

тие, площадка лабиринта и т. д., либо как некоторая последовательность сообщений об условиях задачи.

Стимульно-реактивная теория автоматов не дает ответа на вопрос, как может быть преобразована дискретная совокупность в стимульную ситуацию, которой отвечала бы та или иная стратегия. Еще в меньшей степени основные положения СРТА отвечают на вопрос о том, каким образом возможно решение экстраполяционных задач с неопределенной областью поиска. С другой стороны, известно, что человек способен довольно успешно решать оперативные задачи. Способен он также эффективно действовать в условиях такой большой среды, какой являются шахматы. Можно предположить, что эти способности человека реализуются с помощью существенно иных механизмов по сравнению с теми, которые рассматривает СРТА.

Следовательно, СРТА не может быть принята в качестве общей теории устройств переработки дискретной информации.

Более общая теория должна преодолеть ограниченность стимульно-реактивной основы современной теории автоматов. Теория эта должна будет включать в себя анализ процесса построения и работы информационных моделей внешнего мира. Разумеется, с точки зрения собственно технических задач включение динамики внутренних моделей в теорию автоматов не обязательно, как уже указывалось, можно создавать технические устройства, которые имитируют (и только имитируют) поведение человека, опираясь при этом на стимульно-реактивный принцип. Но тогда такая теория не будет общей теорией, описывающей закономерности управления в сложных системах.

2. Принципиальные неудачи кибернетического моделирования процесса принятия решения

Следует признать, что моделирующие возможности современных автоматов все еще невысоки. Так, не вполне удачны предпринимаемые в кибернетике попытки смоделировать с помощью стимульно-реактивных устройств процесс принятия решения человеком. Характерны в этом отношении неудачи так называемого эври-

стического программирования. Это направление в кибернетике критиковалось неоднократно. Здесь следует лишь подчеркнуть глубокую связь неудач этого направления с возможностями отражения ситуации в эвристических программах. Но прежде целесообразно остановиться на некоторых общих принципах анализа принятия решения.

Эти принципы несложны. Предполагается, что система, решающая задачу, — человек или машина — поставлена перед необходимостью выбрать один из вариантов продолжения действий (ходов, перемещений и т. п.), необходимых для достижения цели. Системе задан ряд факторов, которые необходимо учитывать при этом выборе. Вся задача состоит в том, чтобы выбрать наиболее оптимальный в определенном смысле вариант. Предполагается, что в данном случае существует система критериев, которая позволяет оценивать как каждый вариант решения, так и факторы, которые анализируются перед принятием этого варианта.

Так, например, анализируя процесс принятия решения инженером, Дж. Диксон [34] пишет: «Само по себе принятие решения есть компромисс. Принимая решение, нужно взвешивать суждение о ценности, что включает рассмотрение экономических факторов, технической целесообразности и научной необходимости, а также учитывать социальные и чисто человеческие факторы». И дальше, самое главное: «Принять «правильное» решение — значит выбрать такую альтернативу из числа возможных, в которой с учетом всех этих разнообразных факторов будет оптимизирована общая ценность».

На помощь подобному взвешиванию, оценке различных факторов, лежащих в основе принятия решения, привлекается аппарат современной математики, что позволяет дать объективную количественную оценку как выбранной альтернативы, так и факторов, влияющих на процесс выбора. Когда идет речь об использовании математических методов в принятии решения, предполагают, что четко определены цель, альтернативные линии поведения, т. е. различные варианты достижения цели, и факторы, которые необходимо учитывать при выборе одной из имеющихся альтернатив. Следует подчеркнуть, что если хотя бы один из трех компонентов будет не определен или определен недостаточно четко, не может быть осуществлено научно обоснованное принятие

решения, не могут быть использованы математические методы.

Если проанализировать реальный процесс решения, то нельзя не согласиться с тем, что определение цели является необходимым его компонентом. Однако характеристика ситуации, при которой эта цель считается достигнутой, может быть совершенно неопределенной. Если, например, человеку предлагают шахматную позицию и просят, чтобы он, играя за белых, поставил мат в три хода, то мат, конечно, является достаточно определенной целью. Но нетрудно заметить, что цель эта выражена весьма своеобразно, в несколько общем виде. Из такой формулировки цели вовсе не следует, как через три хода должны быть расположены фигуры на доске. Подобная общая формулировка цели, которая, между прочим, характерна для многих действительно проблемных ситуаций, исключает и четкое определение альтернативных линий поведения, среди которых нужно выбирать ведущую к решению последовательность действий. При решении шахматной задачи человек просто знает, что количество возможных трехходовых вариантов в любой позиции весьма велико, поэтому ему нет никакого смысла перебирать и оценивать каждый из них. Таким образом, в действительно проблемной задаче приходится констатировать отсутствие определенности в плане альтернативных линий поведения.

