигатель достаточно остынет, ТАИР возобновляет свое движение к цели.

Блок «Оценка» состоит из фрагмента *M*-сети, в которой 12 *i*-моделей: «Выход из коридора находится справа», «Выход из коридора находится слева», «Удаление от цели», «Приближение к цели», «Долгое хождение рядом с целью», «Цель находится близко», «Степень значимости достижения цели», «Уверенность в правильности текущих действий», «Среда легкая», «Дискомфорт», «Дефицит времени», «Двигатель перегружен». Эти *i*-модели связаны с «субъективными» оценками, вырабатываемыми ТАИРом относительно своих внутренних состояний, состояния двигателя, временных ресурсов, тех действий, которые он совершает, и характера той среды, в которой ему приходится действовать.

Решение о принятии тех или иных действий в среде и о перемещении в ней ТАИР принимает на основании выработанных им на прошлых шагах оценках и на той

информации, которая на данном шаге поступила от блока «Распознавание». Это решение вырабатывается в блоке «Решение». В нем имеется восемь *i*-моделей: «Двигаться вперед», «Развернуться», «Не разворачиваться», «Маневрировать», «Включить форсированный режим двигателя», «Действовать осторожно», «Рисковать», «Из этого места надо уходить».

Когда в той или иной из перечисленных *i*-моделей блока «Решение» возбуждение превысит присущий ей в данный момент времени порог (напомним, что порог этот — величина переменная, он регулируется с помощью СУТ), то вырабатывается управляющий сигнал, воздействующий либо на эффекторы ТАИРа, либо изменяющий приоритеты тех или иных *i*-моделей для выбора действий на следующем шаге (например, при большом уровне возбуждения *i*-модели «Из этого места надо уходить» дальнейшее движение к цели может прекратиться).

Остальные три блока, показанные на рис. 3.13, используются при организации действий ТАИРа. Блоки «Маневр» и «Руление» содержат каждый по восемь *i*-моделей, соответствующих восьми возможным положениям рулевого колеса и восьми видам маневра. Блок «Навигация» также состоит из восьми *i*-моделей, каждая из которых соответствует своему сектору из восьми секторов, показанных на рис. 3.12. Возбуждение одной из *i*-моделей, превышающее пороговое, показывает, что в данном секторе находится цель. Информация от этой *i*-модели из блока «Навигация» поступает в блок «Руление». Правда, это происходит не всегда. Может, например, оказаться, что вместо движения к цели надо обходить препятствие, стоящее на прямом пути к ней. Или сигналы от *i*-моделей «Действовать осторожно» или «Не разворачиваться» будут слишком сильны и будут оказывать тормозящее действие на решение двигаться к цели.

Заметим, что значительная часть информации об особенностях среды накапливается ТАИРом только в процессе его работы. Например, увеличение возбуждения в *i*-модели «Дискомфорт» возникает тогда, когда датчики наклона или вибрации, а также датчики наезда часто сообщают блоку «Распознавание» соответствующую информацию. В этом случае ТАИР уменьшает возбуждение *i*-модели «Среда легкая» и усиливает возбуждение *i*-моделей «Действовать осторожно» и «Из этого места надо уходить». В свою очередь это приведет к значительному уменьшению возбужденности *i*-моделей «Рисковать», «Вклю-

чить форсированный режим двигателя» и «Уверенность в правильности текущих действий». Так изменение уровня возбуждения в i -моделях M -сети заставит ТАИР изменить характер своих действий.

Насколько нам известно, ТАИР достаточно уверенно справляется со своими задачами, перемещаясь во дворе Института кибернетики АН УССР. Быстро двигаясь по ровной поверхности, он замедляет свое движение, когда попадает на неровные участки или преодолевает спуски и подъемы. Он уверенно обходит препятствия (классифицируя все их как некоторые «стены»). Любопытно, что одна из модификаций ТАИРа, будучи несколько раз перевернута гулявшей во дворе кошкой, при очередной встрече с ней классифицировала кошку в качестве опасного объекта и стала убегать от нее.

§ 3.7. Программа «Животное»

Система ТАИР была выполнена в виде тележки, перемещавшейся в реальной среде, а «Животное» существовало лишь в виде программы в ЭВМ, в которой, кроме самого «Животного», имитировалась и среда, где оно обитало и действовало. Программа «Животное» была создана группой сотрудников, работавшей под руководством талантливого ученого М. М. Бонгарда, трагически погибшего в горах еще до того, как «Животное» начало свое существование в недрах ЭВМ.

Разумное поведение «Животного» осуществляется так, что если программа, имитирующая его, приняла решение выполнить какое-либо действие в среде, например «Взять предмет X из места A и переставить его в место B », то тем самым это действие как бы осуществляется, и в следующий момент времени моделирования предмет X уже находится в месте B .

В памяти ЭВМ среда обитания «Животного» представляется в виде части плоскости, разбитой прямоугольной сеткой на квадраты. В среде действуют некоторые законы, задаваемые экспериментаторами. Они выбираются так, чтобы отображать при имитации определенные законы среды, характерные для реального мира. Примерами таких законов могут служить ограничения на число объектов внешней среды, отличных от «Животного», которые могут одновременно находиться в одной клетке среды, или ограничения на скорость перемещения объектов или «Животного» в среде.

«Животное» обладает рецепторами и интеррецепторами. С помощью рецепторов оно воспринимает информацию об объектах, находящихся в поле его зрения, а с помощью интеррецепторов — получает информацию о том, как его собственные эффекторы («Ноги», «Руки», и т. п.), а также его «Тело» расположены в клетках среды.

В каждый дискретный момент времени моделирования совокупность показаний всех рецепторов образует для «Животного» первичное описание ситуации. Кроме того, в результате работы специальных блоков, имеющих у «Животного», формируется обобщенное описание ситуации, в котором выявлены определенные соотношения между показаниями рецепторов.

Набор показаний рецепторов используется при формировании обобщенных описаний ситуаций следующим образом. Каждая такая ситуация определяется тем, что некоторый набор утверждений (предикатов), связанных с ней, оказывается истинным. Показания же рецепторов служат теми значениями, которые подставляются вместо переменных в эти утверждения (предикаты). Пусть, например, предикат $P(x, a)$ становится истинным, если $x \geq a$, где x — число объектов, которые могут выступать для «Животного» в качестве пищи, а a — некоторый порог. Тогда истинность предиката, возникающая при подстановке вместо x того значения, которое поступило от рецепторов в данный момент времени, позволяет отнести текущую ситуацию к классу «Ситуация, пригодная для утоления чувства голода». Если «Животное» в этот момент испытывает такое чувство, то может возникнуть поведение, связанное с «поеданием» объектов, являющихся пищей. Но дело тут обстоит не столь просто. Вполне возможно, что одновременно с истинностью предиката $P(x, a)$ возникает истинность другого предиката $Q(y)$, которая свидетельствует, что в наблюдаемой ситуации имеется не только достаточное количество пищи, но и объект y , опасный для «Животного». Одновременная истинность $P(x, a)$ и $Q(y)$ при приоритете $Q(y)$ может привести к тому, что «Животное» вместо поедания пищи начнет спасаться бегством от y .

Формирование обобщенных описаний происходит в «Животном» в процессе накопления им индивидуального опыта в данной среде. Действия в среде порождаются потребностями. Они могут быть врожденными или приобретенными «Животным» в процессе его деятельности. Каждой потребности соответствует специальный счетчик, показания которого имитируют уровень потребности. Эти

показания могут с течением времени изменяться по определенным законам. Так, показания счетчика для потребности «Утоление голода» увеличиваются со временем, причем скорость их возрастания зависит от активности «Животного» (например, от расхода энергетических ресурсов на запуск эффекторных программ). Если счетчик какой-либо потребности содержит показания, превышающие характерный для нее порог, то «Животное» стремится удовлетворить эту потребность, т. е. добиться снижения показаний счетчика до величины, ниже пороговой.

Удовлетворение потребности для «Животного» выступает как решение задачи о достижении обобщенной ситуации определенного класса. Если, например, «Животное» испытывает чувство голода, то оно стремится действовать так (например, двигаться), чтобы на его рецепторах появились сигналы, при которых предикат $P(x, a)$ становится истинным. Конечно, при этом должны выполняться и другие необходимые условия «пищевой ситуации». Например, необходимо, чтобы в такой ситуации предикат $Q(y)$ был ложен.

В процессе жизнедеятельности «Животного» могут появляться новые потребности. Такими потребностями могут быть, например, определенные сформировавшиеся в процессе удовлетворения врожденных потребностей программы, выполнение которых оказалось полезным для удовлетворения врожденных потребностей. В качестве примера укажем на программу запасаения пищи «на черный день». При возникновении потребности в пище эта вспомогательная программа реализуется одновременно с основной (если пищи хватает и имеется ее избыток). Тогда в критических ситуациях удовлетворение чувства голода может быть организовано за счет припасенной и спрятанной в определенной клетке среды пищи.

Каждый элементарный поведенческий акт «Животного» связан с тем, что с помощью своего действия d оно преобразует ситуацию S_1 в ситуацию S_2 . Для выполнения действия d должны быть определенные условия (например, нельзя двигаться вперед, если на пути движения имеется непреодолимое препятствие). Это позволяет записать элементарный поведенческий акт в виде следующего выражения, называемого *продукцией*: «Проверь выполнено ли условие применимости действия d . Если да, то примени его к ситуации S_1 . После применения d ситуация S_1 заменится на ситуацию S_2 ». Таким образом, каждая продукция описывает результат применения определенного дей-

ствия к некоторой конкретной или обобщенной ситуации. Часто в продукциях ситуации описываются не полностью (полное описание по сути состоит из перечисления показаний всех рецепторов в данный момент времени), а лишь тот ее фрагмент, который будет изменен в результате реализации действия d . Поскольку многие продукции возникают в памяти «Животного» в процессе накопления его личного опыта, то они могут не обладать абсолютной достоверностью. Поэтому одновременно с ними в памяти «Животного» могут храниться специальные оценки достоверности этих продукций.

Факты, хранящиеся в памяти «Животного», обычно касаются решаемых им на основе потребностей задач. Это позволяет приписывать фактам метки тех задач, с которыми они связаны. Кроме фактов в виде продукций, возникающих при функционировании «Животного» в его памяти могут храниться и априорно заданные факты, касающиеся, например, особенностей его конструкции и функционирования. Факты могут быть реальными, фиксирующими действительные события, возникшие в процессе жизни «Животного», но могут быть и мыслимыми, связанными с прогнозом результатов тех или иных действий.

Модель «Животное» состоит из ряда однотипных блоков («Рука», «Нога», «Глаз» и т. д.), связанных с определенными рецепторами и эффекторами. В каждом блоке имеется собственная память и собственный набор действий. Задачи, решаемые в рамках одного блока, в определенном смысле однотипны. Например, блок «Рука» решает все задачи перемещения руки «Животного». В качестве примеров таких задач укажем «Передвинуть руку в место X », «Взять предмет, находящийся в зоне досягаемости», и т. п. Кроме непосредственного выполнения действий, доступных данному блоку, он может передавать указание другому блоку, поставить ему задачу. Тот же блок «Рука», перед которым стоит задача «Взять предмет X », чтобы поместить его в зону своей досягаемости и потом решить задачу, может поставить перед блоком «Нога» задачу «Приблизиться к предмету X » и лишь затем решить свою задачу.

В процессе такого многошагового планирования решения исходной задачи отдельные блоки организуют взаимодействие между собой и могут фиксировать его в своей памяти. Так создается основа для обучения «Животного» согласованному взаимодействию отдельных частей его тела.

Для организации деятельности «Животного» важную роль играет процесс активизации внимания. Для организации такого процесса в памяти блоков выделяются специальные зоны внимания. Появление в них информации свидетельствует об активизации внимания на решении определенной задачи. Эта информация состоит из двух частей: описания постановки задачи и информации о текущих значениях сигналов на входных рецепторах блока. В процессе решения задачи в зону внимания может переноситься и другая нужная информация: продукция, факты-гипотезы, факты из прошлого опыта и т. д. Если по ходу дела для решения основной задачи блоку нужно решить некоторую вспомогательную, то решение основной задачи прекращается, все содержимое зоны внимания запоминается и в нее вносится информация, необходимая для решения вспомогательной задачи. После ее решения блок возвращается к решению основной задачи.

Для облегчения работы с фактами каждому факту, хранимому в памяти блока, приписывается специальный вес, характеризующий важность данного факта для решения той или иной задачи. В программе «Животное» этот вес называется *ценностью* факта. Она определяется в зависимости от применимости данного факта к данной ситуации, прошлого опыта его применения и от степени близости текущей ситуации к тем, в которых ранее этот факт использовался.

Набор анализируемых фактов, имеющих вид продукции, позволяет выбрать группу действий, которые могут помочь в решении задачи. Из этой группы выбирается одно действие, имеющее наибольшую ценность для решения задачи. При одинаковых ценностях действий выбирается любое из них с помощью механизма случайного выбора. Когда действие выбрано, оно «мысленно» выполняется и ситуация S_1 переходит в ситуацию S_2 . Для этой новой ситуации снова ищется действие, приближающее «Животное» к целевой ситуации. Такой процесс многошагового планирования повторяется до тех пор, пока задача не будет решена или «Животное» не откажется от ее решения. Цепочка найденных действий служит либо программой управления эффекторами данного блока, либо требует передачи задания другим блокам системы. Во втором случае происходит переключение внимания на новый блок, который содержит свое описание ситуации, полученное от его собственных рецепторов. При передаче управления от одного блока к другому сохраняется связь

между блоками, т. е. блок, получивший задание, «знает» от какого блока он это задание получил, а блок, выдавший задание,— какому блоку он передал управление. В дальнейшем ходе решения задачи возможны следующие три варианта:

1. Новый блок находит решение, которое выполняют эффекторы, и задача решена. Информация о задействованных в решении фактах фиксируется в памяти и «Животное» переходит к удовлетворению следующей по силе потребности.

2. Новый блок, решая задачу, формулирует задание третьему и передает ему управление. Внимание в этом случае снова переключается и активно функционирует третий блок.

3. Второй блок зашел в тупик; в его репертуаре не оказалось фактов и действий, способных приблизить ситуацию к искомой. В этом случае соответствующая информация передается в блок, выдавший задание, выбранное действие признается непригодным с соответствующей записью в памяти и блок выбирает другое альтернативное действие и соответственно блок для решения новой задачи. Заметим, что в ходе функционирования может оказаться, что в рабочей памяти нескольких блоков сохранились нерешенные задачи. Содержимое таких «неочищенных» зон памяти блоков может потом повлиять на решение новых задач или быть источником продолжения решения текущей задачи. Авторы программы «Животное» назвали совокупность информации такого типа «краевым сознанием», усматривая в них некоторую аналогию с феноменом краевого сознания у человека.

Ход решения любой задачи может быть прерван из-за того, что блок анализа потребностей выдал сигнал о возникновении новой потребности более важной, чем та, которая вызвала решение текущей задачи, и о том, что уровень этой новой потребности по приоритету выше уровня удовлетворяемой в данный момент «Животным». Например, возникает потребность в убегании от появившейся опасности, когда шло решение задачи, связанной с утолением голода.

В памяти «Животного» накапливаются факты, привязанные к задачам, которые оно решало в течение своей «жизни». Это как бы факты-воспоминания. При возникновении новой потребности в решении задачи, к которой относятся факты-воспоминания, ими было бы хорошо воспользоваться, так как в них хранится информация о том, как

с помощью действий d происходило преобразование одних ситуаций в другие. Но на пути их использования стоит несколько трудностей. Во-первых, текущая ситуация может не полностью совпадать с той, которая встречалась ранее. Если, например, у «Животного» в памяти имеется факт-воспоминание в виде продукции: $S_1 \Rightarrow S_2(d)$, означающей, что с помощью действия d ситуация S_1 была переведена в ситуацию S_2 , то в текущий момент времени на входе рецепторов может возникнуть ситуация S'_1 , близкая к S_1 , но не совпадающая с ней. И перед «Животным» встает дилемма: можно ли использовать имеющийся в памяти факт-воспоминание для перевода с помощью действия d ситуации S'_1 в нужную для решения задачи ситуацию S_2 . Во-вторых, необходимо помнить не отдельные факты-воспоминания, а их упорядоченные последовательности. Каждому факту может предшествовать несколько фактов, и после него может следовать тоже несколько фактов. Поэтому в памяти «Животного» факты-воспоминания организуются в виде некоторого списка-каталога, в котором для каждого факта указаны его предшественники и последователи. Прохождение по такому списку-каталогу ускоряет поиск стереотипных цепочек фактов и соответствующих им действий.

Наконец, в третьих, с целью уменьшения обращений одних блоков программы «Животное» к другим за фактами-воспоминаниями в ходе накопления опыта происходит перераспределение этих фактов по памятям отдельных блоков. В ряде случаев происходит размножение этих фактов и одновременное их хранение в нескольких блоках.

Таковы общие черты модели «Животное». Мы не останавливались на многих важных деталях, как-то: работа алгоритмов обобщения, типология форм записей фактов, технические вопросы организации памяти и др., рассмотрение которых увело бы нас слишком далеко. Тем не менее, как нам представляется, приведенные соображения показывают, что функционирование «Животного» воспроизводит достаточно точно многие черты разумного поведения, свойственного как животным, так и человеку.

§ 3.8. Гиромат

Выше неоднократно подчеркивалась роль памяти и модельного представления в ней ситуаций, порождающих в ответ то или иное поведение. Отмечалась также и важная роль семиотического (знакового) характера многих сиг-

налов, воздействий и их образов в памяти. Иными словами, неявно была сформулирована гипотеза о том, что в основе сложного разумного поведения лежит знаковая развивающаяся в процессе накопления опыта модель внешнего мира, хранящаяся в памяти действующей в нем особи. Без конкретизации структуры такой модели эта гипотеза формулировалась в работах многих психологов. И лишь начиная с работы рано ушедшего из жизни талантливого советского психолога В. Н. Пушкина и его учеников, стали вырисовываться ее контуры. Анализируя поведение испытуемых при решении различных экспериментальных задач, следя за тем, как принимает свои решения диспетчер на сортировочной железнодорожной станции или диспетчер энергосистемы и сравнивая многие такие наблюдения, Пушкин пришел к представлению о том, что в сознании специалистов, решающих управленческие и поведенческие задачи, формируется специальная семиотическая модель. В ней объекты действительности, важные для принятия решений, связываются между собой системой различных отношений, несущих семантическую и прагматическую нагрузку.

Далее необходимо было выяснить природу этих отношений. Счастливый случай объединил специалистов, работавших вместе с Пушкиным, с группой специалистов, разрабатывавших новые принципы управления сложными техническими и организационными системами. Метод ситуационного управления, разрабатываемый ими, также опирался на наличие в памяти управляющей системы специальной семиотической модели, отражающей особенности объекта управления и способов управления им. И в этой модели присутствовали отдельные объекты и понятия, связанные между собой системой отношений. В теории ситуационного управления была высказана гипотеза о том, что число базовых отношений, которые можно применить для описания любых связей, наблюдаемых в реальном физическом мире, конечно и не слишком велико (порядка 200 отношений). Отношения можно разбить на группы (временные, пространственные, причинно-следственные, включения и т. п.). Примерами их служат такие отношения, как «быть позже», «быть левее», «быть следствием», «быть элементом класса», «двигаться к», «служить для» и т. п.

После этого началась совместная работа психологов и специалистов в области управления сложными системами, оказавшаяся плодотворной для тех и других. Тема нашей

книги заставляет нас говорить лишь об одном результате этого сотрудничества — модели целесообразного поведения, названной ее создателями *гироматом*. Название это принадлежит польскому писателю-фантасту С. Лему. Этим словом он назвал устройство, структура которого адаптируется к той задаче, которую оно решает, что определяет основную особенность гиromата — способность приспосабливаться к условиям подлежащей решению задачи.

Рассмотрим один из вариантов подобной модели. Сейчас создано немало моделей такого варианта, реализо-

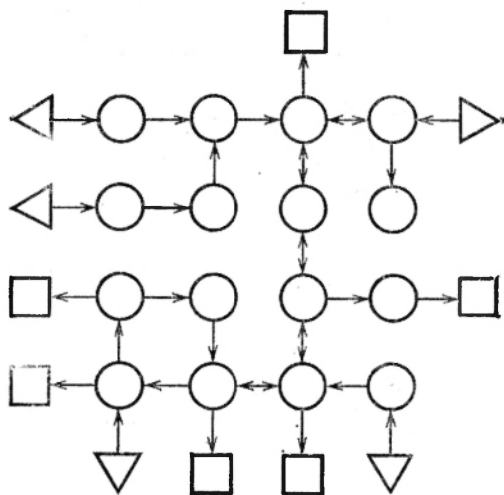


Рис. 3.14

ванных в виде программы на ЭВМ. Каждая из них несколько отличается от других, что определяется тем кругом реальных проблем, для которых используется гиromат. Модель, описанная ниже, может рассматриваться как прототип всех этих моделей.

Остановимся прежде всего на среде, в которой действует гиromат. В ситуационном управлении, где используются гиromаты, эта среда называется дискретной ситуационной сетью (сокращенно ДСС). Пример ДСС показан на рис. 3.14. На нем треугольниками показаны истоки, в которых могут появляться некоторые объекты, перемещающиеся по ДСС, а квадратиками — стоки, в которых эти объекты исчезают. Кружками изображены вершины, в которых объекты при своем движении по ДСС как бы

локализуются, «перепрыгивая» из одной вершины в другую с присущей им скоростью. Шаг решетки на ДСС соответствует разрешающей способности «глаз» гиromата. В любой момент дискретного времени все объекты фиксируются гиromатом в вершинах ДСС. Истоки и стоки характеризуют границу того участка среды, который доступен гиromату для восприятия. В отличие от «Животного», описанного выше, гиromат сам не перемещается в среде, но способен управлять движением объектов и сменой значений параметров, характеризующих в данный момент эти объекты.

На рис. 3.14 в ДСС реализованы не все возможные связи между вершинами, так как в каждой конкретной ДСС эти связи определяются тем, что они существуют в реальности. Например, в среде, моделируемой с помощью ДСС, могут иметься непроходимые для объектов участки.

Сведения об объектах для гиromата небезразличны. На основании их он классифицирует объекты и возникающие в ДСС ситуации. Одни объекты могут оказаться для гиromата опасными, другие могут служить для него пищей. В тех случаях, когда гиromат используется для диспетчерского управления перемещением объектов по ДСС и изменением значений их параметров, эти значения оказывают вместе с другой информацией, поступающей из ДСС в гиromат, влияние на выбор гиromатом управленческих решений. Например, ДСС может рассматриваться как сеть улиц некоторого участка города, а гиromат — в качестве устройства управления потоками транспорта на данном участке. При такой интерпретации истоки суть пункты, в которых автомашины и другой транспорт появляются в зоне управления, а стоки — пункты, в которых они исчезают. Структура ДСС может трактоваться как план улиц на управляемом участке, а кружки могут соответствовать светофорам на перекрестках. Задачей гиromата в этом случае может быть поиск такого управления светофорами, которое обеспечивало бы максимальную пропускную способность данного участка городской территории.

Введем теперь понятие текущей ситуации для гиromата. Под *текущей ситуацией* будем понимать полное описание того, что в этот момент «видит» гиromат на ДСС. А «видит» он, как в данный момент распределены объекты на ДСС и какими характеристиками они обладают. Эффекторы гиromата позволяют ему воздействовать на объекты среды. Они могут менять характеристики объектов, уничтожать их, порождать новые объекты в доступных гиromату вер-

шинах ДСС (в самом общем случае ему могут быть доступны все вершины — кружочки на ДСС). Наблюдения за движением объектов по ДСС и за результатами воздействий эффекторов на них позволяют накапливать в памяти гиromата информацию, необходимую для того, чтобы находить определенные закономерности, характеризующие среду и «жизнь» объектов в ней, а также результаты воздействия эффекторов на объекты. Эти закономерности формируются в виде специальных продукций, о которых уже говорилось выше. Напомним, что каждая продукция состояла из некоторого условия ее применимости, текущей ситуации, действия и результирующей ситуации: $P; S_1; f; S_2$. Здесь P — условие применимости продукции, S_1 — текущая ситуация, f — действие гиromата, а S_2 — результирующая ситуация на ДСС. Как и в программе «Животное», подобные продукции априорно не задаются, а вырабатываются гиromатом в процессе наблюдения за средой и за его действиями в ней. В гиromат заложены некоторые «врожденные» критерии оценки ситуаций. Одни ситуации «нравятся» гиromату больше, другие меньше. К появлению одних ситуаций или последовательности определенных ситуаций гиromат стремится, другие — избегает. Целесообразность в деятельности гиromата проявляется в том, что он после периода обучения начинает действовать в среде так, чтобы максимизировать появление тех ситуаций, которые он считает благоприятными (или минимизировать появление неблагоприятных для себя ситуаций).

Опишем функционирование гиromата более детально. Прежде всего отметим, что когда гиromат «видит» текущую ситуацию на ДСС, то он воспринимает ее описание в виде некоторой структуры, элементами которой служат объекты вместе с теми пространственными и временными отношениями между ними, которые фиксируются в данной ситуации или в последовательности наблюдаемых ситуаций, а также в виде отношений, возникающих между объектами и элементами ДСС и, наконец, в виде отношений между объектами и действиями самого гиromата. Элементарной единицей, из которой складывается это описание, является тройка вида $(A_i r_h A_j)$, где A_i и A_j — некоторые объекты, а r_h — отношение между ними. Например, *Лошадь левее собаки*, или *Собака находится в конуре*, или *Лошадь пришла к реке позже собаки*. Кроме таких троек, используются еще тройки вида $(A_i m_h v_j)$, смысл которых сводится к утверждению, что объект A_i характеризуется наличием

параметра v_j . Используются также тройки вида $(A_i d_i A_j)$, $(A_i d_i G)$ и $(G f_m A_j)$. Здесь d_i есть действие, которое объект A_i совершает над объектом A_j или над гиromатом, а f_m — действие, которое совершает гиromат над объектом A_j . Теперь ясно, что через f в продукции, приведенной выше, мы обозначили множество всех действий, одновременно в ситуации S_i совершенных гиromатом над объектами, бывшими в этот момент на ДСС.

Из троек всех перечисленных типов состоит описание всей информации, которой может оперировать гиromат.

Мир текущих ситуаций очень богат. При больших размерах ДСС, большом числе и разнообразии объектов, «живущих» на ДСС, у гиromата нет надежды встретиться с каждой из возможных ситуаций и найти для каждой ситуации наилучшее воздействие. Поэтому основная задача гиromата в процессе его адаптации к ДСС состоит в построении обобщенной модели мира, в которой ситуации, сходные по оценке гиromата, объединялись бы в обобщенные ситуации, представляющие собой классы конкретных наблюдаемых ситуаций. Именно «рассуждения» в терминах обобщенных ситуаций позволяют гиromату вырабатывать продукции, обладающие значительной общностью и пригодные к применению даже тогда, когда на ДСС складывается конкретная ситуация, никогда ранее гиromату не встречавшаяся.

Общая блок-схема гиromата показана на рис. 3.15. Информация о текущей ситуации, которая в данный момент сложилась на ДСС, поступает в блок *селекции*. Из него она идет по двум направлениям: в блок *построения модели*, в котором происходит классификация ситуаций, и в блок *гипотез*, в котором вырабатываются различные гипотезы о связях ситуаций между собой. В эти же блоки поступает информация о времени, когда была зафиксирована данная ситуация. Эта информация, поступающая из блока *времени*, используется в блоках построения модели и гипотез для оценки повторяемости конкретных ситуаций во времени и их изменениях во времени. С помощью полученной информации блок построения модели может изменить ту модель внешнего мира, которая хранится в гиromате.

В модели внешнего мира хранится весь опыт гиromата, накопленный им в процессе жизнедеятельности или априорно введенный в него создателями. На основе этой информации блок *модельного опыта* извлекает нужную для принятия решения в текущей ситуации информацию и передает ее в блок *выработки решений*. Если этой инфор-

мации достаточно (текущая ситуация оказалась типовой, известной гиромату по прошлому опыту), то блок выработки решений формирует задание блоку *активного опыта* на выдачу в среду соответствующих воздействий. Если же информации для выработки решения недостаточно, то блок активного опыта может поставить «эксперимент»,

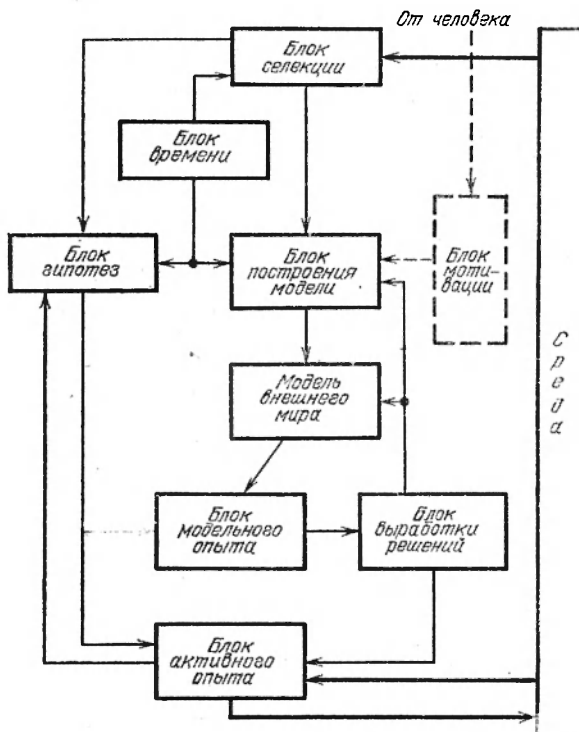


Рис. 3.15

воздействуя на среду с учетом текущих гипотез, сформированных к этому времени в блоке гипотез. Во втором случае реакция среды на воздействия анализируется непосредственно блоком активного опыта, что показано жирной стрелкой, идущей от среды прямо на этот блок. После отклика среды блок активного опыта может передать корректирующую информацию в блок гипотез.

На рис. 3.15 показаны пунктиром блок *мотивации* и вход к этому блоку, идущий от человека. Блок мотивации

используется для задания в блоке построения модели целей классификации ситуаций, интересных для человека, использующего гиromат для решения своих задач.

Центральный блок гиromата — модель внешнего мира. Она имеет иерархическое строение. Ее общий вид показан на рис. 3.16.

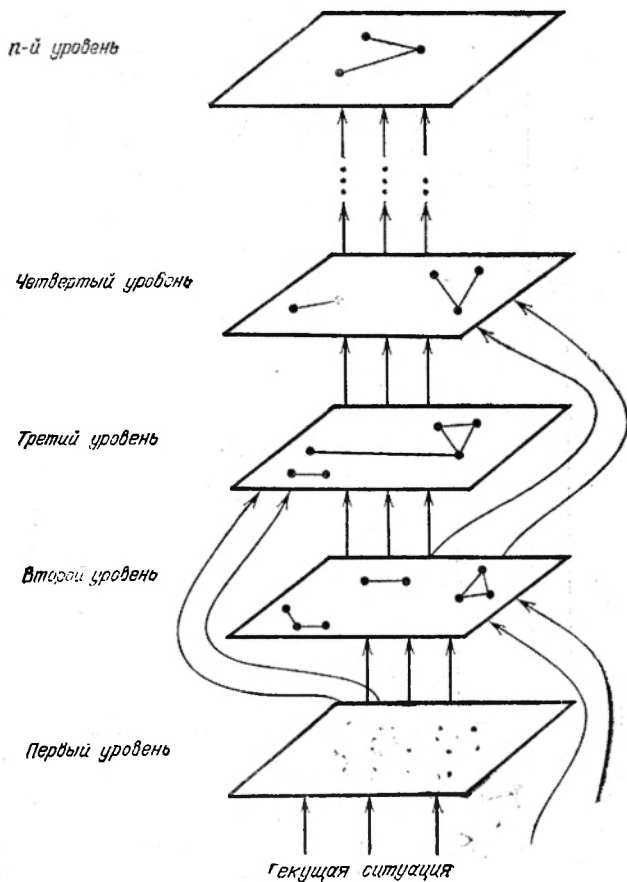


Рис. 3.16

На первый уровень модели внешнего мира поступает и в ней хранится текущая ситуация, отражающая ситуацию, сложившуюся на ДСС в данный момент времени. Это как бы «фотография» того, что в данный момент происходит

на ДСС. Как уже говорилось, одновременно входная информация поступает в блок гипотез и записывается в нем в память типа магазинной памяти. Каждому объекту, сведения о котором поступили в блок гипотез, приписывается фиксированный начальный вес. С течением времени хранения сведения о данном объекте как бы смещаются вглубь магазинной памяти и по определенному закону их вес уменьшается. Относительно объектов, чье описание поступило в блок гипотез, формируется гипотеза о наличии причинно-следственной связи между ним и объектами, хранящимися в памяти. Связи формируются, если объекты обладают совместными пространственными координатами, т. е. находятся в одной фиксированной окрестности. Связи приписывается вес, который имел объект, уже хранившийся в памяти. Найденные связи хранятся некоторое время в буфере. За это время осуществляется несколько последовательных заполнений первого уровня модели внешнего мира. Если в новых текущих ситуациях встречается тот же объект, который присутствовал в ранее поступивших, то он выступает кандидатом на причинно-следственную связь повторно. Если в буфер несколько раз поступает одна и та же связь, она не записывается повторно, а увеличивается вес уже записанной связи. Если связь образовывалась на каждом шаге в течение времени хранения в буфере, то ее окончательный вес считается равным единице. В противном случае ее вес меньше единицы.

Причинно-следственные связи, выделяемые блоком гипотез, могут относиться к однотипным объектам, у которых различны лишь индивидуальные имена или значения тех или иных параметров, но они могут связывать между собой и объекты разного типа. Кроме магазинной памяти и системы изменения весов, в блоке гипотез имеется еще экстраполирующий механизм. В его задачу входит выработка прогноза развития ситуаций на ДСС на основании тех закономерностей, которые удалось в этом блоке найти. Вся информация, накопленная в блоке гипотез за некоторый период времени T , либо задана человеком для гиromата априорно, либо определена самим гиromатом в процессе своей работы и передается им в модель внешнего мира, где записывается на второй уровень иерархии слоев, показанной на рис. 3.16.

На третьем уровне объединяются сведения, поступившие с ДСС на первый уровень, в которых имеются сведения о наблюдаемых объектах и значениях их параметров, а

также о расположении объектов на ДСС и сведения, имеющиеся на втором уровне и содержащие связи между объектами, выявленные в блоке гипотез. Так, на третьем уровне образуется базовый граф, служащий для дальнейших преобразований в модели внешнего мира. Эти преобразования сводятся к обобщению описания, заданного базовым графом. Если некоторая совокупность объектов вместе со связями, их объединяющими (подграф базового графа) повторяется и постепенно приобретает определенный вес (каждое повторение этот вес увеличивает), то на четвертом уровне подграф заменяется обобщенным объектом. Так, в гиромате возникают понятия, связанные с некоторым абстрагированием от реальных наблюдаемых на ДСС ситуаций. Возвращаясь к рис. 3.15, можно сказать, что первому уровню соответствует блок селекции, а второму — блок гипотез. Начиная с четвертого уровня все модели строятся одинаковым образом. Это позволяет использовать для их формирования один и тот же блок (блок построения модели). Постепенно формируется своеобразный «слоеный пирог», в котором, чем выше находится слой, тем более обобщенный класс ситуаций и действий на нем описывается. Продукции, относящиеся к высоким слоям, обладают большей общностью и применимы к более широким классам ситуаций, чем продукции, лежащие в нижних слоях.

Если в процессе формирования модели внешнего мира не принимать никаких мер по ограничению порождаемых классов и отношений, то память гиромата очень скоро будет заполнена множеством обобщенных описаний, не приносящих ему никакой пользы. Для того чтобы этого не происходило, используются специальные эвристические правила, хранящиеся в блоке мотивации. С их помощью оценивается целесообразность каждого обобщенного описания, и оно либо оставляется в модели внешнего мира, либо отбрасывается.

Блок модельного опыта позволяет гиромату экстраполировать собственные действия \hat{f}_i в тех или иных ситуациях. Гиромат как бы «мысленно» проигрывает возможное развитие событий, опираясь на накопленный ранее опыт и классификацию ситуаций. Такие модельные эксперименты позволяют гиромату накапливать нужную для действий в ДСС информацию, не дожидаясь возникновения новых ситуаций в окружающей его среде. Те цепочки действий (последовательность продукций), которые оказались в модельном эксперименте удачными, гироматом запоми-

наются на соответствующих уровнях обобщенных описаний. Блок активного опыта накапливает аналогичную информацию при изменениях реальных ситуаций на ДСС под воздействием \hat{f}_i , а также активизирует на ДСС проверку тех гипотез, которые возникают при работе блока модельного опыта, но не могут быть оценены достоверно без проверки на ДСС в реальных условиях.

На этом мы заканчиваем описание трех моделей, демонстрирующих достаточно сложные формы целенаправленного поведения. В последующих главах мы обсудим еще более сложные формы поведения, специфические для человека.

МОДЕЛИ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ПОВЕДЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА

Я больше мочь посмел, чем сметь я мог...

Вяч. Иванов

§ 4.1. Концептуальные условия

Переходя к моделям поведения людей, мы беремся за это с большой опаской. Если модели поведения, которые мы рассматривали до этого, опирались на более или менее точное научное знание о поведении простых организмов и простейших условно-рефлекторных и подобных им форм поведения людей, то в настоящей главе мы хотим заниматься моделями весьма сложного вида. Они относятся к видам поведения, которые можно было бы назвать *социально обусловленными*. Ибо любой человеческий индивид живет не только в физической среде, но и в социальной, которую образуют подобные ему, но далеко не тождественные ему индивиды. И если, как было ранее показано, влияние физической среды на организм весьма существенно для формирования его поведения, то столь же существенно влияние социальной среды на социально обусловленные формы поведения человека.

Поставленная нами задача позволяет несколько сузить само понятие поведения и не обсуждать рассмотренные в предшествующих главах формы поведения. В связи с этим уточним характер той человеческой деятельности, которая носит, с нашей точки зрения, социально обусловленный поведенческий характер.

Предположим, что деятельность некоторого индивида протекает в условиях наличия цели, наблюдателя и оценки. Поясним, что понимается под этими условиями. Мы не предполагаем, что наличие цели автоматически сводится к ее осознанию индивидом, хотя многие психологи, отделяя цели от мотивов, всегда подчеркивают осознанность целей. Для нас индивид может без осознания цели совершать некоторые действия «потому, что ему так хочется». Но мы предполагаем, что эта деятельность должна им осознаваться, как таковая. Другими словами, из поведенческих актов мы исключаем безусловные рефлексy или

виды поведения, связанные с деятельностью сердца, желудка и других внутренних органов, неконтролируемые специально сознанием. Эти виды деятельности можно считать поведенческими лишь тогда, когда (как поступают йоги) мы сознательно начинаем ими управлять (например, изменять пульс или целенаправленно сокращать те или иные мышцы).

Требование присутствия наблюдателя вычлениет в общей структуре деятельности еще более узкую область. Роль такого наблюдателя может выполнять и сам субъект (самонаблюдение) или «воображаемый наблюдатель», который мог бы присутствовать в данной ситуации. Другими словами, требуется, чтобы деятельность субъекта можно было оценить со стороны, вне самой этой деятельности.

Наблюдатель не пассивен, а вырабатывает некоторую оценку деятельности субъекта, причем важно, что сам субъект обладает свойством рефлексивности, т. е. может прогнозировать эту оценку (может быть, и неверно), ставя себя на место наблюдателя.

Последнее условие исключает из видов деятельности, относимых нами к поведенческим, такие, как принятие пищи (если оно не носит некоторого специального характера, например ритуального или эпатазирующего), сон, трудовую деятельность, не подверженную оценке, и т. п. В § 1.1 уже говорилось о наблюдателе, как бы привносящем свою оценку в деятельность живых существ и технических систем и превращающих эту деятельность в поведенческую. Здесь происходит аналогичное явление. Заметим, что само появление оценки за те или иные действия субъекта становится возможным лишь в условиях альтернативного выбора. Если субъект поступил так, потому что это был его единственно возможный выбор, то мы, как правило, не оцениваем его действия. Вместо человека такие действия мог бы совершить и автомат. Так, не оцениваются действия судьи, если он строго выполняет однозначные правила ведения судебного заседания, или действия больного, строго следующего предписаниям врача.

Сформулированные нами три условия никак не формализованы. Границы, отделяющие поведенческую деятельность от остальных ее видов, зыбки и условны. Поэтому одной из наших задач будет уточнение этих границ.

Постараемся прежде всего пояснить некоторые аспекты, связанные с целями. Отметим прежде всего, что в современной психологии нет точного определения и единого истолкования цели. Психологи для обозначения побуди-

тельных причин для совершения действий используют три понятия: потребность, мотив и цель, не всегда проводя между ними точное разграничение. Не вдаваясь в дискуссию по этим вопросам, будем понимать под целями те замыслы (осознанные и неосознанные), которые могли стать толчком к совершению действий, направленных на реализацию этих замыслов. Для того чтобы различать *осознанные* и *неосознанные цели*, в первом случае будем говорить о *рациональном поведении*, а во втором — об *интуитивном поведении*.

На протяжении дальнейшего изложения будем использовать три интерпретации понятия «цель» и указывать (в тех случаях, когда это однозначно не следует из контекста), какая интерпретация используется. Перечислим их.

1. Цель — ситуация, которую индивид должен достичь в результате своего поведенческого акта.

2. Цель — результат, достигаемый после завершения поведенческого акта и полезный индивиду.

3. Цель — осознанное предвосхищение пока еще не полученного результата поведенческого акта.

Предположим, что субъект обладает врожденным набором целей, носящих как физиологический, так и психологический характер. Примерами целей первого типа могут служить утоление голода или продолжение рода, примерами целей второго типа — максимизация актов внимания, стремление к избеганию неприятных ситуаций или стремление к сохранению своего социального статуса. Из приведенных примеров ясно видно, что мы включаем в множество целей многое из того, что психологи относят к мотивационным факторам. Например, как правило, с целями они не отождествляют такие побудительные причины, как органические потребности (утоление голода, сексуальное возбуждение и т. п.), потребности, связанные с самооценкой (конформизм, стремление к честности, стремление к независимости и т. п.), социальные потребности (быть среди людей, угождать, стремиться к нормативному порядку и т. п.).

Подчеркнем еще раз, что мы не предполагаем осознанности целей, за исключением того случая, когда рассматривается рациональное поведение. Так, если человек стремится любыми средствами быть «душою общества», обращать на себя внимание других лиц, используя допустимые и недопустимые в данном социуме средства, то он может делать это на уровне интуитивного поведения, совершенно не осознавая, что все его действия направлены только на то, чтобы максимизировать получаемые им от окружающих акты вни-

мания. В психологии подобный тип личности называется *крайним экстравертом*. Такой характер его поведения является как бы врожденным. Это типичное поведение. Интересно, что осознание истинных целей часто заставляет человека изменять характер своего поведения. На принципе осознания скрытых целей основаны, в частности, методы психоанализа и психотерапии.

Особенность глобальных психологических целей — их индивидуализация. Разные люди имеют разные глобальные психологические цели. В качестве примера таких целей можно привести четыре глобальные психологические цели, используемые в рамках *транзакционного анализа*, о котором мы еще будем говорить. Под *транзакцией* представители этого направления понимают любой акт взаимодействия персонажей между собой, в результате которого может возникнуть как положительный, так и отрицательный эффект для каждого из участников взаимодействия. Такие эффекты мы будем называть соответственно *выигрышами* и *проигрышами*. Для измерения эффектов было бы желательно иметь специальную систему стандартных единиц. Например, считать единичным выигрышем любой знак внимания, оказанный некоторому индивиду, но, насколько нам известно, пока не удалось найти устраивающую всех (и во всех случаях) систему единиц. В транзакционном анализе в качестве таких единиц используются «поглаживание» и «неполучение поглаживания». Понятие «поглаживание» обозначает любой знак внимания, имеющий для индивида положительную окраску. В этих терминах можно сформулировать четыре глобальные психологические цели, рассматриваемые специалистами в транзакционном анализе.

1. Максимизация знаков внимания, получаемых данным индивидом. Такая цель характерна для тех людей, которых мы ранее назвали крайними экстравертами. Печально известный Герострат может служить примером людей подобного типа. Ради максимизации своего выигрыша, который был связан для него с максимальным привлечением внимания к собственной персоне, Герострат пошел на преступление. Он сумел добиться своей глобальной психологической цели, оставшись на века в памяти людей.

2. Минимизация проигрышей, получаемых данным индивидом. Эта цель характерна для другого психологического типа людей, которых психологи называют *крайними интровертами*. В противоположность экстравертам, основная деятельность которых направлена на других людей, основная деятельность интровертов направлена на себя,

на свой внутренний мир, самооценку и оценку других людей и объектов в связи с собственной личностью. Интроверты гораздо более чувствительны к проигрышам, а крайние интроверты прилагают максимум усилий, чтобы не попасть в ситуации, в которых могут возникнуть проигрыши. Избегание неприятных для них ситуаций может привести к тому, что крайний интроверт будет терпеть недостаток актов внимания к своей персоне, страдать от этого, но не сделает никаких попыток выйти из такого положения, если у него есть опасение, что он попадет в неприятную для себя ситуацию. Типичным примером крайнего интроверта, для которого система условных ценностей имеет самодовлеющий характер, может служить главный герой рассказа А. П. Чехова «Человек в футляре». Его смерть была следствием нервного потрясения, связанного с попаданием в неприемлемую ситуацию, которую в Японии принято называть «потерей собственного лица».

3. Стремление поддерживать некоторое устойчивое соотношение выигрышей и проигрышей, получаемых данным индивидом. Эта глобальная психологическая цель характерна как для экстравертов, так и для интровертов. Разница состоит лишь в том, что для экстравертов важно, чтобы количество выигрышей было максимальным при сохранении некоего уровня проигрышей, превышение которого приводит к психологическому дискомфорту, а для интровертов более важна минимизация проигрышей при сохранении некоего уровня выигрышей, на понижение которого они не идут. Эти уровни в течение жизни могут меняться, сохраняя постоянным психологический тип индивида.

4. Укрепление жизненной установки. Последователи транзакционного анализа выделяют четыре глобальные установки, характеризующие то, как индивид воспринимает окружающих людей и самого себя. Эти четыре установки носят следующие названия: NOK—OK; OK—OK; OK—NOK и NOK—NOK. (OK есть сокращение английского «о'кэй», а NOK — сокращение английского «нот о'кэй»; по-русски это может соответствовать словам «благополучно» и «неблагополучно»). Первая часть пары относится к индивиду, а вторая — к окружающим его людям. Первая жизненная установка всегда бывает у маленьких детей. В нашем сложном и непонятном для них мире они чувствуют себя беспомощными и вынуждены постоянно прибегать к помощи и советам взрослых. Для ребенка «взрослые все могут и взрослые все знают». У них все ОК, а ребенок не может даже найти для себя пищу, когда голоден.

Его состояние явно НОК. И поэтому все дети мечтают о том времени, когда они вырастут, станут взрослыми и перейдут на нормальную жизненную установку «у меня все благополучно и у других все благополучно» (ОК—ОК). Установка ОК—НОК обычно называется «установкой преступника». Люди с подобной установкой склонны считать, что они-то знают, как жить, они все делают правильно и могут решать, что можно делать с другими людьми — явными недоумками, плохо понимающими «что почем». Такие люди при очень сильной установке социально опасны для общества. Наконец, установка НОК—НОК обычно называется «установка самоубийцы». При данной установке действительно очень трудно жить в этом мире, где неблагополучие распространяется на всех людей и на себя самого.

В течение нашей жизни установки могут меняться. При переходе от подросткового возраста к юности установка НОК—ОК при нормальных условиях меняется на установку ОК—ОК. При неблагоприятных условиях она может смениться на установку ОК—НОК и при очень тяжелых внутренних переживаниях и потрясениях — на установку НОК—НОК. В течение периода пребывания во взрослом состоянии установка может на короткое время, связанное с глубокими переживаниями или разочарованиями, меняться, но людям присуща некоторая доминантная установка, сопровождающая их от юности до смерти или какого-то стрессового момента, переворачивающего их жизнь. Вот эту-то установку мы и стремимся сохранить.

Значительная часть людей при переходе во взрослое состояние сохраняет в качестве доминанты детскую установку НОК—ОК. Такие люди всю свою жизнь считают себя неудачниками. Их любимые фразы звучат приблизительно так: «Конечно, это у всех получается, а у меня ничего не выйдет. Уж я такой» или «Стоит мне за что-нибудь взяться, как ничего не получается. Прямо колдовство какое-то». Когда в результате действий таких людей эффект действительно бывает отрицательным, то, как ни странно, они даже радуются этому и говорят: «Я же говорил, что у меня ничего не получится. Так и вышло!» Возникает подозрение, что они нарочно конструируют ситуации, в которых терпят фиаско, чтобы еще более укрепить свою детскую установку НОК—ОК.

Примером героини с доминантной установкой НОК—ОК может служить Настасья Филипповна, о которой князь Мышкин говорит: «...бежала потому, что ей непременно, внутренне хотелось сделать позорное дело, чтобы самой

себе сказать тут же: «Вот ты сделала новый повор, стало быть, ты низкая тварь!» (Ф. М. Достоевский. Полное собрание сочинений.— Л.: Наука, 1973.— Т. 8.— С. 361).

Великий армянский поэт Григор Нарекаци в одном из своих стихотворений очень образно показал, как выглядит установка типа НОК (перевод Н. Гребнева)

«Я вижу воина — и смерти жду,
Церковника я вижу — жду проклятья,
Идет мудрец — предчувствую беду,
Идет гонец — могу лишь горя ждать я...
Услышу тихий шорох — уstraшусь,
Протянут руку — в страхе отшатнусь,
Учую зло во всем сулящем благо!
На пир я буду позван — не явлюсь...»

Можно ввести *прямые* и *косвенные цели*. Стремясь достичь чего-то в рациональном поведении, мы на самом деле на бессознательном уровне стремимся достичь каких-то косвенных, весьма важных для нас целей. О косвенном целеполагании мы позже будем говорить более подробно, так как оно оказывается весьма характерным моментом любого человеческого поведения. По крайней мере указанные четыре глобальные психологические цели почти всегда выступают в качестве косвенных целей.

Чтобы закончить обсуждение роли целеполагания в организации поведения людей, отметим еще, что цели могут породить систему подцелей, образующих дерево возможных путей достижения глобальной цели. Такие структуры, образующие определенные *сценарии* организации поведения, также явятся предметом дальнейшего изложения. Здесь же ограничимся лишь примером, иллюстрирующим косвенное целеполагание. Потребность в продолжении рода есть врожденная потребность. Она удовлетворяется в результате половой близости двух индивидов. Но косвенные цели для достижения этой ситуации могут быть весьма различными. В качестве примеров укажем такие цели: снятие возбуждения (релаксация), стремление получить чувственное удовольствие (рекреация), установление более близких коммуникативных отношений, самоутверждение, выполнение ритуальных предписаний и т. п. Таким образом, одни и те же поведенческие акты могут стимулироваться различными косвенными целями при одинаковой прямой цели. Отметим также, что один и тот же по форме поведенческий акт (более точно, действия, связанные с ним) может порождаться различными целями.

Важная роль в организации поведенческих актов отводится наблюдателю. При организации поведения субъект как бы имитирует внутри себя наблюдателя и его рассуждения, завершающиеся оценками действий субъекта. Для осуществления этого субъект должен обладать специальными знаниями, на фоне которых планируется и строится поведение, снабженное самооценкой субъекта. Прогнозная самооценка может не совпадать с оценкой или оценками, которые, по мнению субъекта, будут даны наблюдателем.

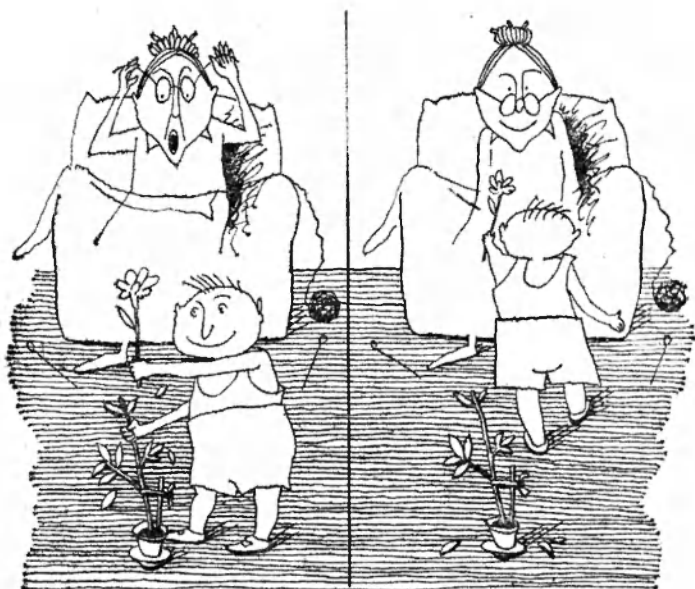


Рис. 4.1

Знания описанного типа отличаются от обычных знаний об окружающем субъекта мире. Они представляют собой субъективный слой знаний о формах поведения в этом мире.

Последнее замечание. С точки зрения субъекта, реализующего некоторый поведенческий акт, наблюдателем может быть как некоторое конкретное лицо (в частности, он сам), группа людей (семья, коллеги по работе, друзья семьи и т. п.), так и некий наблюдатель «вообще», хранящий неписанные морально этические нормы, принятые в данном социуме, и свод юридических законов и предписаний, применяемых в данном государстве.

Имеется одно весьма интересное подтверждение того,

что иногда мы сознательно ощущаем в себе некоторого стороннего наблюдателя. Это происходит во сне, когда мы видим страшный сон, и нам кажется, что выхода нет. И тогда мы вдруг слышим голос, который говорит успокаивающе: «Ничего страшного. Это только сон». Карл Саган описывает случай, когда при экспериментах с ЛСД испытуемый, почувствовав присутствие наблюдателя, мысленно спросил его «Кто ты?». В ответ на свой вопрос он получил ответ «А кто спрашивает?»

Завершая этот параграф, приведем еще раз нашу концептуальную схему поведенческого акта (рис. 4.1). В ней выделены две части, соответствующие замыслу поведенческого акта и реализации его вместе с оценками, которые возникли у наблюдателя (обе части рис. 4.1 слева направо). Как мы видим, субъект, планируя свое поведение, что-то недоучел, ибо реакция наблюдателя в первый момент оказалась не совсем такой, как он ожидал.

§ 4.2. Типология поведения

В настоящем параграфе рассматривается классификация видов поведения, удобная для дальнейшего изложения. Она показана на рис. 4.2. Как мы видим, все виды поведения делятся на две большие группы: *нормативное поведение* и *ситуационное поведение*. Первая группа определяется набором нормативных предписаний, характерных для того общества, к которому принадлежит индивид, совершающий акт поведения, вторая группа — той реальностью, в которой такое поведение возникает. Разница этих двух типов поведения иллюстрируется следующим примером. В зале консерватории благоговейная тишина; звучит завораживающая музыка. Нормативное поведение предполагает, что все зрители ведут себя тихо. Предположим, что какому-то зрителю стало плохо. Надо немедленно принять меры по спасению его жизни. Тогда вместо нормативного поведения возникает ситуационное. В сложившейся ситуации можно пренебречь требованиями нормативного поведения, нарушить тишину и помочь заболевшему покинуть зал. Читатели могут придумать сколько угодно примеров, аналогичных описанному.

В чем же состоит понятие *нормы поведения*? Откуда берутся такие виды поведения? Прежде всего, из реальных нормативов поведения, предписанных данным обществом или социумом. Военские уставы или уголовный кодекс служат примером таких предписаний. Эти нормативные

предписания не всегда зафиксированы в каких-то документах. Так, к нормативному поведению относится и такое, которое основано на некотором статистическом среднем, на положении «Надо делать так, потому что все так делают» или на положении «Мама меня учила, что так делать нельзя», или на каком-либо ином положении, обычно именуемом житейской мудростью. Нормативное поведение может также отражать стремление к определенному функциональному оптимуму, который достигается коллективом людей в

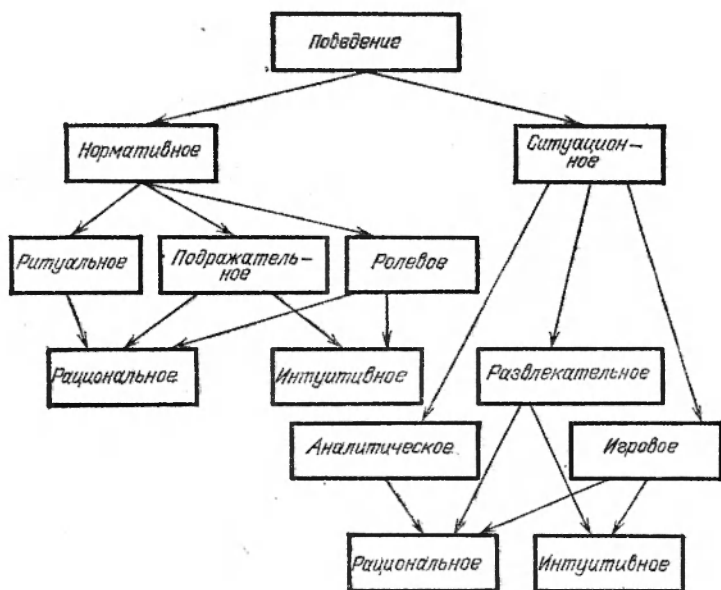


Рис. 4.2

результате согласованного поведения его членов. Этим трем типам нормативного поведения на рис. 4.2 соответствуют три вида поведения: *ритуальное*, *подражательное* и *ролевое*. Кроме того, последние два вида нормативного поведения могут быть как *рациональными* (с осознанными целями), так и *интуитивными* (с неосознанными целями).

Наличие ситуационных правил поведения показывает, что человек не может обойтись только нормативными правилами. Жизнь столь разнообразна, что нет никакой надежды на то, что все ее требования можно отобразить в виде конечного списка нормативных правил. Всеобщих законов поведения, по-видимому, не существует, хотя при создании

интеллектуальных искусственных систем было бы очень заманчиво иметь такой конечный список. Эта мечта отразилась в упоминавшихся нами в гл. 3 трех законах робототехники А. Азимова. Повторим их для удобства читателя еще раз.

1. «Робот не может причинить вред человеку или своим бездействием допустить, чтобы человеку был причинен вред».

2. «Робот должен повиноваться командам, которые ему дает человек, кроме тех случаев, когда эти команды противоречат первому закону».

3. «Робот должен заботиться о своей безопасности, поскольку это не противоречит первому и второму законам».

Законы Азимова носят явно всеобъемлющий характер, но беда их состоит в том, что они неконструктивны. Их нельзя просто вложить в память робота, ибо он не сможет пользоваться ими в реальных ситуациях. Уже в первом законе используется понятие «вред, наносимый человеку». Но что это такое? Робот должен иметь средства для определения того случая, когда вред действительно наносится, а когда нет. Ясно, что в философском плане проблема нанесения вреда легко сводится к известной проблеме Добра и Зла. Эта проблема в некотором смысле неразрешима. Столь же неразрешима и проблема отличия ситуаций, в которых вред человеку наносится, от тех ситуаций, когда последствия действий робота можно считать безвредными для человека. Во втором законе трудность вызывает требование «повиноваться командам человека», ибо понятие точного выполнения приказа не является конструктивно определенным в тех случаях, когда приказание сформулировано так, что в нем отсутствует указание на точное выполнение. Примером может служить приказание типа «Наведи в рабочем помещении чистоту». В третьем законе не имеет точного смысла понятие «безопасность».

Поэтому даже в робототехнике не удастся сформулировать сколько-нибудь общие нормативные правила поведения, пригодные на все случаи жизни робота. Тем более это невозможно в мире людей, хотя, как говорится в одном известном американском анекдоте, в некоторых специальных случаях это, по-видимому, можно сделать. В анекдоте рассказывается об адмирале, случайно попавшем на симпозиум кибернетиков, на котором специалисты по поведению интеллектуальных систем горько сетовали на отсутствие общих нормативных законов. Послушав их, адмирал попросил слова и сказал: «Я не понимаю, в чем суть ваших затруднений. Когда к нам на корабль приходит новичок, то ему

сообщают всего один закон правильного нормативного поведения, выполняя который новичок всегда действует целесообразно. Этот закон гласит: «Если ты видишьдвигающийся по палубе объект, то встань по стойке смирно и отдай честь. Если же ты видишь неподвижный объект, то возьми ведро с соответствующей краской и покрась его».

Отсутствие полного набора нормативных правил поведения и явное отсутствие универсальности любого из сформулированных нормативных правил приводят к тому, что люди часто нарушают последние и вместо нормативного поведения реализуют ситуационное поведение, связанное с характером имеющийся в данный момент ситуации. Один из примеров такого типа мы уже приводили. В нем нарушение неписанного нормативного правила, касающегося поведения в зале консерватории во время концерта, было бы, наверное, оправдано всеми присутствующими на концерте и всеми теми, кому об этом случае было бы рассказано. Во многих других случаях нарушение нормативных правил, смена нормативного поведения на ситуационное и проистекающие в результате этого последствия могут оцениваться различными людьми по-разному. Вот несколько примеров таких случаев.

1. Человек просматривает комплект журналов, которые он собрался сдать в букинистический магазин. В нескольких номерах журнала опубликована заинтересовавшая его повесть. Считая, что приемщица в магазине не заметит отсутствия нескольких страниц в журнале, он решает вырвать интересующие его страницы и сдать журналы в магазин.

2. Мальчишки в парке обстреливают снежками произведение известного скульптора.

3. Муж смотрит телевизор, по которому идет детективный фильм. Раздается телефонный звонок. Трубку снимает жена. На просьбу позвать мужа к телефону она отвечает, что его нет дома и он придет домой часа через два.

4. Пешеход долгое время стоит на тротуаре, ожидая, когда загорится зеленый свет. Ожидание утомляет его и он решает, что светофор просто испорчен. Тогда он начинает переходить улицу на красный сигнал светофора.

5. Влюбленная пара гуляет по аллеям парка. Молодой человек срывает веточку с куста роз и дарит ее девушке.

6. В зоопарке посетитель кормит опавшими листьями зебру. Те листья с дерева, которые упали до этого за ограду вольера, зебра уже съела. На ограде вольера висит объявление «Кормить животных запрещается».

7. В полупустом трамвае женщина с ребенком трех-четырёх лет требует у другой женщины освободить место, так как оно для пассажиров с детьми и инвалидов.

8. Здание подготовлено к покраске. На его стенах мальчишки рисуют мелом различные картинки.

9. В переполненном автобусе сидит мужчина, на коленях которого сидит ребенок. Рядом стоит женщина с ребенком того же возраста.

Проанализируем приведенные случаи. В случае 1 нарушение нормативного правила приводит к явному ущербу для других людей. Такое нарушение относится к типу: неправомерная замена нормативного правила ситуационным. Второй случай более сложен. Здесь также нарушено нормативное правило, но непосредственный ущерб от этого нарушения не очевиден. Со скульптурой вряд ли что-нибудь может случиться. Такое нарушение относится к типу: замена нормативного правила ситуационным вроде бы возможна. Случай 3 дает пример нарушения неписанного нормативного правила «из-за кого-то». Жена идет на это нарушение, проявляя заботу о своем муже. Ущерб, наносимый мужу и лицу, звонящему по телефону, трудно оценить. Он может быть и очень большим (например, была сделана попытка предупредить мужа о грозящей ему опасности), и весьма незначительным. Нарушение относится к типу: нарушение нормативного правила возможно, так как оно не относится к данной ситуации. Случай 4 дает пример аналогичного нарушения, но оно происходит не «из-за кого-то», а «из-за чего-то». Ущерб, который может здесь возникнуть, касается либо самого пешехода, либо водителей транспорта, могущих из-за беспечности пешехода попасть в аварию. Два следующих случая демонстрируют тот же тип нарушений, но не «из-за кого-то» или «из-за чего-то», а скорее «ради кого-то». Оба случая служат примерами того, что нормативные правила иногда слишком жестки и не учитывают реальных ситуаций. Два последних случая нарушений нормативных правил таковы, что эти нарушения не приводят к какому-либо ущербу. Строгое следование нормативным правилам в таких случаях — дань формализму. Нарушение касается лишь правил, как таковых.

Анализ приведенных примеров показывает, что можно говорить о порядковой шкале для видов нарушения нормативных правил. Эта шкала имеет вид: нарушение абсолютно запрещено — нарушение в обычных условиях недопустимо — нарушение при подходящей ситуации возможно — нарушение не приводит к отрицательным последствиям в

этой ситуации и возможно — нарушение вполне допустимо, так как соответствующее нормативное правило к данной ситуации не относится. Такая шкала может служить основанием для принятия решения о возможности нарушения нормативных правил и перехода к ситуационному поведению.

Вернемся к рис. 4.2. Ситуационное поведение, подобно нормативному, распадается на три вида поведения, которые носят название: *аналитического*, *развлекательного* и *игрового*. Первый вид поведения характеризуется осознанностью целей и плана их достижения. Такое поведение полностью находится под контролем сознания. Развлекательное поведение возникает тогда, когда цели поведения, которые в данном случае могут быть осознанными и неосознанными, и действия, направленные на достижения этих целей, не приносят никакого вреда другим индивидам, принося субъекту выигрыш. Наконец, игровое поведение связано с тем, что в процессе достижения своих целей субъект причиняет определенный вред окружающим, при котором по крайней мере один индивид терпит проигрыш.

Такова краткая типология видов поведения, интересная в рамках теории моделей поведения индивида. В следующих параграфах будет приведено формализованное описание основной компоненты поведения и дан анализ некоторых видов поведения, приведенных на рис. 4.2.

§ 4.3. Описание поступка

Наше внимание сосредоточено на том поведении человека, которое можно было бы назвать социальным. Для такого поведения легко вычлняется некоторый его базовый элемент, из последовательности базовых элементов складывается поведение. Этот базовый элемент носит название «*поступок*». Существует много определений понятия поступок. Одно из них, принадлежащее известному советскому психологу А. Бодалеву, звучит следующим образом: «Поступок это акт объективно и субъективно мотивированного поведения человека, который имеет значение для окружающих людей и нравственно-психологические последствия для совершившей этот акт личности». Так как поступок — поведенческий акт, то для него должны выполняться условия, сформулированные нами в § 4.1. К нему также должна быть приложена ситуация, показанная на рис. 4.1. Исходя из этого и учитывая определение поступка, которое мы только что привели, можно постулировать, что поступок должен

состоять из двух частей: *замысла* и *реализации*, причем, как уже отмечалось, должен существовать и наблюдатель, дающий оценку поступку, т. е. его замыслу и реализации, как единому целому. Наблюдателем может быть сам субъект, и такого наблюдателя мы будем считать присутствующим обязательно. В качестве наблюдателей могут выступать отдельные индивиды, отличные от субъекта, но выделяемые им среди остальных людей. Субъект как бы персонифицирует этих людей. Иногда говорят, что они образуют *референтную группу* (знакомые, семья, коллеги по работе и т. п.), оценки которой играют для лица, совершающего поступок, большую роль. Наблюдателем служит и то лицо (или группа лиц), на которое направлен поступок. Оценки этого лица также чрезвычайно важны для субъекта. В качестве наблюдателей выступают и «люди вообще», — носители неписанных морально этических норм данного социума, оказывающих влияние на оценки поступков с точки зрения самого субъекта и референтной группы. В качестве наблюдателя выступает и «общество» — носитель нормативных правил, зафиксированных в виде законов, указов, кодексов и т. п., выполнение которых для субъекта обязательно, а невыполнение приводит к наказаниям, регламентированным заранее.

Сам поступок внешне может выражаться в виде реализации некоторых действий или в отказе от выполнения каких-то действий. Таким образом, мы отличаем действия, не имеющие никакой оценки со стороны наблюдателей, от действий, для которых такая оценка существует. Поступками являются лишь действия второго типа. Если они протекают в некоторой физической среде, то среда может как-то реагировать на них. В этом случае она также выступает в роли наблюдателя. Отклик среды также можно считать своеобразной оценкой. Такую «оценивающую» среду в дальнейшем будем называть «природой».

При описании модели поступков ограничимся прямыми целями, которые всегда будем отождествлять с замыслом поступка и считать осознанными.

Сказанное позволяет описать модель поступка в виде двух однотипных графов, соответствующих замыслу поступка и его реализации. Каждый из графов имеет вид, показанный на рис. 4.3. На нем вершина I соответствует лицу, совершающему поступок. Вершина H характеризует того индивида (или группу индивидов, или неодушевленный объект) на который направлены действия лица I . Вершины T_1, T_2, \dots, T_n — референтные группы для I . Вершина N

соответствует природе (среде), в которой совершается поступок, вершина U — «людям вообще», а вершина S — «обществу». Стрелки между вершинами имеют следующий смысл. Стрелка, идущая от I к H , характеризует оценку того действия, которое направлено от лица, совершающего поступок, к H . Все стрелки, идущие в обратном направлении, — оценки, выдаваемые наблюдателями. Стрелка-петля характеризует оценку самонаблюдения.

Будем предполагать, что оценки могут быть *положительными* и *отрицательными*. Первые мы будем показывать сплошными стрелками, вторые — пунктирными. Кроме того, при необходимости будем приписывать оценкам некоторые значения выигрышей и проигрышей, как упоминалось в § 4.1. Эти значения (*веса*) будем обозначать через q_i .

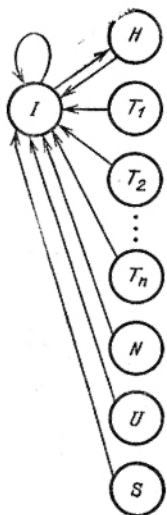


Рис. 4.3

В дальнейшем будем обозначать через G_1 граф, описывающий замысел поступка, а через G_2 — граф, описывающий его реализацию. Сам поступок Π будет задаваться парой этих графов $\Pi = \langle G_1, G_2 \rangle$.

Рассмотрим пример, показанный на рис. 4.4. Что можно сказать о поступке, отраженном на этом рисунке? Лицо, совершившее поступок, в качестве замысла имело намерение совершить некоторое действие относительно H , которое, по мнению I , имело положительную оценку с весом q_1 . Кроме того, исходя из имеющихся в данном социуме представлений о морали и этике, I предполагал, что его действия относительно H будут оценены положительно с некоторым весом q_2 . Этот замысел и был реализован. После того как было совершено задуманное действие относительно H , возникла система оценок. Оценка I с весом q_1 и оценка с точки зрения морально этических норм, предусмотренные в замысле, оказались верными. Но, кроме того, возникли оценки, отсутствовавшие в замысле. Это положительные оценки от референтной группы и «общества», а также отрицательная оценка с весом q_3 от среды.

Опишем некоторый конкретный случай, который отвечает структуре разбираемого поступка. Молодой человек проходит мимо дома и замечает, что в доме начался пожар. Из испуганных возгласов он понимает, что на втором этаже

дома в запертой комнате остался ребенок. У молодого человека возникает замысел спасти ребенка. Этот замысел охарактеризован графом G_1 на рис. 4.4. В него включена лишь мысль о том, что ребенка надо спасти от опасности (сделать в отношении него действие с положительной оценкой q_1), а также, что в нашем социуме принято оказывать помощь попавшим в беду детям. Этот замысел реализуется. Молодой человек с большим трудом пробивается сквозь пламя, бушующее на лестнице, добирается до комнаты, где находится ребенок. Ломает дверь, заворачивает ребенка в одеяло и спускается с ним по лестнице из горящего дома. Его

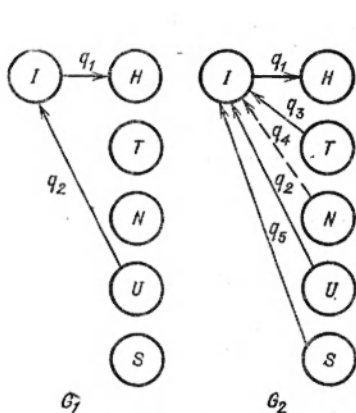


Рис. 4.4

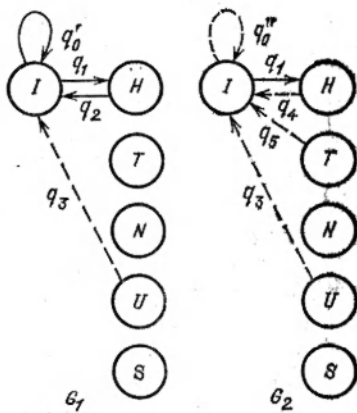


Рис. 4.5

благодарят все свидетели этой сцены (оценка референтной группы с весом q_3). Но во время своих действий спаситель получает сильные ожоги (оценка от среды с отрицательным весом q_4) и попадает в больницу. О его поступке узнают официальные органы, и он получает за спасение ребенка официальную награду (оценка с весом q_5).

Возникает вопрос о словесной характеристике того поступка, который зафиксирован на рис. 4.4. Наверное, все читатели согласятся с тем, что его можно было бы назвать смелым, храбрым, мужественным или геройским. Выбор того или иного слова для характеристики поступка связан с величиной q_4 . Если q_4 очень велико (например, спасая ребенка, наш молодой человек получил столь сильные ожоги, что врачи оказались бессильны помочь ему), то такой поступок можно назвать геройским, а если $q_4=0$, то мы скорее назовем его смелым, а не геройским.

Когда возникает замысел поступка, то в большинстве случаев ему сопутствует некоторая самооценка. Эта самооценка при реализации поступка может измениться. Проиллюстрируем эту мысль описанием поступка, показанного на рис. 4.5. Замысел субъекта состоял в том, что, совершая относительно H некоторое действие с положительной оценкой q_1 , субъект надеется на получение ответного действия с положительной оценкой q_2 , которая по своему весу больше q_1 . При этом I понимает, что его поступок не слишком хорош с точки зрения социума, к которому он принадлежит. Он заранее планирует отрицательную оценку с весом q_3 от U . Тем не менее его интегральная самооценка поступка q'_0 положительна, что и побуждает его приступить к реализации своих действий. Однако, как видно из рис. 4.5, наш «герой» явно просчитался. На его действие с оценкой q_1 объект его воздействия неожиданно ответил действием с отрицательной оценкой q_4 . С осуждением I выступила референтная группа T и сохранилась отрицательная оценка q_3 , присутствовавшая в замысле. Все это привело к тому, что самооценка совершенного поступка стала отрицательной с весом q'_0 .