И, наконец, третий необходимый компонент принятия решения — учет существенных факторов — также представляется определенным не полностью уже в простой трехходовой шахматной задаче. Количество признаков фигур, их свойств и отношений обычно чрезвычайно велико. Выявить их все для решающего задачу субъекта не представляется возможным. А если их нельзя выявить в полном объеме, то как же осуществить их количественный учет, взвешивание их значений?

Следовательно, уже для простой шахматной задачи все три компонента, лежащие в основе принятия решения, оказываются неопределенными. Если теперь представить себе, что шахматная задача есть аналог задач весьма широкого класса, задач, которые необходимо повседневно решать человеку в производственных и жизненных ситуациях, то становится понятной ограниченность применения для анализа человеческой интеллектуальной деятельности тех математических методов

принятия решения, которые имеет в виду Дж. Диксон. Характерной особенностью этих ситуаций опять-таки является то, что условия даны в виде совокупности разрозненных элементов, что лабиринт задачи не определен и что поэтому решающая система должна сама формировать возможные варианты решения, прежде чем приступить к проверке и оценке их эффективности.

Начало работы по эвристическому программированию относится к 1957 г., когда американские исследователи А. Ньюэлл, Дж. Шоу и Г. Саймон опубликовали описание программы, способной решать проблемы из области символической логики. Программа эта была названа «Логик-теоретик». Она вызвала огромный интерес главным образом потому, что при ее создании использовались эмпирические методы и правила, выведенные на основе анализа решения подобных проблем человеком.

Основоположники эвристического программирования Ньюэлл, Шоу и Саймон были далеки от мысли рассматривать созданные ими программы лишь в чисто практическом плане. Эти исследователи считали, что их программы являются теорией творческих интеллектуальных процессов человека. Подводя итоги экспериментальных исследований решения задач студентами, Ньюэлл и Саймон подчеркивали, что цель этих исследований — «создать теорию процессов, лежащих в основе поведения испытуемого, когда он работает над задачей, и испытать объяснение теории путем сравнения поведения, которое она предсказывает, и действительного поведения испытуемого» [22]. Развивая эту мысль, Ньюэлл и Саймон писали: «Если мы достигнем успеха в создании программы, которая имитирует поведение испытуемого достаточно точно в значительном ряду ситуаций решения задачи, тогда мы сможем рассматривать программу как теорию поведения» [22].

Разработанные эвристические программы принесли их создателям глубокое теоретическое удовлетворение: программы эти в отношении возможностей описания мыслительной деятельности человека выполняли, по мнению авторов, ту же роль, что и дифференциальные уравнения в физике в отношении динамических процессов материального мира [22]. Такое заявление чрезвычайно многообещающе и ответственно. В случае, если оно справедливо, все развитие психологии могло бы пой-

ти под воздействием идей и принципов эвристического программирования.

Для того чтобы ответить на вопрос, насколько справедливы теоретические претензии представителей этого кибернетического направления, рассмотрим в общем виде его основные принципы на примере работы программы «Общий Решатель проблем» (ОРП). По существу, это единственная программа, в которой лабиринтный принцип был доведен до логического завершения.

В этой программе различаются объекты, цели и операторы. Объектами считаются те или иные ситуации, например структуры задач математической логики или другие проблемные задачи. Ситуации, которые необходимо достичь, называются целями. Программа достигает эти цели, применяя к объектам операторы, которые преобразуют имеющиеся объекты.

В программе ОРП используются три типа целей и некоторая совокупность методов их достижения.

I тип цели — преобразовать объект a в объект b . Для достижения этой цели объекты сравниваются между собой и находится различие d между ними. Если различия нет, цель считается достигнутой, если различие есть, возникает новая цель — уменьшить это различие, для чего необходимо применить некоторый оператор к объекту a . Применение оператора приводит к преобразованию a в объект c , в связи с чем снова возникает цель — преобразовать c в b . Следовательно, достижение цели I типа состоит в последовательном изменении заданной ситуации (рассматриваемой как единый объект) до тех пор, пока не будет достигнута искомая ситуация (также рассматриваемая в виде единого объекта).