Какие реальные ситуации могут скрываться за этой схемой? Одной из них может быть следующая. Некий человек замыслил продать другому лицу дефицитную вещь по спекулятивной цене. Он действительно делает добро H , так как без этой дефицитной вещи H терпит какие-то неудобства (например, его личный автомобиль простаивает). Тем не менее I знает, что спекулировать нехорошо. Он даже предполагает, что с весом q_3 отрицательная оценка его поступка входит в самооценку замысла, но страсть к деньгам слишком велика, и самооценка q'_0 остается положительной. Сделка состоялась. Но увы! Персонаж H оказался куда хитрее I . Он не только не заплатил за купленную вещь, а просто выгнал I из своего дома, пригрозив ему «сообщить куда следует». Референтная группа в лице жены и дочери нашего «героя» отнеслись к его рассказу о печальном событии, случившемся с продажей дефицитной вещи, весьма отрицательно. Их мнение свелось к краткой фразе: «Не можешь сделать дело нормально — не берись». Все эти оценки привели к тому, что и сам он стал думать о своем поступке отрицательно: «Нечего было мне, дураку, ввязываться в это дело».

Словесная оценка подобного поступка также не вызывает особых затруднений. Его можно было бы назвать недальновидным или нерасчетливым. А вот если бы замысел персонажа I удался, то, наверное, подходящей словесной

характеристикой для такого поступка было бы слово «корыстный», ибо именно корысть была тем движущим фактором, который породил цель наживы при продаже дефицитной детали.

Рассмотрим еще один пример, когда в модели поступка присутствуют не одна, а две референтные группы. На рис. 4.6 показана такая ситуация. Перейдем сразу к описанию некоторой конкретной ситуации, скрывающейся за графами на рис. 4.6. Персонаж I решил развестись со своей женой.

Он понимает, что предложение о разводе будет воспринято H с отрицательной оценкой a_i , но надеется, что H не будет противиться тому, что неизбежно. Он также предполагает, что его знакомые, друзья и родственники, образующие референтную группу T_i , отнесутся к его решению с пониманием и оценят его положительно с весом q_2 . В своем замысле I учитывает, что родственники жены будут осуждать его поступок с весом q_3 и что с точки зрения морально этических норм данного социума его стремление развестись с H , когда они прожили вместе не один десяток лет, вряд ли бу-

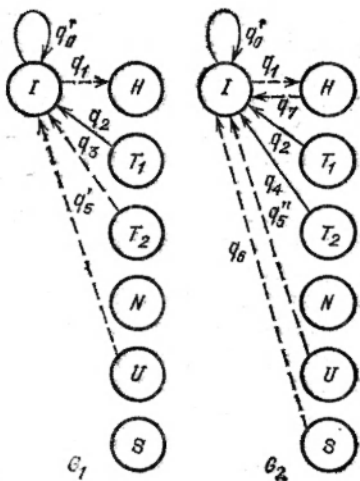


Рис. 4.6

дет оценено положительно. Оно скорее будет оценено отрицательно с весом q_5 . Тем не менее, учитывая все прогнозные оценки, I свой замысел оценивает положительно и реализует его. Каков же оказывается результат его действий? Оказывается, что он верно предугадал только реакцию сочувствующей ему референтной группы T_1 . Неожиданной для него оказалась реакция референтной группы T_2 . Родственники его жены, по-видимому, всегда считали, что жить с таким человеком, как I , «одно мучение, и очень хорошо, что это мучение наконец-то кончается». Жена I так не думает. Вместо пассивного отношения к действиям мужа, на что он рассчитывал, жена предпринимает ряд акций, оказывающих на I отрицательное воздействие с весом q_7 . Из-за этих акций вырастает отрицательное мнение об I у «всех людей» (q_6), а письма в общественные организации приводят к неприят-

ностям для I на работе, оцениваемым весом q_6 . Тем не менее I не жалеет о содеянном. Его самооценка результата поступка остается такой же, как и при начале его совершения.

Приписать словесную характеристику поступку, структура которого отражена на рис. 4.6, куда сложнее, чем тем поступкам, которые мы рассмотрели ранее. У нас не так уж много информации о том, как складывались ранее взаимоотношения наших гипотетических мужа и жены, что послужило поводом для развода, каковы личностные характеристики персонажей всей этой истории и т. д. Здесь снова возникает проблема привлечения дополнительных знаний для получения оценки того или иного поведенческого акта. В качестве одного из возможных понятий, для характеристики поступка, показанного на рис. 4.6, можно было бы использовать понятие «целесообразный». Но для уверенности в точности этой характеристики необходимо иметь дополнительную информацию. Заметим, что если бы значения q_6 и q_7 оказались бы столь значительными, что самооценка результата поступка I стала отрицательной, то сам поступок вряд ли можно было бы назвать целесообразным. Для его характеристики более подходящим стало бы слово «недальновидный» или слово «нецелесообразный».

До сих пор лицо, совершающее поступок, представлялось в замысле и реализации поступка как нечто единое. В ряде случаев такое обобщенное представление о субъекте оказывается недостаточным. Возникает необходимость расчленения I на отдельные *ипостаси*. Одно цельное Я как бы превращается в совокупность отдельных Я, взаимодействие которых может быть достаточно сложным. Введение ипостасей персонажей весьма характерно для наук, занимающихся человеческим поведением. Во многих языках мира набор различных ипостасей единого Я строго зафиксирован. Например, во вьетнамском языке индивид называет себя «той», когда говорит о себе с посторонними, неизвестными ему людьми. Когда вьетнамец говорит с позиций старшинства с известными ему людьми, которых он считает низшими по отношению к себе или младшими, то он говорит о себе, употребляя термин «та». Общаясь с близкими родственниками, даже младшими по возрасту, вьетнамец называет себя «минь». Наконец, при беседах с друзьями и близкими товарищами он называет себя «тэ». И эти четыре ипостаси не просто обозначаются различными словами, но и диктуют определенный стиль поведения, присущий каждой из них.

В конце XIX века психолог У. Джеймс, оказавший большое влияние на развитие психологии личности, ввел поня-

тие о трех ипостасях, характерных для любого человека. Эти ипостаси Джеймс назвал *материальным* (физическим) Я (тело, одежда, личная собственность), *духовным Я* (совокупность психических способностей и склонностей) и *социальным Я* (мнения окружающих обо мне — сколько мнений, столько различных социальных Я и существует). Не сколько иначе выделил три ипостаси в едином Я психолог З. Фрейд. Свои три ипостаси он назвал ОНО, ЭГО и СУПЕРЭГО. В ОНО Фрейд сосредоточил все бессознательные элементы психики, включая неосознанные влечения и цели. В ипостась ЭГО входят все осознанные элементы психики. При совершении поступков это та ипостась, которая формирует осознанный замысел поступка. Наконец, СУПЕРЭГО включает в себя такие черты, присущие личности, как совесть, стыд, вина, а также различные нормативные правила и ограничения, которые человек считает для себя обязательными.

Социолог М. Розенберг разлагает единое Я на семь ипостасей, используя иное, чем у Джеймса или Фрейда, основание для выделения отдельных видов Я. Он выделяет следующие ипостаси: настоящее Я (как видит себя индивид в настоящий момент), динамическое Я (каким индивид хочет стать в планируемом будущем), фантастическое Я (каким следует быть индивиду на основании усвоенных им норм и образцов), возможное Я (каким индивид может стать в отдаленном будущем), идеализированное Я (идеал, к которому индивид мечтает приблизиться), изображаемое Я (маска, которую индивид надевает на себя для достижения тех или иных целей), идеальное Я (недостижимый идеал).

Несколько иной способ выделения ипостасей предложил Дж. Маклин. Известный физиолог К. Саган так описывает предложения Маклина. В человеке одновременно уживаются как бы три личности. Одна из них обладает даром речи, а две других бессловесны. Мозг состоит как бы из трех компьютеров, каждый из которых имеет свою память, свое ощущение пространства и времени, свои эмоции и свои функции, которыми он управляет в организме. Но все они пытаются управлять одновременно одним и тем же объектом, который образно можно назвать «нейрошасси». В задачу «нейрошасси» входит автоматическое управление такими процессами, как дыхание или кровообращение. А три «водителя нейрошасси» это R-комплекс, доставшийся нам в наследство еще от динозавров и рептилий, лимбическая система (в нее входят гипофиз, гипоталамус, гиппокамп, миндалины, таламус, обонятельная кора), наследие высших млекопита-

тающихся и птиц и неокортекс — то, что выделяет человека из мира остальных биологических организмов.

R-комплекс играет решающую роль в организации агрессивного поведения, в поведении по охране территории и своих «законных» прав, в ритуальном поведении и в стремлении к установлению строгих социальных иерархий. Поведение, в котором участвует R-комплекс, почти лишено эмоциональной окраски.

В лимбической системе формируется весь эмоциональный фон нашего поведения. Лимбическая система ответственна за эмоции страха и радости, а значит, и за организацию таких форм поведения, как убежание от опасности или стремление к получению удовольствия. С лимбической системой тесно связана организация полового поведения, с ее помощью формируются положительные и отрицательные оценки тех или иных компонент ситуаций действительности.

А рациональное поведение всецело находится в ведении неокортекса. Постановка осознанных целей, планирование поведения, осознанный выбор в альтернативных ситуациях, учет логических возможностей организации поведения и осознанных морально этических установок — все это весомый вклад в поведение, вносимый неокортексом.

Идея многоликости Я проникла в литературу и искусство. Образ двуликого Януса стал нарицательным. В пьесе современного азербайджанского драматурга Р. Ибрагимбекова «Ультиматум» главный герой пьесы, названный автором ОН, принимает решения в жестком конфликте между целостностным Я и тремя ипостасями этого Я, названными: Первое Я (человеколюбие, доброта, но настолько лишенные сомнений, что объективно не всегда приводят к истинному добру при совершении поступков), Второе Я (расчет, логика, целеустремленная деятельность, но лишенная сомнений и той доброты, которая сосредоточена в Первом Я) и Третье Я (скопище сомнений, опасений и страхов, обрекающих индивида на пассивность и бездействие). В борьбе между этими тремя Я рождается у героя пьесы единственное приемлемое для него решение о своих действиях.

В своей модели поступков мы будем придерживаться того выделения ипостасей, которое было введено Джеймсом. Как их можно использовать, показывает рис. 4.7. Рисунок отражает ту же ситуацию, что и схема, приведенная на рис. 4.4. Другими словами, на рис. 4.7 показаны графы, описывающие поступки типа смелых, храбрых, мужественных и геройских. Отличие рис. 4.7 от рис. 4.4 заключается лишь в том, что вместо одной вершины I введено три вер-

шины: физическое Я — I_{ph} , духовное Я — I_{sp} и социальное Я — I_{sc} . Оценки, ранее поступавшие вместе с воздействиями на общее I , теперь поступают на соответствующие ипостаси. Оценка q_3 , бывшая на рис. 4.4, теперь разделилась на две оценки q_3 и q_3^* , поступающие на различные ипостаси. Оценка q_3^* характеризует такие знаки благодарности референтной группы, как поцелуи или объятия, а оценка q_3 связана со словами благодарности или другими способами выражения признательности, которые непосредственно не действуют на I_{ph} .

В связи с введением указанных ипостасей для I возникают некоторые соглашения о направлении возможных

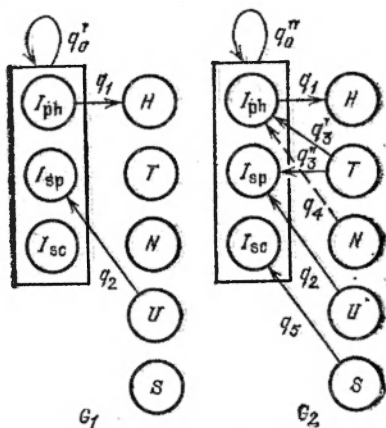


Рис. 4.7

воздействий и оценок. Так, природа N может воздействовать только на I_{ph} ; H и T могут воздействовать как на I_{ph} и I_{sc} , так и на I_{sp} ; «люди вообще» всегда воздействуют только на I_{sp} , а «общество» всегда воздействует на I_{sc} .

Сделаем еще одно замечание. Выше говорилось о том, что именно субъект I есть активное начало при совершении поступка. На самом деле поступок, индуцируемый I , может явиться следствием некоторых акций со стороны H . В этом случае H как бы провоцирует поступок, совершаемый I . И еще одно замечание. Очень часто поступок состоит не в том, что субъект совершает некоторое действие относительно H , а в том, что он отказывается от действия, которое с точки зрения H или с позиций T , U и S необходимо сделать. Отказ от действия — также активное действие I .

§ 4.4. Фреймы поступков и классификация

В § 4.3 указывалась связь введенного метода описания поступков со словесными оценками, характеризующими эти поступки. Зададимся вопросом: можно ли установить однозначное соответствие между парами графов, описывающих поступок, и словесными оценками, используемыми людьми для определения его характера, и можно ли превратить это соответствие во взаимно однозначное?

Для ответа на поставленный вопрос введем понятие *фрейма поступка* (*фрейма-классификатора*). Термин

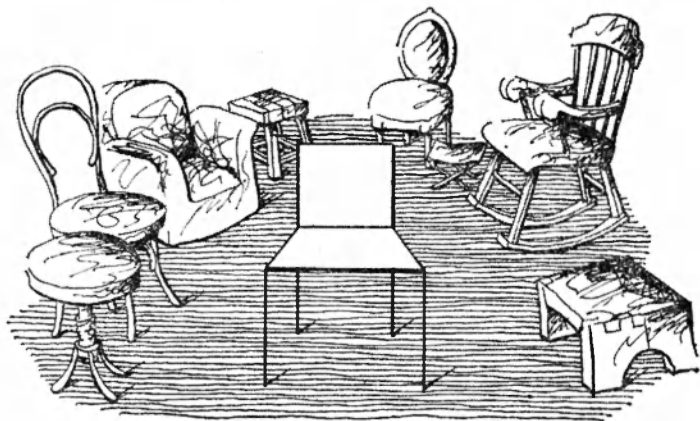


Рис. 4.8

«фрейм» в последнее время получил широкое распространение в работах по искусственному интеллекту. Он используется как синоним минимального описания некоторого явления или факта, обладающего тем свойством, что устранение из него любой части приводит к тому, что данное явление или факт перестают опознаваться, как таковые. На рис. 4.8 показано несколько изображений предметов, предназначенных для сидения. Среди них легко найти три изображения того, что все называют стульями. Кресло, кресло-качалка и табурет для игры на фортепиано не включаются в класс стульев из-за отсутствия признаков, которые у стульев должны быть обязательно (например, наличие спинки), или наличия тех, которые должны обязательно отсутствовать (например, способность раскачиваться). Наиболее «бедное» изображение стула показано в центре. Оно обладает интересной особенностью. Если из него убрать

любой из шести элементов (ножки, сиденье, спинка), то изображение стула исчезнет — вместо него появится какой-то другой объект, например, «стул без ножки». Таким образом, это изображение обладает свойством минимальности. Его можно отождествить с фреймом изображения стула.

Аналогичным способом можно ввести понятие фрейма поступка. Вернемся к рис. 4.4. Уберем из графа реализации поступка стрелку с весом q_s . Изменится ли при этом словесная характеристика поступка? По-видимому, нет.

Произведем аналогичную операцию относительно стрелки с весом q_s . Мы снова получим схему поступка, который можно классифицировать теми же словами, что и ранее. Наконец, уберем значения весов на стрелках, сохраняя лишь знак оценок; получившаяся пара графов показана на рис. 4.9. Это описание в виде двух графов G_1^M и G_2^M таково, что из него нельзя исключить никакого элемента, не потеряв право называть описанный поступок смелым или мужественным.

Индекс M характеризует именно это свойство полученного описания. Пара $\langle G_1^M, G_2^M \rangle$ определяет фрейм-классификатор \bar{F}_M для данного поступка. Если же имеется описание поступка в виде фрейма-классификатора, то его можно дополнять различными стрелками, сохраняя за получающимся описанием словесную характеристику, приписываемую фрейму-классификатору.

Между фреймами-классификаторами и словесными характеристиками, используемыми людьми для оценки тех или иных поступков, существует явная связь. Можно сформулировать гипотезу о том, что между множеством фреймов-классификаторов и множеством словесных оценок существует взаимно однозначное соответствие. Эта гипотеза нашла подтверждение в серии экспериментов с людьми, проведенных в начале восьмидесятых годов советским психологом В. А. Шустер.

В экспериментах использовались некие литературные

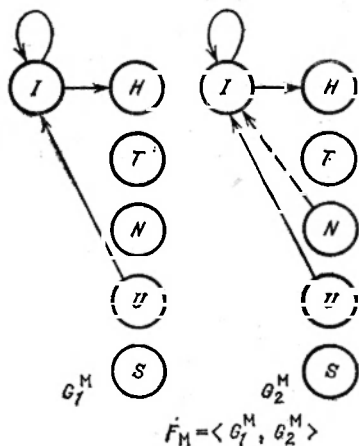


Рис. 4.9

тексты, после знакомства с которыми испытуемым предлагалось дать словесные характеристики героев. Предполагалось, что в этих характеристиках будут использованы слова, относящиеся к словесным характеристикам поступков, которые совершают герои. До начала экспериментов текст, даваемый испытуемым, был проанализирован и из него были выделены поступки действующих лиц. Для этих поступков были построены графы и даны словесные характеристики поступков. Таким образом, суть эксперимента сводилась к проверке гипотезы о том, что личностные характеристики действующих лиц строятся на основании анализа тех поступков, которые они совершают, а идентификация поступков происходит так же, как это сделал экспериментатор. Первая часть гипотезы отражала общепринятое мнение о том, что мы воспринимаем всякую человеческую личность через совершаемые ею поступки. Оно отражено, например, в выступлении известного советского кинорежиссера С. Бондарчука по поводу фильма «Степь»: «Движение каждого характера выражается в поступке, конкретном поступке». То же мнение выражено и в словах крупного советского психолога С. Л. Рубинштейна: «Характер человека обусловлен объективными обстоятельствами жизненного пути человека, но сами обстоятельства создаются и изменяются в результате его поступков, так что поступки человека и жизненные обстоятельства, их обуславливающие, постоянно переходят друг в друга».

Казалось бы положение очевидно, т. е. именно поступки служат теми ключевыми элементами, на базе которых строятся характеристики поведения реальных людей и персонажей литературных произведений. Эксперименты В. А. Шустер показали, что это положение, верное по сути, реализуется не всегда столь очевидным образом. Когда испытуемых познакомили с текстом сказки Г. Х. Андерсена «Свинопас» и просили дать характеристику главных ее героев Принца и Принцессы, то оказалось, что довольно большое количество испытуемых характеризуют действующих лиц не поступками, а действиями, совершенными героями, а также теми местами из текста, в которых проскальзывает отношение автора к ним. Используется ряд типовых штампов, из которых делаются выводы о личности героев. Напомним начало сказки: «Жил-был бедный принц. Королевство у него было совсем маленькое, но все-таки не настолько уж ничтожное, чтобы принцу нельзя было жениться; а жениться ему хотелось.» В этих фразах еще нет никаких поступков, но читатели уже невольно проникаются симпатией к принцу. Таков

наш типовой штамп — бедный герой, как правило, положительный герой. И когда высокомерная Принцесса отклоняет подарки Принца, а вместе с ними и его брачное предложение, то наша симпатия к Принцу явно возрастает, хотя сам факт брачного предложения и не является, строго говоря, поступком. Отсутствие в этой части сказки поступков приводит к тому, что характеристики Принца, данные на основании начала сказки, весьма различны — испытываемые приписывали ему следующие характеристики: благородный, добрый, наивный, настойчивый, не жадный, нежный, поэтически настроенный, решительный, самоуверенный, сентиментальный, смелый. При этом, поясняя свои характеристики, испытываемые прибегали к самым разнообразным аргументам. Например, говоря, что Принц добрый, ссылались на то, что он любил розы и любил слушать соловья, а из того, что Принц беден, а несет в подарок последнее, что у него есть, — розу и соловья, — делался вывод о том, что Принц нежный или благородный.

Результаты такого и аналогичных экспериментов показывают, что люди делают выводы относительно поведения других людей не только на основании поступков, но и на основании того контекста, в котором эти поступки упоминаются. Кроме того, все люди склонны при чтении литературных произведений как бы «примерять» героев на себя, становиться на их место, воображать себя в тех обстоятельствах, в которых действуют герои. Именно этим объясняются резко противоположные интегральные оценки Принца и Принцессы, которые были получены в ходе экспериментов. Часть испытываемых считала Принца добрым, сентиментальным, находчивым. Они оправдывали все его поведение и не сочувствовали Принцессе, столь плохо поступившей с благородным юношей, когда он сделал ей предложение. Другая группа испытываемых считала Принца обманщиком и человеком без благородства. Они не могли простить ему, что «... он вернулся в свое королевство и, крепко захлопнув за собой дверь, запер ее на замок», а бедная Принцесса, по уши влюбленная в этого «негодяя», осталась стоять под проливным дождем и жалобно петь песенку о миллом Августине.

Поэтому прежде чем устанавливать связь между формальными описаниями поступков и их словесными характеристиками, следует устранить из текстов все то, что искажает чистоту эксперимента. Другими словами, надо очистить тексты от контекста и перейти к «текстам без контекста» в которых отражается лишь структура действий персонажей

и структура их поступков. Имена героев также следует заменить на нейтральные символы, ибо в них также содержится информация, влияющая на нашу оценку поведения персонажа. Если в русской сказке мы сталкиваемся с персонажем, которого зовут Иванушка-дурачок, то одного упоминания его имени достаточно для возникновения к нему положительного отношения.

«Тексты без контекста» имеют следующий вид: «Ситуация складывается не в пользу X и возникает угроза для его жизни, но, преодолев всякие опасения, он совершает задуманное действие» или «Некоторое время назад Y причинил много неприятностей X ; от этого X много страдал, но вот сложилась ситуация, когда Y попал в тяжелое положение

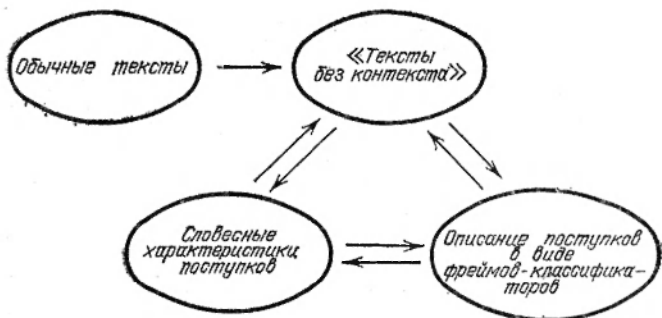


Рис. 4.10

и ему никто не помогает. Не ожидая от Y никакой благодарности, X оказывает ему помощь». Из таких выхолощенных кусков монтируется текст. Когда испытуемые читают его, то их характеристики персонажей становятся значительно более согласованными. Именно на таком материале можно ставить эксперименты о взаимосвязи словесных характеристик поступков и фреймов-классификаторов.

На рис. 4.10 схематически показаны те отношения, которые удалось подтвердить в ходе экспериментов. Оказалось, что вторая часть сформулированной нами гипотезы, действительно справедлива. Что же касается ее первой части, то она подтверждается для случая «текстов без контекста» и частично оказывается верной для обычных текстов. По всей видимости и при наблюдении за реальными действиями людей мы делаем выводы о характере их поведения, привлекая не только тот контекст, в рамках которого эти действия протекают, но и наши знания о людях и нормативных

предписаниях, связанных с данной ситуацией, и о тех поступках, которые люди совершают в такой ситуации.

Здесь мы подходим к одному важному моменту, связанному с понятием поступка. Если в какой-то ситуации индивид реализует нормативное поведение, совершая действия, которые нельзя не совершать, то, как правило, эти действия не связываются с совершением поступков. Так, мы не используем понятия поступка, когда описываем поведение военнослужащего, определяемое уставом. Поступки возникают в тех случаях, когда они отличаются от жестких нормативных предписаний, когда в них проявляется что-то личностное, характеризующее поведение данного индивида.

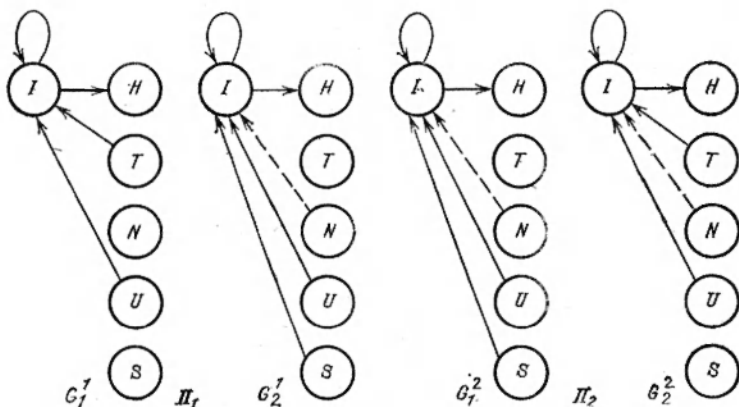


Рис. 4.11

Другими словами, поступки это такие поведенческие акты, появление которых нельзя предсказать со стопроцентной уверенностью.

Перейдем теперь к классификации поступков. Будем говорить, что поступки Π_1 и Π_2 принадлежат к одному классу K_2 , если в их описаниях содержится один и тот же фрейм-классификатор F_i . На рис. 4.11 приведены две пары графов, описывающие поступки Π_1 и Π_2 . Оба они относятся к классу, определяемому фреймом-классификатором F_M , показанным на рис. 4.9. Легко проверить, что графы G_1^M и G_2^M являются частями графов G_1^1 , G_1^2 и G_2^1 и G_2^2 , изображенных на рис. 4.11.

Классификация такого типа относится к иерархическим. Рассмотрим четыре фрейма-классификатора, показанные на рис. 4.12. Каким поступкам они могут соответствовать? Фрейм F_1 можно отождествить с классом добрых поступков,

когда доброе дело возникает из-за побуждений чисто нравственного плана. Фрейм F_2 связан с классом поступков, которые совершаются в результате следования зафиксированным в данном обществе законодательным положениям. Это поступки, совершаемые из чувства долга. Волнистая стрелка означает, что на ее месте может находиться как сплошная, так и пунктирная стрелка. Фрейм F_3 интерпретировать несколько сложнее. С одной стороны, в F_3 входит фрейм F_2 , и, следовательно, поступки, описываемые фреймом F_3 , являются поступками из чувства долга. Но наличие пунктирной стрелки от U к I показывает, что мы имеем

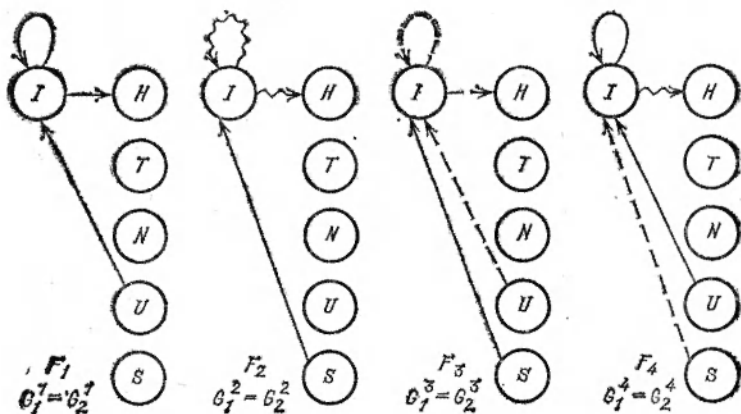


Рис. 4.12

дело с поступками более частного вида. Их можно назвать поступками, для которых долг выше чисто человеческих моральных оценок. Наконец, фрейм F_4 описывает класс поступков, примером которых могут служить поступки главного героя фильма «Берегись автомобиля». Когда Детошкин, нарушая закон, крадет автомобиль у людей, наживавшихся нечестным путем, а затем перечисляет деньги, полученные от продажи автомобилей, на текущие счета детских домов и других детских учреждений, то он действовал в точном соответствии с фреймом-классификатором F_4 . Таким образом, класс поступков, описываемых этим фреймом, можно назвать классом альтруистических поступков.

Приведенные примеры можно использовать и для иллюстрации утверждения, что вхождение одних фреймов-классификаторов в другие определяет иерархическую классификацию поступков. На рис. 4.13 показана часть такой

иерархии поступков. Классы K_1 , K_2 и K_4 , определяемые соответственно фреймами F_1 , F_2 и F_4 , независимы. Во фрейм F_5 входит фрейм F_2 — это означает, что класс поступков K_2 есть подкласс поступков, образующих класс K_5 . На рис. 4.13 этому соответствует стрелка, идущая от класса K_2 к классу K_5 . Вернемся к паре графов, показанных на рис. 4.9. Легко убедиться, что фрейм-классификатор \bar{F}_1 входит в графы G_1^N и G_2^M на рис. 4.9. Это значит, что класс поступков K_5 есть подкласс класса K_1 . Можно было бы продолжить

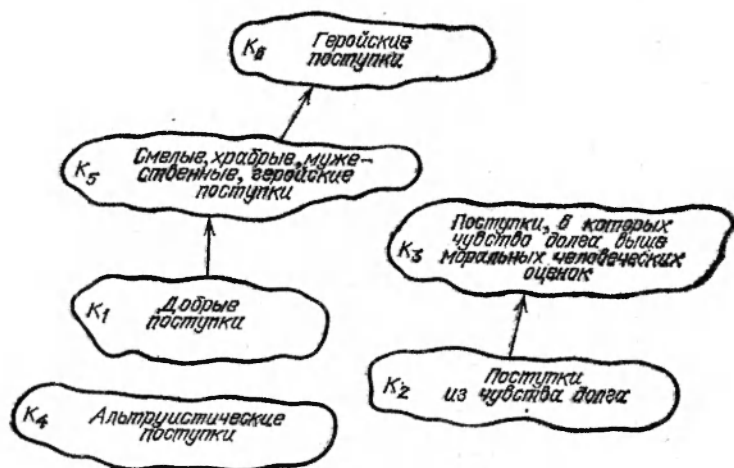


Рис. 4.13

иерархическую классификацию. Например, можно выделить из класса K_5 подкласс героических поступков K_6 . Условием включения поступков из K_5 в подкласс K_6 служило бы выполнение неравенства $q > b$, где q — вес отрицательной связи, идущей от N к I , а b — некоторое пороговое значение. Таким образом, поступок будет относиться к классу K_6 , если ущерб, причиняемый природой лицу, совершающему поступок, превышает некоторую фиксированную величину.

Классификация поступков на основании вхождения одних графовых структур в другие и на основании учета соотношения весов носит чисто формальный характер. Для целей же моделирования поведения интереснее получить классификацию поступков, похожую на ту, которая имеется у людей. На основании сказанного выше о том, что фреймы классификаторы и словесные характеристики поступков,

используемые людьми, находятся во взаимно однозначном соответствии (см. рис. 4.10), можно сделать вывод о совпадении формальной классификации с той, которую формулируют в процессе своей жизнедеятельности люди. Однако можно еще раз проверить справедливость этого предположения и провести независимый психологический эксперимент по классификации словесных характеристик поступков, а затем сравнить найденный результат с классификацией, полученной формальным путем. Такая работа была проделана И. Батыршиным и В. Шустер.

Испытуемым был предложен список из 45 словесных характеристик поступков (альтруистический, безрассудный, бескорыстный, глупый, добрый и т. д.). Эти характеристики были сведены в таблицу 45×45 . Для каждой пары характеристик испытуемые должны были ставить в клетках таблицы оценку их близости — удаленности. Для оценок использовались числа из отрезка $[-1, 1]$ с шагом одна десятая. Оценка $-0,7$ означала, например, что испытуемый считает данную пару словесных характеристик противоположной по смыслу и мера их удаленности друг от друга равна $0,7$. Оценка -1 говорила, что данная пара антогонистична, а оценка $+1$ — что соответствующие характеристики совпадают по смыслу. Наконец, значение 0 использовалось в том случае, когда, по мнению испытуемых, пара словесных характеристик такова, что сравнение их по шкале близости — удаленности невозможно. Заполненные испытуемыми таблицы обрабатывались на вычислительной машине с помощью методов кластеризации, широко применяемых в теории классификаций. Была создана группа таких методов, ориентированная на решение того класса задач, к которому принадлежит рассматриваемая задача. Эти методы носят параметрический характер. Меняя в них значение специального параметра, удается выделять классы близких между собой словесных оценок с разным уровнем силы связи между оценками.

Что же получилось в результате такой экспериментальной классификации? Прежде всего, все поступки разбились на два резко удаленных друг от друга кластера (класса). Один из них образуют добрые поступки. Этот класс характеризуется фреймом-классификатором F_1 (см. рис. 4.12). Второй кластер образуют все поступки, которые не содержат в себе фрейма F_1 . Кластер добрых поступков разбивается на два подкласса. В один из них входят поступки, относимые к типу, определяемому графами, показанными на рис. 4.9, а во второй — все остальные. Интересно отме-

тить, что структура кластера добрых поступков весьма устойчива к изменению параметра алгоритма кластеризации. Другими словами, представления о добрых поступках и их классификации весьма устойчивы и похожи у разных людей.

Кластер же недобрых поступков устроен более сложно. При изменении параметра алгоритма кластеризации словесные характеристики поступков, вошедшие в этот кластер, по-разному объединяются в подклассы, и число последних меняется. Сами подклассы дробятся и часто состоят всего из одной словесной характеристики. От испытуемого к испытуемому структуризация недобрых поступков меняется достаточно сильно. Такое значительное различие между словесными оценками недобрых поступков и большая дифференциация их отражают известный в психологии факт большей дифференциации всего опасного для человека, всего, что доставляет ему неприятности и переживания. Эта мысль отражена в начале «Анны Карениной» Л. Н. Толстого, когда он пишет, что все счастливые семьи одинаковы, а несчастные семьи всегда отличаются друг от друга.

Все же в кластере недобрых поступков можно выделить два довольно устойчивых подкласса: поступки, определяемые отрицательными свойствами ума (хитрый, коварный, корыстный и т. п.), и поступки, определяемые отрицательными свойствами души (жестокий, злобный, садистский и т. п.).

Наиболее неустойчивая часть кластеров добрых и недобрых поступков — подкласс поступков, которые можно назвать необдуманными. Часть испытуемых объединяла этот кластер с добрыми поступками, а другая часть — с недобрыми. По-видимому, этот кластер, куда входят такие словесные характеристики поступков, как необдуманный, глупый, неловкий, безрассудный, отчаянный и т. п., занимает промежуточное положение между кластерами добрых и недобрых поступков. Общая структура кластера добрых поступков *D* показана на рис. 4.14. В этом кластере, как уже говорилось, выделяется три подкласса: *A* — человеколюбивые поступки, *B* — смелые и волевые поступки (он распадается на соответствующие две части B_1 и B_2) и *C* — необдуманные поступки. Более мелкие кластеры отмечены на рис. 4.14 цифрами. На рис. 4.15 показана общая структура кластера недобрых поступков *ND*. Здесь выделяются два уже упомянутых выше подкласса: *E* — поступки, определяемые отрицательными свойствами души, и *G* — поступ-

ки, определяемые отрицательным свойством ума (он распадается на две части G_1 и G_2). Остальные словесные характеристики из кластера ND входят в более мелкие (в основном одноэлементные) кластеры.

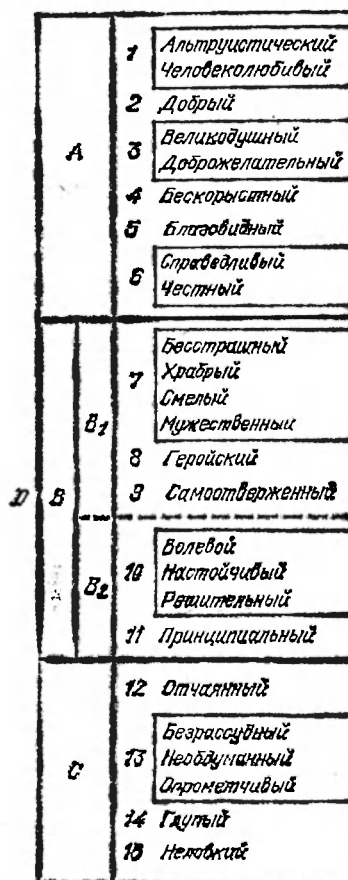


Рис. 4.14

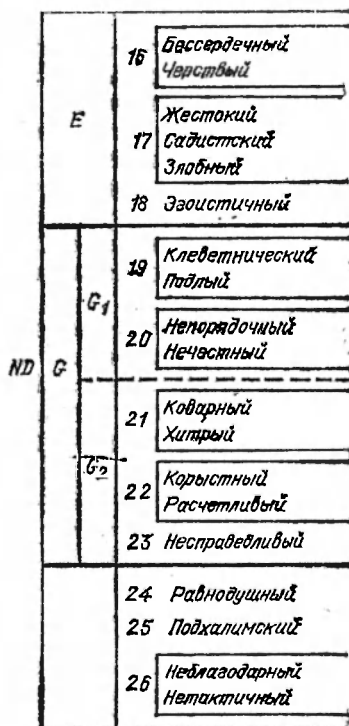


Рис. 4.15

Классификации, полученные экспериментально и проиллюстрированные на рис. 4.14 и 4.15, хорошо согласуются с классификациями, найденными формальным путем на основе выделения в графах, описывающих поступки, общих частей, образующих фреймы-классификаторы. Это еще раз убеждает в том, что высказанная выше гипотеза (см. рис. 4.10) действительно справедлива.

§ 4.5. Модель поступка

После всего сказанного перейдем к описанию модели поведенческого акта, состоящего из некоторого поступка. Примем прежде всего положение, что поведение индивида представляет последовательность определенных *акций*, реализуемых в дискретные моменты времени. Другими словами, будем считать, что поведение задается в виде *траектории* в дискретном времени

$$L - t_1^{k_1} t_2^{k_2} \dots t_n^{k_n} \dots$$

Акции, образующие траекторию, могут носить либо поведенческий характер (т. е. для них должны быть выполнены концептуальные условия из § 4.1), либо представлять собой чистые действия. Для того чтобы можно было говорить о поведении и считать, что траектория L определяет некое поведение, необходимо, чтобы среди акций имелась по крайней мере одна, которая представляет собой поведенческий акт. В обозначении акции $t_n^{k_n}$ нижний индекс характеризует номер шага на траектории L , а верхний индекс — конкретный вид акции, выбираемой на данном шаге. Предположим, что акции описаны на уровне отдельных действий, не являющихся поступками, или отдельных поступков. Кроме того, потребуем, чтобы L была направлена на достижение определенной физиологической или психологической цели. Отдельные акции могут служить достижению некоторых индивидуальных целей, но все они должны быть подцелями той глобальной цели, которая достигается в конце траектории L . В гл. 1 нашей книги мы упоминали о ресурсах, которые надо затрачивать на организацию поведения. Ресурсы могут иметь различную физическую природу (время, энергия и т. д.), но для нас их конкретная природа не имеет значения. Поэтому будем считать все ресурсы одинаковыми и измерять их в некоторой единой системе единиц.

Введем ряд обозначений. Если на n -м шаге траектории L используется акция $t_n^{k_n}$, то, поскольку предполагается, что поведение направлено на достижение некоторой цели, эта акция выбирается так, чтобы она нас к цели приблизила. Если в начале траектории L цель была еще далека, то с каждым шагом мы приближаемся к ней. Предположим, что степень этого приближения мы можем как-то измерять (например, при пространственном перемещении к цели мы можем измерять расстояние, которое нам еще осталось пройти до цели). Тогда через W^{k_n} будем обозначать то рас-

стояние до цели, которое еще придется пройти по траектории L , когда на n -м шаге мы выберем и выполним акцию l_n^{kn} . К этому шагу мы израсходуем определенный ресурс, а также ресурс, необходимый для выполнения акции l_n^{kn} . Суммарный использованный ресурс после этого мы будем обозначать через R^{kn} . В траектории L , как мы условились выше, хотя бы на одном шаге в качестве акции выступает поступок. А это означает, что при его реализации субъект, «движущийся» по траектории L к своей цели, получил некоторые оценки q_i (положительные и/или отрицательные). Обозначим через Q^{kn} глобальную оценку поведения на участке траектории от первого шага до n -го при условии, что на n -м шаге субъект реализовал акцию l_n^{kn} . Если эта акция есть простое действие, то $Q^{kn} = Q^{kn-1}$. Если же акция, выбранная субъектом для реализации на n -м шаге, представляет собой поступок, то Q^{kn} должно получить значение, отличное от Q^{kn-1} . Как вычислять его? На этот вопрос сейчас трудно дать обоснованный ответ, ибо не существует психологических экспериментальных данных, на которые можно было бы опереться. Поэтому можно предложить несколько процедур такого пересчета. Примером простейшей из них может служить следующая процедура. Пусть i_n^{kn} есть поступок. Обозначим через Σ_1 и Σ_2 суммы всех весов положительных и отрицательных оценок соответственно, полученных субъектом после совершения этого поступка. Тогда $Q^{kn} = Q^{kn-1} + (\Sigma_1 - \Sigma_2)$. Такой линейный закон изменения глобальной оценки поведения субъекта может оказаться слишком грубым. Тогда вместо него можно использовать более сложные (например, нелинейные) законы.

Опишем теперь две общие схемы поведения. Они могут служить примером того, как можно дать типологию поведения, используя в этих целях введенные нами характеристики W^{kn} , R^{kn} , Q^{kn} .

1. Рассмотрим схему, определяемую следующими условиями:

$$\begin{cases} R^{kn} \leq R^*, \\ Q^{kn} \geq Q^*, \\ W^{kn} \text{ максимально возможное.} \end{cases}$$

Такая схема означает, что на каждом шаге своего «движения» по траектории L субъект старается максимально приблизиться к цели. Исходя из этого, он и выбирает свою очередную акцию, но стремится не выйти по расходу ресурса за ограничение R^* . Такое ограничение может

диктоваться объективными условиями, в которых субъект «движется» по L , либо его субъективными ощущениями о предельных возможностях расхода ресурса на каждом шаге. Кроме того, он не хочет при достижении своей цели допускать такое поведение, которое опустило бы его глобальную оценку ниже некоторого норматива Q^* . Другими словами, субъект стремится достичь цели так, чтобы «не уронить себя в собственных глазах» (а возможно, и в глазах других людей, чьим мнением он дорожит).

$$2. \quad \begin{cases} R^{kn} \leq R^*, \\ Q^{kn} \text{ максимально возможная.} \end{cases}$$

Такое поведение характерно для крайнего экстраверта, о котором шла речь раньше. Он старается максимально увеличить глобальную оценку своего поведения и лишь ресурсные ограничения сдерживают его. Максимизируя Q^{kn} он тем самым максимизирует и W^{kn} , так как максимизация Q^{kn} и есть его основная цель, лежащая в основе его поведения.

По аналогии с этими двумя схемами читатели могут придумать еще немало примеров организации поведения людей различного типа.

Отметим также, что при выборе очередной акции люди разного типа по разному оценивают достоинства той или иной акции. Уже в замысле поступка, если на очередном шаге субъект собирается его совершить, он может оценить ожидаемое значение $\Sigma_1 - \Sigma_2$. Подобный способ прогноза позволит ему выбрать из множества возможных поступков наиболее подходящий. Оценка с помощью $\Sigma_1 - \Sigma_2$ характерна для людей «мыслительного типа». Для других типов личностей можно ввести оценку с двумя параметрами α и β , меняющимися в пределах от 0 до B : $\alpha\Sigma_1 - \beta\Sigma_2$. Здесь B — некое натуральное число, которое при необходимости всегда можно увеличить. Меняя значения α и β , мы будем получать различные основания для выбора очередных поступков личностями различного типа. Если, например $\alpha \neq 0$, а $\beta = 0$, то при выборе очередного поступка субъект будет учитывать только положительные ожидаемые оценки, т. е. будет крайним экстравертом. Если же $\alpha = 1$, а $\beta > 1$, то субъект будет переоценивать возможные отрицательные последствия своего выбора и будет стремиться к осторожному поведению.

Возможны и особые случаи поведения, когда в Σ_1 и/или Σ_2 включаются не все оценки, полученные при реализации

поступка, а лишь те, которые субъект хочет учитывать. Он может, например, совершенно не интересоваться моральными законами данного общества или теми его обязанностями, которые вытекают из юридических документов, а учитывать лишь те оценки, которые его действиям дают H и T . Так может характеризоваться член воровской шайки, в которой H является вожаком. Если, наоборот, индивид не учитывает оценок от H и T , а целиком основывается лишь на оценках, приходящих от S , при условии, что оценки, приходящие от U , не слишком противоречат им, то мы имеем дело с человеком долга. В предельном случае, когда конфликт между оценками от S и от U становится слишком большим, такой человек может, не найдя разумного, с его точки зрения, решения, покончить с собой. Именно такая ситуация описана в романе И. Эренбурга «Жизнь и гибель Николая Курбова». В некотором смысле антогонистом такого человека служит индивид, у которого доминируют оценки, поступающие от U , при условии, что оценки, поступающие от S , не слишком им противоречат. Это тип религиозного деятеля, свято верящего в победу Добра над Злом и старающегося помочь этой борьбе деятельностью, носящей нравственный характер.

Таким образом, имеется множество возможностей определения значения Q^{kn} и выбор той или иной возможности характеризует личность индивида, совершающего поступок.

Глобальная цель поведения, приближение к которой осуществляется с помощью траектории L , может быть никак не связана с характером изменения Q^{kn} или ресурсов, используемых при организации поведения. Но существуют особые виды поведения, в которых значение Q^{kn} чрезвычайно важно. К ним относится поведение крайнего экстремиста, о котором мы уже говорили. К поведению того же типа относится так называемое *этическое поведение*, практически не встречающееся в чистом виде в жизненной практике людей. Оно служит предметом изучения этики. Вот как определяет его крупнейший представитель этой науки Дж. Мур.

«Утверждая, что поступок является наилучшим из тех, которые нужно совершить, мы утверждаем, что он вместе с его последствиями дает большую сумму внутренней ценности, чем какой-либо другой из возможных. Перевес этого поступка может возникнуть в силу одной из трех следующих причин: а) если сам поступок имеет большую внутреннюю ценность, чем любой другой, тогда как и его последствия, и последствия альтернативных возможностей абсолют-

но индифферентны в моральном отношении; б) если его последствия являются внутренним злом, но сумма внутренней ценности самого поступка больше, чем у альтернативного; в) если его последствия суть внутреннее добро, и степень ценности поступка вместе с ценностью его последствий больше, чем у любых альтернативных».

Как уже говорилось, в большинстве других видов поведения выбор того или иного поступка на очередном шаге траектории определяется не только оценкой Q^{kn} и оценкой ресурса R^{kn} , но и значением W^{kn} . В качестве примера обсудим с этой точки зрения схему когнитивного диссонанса в той ее формулировке, которая принадлежит Ф. Хайдеру.

Рассмотрим треугольник, изображенный на рис. 4.16. Это так называемый *треугольник Хайдера*. Заштрихованная

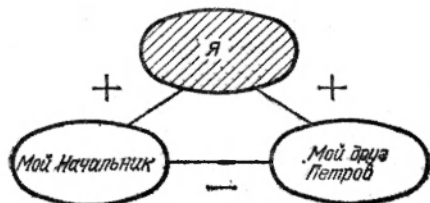


Рис. 4.16

его вершина соответствует индивиду, поведение которого изучается. Две другие вершины могут соответствовать некоторым произвольным объектам. Стороны, соединяющие вершины, характеризуют отношения между индивидом и данными объектами и отношение между объектами. Эти отношения могут иметь положительные и отрицательные веса. В простейшем случае все веса сторон одинаковы и отличаются лишь по знаку. Будем трактовать знак стороны, как показатель хороших и плохих отношений. Тогда приведенный треугольник содержит в себе информацию о том, что индивид, называемый Я, хорошо относится к своему Начальнику по службе и к некому Петрову — другу интересующего нас индивида. Из того же треугольника мы узнаем, что отношения между Начальником и Петровым оставляют желать лучшего. Если в голове у Я хранится такой треугольник, то содержащаяся в нем информация должна создавать определенный диссонанс, некое беспокойство. В самом деле, «Не повредит ли хорошим отношениям с Начальником дружба с Петровым? Не будет ли Петров, считающий Начальника явно плохим человеком, относиться к Я хуже

из-за его дружбы с Начальником?» Эти вопросы не могут не возникать у Я. Они становятся причиной того, что у Я могут появиться определенные цели, достижение которых способно, по его мнению, устранить диссонанс во взаимоотношениях Я, Петрова и Начальника.

Что же это за цели? Их по крайней мере три, и достижение любой из них приводит к устранению диссонанса. Одна

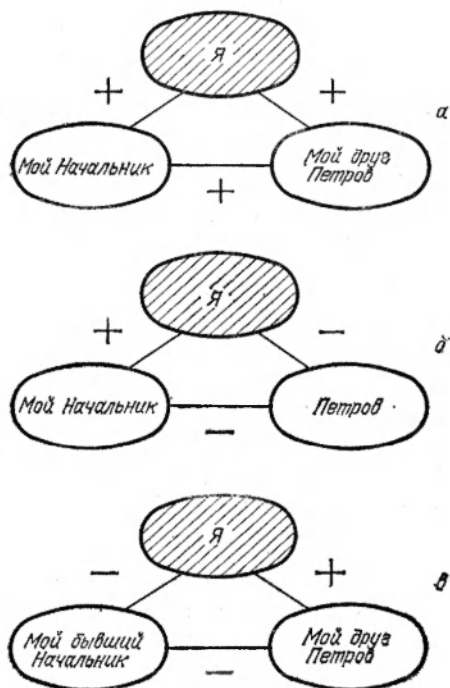


Рис. 4.17

из них: помирить Петрова и Начальника, сделать так, чтобы они стали друг другу симпатичны, подружиться друг с другом. Тогда треугольник, показанный на рис. 4.16, превратится в треугольник, изображенный на рис. 4.17, а. Если этого можно добиться, то Я вздохнет свободно. Треугольник не будет больше причинять ему беспокойства. Но вполне может оказаться, что цель подружить Петрова с Начальником явно недостижима. Слишком они разные люди, и Петров, например, ни за что не сделает никакого шага к сближению с Начальником. Тогда Я может поставить перед

собой другую цель: «Для укрепления дружбы с Начальником он должен отказаться от дружбы с Петровым». Если эта цель окажется достигнутой, то исходный треугольник превратится в треугольник, показанный на рис. 4.17, б. Такой треугольник также вносит спокойствие в душу Я, если только его не терзают угрызения совести из-за того, что он как бы предал Петрова ради дружбы с Начальником. Но вполне вероятно, что дружба с Петровым настолько ценна для Я, что он не может решиться предать ее; тогда Я может поставить перед собой цель сменить Начальника и сохранить дружбу с Петровым. Если он достигнет этой цели, то исходный треугольник превратится в треугольник, показанный на рис. 4.17, в. Такой треугольник также приводит в равновесие души Я, если только он не мучается от того, что ради Петрова бросил любимую работу, и не сомневается в том, что его жертва оправдана.

Других путей устранения диссонанса у Я нет. Правда, есть еще один путь не устранения, а уменьшения диссонанса, вернее уменьшения его воздействия. Это путь очень распространен среди людей. Он заключается в том, чтобы убрать треугольник, приносящий столько тревожений, из активной зоны сознания, забыть о нем, вытеснить его в подсознание, говоря себе «Ну что поделаешь? Ничего сделать все равно нельзя. Авань все обойдется».

Однако если Я не идет по этому последнему пути, а выбрал одну из трех целей, сформулированных выше, то ему необходимо действовать. Для иллюстрации того, как будут организованы его действия, удобно несколько усложнить треугольник, показанный на рис. 4.16, введя на его сторонах веса. Пусть h_1 характеризует величину дружеской связи между Я и Начальником, а h_2 и h_3 — соответственно степень дружеских отношений между Я и Петровым и неприязнь между Петровым и Начальником, и пусть Я в качестве своей цели выбрал цель примирить Петрова и Начальника. Он понимает, что сразу это вряд ли можно сделать. Слишком уж велика их неприязнь. Но время не терпит. Временной ресурс R^* ограничен, и необходимо спешить. Наш Я должен выбрать такую траекторию поведения L , которая при условии удовлетворения ресурсному ограничению $\bar{K}^{*n} \leq \bar{K}^*$ за конечное число шагов привела бы к цели. Я, конечно, хочет, чтобы действия, которые он предпримет, и те поступки, которые он совершит, не привели бы к большим морально-этическим издержкам. Другими словами, он хочет, чтобы в момент достижения цели выполнялось неравенство $Q^{*n} \geq Q^*$. Таким образом, получена типовая

задача организации поведения, с которой мы уже встречались.

Для выбора очередной акции l_k Я должен иметь знания о множестве акций, из которых возможен выбор, и о протекающих из него последствиях. Эти знания должны храниться в его памяти. Выбор осуществляется в процессе перебора допустимых акций, увеличивающих W^{kn} . Увеличение W^{kn} в нашей задаче эквивалентно уменьшению h_3 по его абсолютному значению, доведению его до нуля и возрастанию до некоторой положительной величины. Изменение h_3 не должно сопровождаться уменьшением h_1 и h_2 , т. е. ухудшениями отношений Я с Начальником и Петровым. Поэтому при выборе любой акции должны быть оценены изменения h_1 , h_2 и h_3 , а также изменения Q^{kn} и R^{kn} с учетом выполнения необходимых ограничений. Среди всех акций, при которых выполняются все указанные требования, следует выбрать акцию, максимизирующую h_3 при сохранении ограничений на остальные параметры.

В рассматриваемом примере Я мог бы добиться своей цели, сделав так, чтобы Начальник и Петров вместе оказались на премьере нового балета (для выбора такой акции Я должен иметь информацию о том, что и Начальник, и его друг Петров очень любят балет), а затем в тесной компании знатоков этого искусства они могли бы сблизиться, или Я мог бы через Петрова (возможно, не говоря ему об этом) устроить дочь Начальника в труднодоступную спортивную секцию (для чего нужны знания о желании дочери Начальника заниматься именно в данной секции), а потом сказать Начальнику, что это сделал Петров. Во втором случае надо еще спрогнозировать реакцию Петрова на такой поступок. Возможно, что она будет столь отрицательной, что Я отвергнет этот поступок, как неприемлемый.

Жизнь, однако, устроена так, что Я действует не в изолированной среде, а среди других людей, и вполне может оказаться, что среди них имеется некто (например, жена Петрова), для кого действия Я не безразличны. Она сама очень не любит Начальника, что отражено в структуре, состоящей из двух треугольников Хайдера, показанной на рис. 4.18. Если эта структура (подобные структуры принято называть *когнитивными* от английского *cognition* — познание, знание) имеется в голове не только Я, но и в голове жены Петрова, то она, наблюдая за действиями Я по примирению Начальника и Петрова, может организовать свое поведение так, чтобы помешать этому. Если же ей это не удастся, то она может начать деятельность по превращению

положительной связи между Я и Петровым в отрицательную. Если она достигнет своей цели, то соответствующий треугольник Хайдера перестанет свидетельствовать о диссонансе. Что же касается Я, то он (без собственных усилий) также окажется в условиях отсутствия диссонанса (этому будет соответствовать треугольник, показанный на рис. 4.17, б), если в нем не будет кипеть возмущение непрошенными действиями жены Петрова или он не будет считать, что потеря друга куда большая утрата, чем потеря хороших отношений с Начальником.

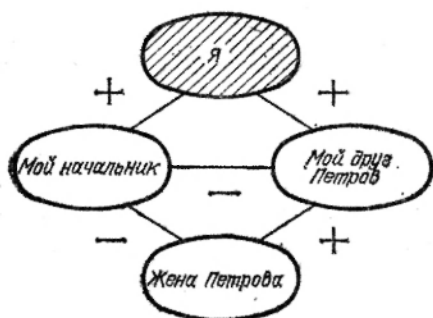


Рис. 4.18

Ясно, что когнитивные структуры могут образовывать весьма сложные сети, в которых одновременно отражаются многие диссонансы, связанные с данным индивидом и окружающими его людьми. Знания, отраженные в когнитивных структурах, состоящих из треугольников Хайдера, служат примером *активных знаний*. Появление в работах по искусственному интеллекту этого понятия ознаменовало новый шаг на пути понимания сути поведенческих процессов и их моделирования техническими средствами, ибо ранее считалось, что активным началом в организации поведения служат не знания, а процедуры (программы, реализуемые в ЭВМ). Однако, как мы пытаемся показать в нашей книге, активным началом в организации поведения являются либо врожденные физиологические и психологические причины, либо некоторые знания об окружающем мире, поведении других индивидов в этом мире и своем собственном поведении в нем.

На рис. 4.19 схематически показано, как организуется движение к достижению цели, определяющее траекторию *L*. На нем мы видим как бы три траектории, идущие парал-

тельно. Одна из них, изображенная большими светлыми стрелками, соответствует последовательности действий I_i , т. е. является траекторией L . Левая траектория характеризует пошаговое изменение знаний индивида в процессе реализации траектории L . Правая траектория отражает последовательное изменение целей, достигаемых в процессе совершения отдельных действий, причем все промежуточные

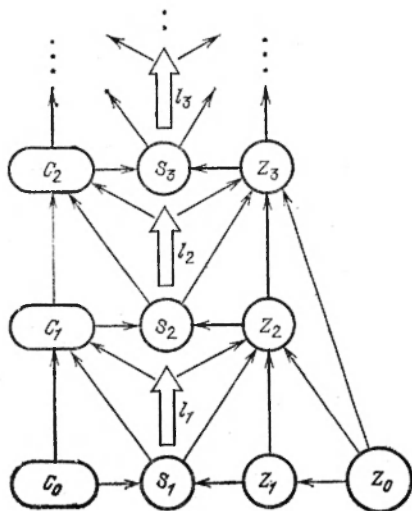


Рис. 4.19

цели оказываются связанными с глобальной целью траектории L , обозначенной Z_0 . Символы S_i — те ситуации, в которых индивид принимает решение о выборе очередной акции. Как конкретно организованы все изменения в схеме и как осуществляется в фиксированной ситуации выбор очередной акции зависит от многих условий, характеризующих тип личности индивида, организацию его знаний и способ формирования промежуточных целей. Ниже будет конкретизирована эта общая схема организации поведения для различных частных случаев.

Рассмотрим общую концептуальную схему организации поведения на основе поступков. Она представлена на рис. 4.20. Здесь использованы следующие обозначения: БЗ — база знаний, БВЦ — блок выработки целей, БОР — блок оценки ресурсов, БГО — блок глобальной оценки, в котором вырабатывается значение Q^{kn} , БВА — блок выбора

акции, БИЗ — блок изменения знаний, БДЦ — блок проверки достижимости целей для текущего шага траектории L , БФС — блок формирования ситуации, имеющейся на данном шаге, МЛ — модель личности, БО — блок обучения. В базе знаний выделены три части: знания о физической среде ($БЗ_1$), знания о своих возможностях, включая набор стандартных действий и возможных поступков, которые

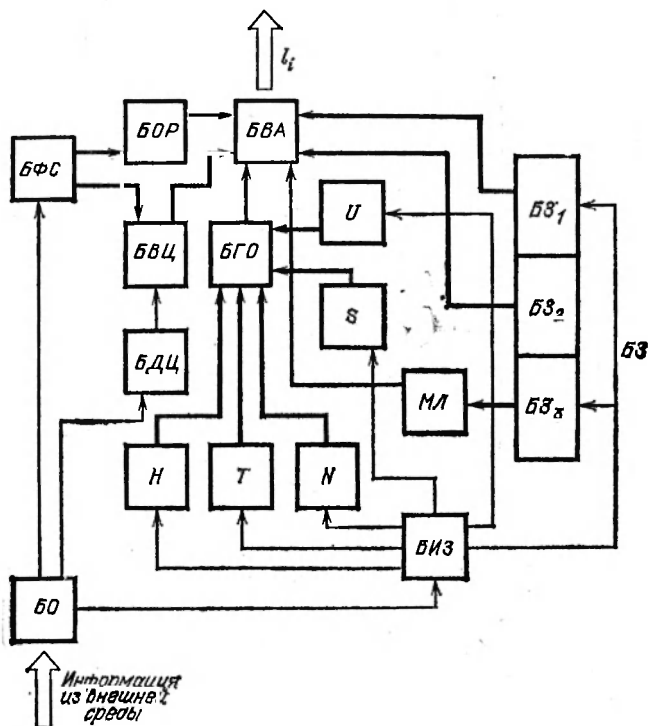


Рис. 4.20

система может реализовать на том или ином шаге траектории поведения ($БЗ_2$), знания о текущих отношениях между субъектом и остальными индивидами, выделяемыми в окружающей среде, а также психологические портреты этих других личностей ($БЗ_3$). Жирными линиями на рис. 4.20 показаны пути формирования выбора очередной акции, а тонкими — пути учета информации, поступающей от среды после совершения некоторой акции, служащей для изменения системой представления субъекта о себе и других

участниках взаимодействия, а также о параметрах среды и их изменении.

Не будем пояснять функционирование модели, приведенной на рис. 4.20. Читатели без труда могут сделать это сами, ибо работа всех основных блоков модели либо уже пояснена, либо их функционирование легко себе представить (на содержательном уровне) из названий самих блоков.

§ 4.6. Модели личности

Обычно считают, что в личности, изучаемой социальной психологией, можно выделить три основных комплекса: *когнитивный*, в котором концентрируются представления и мнения личности относительно окружающего мира и себя самой в нем; *аффективный*, в котором сосредоточены все чувства и эмоциональные переживания относительно своего функционирования во внешнем мире и эмоционально окрашенные отношения, связанные с функционированием других личностей в этом мире; *конструктивный*, определяющий вид деятельности, которая формируется данной личностью по отношению к объектам внешнего мира. Эти три комплекса тесно связаны между собой. Работа каждого из них зависит от двух остальных. На рис. 4.20 в модели поведения на уровне поступков была сделана попытка «расцепить» эти чрезвычайно тесные связи. Моделирование когнитивного комплекса взяли на себя БЗ₁ и БЗ₂ вместе с частью БВА. Моделирование конструктивного комплекса — все остальные блоки, кроме упомянутых выше и МЛ. Аффективный комплекс моделируется частью БЗ₃ и блоком МЛ. Поэтому именно аффективный комплекс и его участие в работе БВА будет основным содержанием данного параграфа. Моделирование аффективного комплекса тесно связано с моделированием эмоциональной сферы личности, с воспроизведением на модельном уровне тех процессов, которые индивидуализируют выбор акций на каждом шаге построения траектории поведения.

Пожалуй, впервые попытка смоделировать аффективный комплекс личности была предпринята в самом начале шестидесятых годов. В виде программы, реализованной на ЭВМ, была смоделирована целая плеяда искусственных личностей, названных АЛДОСами. Общая схема АЛДОСов показана на рис. 4.21. Эта схема функционирует следующим образом. В постоянной памяти АЛДОСа хранятся эталоны классов ситуаций, с которыми он встречался в процессе

своей «жизни». Для ускорения процесса обучения АДЛОСа такая информация о некоторых классах ситуаций заранее заносится в постоянную память. Это имитирует «генетическую память» АДЛОСа. Эталоны, хранящиеся в постоянной памяти, помогают классифицировать входную ситуацию. Возможны три случая: либо входная ситуация однозначно относится к некоторому эталонному классу, либо она относится к нескольким таким классам, либо она не классифицируется и остается неопознанной. Как осуществляется классификация, мы не рассматриваем. Отметим

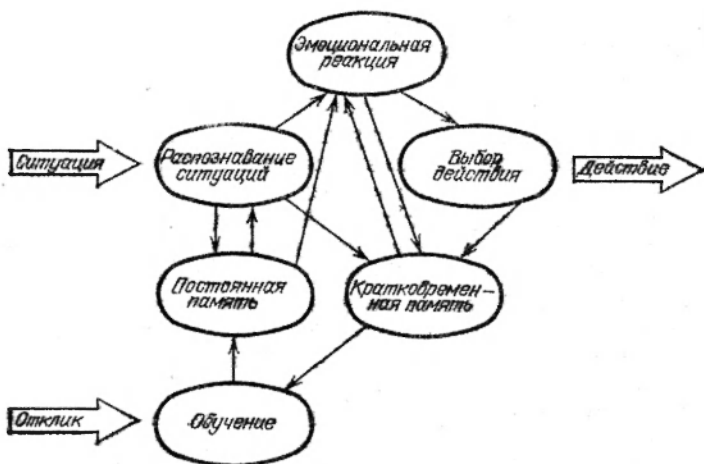


Рис. 4.21

только, что для этой цели в АДЛОСе имеется набор классифицирующих признаков, совокупности которых, имеющиеся во входной ситуации, определяют тот класс, к которому она принадлежит.

С каждым эталонным классом ситуаций связана его эмоциональная оценка. Она состоит из трех компонент, так как АДЛОС имеет три различные эмоции: одну, положительно окрашенную, и две, отрицательно окрашенные. Эмоции можно интерпретировать, например, как радость, страх и гнев. Все эмоции по своей силе измеряются по шкале, состоящей из десяти градаций (от 0 до 9). Это означает, что эмоциональная оценка есть тройка чисел. Исходя из интерпретации эмоций, в АДЛОСе правильно эмоционально оцененными считаются те ситуации, у которых либо сила положительной эмоции, либо сила одной из отрица-

тельных эмоций существенно превосходит остальные. Другими словами, правильно эмоционально оцененные ситуации должны вызывать у АЛДОСа либо чувство радости, либо чувство страха, либо чувство гнева. Для правильной эмоциональной оценки ситуаций предусмотрен механизм, который при таком возрастании радости, что ее числовая оценка существенно превосходит наибольшую из двух оценок силы отрицательных эмоций, автоматически уменьшает оценки последних. Аналогичным образом он действует и при возрастании какой-либо оценки силы отрицательных эмоций.

Конкретной входной ситуации АЛДОС приписывает не только эмоциональную оценку описанного вида, но и эмоциональную оценку своего состояния, т. е. остаточных эмоций, непосредственно связанных с выполнением действий в предшествующей ситуации. Эта комплексная эмоциональная оценка используется при выборе действий.

АЛДОС имеет три типа действий, которые он может предпринять в ситуации, поступившей на вход. Он может реализовать действие убегания, при котором АЛДОС как бы устраняет себя из текущей ситуации. Такое действие возникает при высокой оценке эмоции страха, связанного с данным типом ситуаций. Другой тип действия АЛДОСа — исследовательская реакция, при которой АЛДОС остается в среде, максимально контактируя с ней. Такие действия АЛДОСа выбираются, если с данной ситуацией связана высокая оценка положительной эмоции. Убегание от опасности и стремление к исследованию ситуации могут иметь побудительные мотивы разной интенсивности, зависящей от силы соответствующей эмоции. Наконец, третий тип действия АЛДОСа — нападение, вызываемое высокой оценкой силы гнева, обусловленного данной ситуацией. Активность нападения прямо пропорциональна величине этой оценки.

Что же представляет собой ситуация для АЛДОСа при выборе им того или иного типа действий? В описываемой модели ситуация задавалась семизначным числом. Первые три разряда кодировали имя конкретной ситуации, последующие три — определяли возможные воздействия на АЛДОС, а последний разряд указывал силу этих воздействий. Потенциально каждая ситуация могла породить отклики трех типов: болевые, вызывавшие у АЛДОСа эмоцию страха, приятные, вызывавшие эмоцию радости, и отклики, сигнализирующие об ошибке АЛДОСа в определении воздействия, выдаваемого в данной ситуации. Последние от-

клики вызывали у АЛДОСа эмоцию гнева. Если сила потенциального воздействия, входящая в описание данной ситуации, мала и АЛДОС не исследует ее, то воздействия АЛДОСом не ощущаются. При очень большой силе воздействий, угрожающих пребыванию АЛДОСа в данной ситуации, только очень быстрое убежание из нее спасает его от последствий. При исследовательской реакции АЛДОС ощущает воздействия тем сильнее, чем активнее он контактирует со средой в сложившейся ситуации.

Когда АЛДОС в состоянии гнева производит действие типа нападения, активность нападения влияет на снижение интенсивности последующих воздействий, которые поступят на систему обучения АЛДОСа. При очень большой активности нападения (при большой силе реакции гнева) АЛДОС может добиться того, что последствия его контакта со средой в условиях имеющейся ситуации будут сведены к нулю и на вход блока обучения ничего не поступит. Отклики на действия АЛДОСа поступают в блок обучения, изменяющий эмоциональные оценки эталонных классов ситуаций, хранящиеся в памяти. Для учета действий, которые в рамках оцениваемой ситуации привели к данному отклику среды, блок обучения использует информацию о реализованных действиях, хранящуюся в кратковременной памяти.

АЛДОС может не реагировать на поступившую ситуацию, если его эмоциональные оценки, связанные с ней, малы по величине.

Черты, присущие АЛДОСу, как личности, проявляются в характере поведения в условиях альтернативного выбора. Заметим, что, как уже отмечалось в начале главы, о поведении в строгом смысле этого слова можно говорить только при наличии некоторой неоднозначности в выборе акции. Именно тогда срабатывают те черты личности, которые индивидуализируют поведение. У АЛДОСа неоднозначность выбора возникает в двух случаях — когда поступившая на вход ситуация остается нераспознанной или когда классификация ситуации оказывается неоднозначной. В первом случае АЛДОС должен приписать ситуации эмоциональную оценку. Как это сделать? Можно, конечно, не обращать внимания на нераспознанную ситуацию, что допустимо при малых по величине эмоциональных ее оценках. Однако такое поведение чревато двумя последствиями: можно не вступить в контакт с ситуацией с высокими положительными воздействиями и можно получить большое отрицательное воздействие (как уже говорилось, отрицательного воз-

действия можно избежать только путем убегания). Поэтому пассивное отношение к незнакомым или мало изученным ситуациям — не самый лучший стиль поведения. Какую же тогда приписать им эмоциональную оценку? Вот тут-то и начинает играть свою роль интегральная поведенческая характеристика АЛДОСа. Трусливый АЛДОС на всякий случай припишет плохо изученной или незнакомой ситуации высокую оценку силы страха. Его принцип «Лучше недополучить радости, чем испытать отрицательные ощущения», чем-то напоминает поведение интровертов, стремящихся избежать неприятных ситуаций даже за счет потери возможного выигрыша. Наоборот, отважный АЛДОС может приписать этим ситуациям высокую оценку силы гнева и активно исследовать их. Доверчивый АЛДОС, априорно считающий, что «Мир устроен прекрасно», может приписать этим ситуациям высокую оценку силы положительной эмоции и начать удовлетворять свое любопытство ко всему новому и сулящему радость общения.

Столь же по-разному будут вести себя АЛДОСы и при неоднозначной классификации поступившей на вход ситуации. Трусливый и осторожный АЛДОС выберет эталонную ситуацию, характеризующуюся повышенным уровнем отрицательных эмоций, а доверчивый, оптимистичный АЛДОС — ту, которая имеет максимальную оценку силы положительной эмоции.

Как же формируются личностные черты АЛДОСа? На начальном этапе они могут быть заданы извне. Затем в процессе «жизнедеятельности» АЛДОСа эти черты могут меняться из-за тех конкретных откликов среды, которые АЛДОС будет получать. Механизм подобной трансформации, реализуемый в блоке формирования эмоциональных реакций, уже обсуждался при описании поведения ТАИРа (см. гл. 3). Рассмотренная там система усиления — торможения вполне применима и для того, чтобы формировать личностные черты АЛДОСа.

С АЛДОСом (вернее с программой, имитирующей на ЭВМ работу АЛДОСа в различных ситуациях) было проведено несколько серий экспериментов. Одна из этих серий состояла в том, что АЛДОС помещался в среду, в которой ситуации с положительными воздействиями встречались намного чаще ситуаций с отрицательными воздействиями. «Воспитание» в такой дружественной среде приводило к тому, что АЛДОС становился доверчивым и уровень его оптимизма вырастал по мере того, как ему встречалось все больше и больше ситуаций с положительными воздействия-

ми. При помещении АЛДОСа в среду, где господствовали ситуации с отрицательными воздействиями, он постепенно превращался в трусливого или агрессивного. Интересен феномен смены среды после «воспитания» АЛДОСа в среде другого типа. Адаптация к новым условиям АЛДОСа, воспитанного в среде с господством отрицательных ситуаций, к дружественной среде происходит гораздо медленнее, чем адаптация доверчивого АЛДОСа к среде недружелюбного типа.

В другой серии экспериментов исследовалось поведение так называемых нерешительных и решительных АЛДОСов.

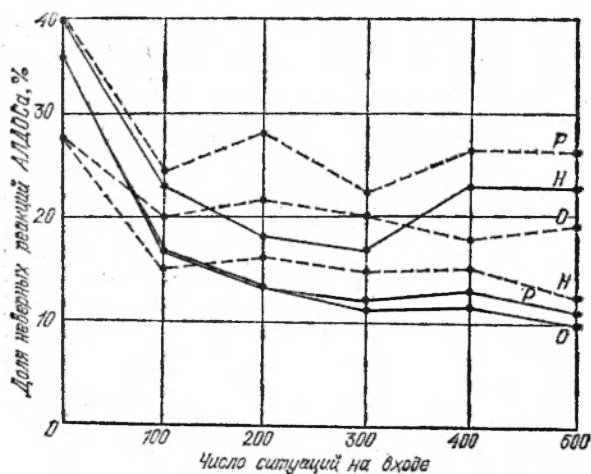


Рис. 4.22

Нерешительный АЛДОС при выборе действия выбирает самое слабое из возможных, да и то, если велики значения оценок силы доминирующей эмоции в оценке ситуации. Для решительного же АЛДОСа достаточно малейшего повода, чтобы выбрать весьма сильные действия. Результат этой серии экспериментов иллюстрируется графиками, приведенными на рис. 4.22. На них сплошные линии — данные, характеризующие скорость адаптации АЛДОСов при перемещении их из недружественной среды в дружественную, а пунктирные — скорость их адаптации при перенесении из дружественной среды в недружественную. Буквами Р, О, Н помечены графики, относящиеся соответственно к решительным, обычным и нерешительным АЛДОСам.

АЛДОС не остался одиноким. Вскоре к нему прибавилось еще несколько моделей личности, в которых моделировались те или иные свойства эмоциональной сферы человека. Большинство из них не имело принципиальных отличий от той общей концепции, которая была реализована в АЛДОСах.