II тип цели — применить оператор q к объекту a . Для того чтобы выполнить задачу преобразования одного объекта (или ситуации) в другой объект (или ситуацию), необходимо предварительно определить, возможно ли применение оператора q к объекту a . Если это возможно, то оператор применяется; если нет, то определяется различие между a и объектом, к которому q применим, после чего, если опять-таки возможно, путем достижения цели I типа создается новый объект a_1 , который является модификацией объекта a . Затем оператор q применяется к объекту a_1 .

III тип цели — уменьшить различие между объектами. Для этого находится оператор, который соответствует данному различию, и задается цель — применить этот оператор к первому из объектов. Если это удастся, то в результате первый объект a преобразуется в некоторый другой объект c , который будет меньше отличаться от второго из объектов b .

К программе прилагается список операторов или способов преобразования, которые могут быть использованы в отношении тех или иных объектов.

В эвристическом программировании любая задача рассматривается как лабиринт, начальной площадкой которого являются условия, конечной площадкой — цель.

Задан некоторый набор операторов, применяя которые можно преобразовать одну площадку в другую, иными словами, двигаться по лабиринту. Используемые в работах по эвристическому программированию психологические понятия «анализ средств и целей», «планирование» не имеют собственно психологического содержания и означают лишь некоторый порядок действий по применению операторов и преобразованию объектов в указанном выше смысле.

Лабиринтный подход к процессу решения задач определяет и содержание основного понятия эвристического программирования — понятия эвристики. «Мы используем термин „эвристический“, — пишут авторы, — при определении любого принципа или устройства, которые вносят вклад в сокращение среднего числа проб при решении» [22]. Примером такого рода эвристики является определение конечной площадки лабиринта и целенаправленный перебор вариантов для достижения этой площадки. Однако подобный прием может быть использован лишь в том случае, если определение конечной площадки в исходном лабиринте возможно. Если же сама площадка не определена, что характерно для собственно творческих задач — экстраполяционных задач с неопределенной областью поиска, такого рода эвристика неприменима.

Если принять приведенное выше определение эвристики как приема, сокращающего перебор вариантов, то нетрудно увидеть, что эвристика с этой точки зрения — это готовый, фиксированный в каком-то смысле статический, застывший способ решения задач. Основной же целью моделирования мышления является построение математической теории *процесса*, приводящего к решению.

Неудовлетворительность определения эвристики как приема, сокращающего перебор вариантов, подчеркнул известный математик Ван Хао: «Слово эвристика обычно понимается как синоним для „искусства открытий“, однако часто оно обозначает лишь частный метод, который не гарантирует общего решения данной проблемы. Эта двусмысленность наделяет слово эмоциональным оттенком, который может вводить в заблуждение при дальнейших научных изысканиях. Более знакомое и менее вдохновляющее слово «стратегия», по-видимому, является более подходящим» [35]. Эти слова были ска-

заны по поводу понимания эвристики Ньюэллом, Шоу и Саймоном, и с ними нельзя не согласиться.

Действительно, отмеченная Ван Хао эмоциональность и даже известная склонность к сенсационности в определенной степени присущи представителям эвристического программирования. Так, рассказывая об одном из своих экспериментов, эти исследователи говорят, что их испытуемый при решении одной из задач ограничился числом путей решения, меньшим, чем двенадцать. Из этого обстоятельства делается вывод: «Комбинация эвристических приемов, которые он использовал, позволила ему сократить примерно в 500 000 раз число проб, которое потребовалось бы при слепых пробах и ошибках» [22]. Подсчет такого рода действительно мог бы иметь смысл, если бы испытуемый знал о возможных вариантах, если бы, как говорят психологи, вся совокупность вариантов была бы ему репрезентирована. Но субъект, решающий задачу, разумеется, не имел никакого представления о количестве возможных выборов. Следовательно, для него вообще не существовало всего лабиринта и он поэтому не мог выбирать свои двенадцать вариантов из всей совокупности возможных путей. А в этих условиях приведенный сенсационный подсчет теряет всякий смысл.

Принципы эвристических программ как теории творческой деятельности человека неоднократно подвергались обсуждению в психологической и кибернетической литературе. Указывалось, что, вопреки мнению создателей этих программ, в них реализуется лишь некоторый частный подход к психологии мышления, что методические приемы или эвристики, которые используются для уменьшения лабиринта задачи, не могут быть рассмотрены в качестве математической теории процесса решения задач человеком. По-видимому, вообще факт принципиальных различий между эвристическими и алгоритмическими программами и правомерность использования термина «эвристический» в отношении приемов, сокращающих перебор вариантов, вызывают определенные сомнения [36].

Однако наряду с критикой теоретических притязаний представителей эвристического программирования, следует признать, что в их работах действительно были затронуты некоторые принципиальные проблемы психологии мышления, и дальнейшая разработка как психоло-

гической теории продуктивного мышления, так и средств описания интеллектуальной деятельности человека оказалась связанной с анализом этих проблем, возникших на стыке психологии и кибернетики. Таким образом, эвристическое программирование оказалось полезным.

Анализ показывает, что к числу таких пограничных проблем следует отнести прежде всего проблему соотношения материала задачи, ее условий и тех операций, последовательность которых приводит к нахождению решения. Это относительно старая психологическая проблема, отчетливо осознанная еще немецким исследователем О. Зельцем, который разделил материал задачи и операции по преобразованию этого материала. Зельц понимал, однако, что в реальной мыслительной деятельности человека оба эти компонента теснейшим образом связаны между собой. Он, в частности, ставил проблему детерминации процесса решения самой задачи. Но Зельцу не удалось преодолеть выдвинутого им самим различия. Разобщение между отображением материала задачи и операциями по ее решению особенно отчетливо выступило в тех местах исследования Зельца о продуктивном мышлении, в которых указывается, что проблемная ситуация является раздражителем, в ответ на который последовательность операций возникает как некоторый рефлекторный акт.

С. Л. Рубинштейн подверг критике эту точку зрения Зельца. В работах С. Л. Рубинштейна и его учеников были намечены некоторые реальные пути преодоления разобщения между отражением условий задачи и операциями по ее решению [12]. При этом следует отметить, что как у Зельца, так и в ряде работ других авторов не очень четко выступают различия между собственно интеллектуальной операцией как некоторым актом субъекта, таким, например, как анализ или абстракция, и реальными, предметными операциями по преобразованию объектов. Соотношение операций последнего типа с отображением материала задачи еще не было специально исследовано в психологии мышления.

Собственно эта психологическая проблема и возникла перед представителями кибернетики, и в частности эвристического программирования. Пример ее решения был приведен выше. Описание программы ОРП свидетельствует о том, что разобщение между условиями задачи и операциями по их преобразованию в данном слу-

чае проведено существенно более определенно и резко, чем в работах Зельца, последователями которого являются основоположники эвристического программирования. Как указывалось, условия задачи рассматриваются в данном случае как нерасчлененное целое, как единый объект, пассивный в своей основе, от которого полностью отделены способы преобразования или, иначе, операторы. На этом принципе построены не только эвристические, но и многие другие программы. В некоторых программах, например для игры в шахматы, учитывались свойства элементов, составляющих позицию, однако этот учет нужен был лишь для того, чтобы одним числом взвесить, оценить ту или иную позицию как единое целое.

На данном этапе анализа есть все основания полагать, что разобшение материала задачи и операций по ее преобразованию является одной из причин наблюдающейся в ряде случаев неэффективности машинных программ по сравнению с мыслительной деятельностью человека. Существенно также и то, что некоторые задачи вообще не могут быть представлены в виде лабиринта. Так, не имеет смысла лабиринтное изображение известной в психологии творческой задачи: построить из шести спичек четыре равносторонних треугольника. Эта и ряд других задач с «лабиринтной» точки зрения могут быть представлены лишь в виде только двух площадок — начальной (условия задачи) и конечной (решение). Для таких задач в силу отсутствия лабиринтной структуры не может быть наперед задан фиксированный набор операторов по преобразованию исходного материала. Характерно, что задачи именно такого типа могут быть рассмотрены как собственно творческие.