Завершая этот параграф, заметим, что весьма часто (особенно в литературных и драматических произведениях) вместо модели личности во всей ее полноте используется модель типа маски, в которой раз и навсегда зафиксированы определенные черты личности и характера. Маска по своему поведению неизменна, и ее поведение (за исключением частных случаев) предопределяется уже ее именем. Таков Иванушка-дурачок или Иван-царевич в русских сказках, о котором будет говориться при рассмотрении нормативного поведения. Таковы театральные маски в итальянской народной комедии. Вот как описывает некоторые из этих масок известный театровед А. К. Живелегов.

Панталоне — венецианец (и, следовательно, говорит с венецианским произношением, что для итальянского зрителя сразу служит его «визитной карточкой»), старик, по профессии купец, скупой, хворый и хилый, хромает и охает. Считает себя умнее всех, но всегда становится жертвой проделок, неисправимый ловелас. Одет в красную куртку и обтянутые панталоны. Носит желтые туфли с пряжками, красную шапочку и большой черный плащ. Лицо землистого цвета, горбатый нос и борода. Иногда холост, иногда вдов, имеет детей (обычно дочь).

Доктор — болонец, по образованию юрист. Носит черную мантию ученого, черную короткую куртку, черные панталоны. Туфли, чулки и ермолка или шляпа с большими полями тоже черные. Белые только манжеты, воротник и большой платок за поясом. Лицо темное, нос и щеки красноватые (винолюб). Речь пересыпана латинскими изречениями, которые он постоянно перевирает, и алогична по своему строению. Пример монолога Доктора «Флоренция — столица Тосканы. В Тоскане родилось искусство говорить. Королем красивой речи был Цицерон. Цицерон был сенатором в Риме. В Риме было 12 цезарей и 12 бывает месяцев в году. Год делится на четыре времени года и имеет четыре стихии: воздух, вода, огонь, земля и т. д.».

Бригелла — носит белую одежду, обшитую зелеными галунами: блузу, панталоны, чулки, плащ, шапочку и пояс. Ботинки желтые. Лицо волосатое с черными усами и бородой. Характер умного крестьянина. Умеет ненави-

деть и ничего не прощает. Себе на уме, всегда начеку. Тонкий интриган, хорошо приспосабливается к любому положению. Отлично болтает, криклив и многоречив. Любит золото, вино и женщин. Не верит ни в бога, ни в черта. Служит тому, кто хорошо платит. Настроен помогать молодым, так как не любит стариков.

Арлекин — весел, наивен, забавно беспомощен, как бы витает над реалиями. Ничего заранее не обдумывает и получает огромное количество колотушек. Вызывает сочувствие, особенно на фоне восхищения Бригеллой.

Приведенных примеров достаточно для выявления основных особенностей персонажей-масок. Во-первых, они должны быть однозначно узнаваемы. Для этого служат манера говорить и манера одеваться. В традиционных восточных театрах (в японском театре Кабуки, например) той же цели служил специальный яркий по цветам грим. Во-вторых, маска определяет общие характеристики поведения и играет прагматическую роль в развитии ситуаций. Так Змея Горыныча русских сказок всегда побеждает герой сказки, а Панталоне итальянской комедии всегда остается в дураках. Траектории поведения таких личностей-масок могут варьировать, но общая их направленность и набор действий и поступков, совершаемых персонажами подобного типа, резко ограничены. Было бы весьма неожиданно, если бы Доктор изрек что-либо умное или Арлекин обманул Бригеллу.

Интересно, что для людей чисто внешние данные персонажа традиционного театра или человека, впервые встреченного на улице, часто ассоциируются с чертами его характера и, следовательно, с прогнозом поведения этого персонажа или человека. Такие внешние черты, как правило, используются в художественной литературе для характеристики действующих лиц, создавая необходимое настроение у читателя и настраивая его на правильный прогноз их поведения. Приведем в подтверждение нашей мысли несколько словесных характеристик действующих лиц из романа Ф. Сологуба «Мелкий бес». Вот характеристика председателя уездной земской управы: «Хозяин, Иван Степанович Кириллов, очень беспокоился, как бы, с одной стороны, быть любезным, европейски-любезным, но, с другой стороны, не уронить своего достоинства хозяина в уезде. Он весь был странный и противоречивый, как бы спаянный из двух половинок. По всей его обстановке было видно, что он много и с толком работает. А на него самого посмотришь, и кажется, что вся эта земская деятельность для него только

лишь забава и ею занят он пока, а настоящие его заботы где-то впереди, куда порой устремлялись его бойкие, но как бы не живые, оловянного блеска глаза. Как будто кем-то вынута из него живая душа и положена в долгий ящик, а на место ее вставлена не живая, но сноровистая суетилка». А вот, как автор характеризует Грушину, вдову мелкого чиновника: «Марья Осиповна Грушина, молодая вдова, имела как-то преждевременно опустившуюся наружность. Она была тонка, и сухая кожа ее вся покрылась морщинами, мелкими и словно запыленными. Лицо не лишённое приятности,— а зубы грязные и черные. Руки тонкие, пальцы длинные и цепкие, под ногтями грязь. На беглый взгляд она не то чтоб казалось очень грязною, а производила такое впечатление, словно она никогда не моется, а только выколачивается вместе со своими платьями. Думалось, что если ударить по ней несколько раз камышовкою, то поднимется до самого неба пыльный столб. Одежда на ней висела мятыми складками, словно сейчас только вынутая из туго завязанного узла, где долго лежала скомканная. Жила Грушина пенсиею, мелким коммиссионерством и отдачею денег под залог недвижимостей. Разговоры вела по преимуществу нескромные и привязывалась к мужчинам, желая найти жениха».

Такой перенос внешних черт человека на его поведение требует наличия специальных ассоциативных процедур, природа которых пока не слишком ясна, хотя, очевидно, что в их основе лежат некоторые культурные и социальные традиции. В искусственных системах при организации их поведения пока не создано моделей, в которых внешние данные использовались бы для выработки эмоциональных оценок и прогноза поведения.

О том, что во внешнем виде человека чрезвычайно емко отражаются его настроение и черты характера, свидетельствуют многочисленные примеры работы художников, очень точно угадывающих эту взаимосвязь. Посмотрите на рис. 4.23. Журнал «Америка», из которого заимствованы эти забавные рожицы, совершенно справедливо замечает, что для психиатра (да и для обычного человека) в этих рожицах содержится куда больше информации, чем в текстах, в которых будут описаны психологические и эмоциональные состояния соответствующих персонажей. Рис. 4.24 иллюстрирует информативность позы человека, позволяющей определить его состояния или даже характера. Сарбин и Хардик — авторы этих рисунков твердо уверены, что наиболее емким языком для многих утверждений в

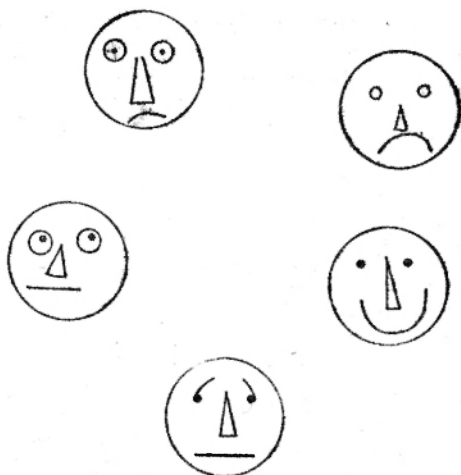


Рис. 4.23

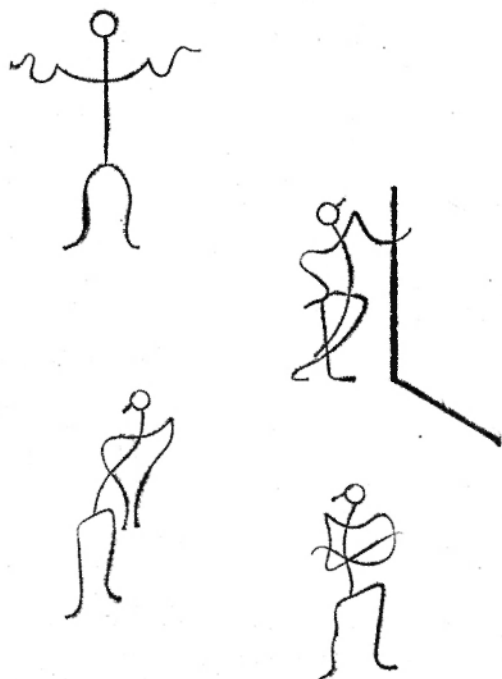


Рис. 4.24

психологии личности служит язык рисунков. Во всяком случае, рассказы в картинках, которые так любят художники-юмористы, полностью подтверждают это правило.

Сказанное позволяет утверждать, что модели поведения, реализуемые на ЭВМ, во многом еще далеки от человеческих, так как из-за отсутствия рецепторов у ЭВМ, воспринимающих зрительную, акустическую и другие виды информации, они теряют весьма много информации, связанной с оценкой состояния и характеристиками поведения индивидов. Этот недостаток отсутствует у роботов, снабженных соответствующими рецепторами, но для того, чтобы они смогли подобной информацией воспользоваться, необходимо создать процедуры, способные извлекать ее из потока сигналов, поступающих на вход рецепторов.

Отметим, что для животных, лишенных дара речи, вся работа по прогнозу поведения других животных связана с анализом именно такой информации, о чем уже говорилось выше (см. гл. 2 и 3).

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТИПОВ ПОВЕДЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА

Но недвижны и странны черты:
— Это маска твоя или ты?

М. Анненский

§ 5.1. Ритуальное поведение}

В этой главе будут рассмотрены модели шести типов поведения из приведенных на рис. 4.2. Начнем с ритуального поведения. Напомним, что ритуальным называется рациональное поведение, при котором субъект сознательно следует некоторым предписаниям, зафиксированным в письменных источниках или в устной традиции, нимало не задумываясь над тем, насколько эти предписания оправданы. Основную роль в таком поведении играет сценарий, о котором уже упоминалось в гл. 4. Человек, реализующий ритуальное поведение, строго следует сценарию. Индивидуальные особенности его поведения проявляются только в тех моментах, которые не оговорены сценарием, либо дают ему право, согласно сценарию, на определенную, ограниченную условиями этого сценария, самостоятельность.

Идею моделирования ритуального поведения обсудим на примере, имеющем сейчас лишь историческое значение, но позволяющим проиллюстрировать все особенности моделирования подобных форм поведения. Такой пример — поведение участников дуэли. Рассмотрим как она организуется. Для возникновения ситуации, включающей сценарий дуэли, необходимо, чтобы произошло оскорбление одного субъекта другим. «Оскорбление» — ключевое понятие для появления необходимости в дуэли. Пожалуй, именно в дуэльных кодексах, которые стали возникать в конце XVIII — начале XIX веков, была впервые предпринята попытка дать точное, максимально формализованное определение этого понятия. Кодексы четко определяют не только понятие «оскорбление», но и исчерпывающе объясняют, кто может быть обидчиком и ответчиком за нанесенную обиду (например, женщина не может нанести оскорбления, за которым должна последовать дуэль, а пожилой человек, которому нанесено оскорбление, не может, как и женщина, отомстить за себя, — для этого существуют другие лица, обязанные отомстить обидчику). Не вдаваясь в эти детали,

рассмотрим ситуацию, в которой персонажу X нанесено оскорбление персонажем Y , и оба персонажа таковы, что с необходимостью следует вызов на дуэль и персонаж X сам вполне имеет право выступить на свою защиту.

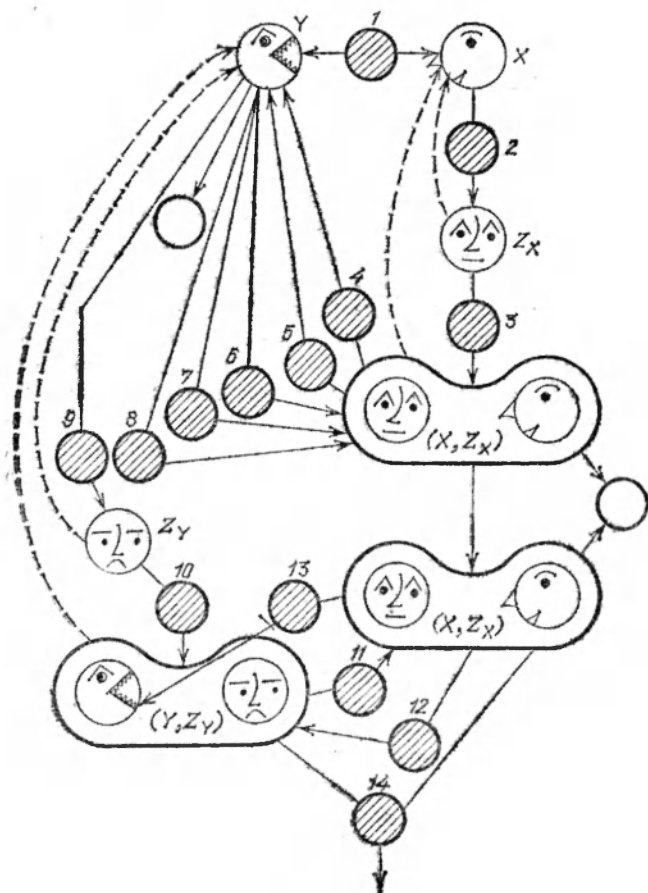


Рис. 5.1

На рис. 5.1 показан сценарий дальнейших действий персонажей. Прежде всего X официальным образом вызывает Y на дуэль. Этому соответствует заштрихованная вершина, помеченная цифрой 1. Если X сразу не вызовет Y , то, согласно кодексу чести, он не сможет этого сделать никогда. Вызов на дуэль должен последовать немедленно после ос-

корбления или получения информации об оскорблении. Позже вызов считается недействительным. После вызова наступает вторая фаза в сценарии. В этой фазе X ищет для себя секунданта, ибо он теперь не может непосредственно общаться с Y . Шаг, связанный с поиском секунданта, представлен на рис. 5.1 в виде вершины 2. Пунктирная стрелка, идущая к оскорбленному от потенциального секунданта Z_x , показывает, что поиск последнего может повторяться несколько раз, так как лицо, намеченное X в секунданты, по разным причинам может отказаться от этого предложения. Если, наконец, секундант найден, то наступает третья фаза. Оскорбленный и секундант составляют письменный вызов оскорбителю, причем секундант Z_x тщательно изучает ситуацию, в которой произошло оскорбление, и убеждается в том, что оно действительно имело место. Если он уверен в противном, то он отказывается от роли секунданта (пунктирная стрелка, идущая от пары (X, Z_x) к X). Другими словами, оскорбленный может либо искать нового секунданта, либо согласиться с мнением Z_x и прекратить подготовку к дуэли, написав извинительное письмо (вершина 4). Если извинение будет принято, то сценарий завершится. Этому соответствует стрелка, идущая от Y к незаштрихованной концевой вершине. Но Y может и не принять извинения, будучи оскорблен несправедливым вызовом на дуэль. Тогда он уведомляет об этом X и его секунданта (вершина 6).

Таким образом, первый этап дуэли либо приводит к прекращению ее, либо письменный вызов передается оскорбителю (вершина 5).

Получив письменный вызов на дуэль Y может отказаться от нее. Причины для этого могут быть самыми разными. Но его отказ (вершина 7) приводит к тому, что X и Z_x совместно составляют протокол об отказе Y от дуэли и сценарий заканчивается в незаштрихованной вершине, куда идет стрелка от пары (X, Z_x) . Но если Y не отказывается от дуэли, то он должен выразить согласие с выбором X лица на роль секунданта. Если Y считает себя оскорбленным секундантом, предложенным X , то он уведомляет оскорбленного об этом (вершина 8), что вызывает для X проблему поиска нового секунданта (возврат к вершине 2). Если Y согласен на секунданта Z_x , то он начинает поиск своего секунданта. Этот процесс (вершина 9) такой же циклический, как и процесс поиска секунданта X .

Найдя секунданта, Y проводит с ним такое же совещание, как и совещание между X и Z_x (переход через вершину

ну 10). Цель этого совещания — выработка примирительной формулы. Примирительная формула передается секунданту Z_X и обсуждается им совместно с X . Если примирительная формула устраивает X , то дуэльные приготовления прекращаются и составляется письменный акт об окончании дуэли. Этим действиям соответствует последовательность вершин 11, 12 и переход к незаштрихованной вершине от пары (X, Z_X) . (Для удобства мы как бы повторили пару (X, Z_X) ; между этими «размноженными» парами нет никакого действия или поступка.)

Если же оскорбленный отказывается от примирительной формулы, то он сообщает обидчику свое мнение о его секунданте Z_Y (вершина 13). Если Z_Y отвергается, то Y начинает поиск нового секунданта. Этому в сценарии соответствует пунктирная стрелка возврата, идущая от пары (Y, Z_Y) к Y . Если же X согласен на предложенного оскорбителем секунданта, то завершается второй этап подготовки дуэли и оба секунданта договариваются о совместной встрече (вершина 14). После этого начинается третий этап подготовки дуэли, который приведен на рис. 5.2. (Вершина 14 на нем повторена еще раз.) При своей встрече секунданты еще раз проверяют выполнение условий нанесения оскорбления и допустимость дуэли X с Y . Если секунданты приходят к совместному мнению о том, что оскорбления не было, или что дуэль недопустима по обстоятельствам, связанным с недееспособностью оскорбленного или оскорбителя, то подготовка дуэли прекращается и составляется письменный акт о невозможности дуэли. Этому случаю соответствует стрелка, идущая от пары (Z_X, Z_Y) к незаштрихованной вершине. Если нет никаких препятствий для дуэли, то составляется протокол, где указывается место и время дуэли и то оружие, которое будет использовано. Одновременно в протоколе оговариваются способы применения оружия и условия прекращения поединка. Протокол подписывается секундантами и сообщается дуэлянтам (вершина 15, 16). Этими действиями заканчивается третий этап дуэли.

Завершающий, четвертый этап начинается с того, что на место дуэли прибывают дуэлянты и их секунданты (вершина 17). По условиям дуэльного кодекса опаздывать на место дуэли можно максимум на 15 минут. Если опоздание превышает этот предел, то дуэль считается не состоявшейся ввиду отказа опоздавшего от нее, о чем составляется протокол и дуэль заканчивается (стрелка, идущая от группы из четырех персонажей к незаштрихованной вершине). Если

опозданий нет, то вносится еще одно, последнее предложение о примирении противников. Это предложение допустимо согласно дуэльному кодексу не всегда. Например, оно недопустимо, если Y оскорбил X действием. Если примирение

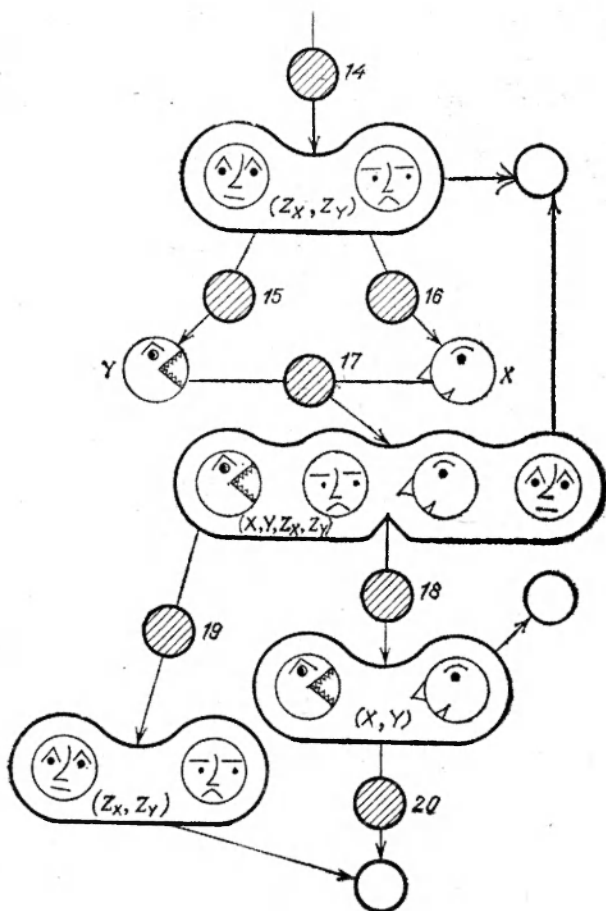


Рис. 5.2

возможно и оно состоялось, то после оформления соответствующего протокола дуэль заканчивается. На рис. 5.2 этому соответствует стрелка к незаштрихованной вершине, идущая от пары (X, Y) , а вершина 18 соответствует акту последнего предложения о примирении (как уже отмечалось, в ряде случаев такой вершины быть не должно). Далее

происходит жеребьевка участников (вершина 19) и дуэль (вершина 20). Когда дуэль заканчивается, то пишется протокол о проведенной дуэли. При особых условиях в дуэль могут вступать и секунданты, но этот усложненный случай рассматриваться не будет.

Таков сценарий дуэли. Что же могут с поведенческой точки зрения сделать X и Y в условиях этого сценария, все возможные траектории реализации которого отражены на рис. 5.1 и 5.2? Где те альтернативные шаги, на которых наши персонажи могут проявить свои личностные качества? Таких шагов несколько. Прежде всего имеется альтернативный выбор на первом шаге. Если оскорбление, нанесенное Y , не носит совершенно бесспорного характера, то X в зависимости от своих личностных качеств может посчитать повод достаточным для вызова на дуэль или недостаточным для этого. При определенном душевном настрое X может даже спровоцировать Y на оскорбление себя. Интроверты и экстраверты будут вести себя в ситуации первого шага различным образом. Со своей стороны Y может отказаться от дуэли после получения письменного вызова. В ряде дуэльных кодексов существует предельный срок для подтверждения своего согласия на дуэль (обычно 24 или 48 час). Поэтому Y может просто «протянуть время», и дуэль не состоится. Отказ Y от дуэли может поставить его в неприятную ситуацию. Отрицательные оценки от T (референтной группы), а также от U («людей вообще») могут склонить чашу весов к отказу от такого поступка. В странах, где дуэли были запрещены, противоположным образом учитывалось отрицательное воздействие S (общество), связанное с участием в дуэли. В любом случае потенциальный дуэлянт должен был учитывать отрицательные воздействия N . Поэтому Y поставлен здесь в условия необходимости выбора поступка или отказа от него. Как эти условия могут разрешаться, говорилось в гл. 4. Аналогичная ситуация, связанная с альтернативным выбором между дуэлью и отказом от нее, возникает еще несколько раз. Последний раз она возникает перед самой дуэлью. И на каждом шаге возможного прекращения дуэли X и Y находятся в состоянии альтернативного выбора своих поступков.

«Жесткие» сценарии, подобные сценарию дуэли или сценарию поведения самурая, попавшего в ситуацию, когда по кодексу чести он должен лишиться себя жизни путем совершения харакири, встречаются в человеческом поведении не столь уж часто. Но более «мягкие» сценарии ритуального поведения встречаются почти на каждом шагу. Они позво-

ляют людям действовать по проверенному образцу, как бы «не задумываясь», и гарантируют в данном социуме положительные оценки q_i от T_i и U . Социумы, в которых принято выполнять сценарий ритуала, могут быть различными. Это может быть «все общество» в том смысле, в котором его понимал русский дворянин, реализовавший сценарий дуэли, а может быть небольшой коллектив клуба, объединенного традициями и ритуалами (например, коллектив Клуба знатоков из известной и популярной телепередачи); в роли такого социума может выступать небольшая семья со своими ритуалами и мнениями об их необходимости. Ритуальное поведение (как и другие формы нормативного поведения) играет важную организующую роль в человеческом обществе, делая поведение отдельных его членов прогнозируемым.

Интересно, что ритуальное поведение может обладать как бы «самоценностью». Его реализация может быть не направлена ни на какую другую цель, кроме самого выполнения сценария, организующего такое поведение. Истинная цель, которую оно раньше преследовало, как бы забылась и осталось только само поведение как таковое. Ярким примером такого ритуального поведения может служить куртуазная любовь, служившая источником вдохновения трубадуров Прованса. Любовь к Даме, культивировавшаяся в рамках этой любви, могла быть самой разнообразной по природе. Она могла носить чисто умозрительный, метафизический характер, а могла быть и вполне земной. Дама могла проявлять ответное чувство, но могла и отвергать любовь трубадура. Однако как бы реально ни складывались отношения трубадура и Дамы, его поведение, поступки и действия подчинялись некоторому ритуальному канону. Согласно этому канону Дама недоступна и жестока, влюбленный гибнет от своей страсти, но с еще большим упорством отдается служению Даме. В куртуазной любви цель не в достижении успеха у Дамы, а в фиксации состояния упорного доказательства этой любви или состояния печали и меланхолии от невозможности ее достижения.

Моделирование ритуального поведения сводится к выбору траектории поведения на основе сценария, имеющегося в распоряжении системы. В современных интеллектуальных системах эти сценарии задаются с помощью уже упоминавшихся в гл. 3 продукций, образующих *продукционные системы*. Такие системы содержат набор *продукций*, необходимых знаний и процедур, организующих работу с продукциями. Каждая продукция представляет собой запись следующего типа:

Предусловия. C_1, C_2, \dots, C_n .

Условия. $\mathcal{C}_1, \mathcal{C}_2, \dots, \mathcal{C}_m$.

Центральная часть. Если A , то B .

Постусловия. M_1, M_2, \dots, M_k .

Основная часть продукции — ее центральная часть. — Если A , то B . Она присутствует в продукции всегда. Остальные части продукции (Предусловия, Условия и Постусловия) могут быть или не быть. Выражение «Если A , то B » можно интерпретировать различными способами. Например «Если в текущей ситуации имеется A , то следует ожидать B », или «Если имеется A , то необходимо сделать B », или «Если справедливо A , то верно B ». Возможны и другие интерпретации, но достаточно и приведенных.

Поясним использование продукции на примере дуэли. Вернемся к рис. 5.1. Оскорбленный и его секундант обсуждают ситуацию (на рис. 5.1 они показаны ниже стрелки, идущей к вершине Z), в которой находится X . Тогда решение Z_X можно записать в виде следующих продукций:

- П₁. Предусловие. Согласие стать секундантом X .
Условие. Убежденность в том, что X нанесено оскорбление Y .
Центральная часть. Если X согласен с составленным текстом вызова, то передать его Y .
Постусловие. Ждать ответа Y .
- П₂. Предусловие. Согласие стать секундантом X .
Условие. Убежденность в том, что X нанесено оскорбление Y .
Центральная часть. Если X не согласен с текстом вызова, то учесть его замечания и переписать вызов.
Постусловие. Использовать продукцию П₁.

Таким образом, эта пара продукций описывает деятельность Z_X по составлению письменного вызова, согласованного с мнением X .

Вполне может оказаться, что X и Z_X не смогут прийти к согласию относительно текста этого документа. Тогда можно использовать продукции вида

- П₃. Предусловие. Согласие стать секундантом X .
Условие. Убежденность, что данный вариант письменного вызова есть последняя допустимая для Z_X уступка требованиям X .
Центральная часть. Если X не принимает данного текста вызова, то Z_X прекращает деятельность по составлению письменного вызова.
Постусловие. Z_X отказывается быть секундантом X .

Если реализуется продукция П₃, то перестают выполняться Предусловия всех трех выписанных продукций, и ни одна из них не будет выполняться.

Весь сценарий дуэли, показанный на рис. 5.1 и 5.2, можно задать множеством такого рода продукций. Для человека изображение сценария в виде множества продукций не

столь наглядно, как задание его в виде рисунка, но при моделировании поведения с помощью ЭВМ именно продукционные системы оказываются наиболее удобным способом задания сценариев.

В качестве второго иллюстративного примера, связанного с моделированием ритуального поведения, рассмотрим модели поведения персонажей волшебной сказки. Со сказками, особенно волшебными, все мы знакомимся в раннем детстве. У каждого из нас были свои любимые сказки. Сказочный мир казался огромным и разнообразным, а отдельные сказки были непохожи друг на друга. Это ощущение у большинства людей, вероятно, сохраняется на всю жизнь. Поэтому столь парадоксально прозвучало в конце двадцатых годов утверждение советского исследователя фольклора В. Проппа о том, что все волшебные сказки состоят из одного и того же небольшого набора базовых элементов, а любая сказка — одно из возможных их сочетаний. Более того Пропп описал все возможные сочетания базовых элементов и построил то, что выше называлось сценарием. В этом сценарии были заключены все возможные сюжеты волшебных сказок. Сценарий представлял собой сюжет универсальной волшебной сказки, которой и исчерпывался весь мир сказок. Это положение кажется фантастическим, но дело обстоит именно так. Оно легло в основу использования ЭВМ для сочинения волшебных сказок. Здесь мы не будем описывать, как это делается во всех деталях, проследим только, как в процессе сочинения сказок моделируется поведение ее персонажей.

Персонажи волшебных сказок действуют в особом мире, мало похожем на реальный. В сказочном мире нет привычного для нас времени, нет и того пространства, которое определяет все наши перемещения. Сказочные герои перемещаются в своем мире как бы мгновенно. И лишь традиционные формулы типа «Скоро сказка сказывается, да не скоро дело делается» или «Долго ли, коротко ли, но прибыл Иван в Кощеево царство» очерчивают все эти передвижения в пространстве и бег времени. Для волшебных сказок характерна еще одна особенность. Их персонажи не рассуждают, а действуют, как это предписывается их ролями. Герой всегда преследует врага, борется с ним и побеждает; глупый царь всегда остается в проигрыше, а Баба-Яга всегда оказывается обманутой. В поступках действующих лиц как бы нет той части, которая относится к замыслу, и в поветствование включается лишь реализация поступка с априорно предсказываемыми оценками. Далее, каждый

персонаж не имеет выбора при необходимости совершить поступок. Ритуальность поведения в волшебной сказке доведена до своего логического завершения. Немыслимо, чтобы герой, проанализировав возможные отрицательные воздействия своего противника, отказался от битвы с ним, и столь же невозможно раскаянье антигероя.

Эти особенности позволяют эффективно описать поведение всех персонажей волшебной сказки, например, используя приведенные нами производственные системы. Вот примеры таких продукций (нумерация продукций для удобства продолжает нумерацию ранее использованных продукций, хотя они относились не к волшебным сказкам, а к сценарию дуэли), характерных для поведения героя волшебной сказки.

П₄. Предусловие. Движение в локус Антигероя для спасения похищенной Невесты.

Условие. Встреча с Дарителем.

Центральная часть. Если Даритель просит сделать R , то сделать R .

Постусловия. Появление у Героя волшебного дара. Появление у Героя помощника. Сохранение цели Героя.

Поясним эту продукцию. В волшебных сказках действует весьма малый набор персонажей. Он включает в себя Героя, Антигероя, Помощника Героя, Ложного Героя, Помощника Антигероя, Дарителя, Глупца, Невесту и Прорицателя. В сказке часть этих персонажей может присутствовать в виде нескольких конкретных воплощений. У Героя может быть несколько Помощников, может быть не один Даритель и т. д. Единственными бывают только Герой, Антигерой и Невеста, которая играет роль награды, получаемой Героем после успешной победы над Антигероем. Все эти персонажи в сказке как-то конкретизируются. Герой может быть Иванушкой-дурачком, а может быть и царским сыном. Антигероем может быть Кашей Бессмертный, но им может быть и Змей Горыныч. Некоторые персонажи могут в сказке и отсутствовать. Таков, например, Прорицатель, заранее предсказывающий некоторые события, которые должны случиться в сказке. Рассмотренная продукция пригодна для любой реальной конкретизации Героя. Он на то и Герой, чтобы двигаться в место расположения Антигероя (локус), биться с ним и победить. Встреча с Дарителем — не обязательный элемент волшебной сказки. Бывают сказки, в которых Герой и без Дарителя приходит к цели, но уж если возникло такое условие, то поведение Героя, определяемое центральной частью продукции, всегда одинаково.

Настоящий Герой всегда выполнит просьбу Дарителя. По-другому ведет себя Ложный Герой (вспомните, например, поведение любимой дочки в многочисленных вариантах сказок о падчерице, посылаемой злой мачехой в лес на верную гибель и возвращающейся оттуда на зависть этой дочке и мачехе живой и получившей подарки). Продукция, определяющая поведение Ложного Героя при встрече с Дарителем, имеет следующий вид.

- П₅. Предусловие. Появление Героя с богатыми подарками и рассказом о том, как это получилось.
Условие. Встреча Ложного Героя с Дарителем.
Центральная часть. Если Даритель просит сделать R , то отказаться сделать R .
Постусловие. Отказ Дарителя от оказания помощи.

Продукции P_4 и P_5 могут использоваться несколько раз. Волшебная сказка любит идею троичности. При каждой встрече с очередным Дарителем Герой использует продукцию P_4 , а Ложный Герой — продукцию P_5 . Постусловия этих продукций срабатывают в других продукциях. Приведем примеры таких продукций.

- П₆. Предусловие. Погоня Помощника Антигероя за Героем.
Условие. Наличие волшебных даров. Их больше одного.
Центральная часть. Если помощник Антигероя догоняет Героя, то использовать очередной волшебный дар.
Постусловие. Задержка Помощника Антигероя. Уменьшение волшебных даров на единицу.
- П₇. Предусловие. Погоня Помощника Антигероя за Героем.
Условие. Наличие одного волшебного дара.
Центральная часть. Если Помощник Антигероя догоняет Героя, то использовать волшебный дар.
Постусловие. Гибель Помощника Антигероя или отказ его от погони.
- П₈. Предусловие. Погоня Помощника Антигероя за Ложным Героем.
Условие. Отсутствие волшебных даров.
Центральная часть. Если Помощник Антигероя догоняет, то гибель.
Постусловие. Прекращение линии Ложного Героя.

Из приведенных примеров видно, как «зацепляются» друг за друга отдельные продукты и организуется траектория поведения. Если вернуться к рис. 4.19, то мы увидим, как постепенно порождается сказочный сюжет. На этом рисунке изображен сценарий для одного конкретизированного персонажа. Его цель и знания от акции к акции дополняются необходимой ему информацией из тех продуктов, которые реализуются в ходе данной акции. Если, например, очередная акция i ; такова, что происходит встреча с Дарителем и рассматривается «линия жизни» Героя,

то может быть использована продукция P_4 . После ее применения в S_i появятся знания о наличии у Героя волшебных даров, а в Z_i сохраняется предшествующая цель Героя: «Движение в локус Антигероя для спасения похищенной Невесты».

Не будем больше утомлять читателя моделированием поведения персонажей волшебных сказок. Сказанного достаточно для подтверждения мысли о том, что моделирование ритуального поведения может носить двойкий характер. Эта двойственность выявляется из сравнения поведения



Рис. 5.3

участников дуэли и поведения сказочных персонажей. Участники дуэли находятся в ситуации косвенного целеполагания. Их косвенная цель вовсе не убийство друг друга, а защита собственной чести, хотя их действия направлены на достижение прямой цели. Прямая цель самурая, совершающего ритуал харакири — самоубийство. Но его косвенная цель — *демонстрация идеи*, что дух его находится на высоте и он уходит из жизни по своей воле, непобежденным, сохранив свою честь. Персонажи волшебной сказки, напротив, совершают ритуальные действия, достигая прямую цель. Ни о каком косвенном целеполагании здесь не может быть и речи, ибо для этого нужен свой внутренний мир, реализованный в ипостасях Я и представлениях об окружающем мире. Такого внутреннего мира у персонажей сказок нет. Косвенные цели могут выражаться в каких-то реальных целях, как, например, защита чести или сохранение своего доброго имени, но могут сводиться просто к выполнению ритуала, как такового. Об этом говорилось при упоминании модели куртуазной любви, а рис. 5.3, принадлежащий польскому карикатуристу Гвидону Миклашевскому, еще раз демонстрирует эту форму ритуального поведения.

Отметим еще один вид ритуального поведения — *демонстративное поведение*, суть которого состоит в отказе от того ритуального поведения, которое ожидается в данной ситуации (например, отказ пожать протянутую для при-

ветствия руку). Моделирование такого поведения аналогично моделированию ритуального поведения с помощью продукций.

Ритуальное поведение по своим формам может быть с точки зрения обычных норм поведения или норм поведения другого социума очень странным. Таков, например, обычай смеяться на похоронах, встречающийся у некоторых народов. Этот обычай, принятый среди населения древней Сардинии, дал жизнь известному выражению «сардонический смех», которое употребляется для подчеркивания того, что смех данного персонажа неуместен и неприятен. Столь же неестественным кажется смех в практике Чань (Дзен)-буддизма, сопровождающий действия, которые в принятой в «современном, обычном» (а что это такое?) обществе никак не могут сопровождаться смехом. Подобное поведение не эпатаж, не стремление к нарушению ритуала; просто в его основе лежат другие идеи, столь же жестко регламентирующие поведение, как и наше поведение на похоронах или при рождении ребенка. Например, смех при погребении человека в ряде культур был связан с необходимостью облегчить ему переход в царство мертвых и защиты живых от влияния этого иного мира.

Заметим, что своеобразным проявлением стремления к освобождению от пут ритуального поведения (часто в рамках жестко ритуализированного общества) является юродство, шутовство, карнавальная раскованность, связанная с моделированием мира «наизнанку» — мира, где система ценностей оказывается противоположной той, которая табулирована в ритуализированном обществе.

О том, что, находясь в определенной ситуации, играя определенную роль в ней, человек не должен выходить из нее, очень точно сказал поэт начала нашего века П. П. Петемкин в стихотворении «Размышления после бала»:

Уж если влез в костюм Пьеро,
То будь же мужем Коломбины,
Дай обмануть себя, а то,
Что станут делать Арлекины?

§ 5.2. Подражательное поведение

Эта форма поведения возникает из желания следовать той социальной норме, которая характерна для данного социума. Подобно тому как многие люди стремятся следовать моде, так же они стараются вести себя «по моде», соз-

нательно или интуитивно подражая образцам поведения, демонстрируемым большинством окружения.

Прежде чем переходить к иллюстрации таких форм поведения и их моделированию, введем заимствованные из транзакционного анализа, о котором мы уже упоминали, три ипостаси Я, используемые при подобном анализе. Они носят названия *Родитель*, *Взрослый* и *Дитя*. Эти ипостаси очень похожи на отдельных личностей со своим характером и даже внешним видом. Пребывая в той или иной ипостаси, человек даже внешне как бы подстраивается под нее. Его выражение лица, походка, жесты то демонстрируют непреклонную волю Родителя, то настороженность и беспомощность Дитяти.

Для наших целей введенные в транзакционном анализе ипостаси интересны с двух точек зрения: когнитивной и поведенческой. С когнитивной точки зрения Родитель — это сумма накопленных знаний (чаще всего в первый период жизни до наступления «взрослого» состояния), которые восприняты и усвоены без какой-либо критики их справедливости и практической значимости. Так усваивается почти весь комплекс знаний, связанных с морально-этическими нормами (*U*), а также огромное количество практических сведений. Можно прожить всю свою жизнь, твердо зная, что ложиться на кровать в одежде нельзя, но так и не задать себе вопроса «А почему этого нельзя делать?». В ипостаси Взрослого знания критически усваиваются. Мы соглашамся их включить в сферу личных знаний только в том случае, когда мы можем быть уверены в их достоверности. Знания, которые мы считаем ложными, либо не запоминаются, либо хранятся в памяти, снабженные этикеткой с их не слишком лестной характеристикой. Наконец, ипостась Дитя поставляет нам знания, тесно спаянные с эмоциями, иногда настолько тесно, что неотделимы от них. «Темнота в пустой квартире — это страшно» — типично детское знание.

С поведенческой точки зрения различие в трех ипостасях Э. Берне легче всего продемонстрировать на примере рассмотренных выше Центральных частей продукций. Напомним, что эта часть продукций выглядит, как утверждение вида «Если *A*, то *B*». Ее использование определяется выполнением некоторых положений, содержащихся в Предусловиях и Условиях. Именно в них содержится обоснование для индивида ценностного смысла Центральной части продукции. В поведении Родителя эта часть продукции либо отсутствует, либо содержит в себе далеко не полную инфор-

мацию. Первобытные охотники совершают ритуальный танец перед выходом на охоту. Для них Центральная часть продукции, которой соответствует реализуемая акция, выглядит так: «Если ждать удачи на охоте, то надо исполнить магический танец». Для них еще не потеряна информация, связанная с Предусловиями и Условиями этой продукции. На уровне своих еще во многом ошибочных представлений о действительности первобытный охотник может объяснить для чего он танцует. Его поведение еще можно охарактеризовать как поведение Взрослого (хотя и находящегося в плену неверных представлений). Когда же, уходя на экзамен, мы просим кого-нибудь из родных держать палец в чернилах, то здесь уже нет никакого объяснения, кроме «Говорят, что помогает». Это типичное поведение Родителя, хотя демонстрируют его чаще всего именно дети. В продукции, в которой Центральная часть имеет вид «Если тебе предстоит трудное дело, то пусть кто-то держит палец в чернильнице», давно уже нет ни Предусловия, ни Условия, в которых содержалось бы ее обоснование.

Итак, при моделировании поведения с помощью продукции подражательное поведение, характерное для ипостаси Родитель, таково, что две их части: Предусловия и Условия либо отсутствуют, либо содержат далеко не полную информацию.

Описание модели поведения ипостаси Дитя с помощью продукции также имеет свои особенности. Для этой ипостаси характерно, что сам факт или действие *B*, входящее в правую часть Центральной части продукции, может быть эмоционально окрашено столь сильно, что наличие *A* или положений, высказанных в Предусловиях и Условиях, может постулироваться, когда их фактически нет. Если, например, мать говорит сыну «Если будешь себя хорошо вести, я куплю тебе собаку», то желание иметь собаку может быть таким сильным, что ребенок уже твердо верит, что он ведет себя хорошо и собаку надо покупать немедленно. А если этот подарок определяется еще и Условием «Вот пойдешь в школу и тогда, если ...», то ребенок вполне может верить, что и Условие этой продукции уже выполнено. Другими словами, очень желая *B* при поведении в ипостаси Дитя, часто постулируется существование всех необходимых для возникновения *B* компонент, а при боязни *B* часто считается (иногда вопреки очевидности), что *A* вообще нет, либо не выполнены Предусловия или Условия, необходимые для реализации продукции, грозящей необходимостью сделать *B*.

Подражательное поведение может реализоваться в любой из трех ипостасей. На уровне Родителя такое поведение представляет собой как бы коллективную память данного социума. Эта память позволяет коллективу осознавать себя как единое целое, где мнения и поступки каждого легко прогнозируются, и члены коллектива дают друг другу взаимные знаки внимания или «поглаживания». Интересное отличие подражательного поведения на уровне ипостаси Родитель от ритуального состоит в том, что при ритуальном поведении количество таких знаков внимания заранее фиксировано, а при подражательном такая фиксация отсутствует.

Примером ритуала может служить обмен утренними приветствиями с соседом по лестничной площадке многоквартирного дома, когда вы вместе садитесь в лифт. Ваше знакомство с соседом может быть весьма поверхностным — вы можете даже не знать, как его зовут и чем он занимается. Но оба вы знаете, что вы соседи. Этого достаточно, чтобы, исходя из норм нашего социума, здороваться друг с другом каждое утро. Вы поздоровались, получили единичный акт «поглаживания» и разъехались по своим делам. Это единичное «поглаживание» как бы запланировано в вашем сознании, и вы очень удивитесь и испытаете неприятное чувство, если в одно прекрасное утро сосед не ответит на ваше приветствие. Вы тут же начнете думать «Что случилось? Почему он не поздоровался со мной?». Ваше настроение, наверное, будет надолго испорчено. А почему это произошло? Да просто потому, что вы не получили запланированный заранее ритуальный знак внимания. Возможна и обратная ситуация. Вы, как всегда, поздоровались с соседом, он ответил вам, а потом вдруг завязал с вами разговор о своих делах и заботах. Другими словами, вместо единичного акта «поглаживания» вы неожиданно получаете их больше. Какова будет ваша реакция? Это, конечно, зависит от ваших личностных особенностей, но многие люди реагируют на это отрицательно. «Зачем он все это рассказывает», — с досадой думают они, — «Мне же это совершенно неинтересно». Их досада есть следствие нарушения заранее запланированной нормы знаков внимания. Если же соседа не было видно несколько дней, то при очередной встрече, если вы не поинтересуетесь, что с ним случилось и где он пропадал, то он, по-видимому, обидится. Он же несколько раз не получал запланированных знаков внимания. Если вы зададите такой вопрос и получите ответ, что сосед прихворнул немного, но, слава богу, все обошлось, то равновесие будет

восстановлено и все ритуальное поведение будет идти по накатанным рельсам.

Рассмотрим другой пример. Две незнакомые женщины, уже немолодые, примерно одинакового возраста, одетые по моде давно прошедших лет, случайно оказываются соседями в вагоне поезда. Рядом с ними едет группа молодых девушек, одетых так, как принято сейчас. С большой вероятностью случайные соседки вступят в разговор, касающийся современной молодежи и того, насколько лучше была молодежь в их время. В их разговоре будут мелькать выражения типа «Конечно, мы себе этого и позволить не могли», «И как им не стыдно», «Теперь с молодежи спрашивать некому» и т. д. и т. п. Каждый из нас легко может себе представить этот длинный, практически никогда не кончающийся диалог между женщинами, находящимися в ипостасях Родитель. В отличие от первого примера здесь «поглаживания» ничем не ограничены, и каждый участник взаимодействия стремится максимизировать их количество.

На уровне ипостаси Взрослый подражательное поведение встречается также нередко. Мы с легкостью улавливаем общий стиль совещаний и научных симпозиумов, подражаем поведению слышанных ранее докладчиков. Даже сочиняя текст научной статьи или производственной характеристики, мы все время подражаем известным образцам.

Подражательное поведение, естественно, почти полностью определяет поведение в ипостаси Дитя. Семья, школа, коллеги по работе, массовые средства информации все время дают образцы для подражания, стимулируют такую форму поведения.

Элементы собственно подражательного поведения всегда присутствуют в наших поступках и действиях. Выделение в описании поступка «людей вообще» (вершины *U*) связано как раз с этим. При ритуальном поведении мы тоже подражаем кому-то, хотя, как и в ипостаси Родителя, уже не можем вспомнить нормативный образец.

Моделирование подражательного поведения требует либо сценариев поведения, принятого в данном социуме, либо сценариев поведения отдельных его представителей, подражать которым престижно или принято. В остальном моделирование (с учетом особенностей продукций в ипостасях Родитель и Дитя) подражательного поведения ничем не отличается от моделирования ритуального поведения. Отметим только, что пока для моделирования доступно только рациональное поведение, а интуитивное поведение остается прерогативой людей.

§ 5.3. Ролевое поведение

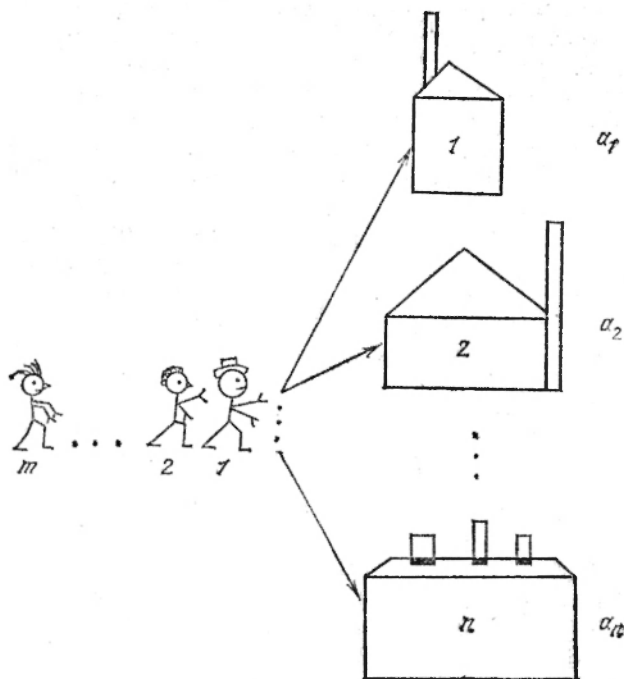
Последний вид нормативного поведения (см. рис. 4.2) — ролевое поведение, направленное на достижение функционального оптимума в типовых поведенческих ситуациях. Оно во многом похоже на уже описанные два типа нормативного поведения. Разница состоит лишь в том, как определены цели субъекта и как они соотносятся с целями других участников взаимодействия. В модели дуэли прямые цели участников антогонистичны, а косвенные цели — защита чести — могут и совпадать. Герой и Антигерой волшебной сказки всегда имеют антогонистичные цели, а прямые и косвенные цели немолодых женщин, обсуждающих и осуждающих современную молодежь, практически совпадают.

В ролевом же поведении прямые (а если они есть, то и косвенные) цели должны не совпадать и не находиться в состоянии антагонизма, а быть согласованными. Согласованность целей позволяет добиться общей цели, достичь которую индивидуально никто из них не может, но при ее достижении положительное подкрепление получают все участники общего процесса. Другими словами, ролевое поведение всегда носит коллективный характер и характеризует поведение не отдельного члена коллектива, а всего коллектива в целом. Индивидуальное поведение, если оно не согласовано с индивидуальным поведением остальных членов коллектива, всегда ухудшает результат коллективного взаимодействия.

В простейшем случае роли всех участников коллективного взаимодействия могут быть одинаковыми. Другими словами, коллектив может обладать однородностью по поведению. Поведение такого типа моделируется обычно коллективным поведением автоматов. Модели подобного рода многократно описывались в специальной и популярной литературе (см. список литературы). Проиллюстрируем только принципы такого моделирования на простом примере.

На рис. 5.4 представлены n мест работы и m претендентов на эти места. Каждое место работы характеризуется числом a_i , отражающим фонд заработной платы, соответствующий данному месту. Предполагается, что $m > n$, и, следовательно, на одно место претендует несколько желающих. Модель устроена так, что всех желающих принимают в любом месте работы неограниченно, но выполняется следующее условие. Если в данном месте трудится k персонажей, то каждый из них получает зарплату, равную a_i/k . Поведение

претендентов зависит от значений a_i . Пусть, например, имеется три места работы с фондами зарплаты 80, 60 и 20 р. и четыре претендента на эти места *). Если они заранее знают значения a_i и количество претендентов, то легко понять, что два претендента поступят на первое место и будут получать по 40 р. каждый, а два других — на второе место, довольствуясь 30 р. каждый. Третье место останется пустым,



(Рис. 5.4

а переход любого претендента на другое место не принесет ничего хорошего, а приведет лишь к снижению получаемой зарплаты.

Такое коллективное поведение возможно лишь в условиях априорной известности a_i и знания о количестве рабочих, принятых на работу в данный момент. В моделях социального поведения больших групп людей эти знания вряд ли могут быть достоянием отдельных индивидов во всей

*) Читателей не должна смущать количественная сторона примера. Он, конечно, не отражает никакой реальности, а используется только как иллюстрация.

их полноте. Конечно, они могут иметь те или иные частные сведения, но в модели однородного типа считается, что все индивиды обладают одинаковыми знаниями. Проще всего предположить, что ни один из них не обладает априорными знаниями о значениях a_i и о числе индивидов, находящихся в момент принятия решения в тех или иных местах.

Одно из достижений теории коллективного поведения автоматов состоит в получении парадоксального на первый взгляд результата. Он заключается в том, что можно так организовать взаимодействие в однородном коллективе, что в отсутствие информации об a_i и динамике размещения по

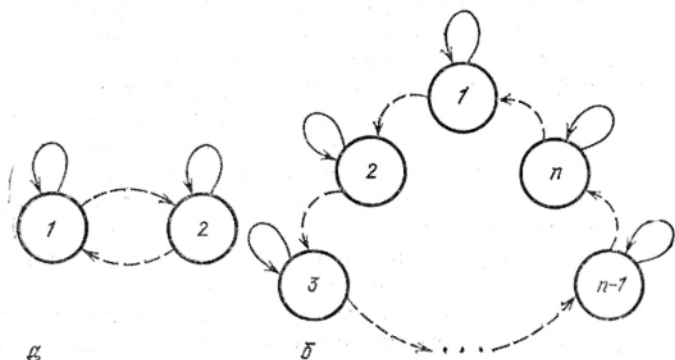


Рис. 5.5

местам работы можно добиться достижения такого положения, при котором каждый индивид (насколько это возможно в данной ситуации) максимизирует свою зарплату.

Поясним, как это делается, на простых моделях. На рис. 5.5, а показан самый примитивный случай. Имеется всего два места работы 1 и 2. Поведение индивида определяется следующей схемой. На первом шаге, не имея никакой информации, он делает абсолютно случайный выбор. Пусть, например, он выбирает место работы 2. Этому на рис. 5.5, а соответствует нахождение его в вершине графа с номером 2. Попав на это место, индивид получает некоторую зарплату. Для организации целесообразного поведения коллектива на каждом шаге среди его членов распространяется информация о средней зарплате по всему коллективу. Зная этот параметр, индивид сравнивает с ним получаемую им сумму. Если она оказывается не ниже средней зарплаты по коллективу, то он считает, что его поступок (вернее, случайный выбор), приведший его в место 2, удачен. Он полу-

чает положительное воздействие и остается на своем месте. На рис. 5.5, а этому соответствует сплошная стрелка-петля над вершиной 2. Если же его зарплата оказывается ниже среднего значения зарплаты по коллективу, то индивид, получая от этого отрицательное воздействие, совершает переход на другое место работы. На рис. 5.5, а этому соответствует пунктирная стрелка, идущая от вершины 2 к вершине 1. Теперь наш индивид работает на новом месте. Он получает иную зарплату, и, снова сравнивая получаемую сумму со средней зарплатой по всему коллективу, принимает решение о переходе на место 2 или сохранении своего места 1.

Если мест работы не два, а n , то поведение определяется графом, изображенным на рис. 5.5, б. Он представляет собой прямое обобщение предшествующего графа.

Описанный способ организации поведения обладает одним очень плохим свойством. Процесс перехода с места на место совершается всеми членами коллектива практически одновременно. Они мечутся с места на место. Их средняя зарплата все время изменяет свое значение, и процесс смены мест работы становится неустойчивым. Происходит нечто вроде известной русской сказки, в которой герой может находиться в двух состояниях: высказывать радость и проливать слезы. Когда он встречает похороны и радуется, его бьют. Получив такое отрицательное воздействие, герой сразу же меняет свое состояние. Но теперь он встречает свадьбу, и его причитания снова вызывают отрицательную ответную реакцию. Так и прыгает он с места на место, получая в большом количестве отрицательные воздействия.

Поэтому надо ввести некоторую инерционность в поведение индивида. Как это можно сделать, показано на рис. 5.6. Теперь каждому месту работы соответствует не одно состояние, а группа из d состояний. Величина d характеризует *инерционность* индивида. Пусть, например, в некоторый момент времени индивид находился в состоянии 2 (1). И пусть, сравнив свою зарплату со средним уровнем зарплаты по коллективу, он убедился, что место его работы обеспечивает ему положительные воздействия, т. е. превышает этого уровня. Тогда, как и раньше, он остается в месте работы 2, но меняет свое состояние с состояния 2 (1) на состояние 2 (2). Этой смене соответствует сплошная стрелка, идущая из состояния 2 (1) в состояние 2 (2). На следующем шаге (после получения очередной зарплаты) он снова проводит сравнение. Если сравнение опять свидетельствует об удачности выбора места работы, то индивид переходит из состояния 2 (2) в состояние 2 (3). Если положительные воздействия

продолжаются, то он постепенно смещается «в глубину» группы состояний, связанных с пребыванием на месте работы 2. Если он доберется до состояния $2(d)$ — самого «глубокого» в данной группе, то последующие положительные воздействия будут восприниматься им таким образом, что он будет сохранять это состояние. На рис. 5.6 этому соответствует сплошная стрелка-петля на вершине-состоянии $2(d)$.

Если же в некоторый момент ситуация в коллективе изменится и наш индивид испытает отрицательное воздействие, то он начнет двигаться по состояниям «наружу» (пунктирные стрелки). Однако если состояние индивида при полу-

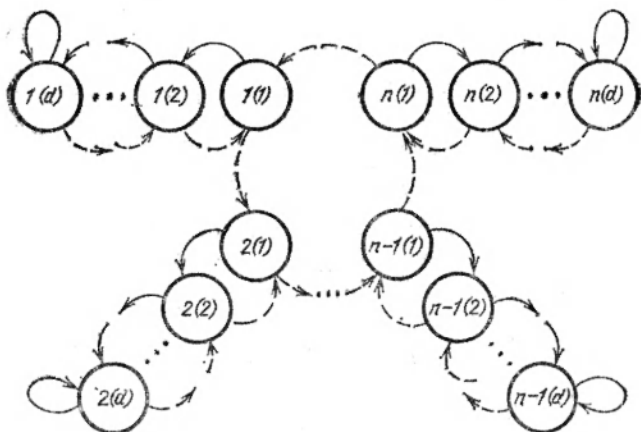


Рис. 5.6

чении отрицательного воздействия было отлично от состояния $2(1)$, то он будет сохранять свое место работы, что отличает его поведение от поведения индивида при $d=1$, которое задавалось графом, показанным на рис. 5.5, б. Если же индивид достиг состояния $2(1)$ и снова получил отрицательное воздействие, то он сменит место работы на место 3 и перейдет в состояние $3(1)$.

Инерционность позволяет участникам коллектива менять свои места работы гораздо медленнее, чем в предшествующем случае.

В теории коллективного поведения автоматов доказана теорема о том, что при соответствующем уровне инерционности d коллектив индивидов, ведущих себя, как описано выше, стремится к устойчивому распределению, и оно обладает тем свойством, что зарплата каждого индивида становится максимально возможной в рамках данного распре-

ления. Это утверждение понимается так, что при смене отдельным индивидом своего места работы, если остальные индивиды их не меняют, зарплата, получаемая им (и, возможно, зарплата тех индивидов, которые трудятся там, куда он перейдет), уменьшится.

Конечно, рассмотренный нами пример демонстрирует модель предельно простого поведения. Коллектив абсолютно однороден, цели всех участников абсолютно совпадают. Если бы в моделях коллективного поведения автоматов можно было исследовать только такие простые случаи, то большого интереса для теории поведения коллективов, состоящих из людей, они бы не представляли. Оказывается, однако, что модели такого рода допускают многочисленные осложнения. Рассмотрим лишь два примера. Введем еще одного индивида, цель которого отлична от целей всех остальных участников коллектива. Он как бы выполняет роль менеджера. Его цель — добиться максимизации суммы зарплаты, полученной всем коллективом работающих.

Вернемся к примеру с тремя местами работы и фондами зарплаты соответственно 80, 60 и 20 р. и четырьмя участниками. Как уже говорилось, в условиях полной информации два из них будут получать по 40 р., а два по 30 р. При этом пропадает третье место работы, ибо получать 20 р. никому не выгодно. В условиях отсутствия априорной информации при организации поведения участников коллектива конечная ситуация будет такой же. Если теперь в коллектив введен менеджер, то он может поступить следующим образом. Он объединяет зарплату всех участников, делит полученную сумму на всех поровну и формирует отрицательное воздействие на всех работающих, которые зарабатывают менее 40 р. Это число берется им из расчета, что нужно распределить индивидов по всем возможным местам работы и ввести «общую кассу», что позволит поднять доход тех участников коллектива, которые получают менее 40 р. В нашем примере, если менеджер начал действовать после достижения коллективом устойчивого положения, то после первого шага его деятельности все участники коллектива получают по 35 р., а два участника, находящиеся в месте 2, получают отрицательные воздействия, так как их вклад в «общую кассу» менее 40 р. Два других участника получают положительные воздействия и останутся в месте 1. В зависимости от тех состояний, в которых были члены коллектива 2, кто-то из них на каком-то шаге сменит место 2 на 3. Тогда по принципу «общей кассы» все будут получать по 40 р., и менеджер выполнит поставленную перед собой задачу.

Ясно, что в реальной поведенческой ситуации дело оказывается еще сложнее. Менеджер должен иметь свой собственный интерес, связанный с получением дохода. Число менеджеров не обязательно равно единице. Могут существовать менеджеры различных рангов с подчинением друг другу. Они могут вступать в договорные отношения и т. п. Для нас важно лишь то, что при всех подобных усложнениях модели суть ее остается прежней.

Можно не вводить иерархию в коллективное поведение, а сделать коллектив неоднородным другими способами. Можно, например, сделать так, что значения d у различных членов коллектива будут неодинаковы. Иными словами, инерционность поведения станет личностной характеристикой данного члена коллектива. Одни из них более динамичны, будут менять свой выбор «более решительно», а другие будут иногда «сидеть у моря и ждать погоды», надеясь, что за счет динамичных членов коллектива дело улучшится. Эти надежды небезосновательны. Исследование подобных моделей коллективного поведения на ЭВМ показывает, что неоднородные по степени инерционности коллективы при определенных долях различных значений d быстрее выходят на оптимум, чем однородные коллективы.

Можно также ввести в коллективе различные *ранги рефлексии* для индивидов. Под рангами рефлексии мы будем понимать глубину отражения одним индивидом прогнозов действия других членов коллектива. Это означает, что индивид перед выбором смены или сохранения своего места оценивает возможное поведение других членов коллектива. Он как бы становится на место другого члена коллектива и учитывает его состояния и полученную зарплату (что требует знаний об этих параметрах или по крайней мере скольконибудь достоверных их оценок). После того как выбор других членов коллектива спрогнозирован, принимается решение о собственном выборе. Такой уровень рефлексии считается первым. При втором уровне рефлексии индивид предполагает, что тот участник, действия которого он прогнозирует, сам обладает первым рангом рефлексии. И, проводя прогнозирование его поведения, индивид со вторым рангом рефлексии рассуждает по формуле «Он думает, что я думаю. Поэтому он сделает выбор v_1 . Тогда я сделаю выбор v_2 ». Теперь нетрудно определить третий ранг рефлексии и, вообще, h -й ранг. При h -м ранге рефлексии индивид предполагает, что моделируемые им поведения других персонажей таковы, что эти персонажи имеют ранг рефлексии $h-1$.

При реализации модели с помощью ЭВМ было показа-

но, что введение рангов рефлексии при определенном соотношении различных рангов в коллективе приводит к более быстрой сходимости распределения автоматов по местам работы к оптимальному. Интересно отметить, что ранги рефлексии позволяют (в очень грубой форме) смоделировать ролевое поведение индивидов, которых можно назвать любомудрыми. Обладая очень высоким рангом рефлексии, они очень часто попадают в тяжелое положение из-за того, что ожидают слишком сложного поведения других участников взаимодействия. На поверку же оказывается, что те, кому они приписывали ранг рефлексии $h-1$, на самом деле обладают существенно меньшим ее рангом или вообще лишены ранга рефлексий, и действуют прямолинейно, исходя из ситуации, известной им.

Ролевое поведение коллективов людей в большинстве случаев, конечно, гораздо сложнее, чем можно описать в рамках теории коллективного поведения автоматов. Поэтому при моделировании такого поведения часто используют понятие *типовой ситуации и типового ролевого сценария*. Что это такое? Как всегда, воспользуемся примером. Вы пришли в магазин за покупкой. Тем самым вы попали в типовую ситуацию, имя которой «Покупка». В этой ситуации вы бывали многократно, вы ее хорошо знаете. В голове у вас имеется сценарий, пригодный для любой реальной ситуации, относящейся к ситуации «Покупка». Согласно этому сценарию в месте, где вы хотите приобрести некоторую вещь, должен быть персонаж, чья роль называется «Продавец». Кстати, и вы выступаете в рамках данного сценария в некоторой роли, называемой «Покупатель». В сценарии содержится на некотором обобщенном уровне описание поведения Продавца и Покупателя. Продавец обязан обслужить Покупателя, а Покупатель, если товар ему понравится, должен совершить акт купли. С типовым ролевым сценарием связаны и некоторые характеристики ролевого поведения участников. Они, например, отражены в известном призыве «Покупатель и Продавец будьте взаимно вежливы».

Ролевое поведение, протекающее в рамках типового ролевого сценария, воспринимается нами как обычная деятельность, ибо для нас оно полностью предсказуемо и сводится просто к совокупности акций-действий. Например: зашел в магазин, выбрал обувь, примерил, попросил Продавца найти обувь подходящего цвета, примерил, заплатил деньги, взял покупку. Продавец поблагодарил за покупку, Покупатель поблагодарил Продавца, вышел из магазина.

Но стоит только чему-то нарушиться в сценарии, как возникает ощущение неадекватного поведения. Вместо вежливого ответа на вопрос Покупателя Продавец грубо ответил ему. Вместо того чтобы поблагодарить Продавца за его работу, Покупатель нелестно высказался в адрес работников магазина. Таких «вместо» может быть довольно много. Все они сигнализируют о нарушении одним или несколькими участниками взаимодействия статута ролевого поведения. В таком случае меняется тип поведения (чаще всего на игровой, о котором пойдет речь ниже) и дальнейшее движение по траектории поведения уже не может происходить по типовому ролевому сценарию.

Заканчивая этим параграфом описание типов нормативного поведения, заметим, что между ритуальным, подражательным и ролевым поведением существует весьма тесная связь. Не всегда легко отделить один тип поведения от другого. Часто один тип поведения постепенно перерастает в другой. Тем не менее нам кажется, различия между выделенными типами поведения важны с позиции моделирования их в искусственных системах.

§ 5.4. Ситуационное поведение

Рассмотрим теперь моделирование различных типов ситуационного поведения. К сожалению, такое поведение значительно сложнее нормативного. Сценарии, если и используются в ситуационном поведении, содержат в себе лишь самые общие контуры реализуемого поведения. Они скорее дают некоторые исходные данные для организации поведения, чем возможные траектории его реализации.

Организацию ситуационного поведения рассмотрим на двух группах примеров, взятых из работ по транзакционному анализу, о котором говорилось в § 4.1. Первая группа демонстрирует примеры развлекательного поведения, вторая — игрового. Аналитическое поведение — наиболее сложный вид человеческого поведения — до настоящего времени находился вне поля зрения модельных исследований и рассматриваться не будет. Заметим только, что, по-видимому, к моделям такого поведения ближе всего работы в области «исследования операций» — быстро развивающейся ветви математики.

Начнем с примеров *развлекательного поведения*. Этот вид поведения характеризуется тем, что все его участники достигают своих целей, не нарушая интересов друг друга, а, наоборот, поддерживая усилия всех участников, совмест-

но реализующих развлекательное поведение. Такое поведение может осуществляться либо в коллективе, где все участники имеют одинаковые ипостаси (Родитель, Взрослый, Дитя), либо в смешанных коллективах, хотя второй случай встречается нечасто.

В некотором смысле развлекательное поведение близко к подражательному, но оно не обязательно отражает то, что принято говорить или делать в данном социуме. Оно может и нарушать нормативы. Важно только, чтобы его участники были все согласны на эти нарушения. Таково, например, развлечение (которому дети отдаются со всей полнотой своих чувств почти во всех европейских странах), заключающееся в том, чтобы постучать в чужую дверь и скрыться до того, как хозяева откроют ее. Это развлекательное поведение, совершаемое участниками, находящимися в ипостаси Дитя, дает всем им очень острое переживание, связанное с избеганием опасности и радости от наблюдения за человеком в глупом положении. Примерами развлечений, близких к нормативным, могут служить разговоры владельцев автомобилей о трудностях их ремонта или о преимуществах той или иной марки автомобиля. Это развлекательное поведение реализуется в коллективе, в котором участники имеют ипостась Взрослый, а наградой за такое поведение служит либо получение новой информации об интересующем индивида объекте, либо укрепление своей позиции знатока, либо (в случае экстраверта) получение знаков внимания от окружающих. Аналогичные цели достигаются при развлекательном поведении, в котором принимают участие женщины (обсуждение тем: «Одежда», «Как дорого это стоит» или «Мужчины несносны»). Развлекательное поведение может реализоваться и в смешанных коллективах. В обсуждении темы «Как дорого это стоит» могут участвовать одновременно мужчины и женщины. Примером развлечения в коллективе, где все участники находятся в ипостаси Родитель, может служить обмен мнениями о воспитании детей или о том, как их лечить. Правда, в последнем случае некоторые из участниц могут находиться и в ипостасях, отличных от ипостаси Родитель.

Что характеризует развлекательное поведение? Для его реализации необходимо наличие одного и того же объекта разговора или совместного поведения. Тот, кто не выполняет этого условия, автоматически выбывает из процесса и, возможно, испытывает отрицательные воздействия. Если, например, группа женщин занята обсуждением темы с характерным названием «Все мужчины таковы», то появление

среди них новой участницы, которая подает реплики на тему «Как прекрасна семейная жизнь», приведет к мгновенному отрицательному воздействию на нее и исключению из коллектива.

Для каждого вида развлекательного поведения надо иметь набор действий, реплик или оценочных суждений, которые являются стимулирующими именно для данного типа развлечения. Их выбор в процессе поведения весьма произволен. Важно только давать другим высказываться и получать свою долю выигрышей.

Игровое поведение устроено более сложно. В нем используется смена ипостасей, переход с одного сценария на другой и многое другое, что обеспечивает одним участникам игры возможность получить выигрыши за счет других участников. В транзакционном анализе приводится много образцов таких игр. Некоторые из них многократно экспериментально воспроизводились и исследовались. Высказывается мнение, что набор таких типовых игр не слишком велик. Подобно тому как волшебная сказка комбинируется из небольшого числа базовых элементов, человеческие игры комбинируются из небольшого количества базовых игр.

В качестве примера рассмотрим две базовые игры. Первая игра среди специалистов по транзакционному анализу известна под названием «Сухой алкоголик». Такое название указывает на общность структуры игры, совершенно не обязательно связанной с настоящим алкоголизмом. В игре участвуют четыре персонажа: Сухой алкоголик, Преследующий, Сочувствующий, Недальновидный. Суть игры состоит в следующем. Имеется некий сценарий, который периодически реализуется Сухим алкоголиком. Выполнение сценария приводит к тому, что Преследующий применяет к Сухому алкоголику санкции, которые осуждаются Сочувствующим и вызывают у него сочувствие к Сухому алкоголику. Наконец, Недальновидный — то лицо, которое провоцирует Сухого алкоголика на реализацию злополучного сценария.

Такова канва этой игры. Возникает естественный вопрос — почему она реализуется и зачем в нее играют упомянутые персонажи? Ответ заключается в том, что ее действующие лица, даже проигрывая в какой-то момент, могут за счет своего проигрыша получить некоторое положительное воздействие. Для Сухого алкоголика, например, может оказаться важным сам факт, что он опять нарушил свое обещание, которое он периодически дает Преследующему, и сорвался. И хотя он терпит отрицательные воздействия

от Преследующего, но укрепляет свою глобальную установку НОК—ОК, о которой уже говорилось выше. Преследующий, терпящий от действий и поведения Сухого алкоголика немалые неприятности, может получить свой выигрыш в коллективе людей, готовых к развлекательному поведению в беседах на тему «Все мужчины таковы» или «Только я способна это выдержать». Сочувствующий также получает свой выигрыш как от своего поведения по отношению к Сухому алкоголику, так и от разговоров на тему: «И все из-за нее». Наконец, Недальновидный также имеет свой выигрыш, реализуемый в обсуждении с приятелями вопроса: «Что случилось с Иваном Ивановичем?».

Мы используем названия развлечений лишь для наглядности. В реальной игре «Сухой алкоголик» они могут называться и иначе. Важен лишь факт, что все участники игры имеют свои выигрыши. Пока выигрыши Сухого алкоголика и Преследующего (главных участников игры) будут превышать для них отрицательные воздействия, неизбежные в такой игре, она будет продолжаться.

В качестве второго примера рассмотрим игру «Только ради тебя». В этой игре всего два участника Волевой и Подчиняющийся. Характерная фраза этой игры, выражающая ее тезис, звучит примерно так: «Если бы не ты, то я бы ..., но ради тебя я этого не делаю». Чисто внешне Волевой в этой игре укрепляет свою установку и получает выигрыш за счет Подчиняющегося. На самом же деле такая игра длится только потому, что Подчиняющийся получает за счет своего проигрыша в этой игре выигрыш либо в виде укрепления своей установки НОК—ОК, либо получая выигрыши от разговоров на тему: «Только я могу это выдержать» или «Он так меня любит». Если Подчиняющийся не может получить выигрышей, игра прекращается.

Из приведенных примеров видно, что человеческие игры (как и все виды ситуативного поведения) весьма трудны для моделирования, хотя первые шаги в этом направлении (например, составление более или менее полного словаря базовых игр и проведение их экспериментального исследования на людях) уже сделаны. Вскоре за ними должны последовать другие.

ПОСЛЕСЛОВИЕ

Печальная ирония факта; некоторые люди отличаются от мыслящих машин только тем, что уже давно ни над чем не задумываются.

Ф. Кривин

Завершая рассказ о моделях поведения, осталось сказать несколько заключительных слов.

Читатель, видимо, заметил, что рассмотренные модели образуют ряд постепенно усложняющихся систем, воспроизводящих все более сложные формы поведения. Элементы этого ряда образуют как бы шкалу усложнения форм поведения. В настоящее время, по-видимому, полностью построить такую шкалу невозможно, но можно указать некоторые принципы, которые могли бы лечь в ее основу.

Перечислим эти принципы.

Постепенное усложнение структур, состава и функций элементов, составляющих модель.

Наличие в любой модели четырех основных структурных единиц — рецепторов, эффекторов, решающего устройства и памяти.

Решающее значение структуры памяти, определяющей глубинные особенности реализуемых видов поведения.

Разнообразие реальных рецепторных и эффекторных систем не позволяет использовать их в качестве основного системообразующего критерия для построения шкалы поведения. Выше уже отмечалось, что внешне различные формы проявления поведения, определяемые особенностями конкретных эффекторных и рецепторных систем, имеют в своей основе одну общую структурную схему модели. Естественно поэтому считать, что эта схема определяет некоторый класс однотипных проявлений поведения.

Таким образом, шкала моделей поведения должна представлять собой последовательность подобных постепенно усложняющихся схем. Что же отличает их друг от друга?

Нам представляется, что основное различие заключается в разных способах переработки входной информации и в различной степени использования при такой переработке ранее полученной информации, т. е. в характере и структуре средств хранения информации — памяти системы.

Так, в начальном элементе шкалы, которым следует считать схему безусловного рефлекса, мы имеем дело с врожденной памятью, реализованной в конструкции рецепторов или фильтров, способных выделять из множества входных воздействий весьма широкий, но ограниченный класс тех, на которые система отвечает рефлекторной реакцией.