В связи с перечисленными соображениями, необходимо проследить, как в интеллектуальной деятельности человека отображение условий задачи порождает стратегию преобразования этих условий, приводящую к решению (или к попытке решения). В качестве экспериментального материала при этом должны быть использованы такие задачи, которые, с одной стороны, могли бы быть выражены в виде лабиринта, с другой стороны, требовали бы от человека построения новых стратегий, т. е. могли бы в какой-то степени рассматриваться как творческие задачи.

Этим условиям в полной мере удовлетворяют те проблемные ситуации, которые были выше охарактеризованы нами как оперативные задачи. Особенно удачной экспериментальной моделью творческой деятельности в этом отношении являются шахматы. Как известно, именно в шахматных задачах и потерпели неудачу некоторые принципы составления кибернетических программ, в том числе и программа ОРП, которая рассматривалась ее авторами Ньюэллом, Шоу и Саймоном в качестве теории творческого мышления человека.

Для того чтобы понять некоторые важные моменты процесса формирования стратегии в деятельности шахматиста, достаточно обратить внимание на то, как происходит анализ позиции. Многие более или менее опытные шахматисты скажут, что фигуры, составляющие позицию, воспринимаются ими как живые. Конь как бы «стремится» напасть на слона, который, в свою очередь, «хочет» укрыться в безопасном месте. Эта своеобразная «жизнь» фигур в голове шахматиста как раз и порождает тот или иной вариант игры, движение по лабиринту. Подобное «оживление» фигур может быть охарактеризовано как построение в голове шахматиста их динамических моделей.

То обстоятельство, что модели фигур, будучи построены в голове шахматиста, оказывают влияние на формирование стратегии, было объективно зарегистрировано с помощью фиксации движения глаз. Шахматисту на несколько секунд предъявлялась сложная шахматная позиция, в которой содержалась выигрышная комбинация. Инструкция требовала найти лучший ход. В этих опытах было обнаружено, что за несколько секунд испытуемый успевал совершить много движений глаз по шахматной доске. При этом основные маршруты движения глаз и точки фиксации оказывались в районе тех фигур, которые составляли основу ситуации. Анализ маршрутов показал, что формированию стратегии предшествовало выявление признаков фигур, установление отношений между ними, а не перебор вариантов, не последовательное опробование и отвержение их.

Из всех существующих слов и понятий, которые используются для обозначения продуктивного мыслительного процесса, наиболее адекватным, наиболее подходящим словом является русское слово «соображение». В этом слове отражается психологическое содержание и

сущность процесса принятия решения. Решение принимается «сообразно» ситуации, на основе образов или моделей составляющих ее элементов.

*
* *
*

После того, как были охарактеризованы основные недостатки современной теории автоматов и эвристического программирования или, с другой стороны, основные преимущества человеческого мышления по сравнению с ними, необходимо перейти к рассмотрению путей и возможностей дальнейшей разработки проблемы кибернетического моделирования мышления.

Глава 8

МОДЕЛИ ЦЕЛЕСООБРАЗНОГО ПОВЕДЕНИЯ, РЕАЛИЗУЕМЫЕ КОНЕЧНЫМИ АВТОМАТАМИ

1. Постановка задачи

Как уже отмечалось, обычные конечные автоматы, как детерминированные так и недетерминированные, (читателю известны уже определения детерминированного и недетерминированного автоматов, приведенные в гл. 7) являются моделью стимульно-реактивного поведения. Несмотря на это, с их помощью удастся иногда решать задачи, которые с точки зрения результата могут быть отнесены к сложным поведенческим актам. В этой главе мы рассмотрим ряд таких задач.

Поместим автомат в некоторую среду, в которой и будет протекать его «существование». Пусть взаимодействие

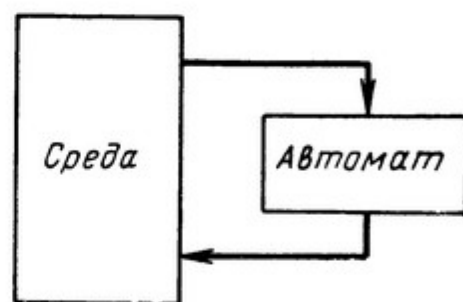


Рис. 8.1.

автомата со средой осуществляется так, как это показано на рис. 8.1. Как видно из рисунка, выходные сигналы автомата могут воздействовать на среду. Автомат имеет возможность выдать в среду конечный набор сигналов (действий) из множества $\{z_1, z_2, \dots, z_m\}$.