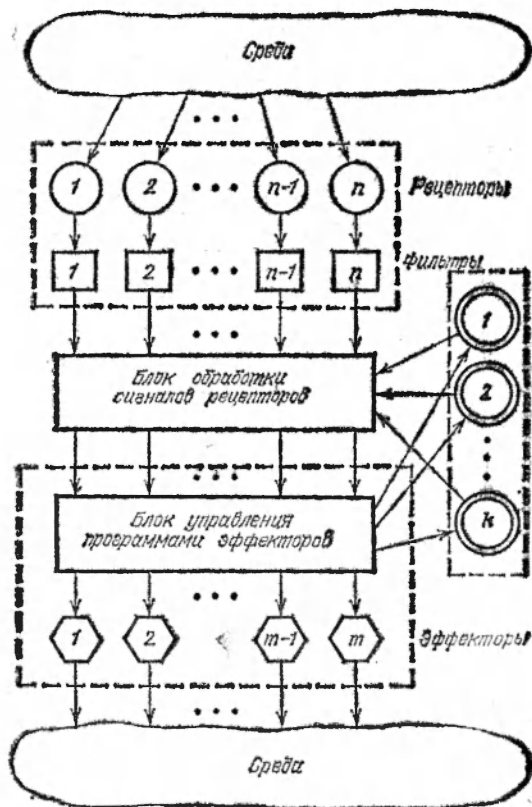


Рис. П.1

Рассмотрим схему, приведенную на рис. П.1. На нем показана простейшая связь, которая может существовать между сигналами, приходящими на рецепторы от среды, и воздействиями на среду, выдаваемыми эффекторами в ответ на поступившие сигналы. Как мы видим у «организма» имеется n различных рецепторов (в простейшем случае один рецептор), на которые поступают сигналы из среды. Каждый рецептор реагирует только на доступные ему сигналы.

С каждым рецептором связано устройство, названное на нашей схеме фильтром. Его задача — сформировать на выходе управляющий сигнал, если сигнал-раздражитель удовлетворяет ограничениям, важным для «организма». Что это за ограничения? В простейших случаях в качестве ограничений выступают пороговые значения интенсивностей или скоростей изменения сигналов, воспринятых рецепторами. Примером может служить реакция морских звезд на освещенность. При малом уровне освещенности звезда практически не реагирует на раздражение светом, но когда освещенность начинает превышать некоторый порог (зависящий от температуры воды и площади тела звезды, подвергающейся раздражению), то морская звезда демонстрирует явную реакцию убегания. Эта зависимость порога от других сигналов-раздражителей означает наличие соответствующих связей между фильтрами (на рис. П.1 они не показаны).

Когда все фильтры выдали управляющие сигналы, последние поступают в блок обработки сигналов рецепторов. В нем происходит анализ отфильтрованных сигналов и принятие решений о необходимости включения эффекторов для реализации ответной реакции. Пусть этот блок выработал сигналы о необходимости реализовать определенную реакцию (например, реакцию убегания). Информацию об этом он передает блоку управления программами эффекторов. В нем вырабатываются управляющие сигналы, передаваемые на m эффекторов, которыми обладает «организм». Работа этого блока (впрочем, как и остальных блоков, показанных на рис. П.1, но в значительно большей степени именно этого блока) требует расхода энергии. Реализация любой программы управления эффекторами уменьшает энергетический ресурс организма. Когда количество энергетического ресурса достигает нижнего порогового значения, начинает проявляться усталость «организма». При наличии усталости появление на входах рецепторов тех же раздражителей, что и раньше, может привести к более слабой ответной реакции или даже к ее исчезновению (полное обессиливание «организма»), и лишь после пополнения запаса энергии исходная реакция будет восстановлена. На рис. П.1 показаны интеррецепторы (они изображены двойными кружками), получающие сигналы об истощении ресурсов различного типа от блока управления программами эффекторов (такие же сигналы могут приходиться и от остальных блоков, приведенных на рисунке). Интеррецепторы формируют на основе этих сигналов, возможно, с помощью

устройств типа фильтров (они не показаны на рисунке) управляющие сигналы, которые с помощью блока обработки сигналов рецепторов вызывают для исполнения программы эффекторов, направленные на пополнение энергетических ресурсов «организма». На рис. П.1 для удобства показаны как бы две среды, что сделано лишь для наглядности. В действительности это, конечно, одна общая среда.

Усложнение форм наблюдаемого поведения связано, по нашему мнению, в основном с усложнением блока обработки сигналов рецепторов. Именно его функционирование вносит, как нам представляется, качественные изменения в виды поведения. Изменения в работе остальных блоков лишь модифицируют поведение, не меняя его вида. Поэтому будем рассматривать лишь этот блок.

Начнем со схемы, изображенной на рис. П.2. Вход ее — совокупность сигналов, поступающих с фильтров рецепторов, а выход — управляющие сигналы, идущие в блок управления программами эффекторов. Между входом и выходом располагается то, что в теории дискретных устройств управления называют *комбинационной схемой* или *схемой без памяти*. Такая схема вычисляет определенное множество функций вида $y = f(x_1, x_2, \dots, x_p)$, где y — выходной сигнал, а x_1, x_2, \dots, x_p — множество входных сигналов. Например, если x_1 есть сигнал о наличии освещенности уровня выше некоего порога, а x_2 — сигнал о том, что температура воды превышает некий другой порог, то функция вида $y = x_1 \cdot x_2$ означает, что управляющий сигнал y возникнет лишь при одновременном наличии сигналов x_1 и x_2 . А y при этом может быть сигналом управления для вызова программы убегающей морской звезды.

Важное свойство схемы, показанной на рис. П.2 — неизменность выходного сигнала при наличии на входе фиксированного набора сигналов. Сколько бы раз ни возникала данная комбинация сигналов на входе, столько раз на выходе будет появляться та же фиксированная их комбинация. Любая схема такого типа может интерпретироваться как некоторый безусловный рефлекс. Эффект усталости, о котором мы говорили выше, легко укладывается в эту схему, если считать, что сигналы от интеррецепторов входят в множество сигналов, поступающих на вход комбинационной схемы. Заметим, что в теории комбинационных

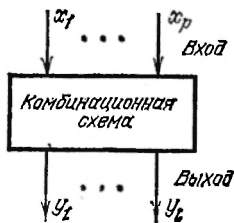


Рис. П.2

схем имеются методы, позволяющие проводить полный анализ функционирования таких схем и синтезировать их структуру при заданных условиях их работы.

На рис. П.3 показана более сложная схема. В ней появился новый блок — блок состояний, а также связанный с ним преобразователь сигналов. Предположим, что в блоке состояний имеется фиксированное число состояний. Каждое состояние характеризуется определенным набором

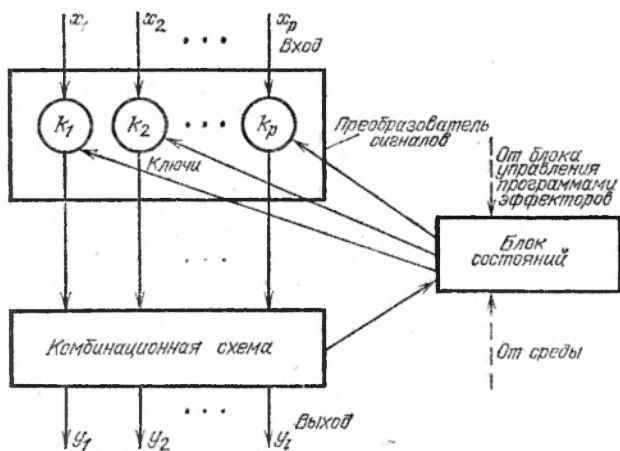


Рис. П.3

сигналов, поступающих на ключи, образующие преобразователь сигналов. Сигналы, поступающие из блока состояний могут быть двух типов: пропускающие и запирающие. Если на ключ k_i поступил пропускающий сигнал, то соответствующий ему сигнал x_i проходит в комбинационную схему. Поступление запирающего сигнала закрывает ключ (управляющий вентиль), и соответствующий сигнал в комбинационную схему не проходит. Если состояния в блоке состояний циклически меняются, то такая схема имитирует цепочку безусловных рефлексов или комплекса фиксированных действий, в которых на каждом шаге изменяется способ логической обработки сигналов, поступающих из блока рецепторов. Вся цепочка фиксированных действий имитируется схемой с блоком состояний и схемой с преобразованием сигналов. Сигнал об окончании предшествующего шага цепи поступает в блок состояний либо из комбинационной схемы, как показано на рис. П.3, либо от блока управления программами эффекторов, либо от среды, в ко

торой возникает раздражитель, связанный с окончанием предшествующего этапа.

Последние два входа на блок состояний показаны на рис. П.3 пунктиром. Дальнейшее усложнение схемы связано с тем, что блок состояний начинает менять состояния не циклически, как было до сих пор, а в зависимости от внешних сигналов, поступающих на него. Это приводит к тому, что в зависимости от каких-то внешних условий одни состояния могут выпадать из цепи их смены, а другие — возникать, нарушая установленный порядок следования. Другими словами, в блоке состояний становится возможным формировать с помощью внешних сигналов нужную траекторию смены состояний. С помощью такого механизма можно моделировать наборы цепочек безусловных рефлексов и фиксированных действий.

В теории дискретных систем управления устройством, в которых есть возможность управлять сменой состояний, называются *конечными автоматами*. Как и для комбинационных схем, для конечных автоматов в этой теории имеются готовые методы синтеза и анализа функционирования конечных автоматов.

Рис. П.4 иллюстрирует следующий шаг на пути усложнения модели поведения. Введен новый блок — блок памяти совпадений. Как он работает? Вернемся к рис. П.2.

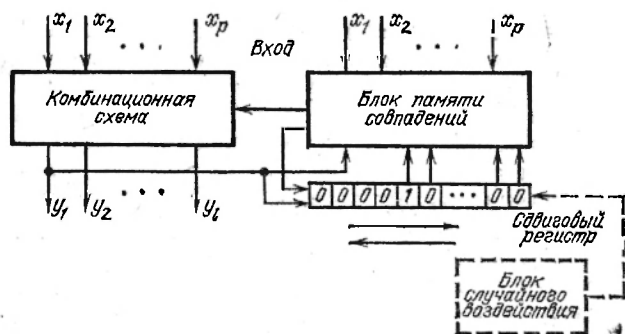


Рис. П.4

Функции $y_i = f_i(x_1, x_2, \dots, x_p)$, реализуемые комбинационной схемой, не обязательно зависят от всех p аргументов. Как правило, они вычлняют из совокупности сигналов, поступивших из блока рецепторов, лишь небольшое число раздражителей. Например, для возникновения реакции слюноотделения в обычных условиях животное должно на-

ходиться в состоянии голода и ощущать присутствие пищи. Пусть нас интересует некоторая определенная реакция организма на раздражители. Обозначим через X_1 ту часть аргументов $\{x_1, x_2, \dots, x_p\}$, которая связана с возникновением этой реакции, а через X_2 — оставшееся множество аргументов. Как только на входе комбинационной схемы на рис. П.4 появляется множество сигналов X_1 , так возникает реакция, связанная с появлением сигнала на одном (или нескольких) выходах y_i . Пусть для определенности при поступлении на вход комбинационной схемы совокупности сигналов, в которую входит X_1 , возбуждается ее выход y_1 . На каждом таком такте в блок памяти совпадений поступает та часть входных сигналов, которую мы обозначили через X_2 . Эта совокупность сигналов сравнивается с той, которая уже накопилась в блоке памяти совпадений (в начальный момент, когда эта память пуста, X_2 просто записывается в нее). Если сравнение показало, что в X_2 и в том, что было записано ранее, нет совпадений, то память очищается и в нее записывается X_2 . Если же некоторая часть сигналов совпала, то в памяти до следующего сравнения остается общая часть, выявленная при данном сравнении.

Такая процедура осуществляется определенное (задаваемое системе извне при ее проектировании или вырабатываемое самой системой на основе специальных правил, которые мы не рассматриваем) число раз. Если после этого числа сравнений содержимое блока памяти совпадений не пусто, то оно становится совокупностью сигналов, появление которых на входе системы будет приводить к возникновению сигнала на выходе y_1 . Возможность такого срабатывания комбинационной схемы обусловлена тем, что блок памяти совпадений выдает на вход комбинационной схемы совокупность сигналов X_1 , порождающих сигнал на выходе y_1 , всякий раз, как только на вход схемы поступила совокупность сигналов, зафиксированная в течение определенного числа тактов работы в блоке памяти совпадений.

Легко видеть, что описанная процедура напоминает эффект установления условного рефлекса, в котором X_1 играет роль безусловного раздражителя для возникновения реакции y_1 , а тот набор сигналов, который зафиксировался в блоке памяти совпадений, — условного раздражителя для той же реакции. Для задания числа повторений безусловного и условного раздражителей, необходимого для установления условного рефлекса, можно использовать сдвиговой регистр, показанный на рис. П.4. В этом регистре при каж-

дом появления \bar{X}_1 и наличии в блоке памяти совпадений непустого множества сигналов происходит сдвиг единицы вправо на одну позицию. Когда эта единица достигнет некоторого определенного разряда (на рис. П.4 — пятого), возникнет явление условного рефлекса. При появлении лишь условного раздражителя реакция вызывается, но каждый раз единица в сдвиговом регистре смещается на один разряд влево. Когда она перейдет в четвертый разряд, то явление условного рефлекса исчезнет.

Конечно, такая схема весьма жестка и строго детерминирована. В ранее рассмотренной модели условного рефлекса присутствовал определенный элемент случайности. Его можно ввести, добавив блок случайного воздействия, изображенный на рис. П.4 пунктиром. В такты работы модели в этом блоке с помощью некоторого закона распределения (с нулевым математическим ожиданием) генерируется появление сигналов ± 1 , которые могут воздействовать на сдвиг вправо или влево единицы в сдвиговом регистре.

В блоке памяти совпадений может существовать целая совокупность сдвиговых регистров, связанных с той или иной совокупностью сигналов. Каждый такой набор сигналов может играть роль условного раздражителя. Введение в схему, показанную на рис. П.4, блока состояний позволяет получать модели комплексов условных рефлексов или их цепочки. Читатели, наверное, помнят, что условные рефлексы возникают не только при одномоментном воздействии условного и безусловного раздражителей, но и тогда, когда действие условного раздражителя предшествует действию безусловного. Для возможности смоделировать такой случай надо в блоке памяти совпадений хранить совокупность входных сигналов за моменты времени, предшествующие появлению комплекса сигналов X_1 . Если в этом блоке можно обнаружить повторяемость разнесенных на определенный интервал времени условных и безусловных раздражителей, то можно выработать реакцию на условный раздражитель. Весь механизм, описанный для одномоментного действия раздражителей сохраняется. Только общая часть ищется для комплексов сигналов X_2 , смещенных относительно X_1 на определенное число тактов времени.

Введение сдвиговых регистров приводит к тому, что вместо конечных автоматов мы получим более сложный класс устройств, называемых обычно *магазинными автоматами* (информация записывается в них примерно так, как заполняется патронами магазин стрелкового оружия,

а считывание информации происходит в обратном порядке, начиная с последней записи, занесенной в память). Другое усложнение связано с введением блока случайного воздействия, действие которого может распространяться не только на сдвиговые регистры, как показано на рис. П.4, но, например, и на блок состояний. Это позволит осуществлять смену состояний с некоторой вероятностью и детерминированный магазинный автомат сменится на вероятностный магазинный автомат.

До сих пор мы считали, что комбинационная схема в процессе работы остается неизменной, а число состояний в блоке состояний задано. Можно отказаться от этих предположений и допустить изменение структуры комбинационной схемы в процессе работы и добавление (или устранение) состояний. Это позволит моделировать такие феномены поведения, как адаптация или обучение. Правда, для того чтобы это стало возможным, необходимо в схеме, показанной на рис. П.1, ввести обратные связи от среды, с помощью которых можно было бы оценивать отклики среды на те или иные действия.

Поясним, как можно осуществить моделирование адаптации и обучения для случая блока состояний, представляющего собой вероятностный автомат.

Пусть i и j — номера двух состояний, имеющих в этом блоке, q_{ij} — вероятность перехода из состояния i в состояние j , а $1 - q_{ij}$ — вероятность сохранения состояния i ; тогда, если в состоянии i определенная совокупность сигналов X_i вызвала набор действий, на которые среда дает положительный отклик, то можно произвести пересчет вероятностей. Например, $1 - q_{ij}$ можно увеличить на некоторую величину δ , а q_{ij} уменьшить на ту же величину. Тогда в следующий раз при поступлении на вход X_i организм, с большей вероятностью оставшийся в состоянии i , сможет опять сформировать хороший отклик. Пересчет вероятностей позволяет адаптировать поведение организма к той среде, в которой он функционирует. Можно моделировать и явление импринтинга, т. е. мгновенного установления безусловного рефлекса на некоторый стимул. Такое моделирование возможно, если в схеме, показанной на рис. П.3, разрешить добавлять новые состояния (в блоке состояний), управляющие ключами. Новые состояния можно использовать для формирования новых комбинаций открытых и закрытых ключей, т. е. для формирования новых стимулов, поступающих на вход комбинационной схемы. Само явление импринтинга будет соответствовать мо-

менту появления нового состояния и нового стимула на входе комбинационной схемы *).

Уже в блоке памяти совпадений имитируется весьма важная операция — выделение сходства двух комплексов сигналов. Эта операция, как и парная к ней — выделение различий, являются основными для всех систем поведения живых организмов. Операция выделения различий реализуется уже на уровне избирательной способности рецепторов и настройки фильтров. Одни комплексы сигналов воспринимаются организмами как одинаковые и вызывают одинаковые реакции, а другие различаются и реакция на них различна.

Операция обобщения становится особенно значительной, когда в «организме» возникает долговременная память, в которой может храниться предыстория, важная для организации поведения. Блок долговременной памяти — следующая ступень усложнения блока обработки сигналов рецепторов, показанного на рис. П.1. В долговременной памяти может храниться как образ ситуации в виде набора входных сигналов x_1, x_2, \dots, x_p , отнесенных к определенным моментам времени, и набора характеристик состояний различных устройств, входящих в блок обработки сигналов рецепторов, так и информация о тех действиях, которые были реализованы в таких ситуациях и последствиях этих действий. Подобная информация позволяет проводить обобщения и вырабатывать правильные реакции на воздействия на основе накопленного организмом опыта. (Соответствующие модели описаны в гл. 3.)

Следующий шаг на пути усложнения модели поведения — появление в долговременной памяти внутренних имен для того, что в ней хранится. Этот этап представляет собой переход к понятийному мышлению и поведению. В теории искусственного интеллекта сейчас активно развиваются системы, называемые *базами знаний*. В них впервые имитируются отдельные особенности понятийного мышления. Какие же это особенности? Прежде всего, появление имен — специальных маркеров, с помощью которых образы, хранящиеся в памяти, становятся понятиями. Если образ (как

*) Для читателей, знакомых с типологией формальных грамматик и порождаемых ими языков, заметим, что постепенное усложнение памяти «организма», демонстрируемое нами, есть переход от узкого подкласса автоматных грамматик к классу автоматных грамматик, к контекстно-свободным грамматикам (магазинные автоматы) и, наконец, к грамматикам типа 1, связанным с линейно ограниченными машинами. Соответственно усложняются и модели поведения.

говорилось в гл. 2) есть совокупность некоторых свойств, отражающих какие-то особенности паттернов, то тем самым образ соответствует каким-то объектам или ситуациям во внешнем мире. Появление имени позволяет компактно описывать классы однотипных образов, т. е. проводить операцию обобщения. Поясним, как она реализуется, на следующем простом примере. Начиная с раннего детства, мы встречаемся с объектами, которые другие люди называют «столы». Но на начальном этапе все эти объекты для нас различны. Стол на кухне не похож на стол в кабинете. Стол для игры имеет мало общего со столом, стоящим в столовой. Но постепенно в этих объектах усматриваются какие-то всем им присущие черты: все они имеют горизонтальную плоскость сверху, все они стоят на полу и т. д. Эти общие особенности вычленяются нами и в нашей голове возникает понятие «стол». Имени «стол» в реальном мире не соответствует никакой конкретный объект, вернее, многие объекты реального мира, чьи образы хранятся в памяти, соответствуют понятию с именем «стол». Имя «стол» становится маркером для целого класса образов объектов реального мира. И с ним оказывается связанной некая процедура, позволяющая нам относить объекты к классу столов, или считать, что они к столам не принадлежат. Такая процедура опирается на набор тех свойств, которыми должны обладать объекты, относящиеся к столам. Описание этих свойств составляет то, что принято называть *словарной статьей понятия*. Язык, состоящий из двух множеств: множества имен и множества свойств с указанием их принадлежности тем или иным именам, может рассматриваться как наиболее простой язык понятийного уровня. Но уже на нем можно задавать вопросы типа: «Какими свойствами обладает X?» или «Знаешь ли ты о существовании X?», т. е. имеется ли в памяти системы статья с таким именем.

Следующий этап — введение отношений между именами. Это могут быть отношения, наблюдаемые в реальном мире: временные, пространственные, динамические и т. п. или получаемые за счет операций, проводимых в самой системе (организме). За счет операции обобщения могут устанавливаться отношения типа: часть — целое, элемент — класс, род — вид. За счет операции, описанной в модели условных рефлексов, можно ввести на множестве имен отношения типа причина — следствие, а за счет наблюдения за собственными действиями — отношение типа инструмент — результат. Так возникает система имен, связанных между собой отношениями — основа для моделирования

простейших форм логических рассуждений типа силлогизмов. Например:

X есть элемент класса с именем Y
 Y обладает свойством H

Следовательно, X обладает свойством H

В памяти, в которой используется язык с отношениями, информация может храниться не только в виде словарных именованных статей, но и в виде сети отношений, связывающей имена статей. В теории искусственного интеллекта такие сети носят название *семантических сетей*.

Наконец, последнее (из известных пока) усложнение содержимого памяти — шаг, заключающийся во введении в память словарных статей особого рода, связанных с самим субъектом. В языке именам такого типа соответствует местоимение «я» и слова типа: «сейчас», «здесь», «это» и т. п. Их иногда называют *эгоцентрическими словами*. С их появлением в рассуждениях возникает сам субъект и становится возможным моделировать не только логические выводы или выводы правдоподобного типа, но и делать умозаключения, связанные с достижением личных целей и удовлетворением личных потребностей. Становится возможным и явление рефлексии, при котором оказываются имитируемыми и рассуждения других субъектов, чьи места мы можем мысленно занимать. Другими словами, появляется возможность подойти близко к тому, как мыслит человек, а следовательно, и имитировать формы поведения, свойственные человеку.

Так представляется нам постепенно усложняющаяся шкала памяти и связанное с ней усложнение форм наблюдаемого поведения.

Когда книга была написана, нам попала на глаза миниатюра Феликса Кривина, созвучная излагаемым в книге вопросам *). Позволим себе ею и закончить нашу книгу.

Т р и с т у п е н и р а з в и т и я

Амеба не помнит зла. Конечно, она испытывает раздражение, иногда очень сильное раздражение, но только в тот момент, когда ее раздражают. А потом все проходит, как не бывало, и она уже не вспомнит о причине своего раздражения. Тем более, что амеба, простейшее одноклеточное животное, не очень-то разбирается в причинной связи явлений.

*) К р и в и н Ф. Гиацинтовые острова. — М.: Сов. писатель, 1978.

Другое дело — животные более высокой организации. Эти помнят зло, даже то, которое было причинено их прадедушке. Допустим прадедушку съел крокодил — и правнук будет бояться всех крокодилов. Или прадедушка утонул — и правнук ни за что не пустится в плаванье. Это называется инстинктом, памятью поколений. Это очень крепкая память, и она передается из рода в род.

Но на самом высшем этапе развития животные снова не помнят зла. Прадедушка утонул, а правнук не боится воды, потому что прадедушка плавать не умел, а правнук умеет. Прадедушку съел крокодил, а правнука он не съест, потому что правнук знает, как справиться с крокодилом.

Это уже не инстинкт, это — разум, который не только помнит, но и знает, в каких случаях как поступать.

Просто не помнить зла — это свойство простейших, амёб. Не помнить зла просто из-за отсутствия памяти. А вот, обладая памятью, не помнить зла, которое утратило силу, — в этом есть нечто высшее, человеческое.

КОММЕНТАРИИ

К Введению

К настоящему времени издано множество книг, освещающих различные подходы к поведению и исследованию его простейших форм, наблюдаемых у животных. Существует также множество определений поведения. Естественно, что все определения привести было бы практически невозможно. Точно так же невозможно, да и вряд ли целесообразно, пытаться привести полную литературу по различным аспектам поведения. Поэтому в списке литературы к Введению мы привели только основные источники, откуда были заимствованы приводимые в тексте определения поведения. Со многими общими подходами к изучению поведения животных в эволюционном, генетическом и других планах можно познакомиться в литературе, приводимой ниже к гл. 1—3. Читателю, заинтересовавшемуся общими вопросами изучения поведения животных, рекомендуем познакомиться помимо работ [В.4, В.7, В.9] также с капитальным руководством Р. Хайнда [3.9], элементарным курсом О. Меннинга [2.7] и с очень хорошо и легко написанной книгой известного французского специалиста по поведению животных Р. Шовена [2.8].

В этих книгах читатель найдет также обширную библиографию по специальным аспектам изучения поведения животных.

Вопросы, связанные с моделированием, его значением и использованием в различных областях науки и техники, также освещаются в многочисленных работах и книгах. Мы приводим только небольшой перечень таких работ, в основном субъективно подобранный. Хотелось бы отметить только книгу Р. Х. Зарнпова [В.15], в первых главах которой излагается подход к моделированию, в значительной степени совпадающий с нашими взглядами.

К главе 1

В списке литературы к этой главе приведены некоторые источники, освещающие отдельные вопросы, в ней затронутые.

Детальное обсуждение современных представлений о внутренней среде читатель может найти в книге Г. Кассила [1.1], где изложена история вопроса и физиологический подход к этому понятию.

Эффекторам посвящена многочисленная физиологическая литература, которую мы не приводим. Принципиальные вопросы, связанные с двигательным аппаратом и управлениями движением, изложены в классической работе Н. Бернштейна [1.5] и в ряде статей сборника [1.4]. Популярное изложение некоторых сведений о локомоторных механизмах приведено в [1.6].

Рецепторным системам посвящены книги [1.13—1.17] и интересная книга о зрительном анализаторе [1.9].

Нейроны, нейронные сети и различные модели нейронов рассматриваются в обширной литературе. Вопросы эти в шестидесятые годы были чрезвычайно модны и привели к появлению большого числа разнообразных книг и статей. Мы приводим только две книги [1.7] и [1.8], в которых помещены основополагающие работы. Кроме того, этим вопросам посвящены также соответствующие разделы в сборниках [1.10—1.12], где можно найти и ссылки на литературу.

К главе 2

Читатели, желающие более подробно познакомиться с рефлекторным поведением насекомых, найдут богатый материал в превосходной книге Ж. Фабра [2.10], откуда были заимствованы некоторые примеры. Поведению насекомых посвящены также работы [2.24—2.32]. В частности, в книгах И. А. Халифмана увлекательно рассказывается о поведении пчел, муравьев, шмелей и термитов [2.30—2.32]. Историю и организацию исследований рефлекторного поведения животных можно также найти в книгах [2.1, 2.3, 2.7, 2.9]. Детальное описание механизмов и физиологических основ полета насекомых читатели найдут в превосходной книге В. Л. Свидерского [2.5], посвященной полету саранчи, а также в книгах [2.6] и [2.9].

Примеры запечатления (импринтинга) приведены в работах К. Лоренца, например в [2.41].

История создания многих рефлекторных автоматов и их конструкция описаны в книгах [2.4, 2.15, 2.16], откуда был заимствован ряд примеров. Рефлекторное поведение аплизии изложено нами по материалам Э. Кэндела [В.4]. В этой книге читатель найдет также подробное описание нейронных структур аплизии и их работы.

Вопросы теории конечных автоматов, которой мы не касались, приведены в книгах [2.11—2.13]. Формальное представление условных рефлексов, принадлежащее А. А. Ляпунову, можно найти в [2.4] и [2.14]. В работах [2.4] и [2.16] подробно изложены также принципы построения логических схем программ, которыми мы пользовались.

Более сложные формы рефлексов, в частности экстраполяционный рефлекс, а также эксперименты по его исследованию изложены в работах Л. В. Крушинского [2.18, 2.19]. Описание программы формирования условного рефлекса на ЭВМ составлено по материалам работы [2.15]. Модель Фэрли и Кларка [2.22] описана на русском языке в [2.23] (в этой книге приведен перевод английской статьи) и в [2.4].

В основу описания обучаемой матрицы положены работы К. Штейнбуха [2.20, 2.21].

За пределами нашего внимания остались вопросы распознавания образов животными и рассмотрение их органов чувств, существенно влияющие на поведение, но непосредственно к нему не относящиеся. Интересующиеся могут найти необходимые сведения в [1.9, 2.33—2.41], а также в [1.13—1.17].

К главе 3

Большое разнообразие сложных форм поведения не позволяет привести полную библиографию, охватывающую все эти формы. Поэтому, кроме использованной литературы, мы приводим только несколько источников, главным образом популярных, в которых читатель может найти много интересных примеров такого поведения. Это книги [3.28—3.32].

В § 3.3—3.5 мы использовали примеры из работ [3.1, 3.2, 3.4—3.14], откуда заимствованы также некоторые рисунки.

Понятие гомеостаза, или гомеостазиса, впервые введено и описано У. Кэнноном в [3.38]. С работами по общению в мире животных и по обучению обезьян языку знаков можно познакомиться в [3.34, 3.39] и в интересной книге Ю. Линдена [3.40].

Изложение эволюции развития разумности и соответствующих видов поведения читатель найдет в интересной книге Ф. Кликса [3.10].

В основу § 3.6, посвященного гиромату, были положены материалы, опубликованные в работах [3.16, 3.17, 3.19].

Подробное изложение теории ситуационного управления, в значительной степени базирующегося на теории гиромата, можно найти в [3.18]. Модель «Животное» (§ 3.7) представляет собой упрощенное изложение соответствующей статьи из [3.23].

При описании моделей Н. М. Амосова были использованы работы [3.24—3.26], откуда были заимствованы (с изменениями) два рисунка.

К главе 4

Можно указать очень много книг, в которых с разных точек зрения обсуждаются проблемы индивидуального поведения человека. Мы укажем только те, которые достаточно популярны и затрагивают те же аспекты, что и в данной книге. К сожалению, на русском языке нет книги, в которой вся проблема исследования человеческого поведения и моделирования поведения рассматривалась бы как единое целое. Но отдельные стороны, связанные с моделями личности и отдельными типами поведения, обсуждаются в ряде вполне доступных для широкого читателя книг. Это прежде всего книга [4.1], в которой глубоко исследуются проблемы Я и ипостасей этого Я. Затем, книги [4.2 и 4.3], где излагается оригинальный взгляд на организацию человеческого поведения, восходящий к традиции описания сложных наблюдаемых форм поведения в виде совокупности большого числа параллельно протекающих асинхронных простых процессов. Психологический взгляд на проблему Я на современном уровне его понимания отражен в [4.4]. Ряд классических текстов, относящихся к проблемам личности и ее поведения, собран в хрестоматиях [4.5—4.7]. Связь поведения со знаниями и их когнитивными структурами описана в обзорной и вполне доступной монографии [4.8]. А психологические аспекты, связанные с влиянием эмоций на поведение отражены в [4.9].

Укажем также работы, использованные нами при написании гл. 4. Часть из них может послужить источником дальнейших сведений о поведении человека и моделировании его. Деление людей на экстравертов и интровертов, которое мы активно используем, впервые введено и описано К. Юнгом [4.10]. Основателем транзакционного анализа, о котором упоминается в § 4.1, является Э. Берне. Его работы и работы его учеников на русский язык пока не переводились. Мы укажем их в списке литературы к гл. 5, где будут широко использованы результаты транзакционного анализа.

В книге [4.11] приведен взгляд на поведение человека в процессе эволюции. Этот взгляд во многом оригинален и нов. Примеры нарушения нормативного поведения и их анализ, приведенные в § 4.2, заимствованы из статьи [4.12]. Три закона робототехники сформулированы в [4.13]. Определение поступка в начале § 4.3 процитировано по [4.14]. Там же приведено немало соображений о невербальных источниках оценки поведения людей. Часть этих соображений использована в § 4.5.

Модель поступка и его описание, составляющие основную часть гл. 4, опираются на психологические исследования В. А. Шустер. Укажем две наиболее полные ее работы по этой теме [4.15, 4.16]. Ипостаси Я, предложенные У. Джеймсом, описаны в [4.17]. Взгляд Фрейда на ту же проблему отражен в [4.18]. Упомянутая в связи с анализом ипостасей пьеса Р. Ибрагимбекова помещена в сборнике [4.19]. Цитата из выступления С. Бондарчука заимствована из [4.20]. Определение поступка по С. Рубинштейну содержится в [4.21]. Более подробное описание алгоритмов кластеризации, использованных для построения семантического пространства словесных характеристик поступков, изложено в работе [4.22]. Тем, кто заинтересуется методикой семантических пространств, с помощью которой сейчас в психологии получено немало новых и интересных результатов, можно порекомендовать познакомиться с книгами [4.23, 4.24].

Высказывание Дж. Мура, использованное в § 4.5, взято из [4.25]. Идеи когнитивного диссонанса и треугольника Хайдера описаны в статьях, помещенных в сборнике [4.26]. Для лиц, интересующихся математическим аппаратом, применяемым при использовании сетей из треугольников Хайдера для организации поведения, рекомендуем ознакомиться с работой [4.27].

Первое (и практически единственное) сообщение о работах по АЛДОСу в русском переводе опубликовано в [4.28]. Характеристики персонажей итальянской комедии масок заимствованы нами из [4.29], а цитаты из Ф. Сологуба взяты из [4.30]. Смешные рожицы, помещенные на рис. 4.23, заимствованы из [4.31], а позы человека Сарбина и Хардика воспроизведены на обложке [4.14].

К главе 5

Для читателей, желающих ознакомиться с тем, как в дуэльных кодексах определяются основные понятия, связанные с пониманием нанесенного оскорбления, оскорбителя и оскорбленного, для тех, кому интересно узнать об исходном материале для построения сценария дуэли, описанного в § 5.1, можно рекомендовать две книги, изданные на русском языке [5.1, 5.2]. Видимо, нельзя привести достаточно полную библиографию работ по ритуальному поведению, да в книге такого характера, как эта, вряд ли подобная библиография была бы уместна. Поэтому укажем лишь на две работы, описывающие ритуальное поведение. Одна из них касается роли ритуального поведения в жизни японцев в [5.3], вторая — отражения ритуального поведения трубадуров в их поэзии [5.4].

Моделирование поведения героев волшебной сказки, описанное в § 5.1 в более полной форме обсуждается в работе [5.5], а также в статье [5.6].

Многие соображения, связанные с организацией косвенного целеполагания, о котором несколько раз идет речь, заимствованы нами из статьи [5.7].

Мы уже отмечали, что, к сожалению, работы по транзакционному анализу на русский язык не переводились. Поэтому укажем на две основные книги по этим вопросам, изданные на английском языке [5.8, 5.9]. Из них мы взяли многие примеры, приведенные в тексте.

Пример моделирования коллективного поведения при однородном коллективе, использованный в § 5.3, заимствован нами из работ по коллективному поведению автоматов [5.10, 5.11]. Популярное изложение идей этой весьма любопытной отрасли теории управления и

моделирования в биологии и социологии заинтересованные читатели найдут в [5.12].

Некоторые примеры применения при организации различных видов поведения планирования на сценариях или других сетевых моделях приведены в [5.13]. В монографии [5.14] последовательно развивается концепция сценариев для организации поведения в том виде, в каком ее понимают специалисты в области искусственного интеллекта. Заинтересованный читатель найдет в этой книге много различных типовых сценариев, организующих различные формы нормативного поведения.

Проблема «смехового» поведения как формы протеста против ритуала, как формы облегчения контактов между членами общества, разделенных социальными градациями, впервые была поднята в трудах замечательного советского ученого М. М. Бахтина, имя которого сейчас известно всем специалистам, занимающимся проблемами литературы, психологии и социологии. Его теория карнавала лежит в основе нового понимания роли форм поведения, противоречащих тому, как «принято себя вести». В нашей книге мы ограничились лишь небольшим упоминанием о подобных формах поведения. Тех, кто хочет полнее узнать о них, мы отсылаем к книге [5.3].

К Послесловию

В конце заключения мы в несколько модифицированном виде использовали идею о трех языковых уровнях, впервые изложенную в монографии (П.1).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

К Введению

- В.1. Большая Советская Энциклопедия.— 2-е изд.— М.: Советская энциклопедия, 1955.— Т. 33.
- В.2. Словарь современного русского языка.— М.: АН СССР, 1960.— Т. 10.
- В.3. Бохманн Д., Постхоф Г. Двойчные динамические системы.— М.: Энергоатомиздат, 1986.— 400 с.
- В.4. Кэндел Э. Клеточные основы поведения. М.: Мир, 1980.— 598 с.
- В.5. Skinner B. F. The Behavior of Organisms: An Experimental Analysis.— New York: Appleton-Century, 1938.
- В.6. Хейб Д. О. Textbook of Psychology.— Philadelphia: Saunders, 1958.
- В.7. Крушинский Л. В., Полетаева И. И. Поведение животных как фактор процесса микроэволюции // Физиологическая генетика и генетика поведения.— Л.: Наука, 1981.— 359 с.— (гл. 9 книги).
- В.8. Meyers neues Lexikon.— Leipzig: VEB Bibliographisches Institut, 1976, Bd 14, S. 470.
- В.9. Дьюсбери Д. Поведение животных: Сравнительные аспекты.— М.: Мир, 1981.— 480 с.
- В.10. Математическое моделирование жизненных процессов.— М.: Мысль, 1968.— 284 с.
- В.11. Моделирование в биологии.— М.: ИЛ, 1963.— 299 с.
- В.12. Функциональные модели биологических систем.— Ереван: Изд-во АН АрмССР, 1972.— 150 с.
- В.13. Моделирование в биологии и медицине.— Л.: Медицина, 1969.— 167 с.
- В.14. Биология и современное научное познание.— М.: Наука, 1980.— 367 с.
- В.15. Зарипов Р. Х. Машинный поиск вариантов при моделировании творческого процесса.— М.: Наука, 1983.— 232 с.

К главе I

- 1.1. Кассиль Г. И. Внутренняя среда организма.— М. Наука, 1978.— 224 с.
- 1.2. Бернар К. Курс общей физиологии. Свойства живых тканей.— СПб.: 1867.
- 1.3. Слоним А. Д. Среда и поведение.— Л.: Наука, 1976.— 211 с.
- 1.4. Модели структурно-функциональной организации некоторых биологических систем.— М.: Наука, 1966.— 323 с.

- 1.5. Бернштейн Н. А. Очерки о построении движений.— М.: Медицина, 1966.— 349 с.
- 1.6. Студитский А. Н. Механизм движений.— М.: Знание, 1983.— 64 с.
- 1.7. Автоматы.— Под ред. Шеннона и Маккарти.— М.: ИЛ, 1956.— 403 с.
- 1.8. Принципы самоорганизации.— М.: Мир, 1966.— 621 с.
- 1.9. Глезер В. Д., Цукерман И. И. Информация и зрение.— М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1961.— 183 с.
- 1.10. Бионика.— М.: Наука, 1965.— 475 с.
- 1.11. Вопросы бионики.— М.: Наука, 1967.— 596 с.
- 1.12. Проблемы бионики.— М.: Наука, 1973.— 518 с.
- 1.13. Гранит Р. Электрофизиологическое исследование рецепции.— М.: ИЛ, 1957.— 339 с.
- 1.14. Грегори Р. Л. Глаз и мозг.— М.: Прогресс, 1970.— 271 с.
- 1.15. Вартанян И. А. Звук — слух — мозг.— Л.: Наука, 1981.— 175 с.
- 1.16. Чедд Г. Звук.— М.: Мир, 1975.— 205 с.
- 1.17. Милн Л. Дж., Милн М. Чувства животных и человека.— М.: Мир, 1966.— 303 с.
- 1.18. Гранит Р. Основы регуляции движений.— М.: Мир, 1973.— 367 с.

К главе 2

- 2.1. Павлов И. П. Двадцатилетний опыт объективного изучения высшей нервной деятельности (поведения) животных. Условные рефлексы.— М.; Л.: Госиздат, 1928.— 388 с.
- 2.2. Большая Советская Энциклопедия.— Изд. 2-е. М.: Советская Энциклопедия, 1954.— Т. 28.— С. 604.
- 2.3. Фабри К. Основы зоопсихологии.— М.: Изд-во МГУ, 1976.— 287 с.
- 2.4. Гаазе-Рапопорт М. Г. Автоматы и живые организмы.— М.: Физматгиз, 1961.— 224 с.
- 2.5. Свидерский В. Л. Полет насекомого.— М.: Наука, 1980.— 136 с.
- 2.6. Прингл Дж. Полет насекомых.— М.: ИЛ, 1963.— 179 с.
- 2.7. Меннинг О. Поведение животных. Вводный курс.— М.: Мир, 1982.— 360 с.
- 2.8. Шовен Р. Поведение животных.— М.: Мир, 1972.— 487 с.
- 2.9. Свидерский В. Л. Основы нейрофизиологии насекомых.— Л.: Наука.— 280 с.
- 2.10. Фабр Ж. Жизнь насекомых.— М.: Учпедгиз, 1963.— 459 с.
- 2.11. Кузнецов О. П., Адельсон-Вельский Г. М. Современная математика для инженера.— М.: Энергия, 1980.— 342 с.
- 2.12. Глушков В. М. Синтез цифровых автоматов.— М.: Физматгиз, 1962.— 462 с.
- 2.13. Украинская энциклопедия кибернетики.— Киев, 1974.— Т. 1.— 607 с.
- 2.14. Ляпунов А. А. О некоторых общих вопросах кибернетики // Проблемы кибернетики.— М.: Физматгиз, 1958.— Вып. 1.— С. 5—22.
- 2.15. Нетес Т. Kibernetische Maschinen.— Berlin: Verlag-Technik, 1967.— 288 S.
- 2.16. Янг Дж. Ф. Робототехника.— Л.: Машиностроение, 1979.— 304 с.

- 2.17. Обучение цифровой вычислительной машины.— Успехи мат. наук.— 1956.— Т. 11.— Вып. 5(71).— С. 153—160.
- 2.18. Крушинский Л. В. Изучение экстраполяционных рефлексов у животных // Проблемы кибернетики.— М.: Физматгиз, 1959.— Вып. 2.— С. 229—285.
- 2.19. Крушинский Л. В. Биологические основы рассудочной деятельности.— М.: Изд-во МГУ, 1977.— 272 с.
- 2.20. Штейнбух К. Автомат и человек.— М.: Советское радио, 1967.— 493 с.
- 2.21. Штейнбух К. Обучаемая матрица.— Зарубежная радиоэлектроника.— 1962.— № 1.— С. 28—46.
- 2.22. Farley V. G., Clark W. A. Simulation of Self-Organized Systems by Digital Computer.— IRE Trans.— 1954.— V. 4.— P. 76.
- 2.23. Китов А. И. Электронные цифровые машины.— М.: Советское радио, 1955.— 276 с.
- 2.24. Шовен Р. Жизнь и нравы насекомых.— М.: Сельхозгиз, 1960.— 245 с.
- 2.25. Шовен Р. Мир насекомых.— М.: Мир, 1970.— 239 с.
- 2.26. Фриш К. Из жизни пчел.— М.: Мир, 1966.— 200 с.
- 2.27. Еськов Е. К. Поведение медоносных пчел.— М.: Колос, 1981.— 184 с.
- 2.28. Детьер В., Стеллар Э. Поведение животных.— Л.: Наука, 1967.— 140 с.
- 2.29. Захаров А. А. Муравей, семья, колония.— М.: Наука, 1978.— 143 с.
- 2.30. Халифман И. А. Муравьи.— М.: Молодая гвардия, 1963.— 303 с.
- 2.31. Халифман И. А. Пчелы.— М.: Молодая гвардия, 1963.— 398 с.
- 2.32. Халифман И. А. Шмели и термиты.— М.: Детская литература, 1972.— 319 с.
- 2.33. Бертон Р. Чувства животных.— М.: Мир, 1972.— 198 с.
- 2.34. Физиология сенсорных систем.— Л.: Медицина, 1976.— 399 с.
- 2.35. Тамар Г. Основы сенсорной физиологии.— М.: Мир, 1976.— 520 с.
- 2.36. Жангиев Р. Д. Биоакустика насекомых.— М.: Изд-во МГУ, 1981.— 256 с.
- 2.37. Жерарден Л. Бионика.— М.: Мир, 1971.— 231 с.
- 2.38. Соколов В. Е., Котенкова Е. В. Язык запахов.— М.: Знание, 1985.— 64 с.
- 2.39. Лаздин А. В., Протасов В. Р. Электричество в жизни рыб.— М.: Наука, 1977.— 88 с.
- 2.40. Уорд Р. Живые часы.— М.: Мир, 1974.— 239 с.
- 2.41. Лоренц К. Кольцо царя Соломона.— М.: Знание, 1970.— 220 с.

К главе 3

- 3.1. Хедигер Х. Наблюдение психологии животных в зоопарке.— М.: Знание, 1984.— 64 с.
- 3.2. Прайор К. Несущие ветер.— М.: Мир, 1981.— 304 с.
- 3.3. Соколов Е. Н. Нейронный механизм ориентировочного рефлекса // 18-й Международный конгресс психологов. Симпозиум 5.— М.: Наука, 1966.— С. 31—33.
- 3.4. Кюни И. Думают ли животные?— В защиту мира.— 1960.— № 10 (113).— С. 88—96.

- 3.5. Фабри К. Орудийные действия животных.— М.: Знание, 1980.— 64 с.
- 3.6. Тинберген Н. Поведение животных.— М.: Мир, 1969.— 192 с.
- 3.7. Tembrock G. Tierpsychologie. — Wittenberg Lutherstadt: A. Zimsen Verlag, 1972.— 182 S.
- 3.8. Tembrock G. Grundlagen des Tierverhaltens.— Berlin: Akademie-Verlag, 1977.— 319 S.
- 3.9. Хайнд Р. Поведение животных.— М.: Мир, 1975.— 855 с.
- 3.10. Кликс Ф. Пробуждающееся мышление.— М.: Прогресс, 1983.— 302 с.
- 3.11. Кёлер В. Исследование интеллекта человекоподобных обезьян.— М.: Комакадемия, 1930.
- 3.12. Ладыгина - Котс Н. Н. Дитя шимпанзе и дитя человека.— М.: Гос. Дарвиновский музей, 1935.— 596 с.
- 3.13. Ладыгина - Котс Н. Н. Конструктивная и орудийная деятельность высших обезьян.— М.: Изд-во АН СССР, 1959.— 399 с.
- 3.14. Rensch В. (Hrsg.) Handgebrauch und Verständigung bei Affen und Frühmenschen.— Bern.: 1968.— 213 S.
- 3.15. Мазохин - Поршняков Г. Зрение насекомых.— М.: Наука, 1965.— 263 с.
- 3.16. Поспелов Д. А. Теория гиromата // Проблемы бионики.— М.: Наука, 1973.— С. 397—402.
- 3.17. Поспелов Д. А. Решение задач оперативного управления с помощью системы моделей // 18-й Международный конгресс психологов. Симпозиум 25.— М.: Наука, 1966.— С. 108—113.
- 3.18. Поспелов Д. А. Ситуационное управление: теория и практика.— М.: Наука, 1986.— 284 с.
- 3.19. Гаазе - Рапопорт М. Г., Поспелов Д. А. Некоторые аналогии между структурами поведения биологических и технических систем // Кибернетика и вычислительная техника.— Киев: Наукова думка, 1970.— Вып. 4.— С. 24—30.
- 3.20. Ошанин Д. А. Оперативный образ управляемого объекта в системах «человек и автомат» // 18 Международный конгресс психологов. Симпозиум 27.— М.: 1966.— С. 39—56.
- 3.21. Пушкин В. Н. Оперативное мышление в больших системах.— М.; Л.: Энергия, 1965.— 375 с.
- 3.22. Лефевр В. А. Конфликтующие структуры.— М.: Советское радио, 1973.— 158 с.
- 3.23. Моделирование обучения и поведения.— М.: Наука, 1975.— 237 с.
- 3.24. Амосов Н. М., Касаткин А. М., Касаткина Л. М., Талаев С. А. Автоматы и разумное поведение.— Киев: Наукова думка, 1973. — 375 с.
- 3.25. Амосов Н. М., Касаткин А. М., Касаткина Л. М. Моделирование разумного поведения.— Киев: Институт кибернетики АН УССР, 1974.— 36 с.
- 3.26. Касаткин А. М., Касаткина Л. М. Семантический уровень принятия решений роботом // Вопросы теории роботов и искусственного интеллекта.— Киев: Институт кибернетики АН УССР, 1976.— С. 76—93.
- 3.27. Азимов А. Хоровод // Азимов А. Я, робот.— М.: Знание, 1964. — С. 33—52.
- 3.28. Тинберген Н. Осы, птицы, люди.— М.: Мир, 1970.— 334 с.
- 3.28а. Шовен Р. От пчелы до гориллы.— М.: Мир, 1965.— 296 с.

- 3.29. Зворыкин Н. А. Повадки животных.— М.; Л.: Медгиз, 1939.— 171 с.
- 3.30. Дембовский Я. Психология животных.— М.: ИЛ, 1959.— 386 с.
- 3.31. Резникова Ж. И. Межвидовые отношения муравьев.— Новосибирск: Наука, 1983.— 206 с.
- 3.32. Шмидт П. Ю. Душевная жизнь животных.— Л.; М.: Петроград, 1925.— 139 с.
- 3.33. Фишель В. Думают ли животные?— М.: Мир, 1973.— 159 с.
- 3.34. Панов Е. Н. Общение в мире животных.— М.: Знание, 1970.— 48 с.
- 3.35. Еськов Е. К. Жилища насекомых.— М.: Знание, 1983.— 64 с.
- 3.36. Соколов В. Е., Котенкова Е. В. Язык запахов.— М.: Знание, 1985.— 64 с.
- 3.37. Тепброск G. Grundlagen der Tierpsychologie.— Berlin: Akademie-Verlag, 1967.— 207 S.
- 3.38. Кэннон У. Физиология эмоций.— М., 1927.
- 3.39. Прибрам К. Языки мозга.— М.: Прогресс, 1975.— 464 с.
- 3.40. Линден Ю. Обезьяны, человек и язык.— М.: Мир, 1981.— 272 с.

К главе 4

- 4.1. Кон И. С. Открытие «Я».— М.: Политиздат, 1978.— 366 с.
- 4.2. Амосов Н. М. Искусственный разум.— Киев: Наукова думка, 1969.— 154 с.
- 4.3. Амосов Н. М. Алгоритмы разума.— Киев: Наукова думка, 1979.— 221 с.
- 4.4. Столин В. В. Самосознание личности.— М.: Изд-во МГУ, 1983.— 284 с.
- 4.5. Психология личности. Тексты.— М.: Изд-во МГУ, 1982.— 287 с.
- 4.6. Психология индивидуальных различий. Тексты.— М.: Изд-во МГУ, 1982.— 318 с.
- 4.7. Психология эмоций. Тексты.— М.: Изд-во МГУ, 1984.— 286 с.
- 4.8. Величковский Б. М. Современная когнитивная психология.— М.: Изд-во МГУ, 1982.— 336 с.
- 4.9. Вилюнас В. К. Психология эмоциональных явлений.— М.: Изд-во МГУ, 1976.— 142 с.
- 4.10. Юнг К. Психологические типы.— Цюрих: Мусaget, 1929.— 475 с.
- 4.11. Саган К. Драконы Эдема.— М.: Знание, 1986.
- 4.12. Тюрин П. Поведение человека: норма и ситуация.— Наука и техника.— 1985.— № 2.— С. 20—21.
- 4.13. Азимов А. Я, робот.— М.: Знание, 1964.— 175 с.
- 4.14. Бодалёв А. А. Восприятие человека человеком.— Л.: Изд-во ЛГУ, 1965.— 122 с.
- 4.15. Поспелов Д. А., Шустер В. А. Нормативное поведение интеллектуальных систем // Логико-семантические вопросы искусственного интеллекта. Труды по искусственному интеллекту.— Тарту, 1980.— С. 92—107.— (Уч. зап. Тартусского ун-та.— Вып. 551).
- 4.16. Шустер В. А. Субъективные оценки словесных и фреймовых описаний поступков // Логика рассуждений и ее моделирование.— М.: Научный Совет по комплексной проблеме «Кибернетика» при Президиуме АН СССР, 1983.— С. 103—136.
- 4.17. Джеймс У. Психология.— Петроград: Наука и школа. 1922.— 375 с.

- 4.18. Фрейд З. Лекции по введению в психоанализ.— Петроград: 1922.— Т. 2.— 250 с.
- 4.19. Ибрагимбеков Р. Ультиматум.— Баку: Язычы, 1983.— 365 с.
- 4.20. Бондарчук С. Выступление по поводу фильма «Степь».— Кинопанорама, 2 мая 1978.
- 4.21. Рубинштейн С. Л. Основы общей психологии.— М.: Учпедгиз, 1946.— 704 с.
- 4.22. Батыршин И. З., Шустер В. А. Структура семантического пространства словесных оценок поступков // Принципиальные вопросы теории знаний. Труды по искусственному интеллекту.— Тарту, 1984.— С. 20—38.— (Уч. зап. Тартусского ун-та.— Вып. 688).
- 4.23. Артемьева Е. Ю. Психология субъективной семантики.— М.: Изд-во МГУ, 1980.— 126 с.
- 4.24. Петренко В. Ф. Введение в экспериментальную психосемантику: исследование форм репрезентации в обыденном сознании.— М.: Изд-во МГУ, 1983.— 175 с.
- 4.25. Мур Дж. Принципы этики.— М.: Прогресс, 1984.— 325 с.
- 4.26. Современная зарубежная социальная психология. Тексты.— М.: Изд-во МГУ, 1984.— 255 с.
- 4.27. Дулин С. К. Введение в диссонансную логику // Вычислительные машины и искусственный интеллект.— Братислава, 1984.— № 4.— С. 291—299.
- 4.28. Лоулин Дж. Личность АЛДОСа.— Зарубежная радиоэлектроника.— 1963.— № 1.— С. 100—107.
- 4.29. Дживилегов А. К., Итальянская народная комедия.— М.: Изд-во АН СССР, 1954.— 295 с.
- 4.30. Сологуб Ф. Мелкий бес.— М.; Л.: Академия, 1933.— 441 с.
- 4.31. Америка.— 1975.— № 226.— С. 13.

К главе 5

- 5.1. Дурасов. Дуэльный кодекс.— Град Святого Петра, 1908.— 131 с.
- 5.2. Микulin И. Пособие для ведения дел чести в офицерской среде.— СПб, 1912.— Ч. 1.— 213 с.; Ч. 2.— 234 с.
- 5.3. Пронников В. А., Ладанов И. Д. Японцы.— М.: Наука, 1983.— 270 с.
- 5.4. Фридман Р. А. Любовная лирика трубадуров и ее истолкование // Уч. зап. Рязанского пед. ин-та.— Рязань, 1965.— Т. 34.— С. 406—416.
- 5.5. Гаазе-Рапопорт М. Г., Поспелов Д. А., Семенова Е. Т. Порождение структур волшебных сказок.— М.: Научный Совет по комплексной проблеме «Кибернетика» при Президиуме АН СССР, 1980.— 20 с.
- 5.6. Гаазе-Рапопорт М. Г., Поспелов Д. А., Семенова Е. Т. Имитация сказочного мира // Принципиальные вопросы теории знаний.— Тарту, 1984.— С. 46—53.— (Уч. зап. Тартусского ун-та.— Вып. 688).
- 5.7. Шрейдер Ю. А. Ритуальное поведение и формы косвенного целеполагания // Психологические механизмы регуляции социального поведения.— М.: Наука, 1979.— С. 103—127.
- 5.8. Верне Е. Games People Play.— New York: Grove Press, 1967.— 192 p.
- 5.9. Haggis T. A., I'm OK — You're OK.— New York: Avon Books, 1973.— 317 p.

- 5.10. Ц е т л и н М. Л. Исследования по теории автоматов и моделированию биологических систем.— М.: Наука, 1969.— 316 с.
- 5.11. В а р ш а в с к и й В. И. Коллективное поведение автоматов.— М.: Наука, 1973.— 407 с.
- 5.12. В а р ш а в с к и й В. И., П о с п е л о в Д. А. Оркестр играет без дирижера.— М.: Наука, 1984.— 207 с.
- 5.13. П о с п е л о в Д. А. Наука или фантазия: На пути к искусственному интеллекту.— М.: Наука, 1982.— 218 с.
- 5.14. Ш е н к Р. Обработка концептуальной информации.— М.: Энергия, 1980.— 360 с.
- 5.15. Б а х т и н М. Проблемы поэтики Достоевского.— М.: Советская Россия, 1979.— 317 с.— (О модели карнавального поведения говорится на с. 140 и далее).
- 5.16. П о м е р а н ц Г. С. Традиция и непосредственность в буддизме ЧАНЬ (ДЗЕН) // Роль традиций в истории и культуре Китая.— М.: Наука, 1972.— С. 74—86.
- 5.17. Б а х т и н М. М. Творчество Франсуа Рабле и народная культура средневековья и Ренессанса.— М.: Худ. литература, 1965.— С. 320.
- 5.18. П р о п п В. Я. Ритуальный смех в фольклоре (по поводу сказки о Несмеяне).— Уч. зап. ЛГУ, Серия филол., 1939.— Вып. 3.— С. 151—175.

К Послесловию

- П.1. С т е п а н о в Ю. С. В трехмерном пространстве языка // Семиотические проблемы лингвистики, философии, искусства.— М.: Наука, 1985.— 332 с.

ИМЕННОЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Азимов А. 145, 179
Амосов Н. М. 141, 269
- Батыршин И. З. 200
Бахтин М. М. 271
Беркли Э. 67
Бернар К. 20
Бернс Э. 238, 269
Бернштейн Н. А. 113, 267
Бодалев А. А. 182
Бонгард М. М. 152
Бондарчук С. 270
Бохман Д. 7
- Васильев В. 67
Винер Н. 67
- Гарднер Б. 140
Гарднер Р. 140
Гребнев Н. 175
Гурфинкель В. 114
Гутчин И. 67
- Джеймс У. 188—190
Дживилегов А. 220
Достоевский Ф. М. 175
Дро А. 48
Дро П.-Ж. 48
- Зарипов Р. 267
- Ибрагимбеков Р. 190, 270
- Келлер В. 132
Кларк У. 105, 142, 268
Кликс Ф. 269
Кривин Ф. 265
Крушинский Л. В. 8, 94, 263
Кэвдел Э. 268
- Кэннон У. 114, 269
Кюни И. 128
- Ладыгина-Котс Н. 132
Лем С. 160
Линден Ю. 269
Лоренц К. 268
Люкс Ф. 67, 87
Ляпунов А. А. 56, 268
- Мазохин-Поршняков Г. 134
Мак-Каллок У. 33
Маклин Дж. 189
Меннинг О. 267
Миклашевский Г. 236
Мур Дж. 206, 270
- Нарекаци Г. 175
Ниссен Х. 123
- Павлов И. П. 30, 74
Пенфилд У. 112
Петровский А. 67
Питс У. 33
Полетаева И. И. 8
Постхоф Г. 7
Потемкин П. 237
Праер К. 117, 125
Примак Д. 140
Пропп В. 233
Пушкин В. Н. 159
- Рени Б. 132
Робен Ж. 20
Розенберг М. 189
Рубинштейн С. 194, 270
- Саган К. 177, 189
Свидерский В. 263

Скиннер Б. 8
Соколов Е. 123

Тинберген Н. 275

Уолтер Г. 67

Фабр Ж. 268
Фабри К. 129
Филлипс 67
Фрейд З. 189, 270
Фриш К. 134
Футс Р. 140
Фэрли Б. 105, 142, 268

Хайнд Р. 123, 267
Халифман И. 268

Хебб Д. 8
Хейдер Ф. 207

Чехов А. П. 173

Шовен Р. 126, 267
Штейнбух К. 99, 268
Шустер В. 193, 194, 200, 270

Эйхлер Э. 67
Эттингер А. 79

Юнг К. 269

Янг Дж. 91

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Автомат рефлекторный 45, 268
— — билетный 46
— — конечный 259, 268
— — магазинный 261
— — — вероятностный 262
— —, программа 50, 57
— —, продающий газеты 46
— — разменный 47, 57
— — токарный 48
— — торговый 47
— — циклический 48
Аксон 32
Акт поведенческий 171
— —, роль наблюдателя 176
Алгоритм 56
—, логическая схема 56
АЛДОС 214—220
—, действия 216, 217
—, классы ситуаций эталонные 214, 217
—, комплекс аффективный 214
—, личностные черты 217—219
—, обучение 215, 217
—, общая схема 215
—, память кратковременная 217
—, — постоянная («генетическая») 215
—, поведение 218—220
—, ситуации 215
—, —, эмоциональная оценка 215—217
Аплизия 38
Афферентация 120
- База знаний 263
— —, имена 263, 264
— —, отношения 264
«Белка» 67, 70
Блок памяти 29
— —, выделение сходства и различий 263
— — долговременной 263
- Блок памяти совпадений 259, 260
— — состояний 258
— —, фильтр 29, 30
- Внимание 112
—, активизация 156
—, зоны 156
Воздействие 20 и д.
— информационное 21
— энергетическое 21
Выбор альтернативный 170, 230
- Гиромат 154, 160—168
—, блок активного опыта 164
—, — времени 163
—, — выработки решений 163
—, — гипотез 163
—, — модельного опыта 163
—, — мотивации 164
—, блок-схема 163
—, действие 154, 162, 269
—, ДСС 160—168
—, обучение 162
—, ситуация 161
—, —, критерий оценки 162
—, — обобщения 163
—, — результирующая 162
—, — текущая 161, 162
—, функционирование 162—168
Гомеостаз 114, 169
Граф базовый 167
- Дендриты 32
Деятельность коммуникационная 140
— манипуляционная 117, 118, 125

Диссонанс 207
— когнитивный 210, 270
—, способы устранения 208

«Животное» 152—158, 269
—, факты в памяти 156

Законы робототехники 146, 179
Замысел 183, 184, 187, 191

Игры 252

Иерархическая система доминирования и подчинения 138, 139

Изоморфизм систем 12, 14

Импринтинг 76, 100, 262, 268

Интеррецепторы 24, 65, 153, 256, 257

Ипостась 188, 269, 279

— Взрослый 239

— Дитя 238

— ОНО 189

— Родитель 238

— СУПЕРЭГО 189

— ЭГО 189

— Я возможное 189

— — духовное 189, 191

— — идеализированное 189

— — идеальное 189

— — изображаемое 189

— — материальное 189, 191

— — настоящее 189

— — социальное 189, 191

— — фантастическое 189

Кластеры поступков 200—202

— — добрых 200

— — недобрых 200, 201

Коллатерали 32

Коммуникации 134

—, знаковая форма 135

Крайний интраверт 172, 269

— экстраверт 172, 205, 206, 269

Кривые погоми 96

Личность 214

—, комплекс аффективный 214

—, — когнитивный 214

—, — конструктивный 214

—, модель 214, 269

—, — АЛДОС 214

—, — —, действия 216

—, — —, обучение 215, 217

—, — —, эмоции 215

—, — типа маски 200, 221

Модель 10, 17 и д.

— «Белка» 67

— внешнего мира 31, 124, 163, 165

— — —, пополнение 113

— — —, уровни 165, 166

— «Животное» 152—158, 269

— личности 214, 269

— нейрона 33

—, обучение 155

— «Одноклеточное» 67, 87, 88

—, память 157

— поведения 31, 254

— —, структура и схема 254

— — целесообразного см. Гиромат

— полная 5

— потребности 153—157

—, преобразование ситуаций 154—156

— семиотическая 159

—, факты-гипотезы 156

—, хранящиеся факты 155

— «Черепаша» АСТОР 91, 92

— — ТАИР 148—152

— — —, блок-схема управления 149—152

— — Эйхлера 67—70, 91

— — —, виды поведения 68—70

— — —, устройство 68—70

Мышление понятийное 263

Наблюдатель 18, 169, 170, 183

Нейрон 26, 32

— вставочный 33

—, вход 33, 106

—, выход 33, 106

—, модели 33, 268

—, порог срабатывания 34

— формальный 33—35

Нейрошасси 189
—, «водители» 189
Неокортекс 189, 190

Образ 52, 105
— обобщенный 105
Обучаемые матрицы 99, 268
— —, возбуждение 99
— —, обратимость 103
— —, соединение 104
— —, формирование связей 100
Обучение 113, 118—127
— вероятностного автомата 262
— гиromата 162
—, функции 113
Объект 18
— обобщенный 167
—, состояние 19
—, целостность 19
«Одноклеточное» 67, 87, 88
Отношения 53
— базовые 159
— временные 131, 162
— в семиотической модели 159
— между объектами 162
— приоритетов 58
— причинно-следственные 131, 133, 166
— пространственные 162
Оценка 169, 170
—, вес 184
— действия 184
— отрицательная 184
— положительная 184
— поступков 206
— референтной группы 183
— самонаблюдений 184
— ситуации 216—219

Память 23, 25, 28, 76 и д.
—, блок обработки сигналов рецепторов 256, 257
—, — случайного воздействия 261
—, — совпадений 258, 260
—, — управления программой эффекторов 257
—, взаимодействие с *i*-моделями 143
— врожденная 256—263
— долговременная 143, 263
— информации о внешнем мире 111, 116, 117
— кратковременная 143

Память магазинная 166
—, семантическая модель 159
—, характер и структура 255
Паттерн 52—56, 99
Поведение 5 и д.
—, активное начало 211
— безусловно рефлекторное 44
— гомеостатическое 114
— демонстративное 236
— индивидуальное 269
— как последовательность действий 203
— коллективное автоматов 243, 246, 270
— манипуляционное 127
— нормативное 178
— — интуитивное 171, 178
— —, нарушения 180, 181
— — подражательное 118, 125, 237—241
— — —, блок-схема формирования 126
— — —, обучение 125
— — —, продукция 231, 239
— — —, сценарий 241
— — рациональное 171, 178, 225
— — —, осознанность цели 171
— — ритуальное 135, 178, 225—231, 267, 270
— — —, дуэль 225—230
— — —, сказки 233—236
— — —, траектория 231
— — ролевое 178, 242—250
— — —, типовые ситуации 249, 250
— — —, — сценарии 249
—, нормы 177, 231
— общественное 134, 136
— ориентировочно - исследовательское 118, 122—124
— — —, блок-схема формирования 123
— понятийное 263
—, программы 115
— рефлекторное 36, 269
— —, модели 36—44, 169
— ситуационное 178, 250—253
— — аналитическое 178, 182
— — —, осознанность цели 182
— — игровое 118, 124, 178, 182
— — —, обучающая роль 124, 125
— — интуитивное 171, 178
— — —, неосознанность цели 178

- Поведение ситуационное развлекательное 178, 182, 250—252
 — — —, совместное 251
 —, сложные формы 116
 —, — —, модели 140
 —, — —, формирование абстракций 117
 — социально обусловленное 169
 —, схема организации 212
 —, сценарий организации 175
 —, типы 225—237
 —, траектории 203—235
 — условно-рефлекторное 81
 — — —, схемы формирования 81
 — — —, — — — на логических элементах 83
 — — —, — — — нейронах 81—87
 — этическое 206
 Понятие 167
 Поступок 7, 182, 197
 —, замысел 183, 184
 —, как последовательность акций 203
 —, классификация 197
 —, — иерархическая 199
 —, кластер 200
 —, модель 183, 203, 269
 —, —, описание в виде графа 183—190
 —, определение 182, 269
 —, реализация 183, 184
 —, —, описание графом 184, 185, 187, 191
 —, словесная характеристика 195, 199, 200—202
 —, фрейм 192—198
 Предикаты 153
 Привыкание к раздражителям 42
 Продукция 154, 162, 231
 —, Постусловие 232—237
 —, Предусловие 232, 234
 —, примеры 232—237
 —, Условие 232, 234
 —, — применимости 162
 —, центральная часть 232, 234, 238
 Проприорецепторы 112, 119, 122

 Реализация поступка 183, 184, 187, 191

 Референтные группы 183, 184
 Рефлексия 170, 248, 265
 —, ранги 248
 Рефлексы 36
 — безусловные 36—40, 44, 45, 257
 — — с обратной связью 59, 61
 —, комбинации 51, 57
 — условные 73—80, 260, 261, 268
 — —, модели 79, 81—91
 — —, сложные 97
 — —, формализованное описание 76—80
 —, цепочки 61, 258
 — экстраполяционные 94, 95, 116
 Рефрактерный период 82, 108
 Рецепторы 21, 23 и д.
 —, блок обработки сигналов 254—256
 Робот 71, 145
 — антропоморфный 71
 — промышленный 71
 — Спида 145—148
 Робототехника 145
 —, законы 146, 179
 Роли 134

 Связи ассоциативные 117
 — веса 166
 — нейронов 106
 —, остаточное возбуждение 142
 —, причинно-следственные 166
 —, торможение 142
 Сеть дискретная ситуационная (ДСС) 160
 — — —, истоки 160
 — — —, стоки 160
 — семантическая 265
 —, М-сеть 141—148
 Сигналы 26 и д.
 — возбуждающие 33, 34
 —, преобразователи 258
 —, раздражители 256
 — рассогласования 62
 — тормозящие 33, 34
 — управляющие 256
 Синапс 32
 Система усиления — торможения (СУТ) 144
 Ситуации 121
 —, описание обобщенное 153, 163

Ситуации, описание первичное 153
—, оценки АЛДОСом 216—219
—, преобразование 154
— текущие 121, 161, 162
— —, полные образы 122
Сказки 233—236
—, сценарий 234, 235
«Собака» 67
Среда 18, 19
— внешняя 20
— внутренняя 20, 269
—, обратные связи 262
Стереотип 119—121
Стимулы 20, 51, 53 и д.
Счетчик 82
— несовпадений 85
— совпадений 82
Сценарии 175, 271

ТАИР 148—152

Теория искусственного интеллекта 265
— коллективного поведения автоматов 243, 246
Трансакционный анализ 172, 238, 250, 252, 269
Треугольник Хайдера 207, 270

Управление движением 118
— —, синергии 119
— —, схема обучения 121, 122
— ситуационное 159, 269
Установки доминантные 174
— жизненные 173
— —, типы 173, 174

Фрейм 192
—, определение 192

Фрейм поступка 193
Фрейм-классификатор 193, 195—202

Целеполагание 175
— косвенное 175, 236, 270
— прямое 236
Цели 169—175
— глобальные психологические 172, 203
— — —, типы 172, 173
— косвенные 173, 175
— неосознанные 171
— осознанные 171
— прямые 173, 175
—, три интерпретации 171
Циклограмма 50, 60

«Черепашка» 67—70, 91

Эвристические правила 137
Эксперименты модельные 167
Экстеррецепторы 24
Эффекторы 21, 23 и д.

Язык знаков 140

i-модель 141—152
M-автомат 141, 144, 145, 148
M-сеть 141—148
R-комплекс 189, 190

*Модест Георгиевич Гаазе-Рапопорт
Дмитрий Александрович Поспелов*

ОТ АМЕБЫ ДО РОБОТА
МОДЕЛИ ПОВЕДЕНИЯ

Серия «Проблемы науки и технического прогресса»

Редактор *В. М. Витвицкий*
Художественный редактор *Т. Н. Кольченко*
Технический редактор *Е. В. Морозова*
Корректоры *О. А. Сигал, И. Я. Кришталь*

ИБ № 12237

Сдано в набор 22.09.86. Подписано к печати 21.04.87. Т-11166.
Формат 84×108/32. Бумага тип. № 3. Гарнитура литературная.
Печать высокая. Усл. печ. л. 15,12. Усл. кр.-отт. 15,54.
Уч.-изд. л. 16,16. Тираж 42 000 экз. Заказ № 3079. Цена 1 руб.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Наука»
Главная редакция физико-математической литературы
117071 Москва В-71, Ленинский проспект, 15

Ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного
Знамени МПО «Первая Образцовая типография» им. А. А. Жданова
Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 113054
Москва, Валовая, 28.

Отпечатано во 2-й типографии издательства «Наука». 121009
Москва Г-99, Шубинский пер., 6 Зек. 879

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»
ГЛАВНАЯ РЕДАКЦИЯ
ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Серия «Проблемы науки и технического прогресса»

Выйдет в свет в 1988 году

ГОРБАНЬ А. Н., ХЛЕБОПРОС Р. Г. Демон Дарвина: Идея оптимальности и естественный отбор (Аннот. темат. план на 1988, п. 173).

Как математическое моделирование помогает в понимании биологической эволюции и какие из проблем теории эволюции доступны математическому анализу? Это — центральная проблема книги. Почему все разнообразие животного мира разбито на отдельные группировки — виды, разновидности и т. п.? Можно ли описать наследование, не «подглядывая в ответ», не используя результатов объяснения? Что вообще можно считать объяснением? Подробно и почти без формул рассматриваются эти и другие вопросы, разбирается много примеров, обсуждаются различные типы моделей и принципы моделирования.

Для всех, кто интересуется современной биологией и проблемами моделирования — от школьников старших классов и студентов до специалистов — биологов и математиков.

Предварительные заказы на книгу принимаются без ограничения всеми книжными магазинами, распространяющими физико-математическую литературу.

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»
ГЛАВНАЯ РЕДАКЦИЯ
ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Серия «Проблемы науки и технического прогресса»

Выйдет в свет в 1988 году

ХАЗЕН А. М. О возможном и невозможном в науке, или где границы интеллекта роботов. Аннот. темат. план на 1988, п. 174.

Какие законы управляют эволюцией и возникновением живого? К чему привело отсутствие заботы «Об охране окружающей среды» у первичных обитателей Земли? Какое отношение имеют эти серьезные вопросы к «сенсациям» летающих тарелок? Как работает наша нервная система? В чем связь между подвигами Геракла, работой нашей нервной системы и эндокринологией? Существует ли телепатия? В чем общность между фантастикой Айзека Азимова и вопросом о природе мысли?

Читатель книги познакомится с тем, как наука раскрывает подлинно удивительные тайны природы и узнает, каким образом можно догадаться о заведомой ложности популярных «сенсаций». Книга содержит множество интереснейших фактов из области физики, биологии, психологии, медицины и их простые объяснения.

Для всех интересующихся наукой и научным подходом к явлениям природы и жизни.

Предварительные заказы на книгу принимаются без ограничения всеми книжными магазинами, распространяющими физико-математическую литературу.