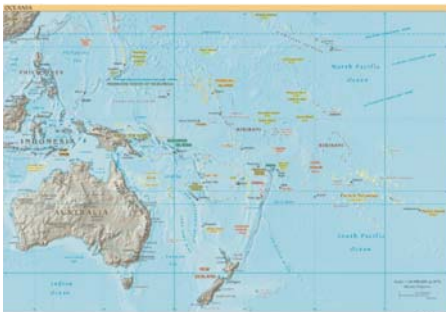


Привлечение произвольного внимания обычно ассоциируется с субъективным ощущением умственного усилия.

Л. Наккаш, С. Деан, Л. Коэн, М.-О. Абер,
Э. Гишар-Гомес, Д. Галано и Ж.-К. Виллер (2004)



Высший уровень решения задач. Микронезийская навигация — пример чрезвычайно сложного для успешной реализации практического опыта. Если бы не этот навык, то жители островов Тихого океана не могли бы осуществлять навигацию на маленьких судах, путешествовать от острова к острову, проплывая сотни миль, как они делают в течение нескольких тысяч лет. Звездный компас (*вверху*) является изобретением океанийских мореплавателей, которые придерживались определенного направления плавания, измеряя угол восходящих и заходящих звезд в ночном небе относительно Полярной звезды. Высокий уровень знаний по навигации разрабатывался, сохранялся и передавался. Каное с балансиром — очень эффективный способ передвижения на длинные дистанции, но вряд ли безопасный.

Глава 10

Мышление и способность решать задачи

Содержание

1.0. Рабочая память	15
1.1. Рабочая память перекрывается с вниманием, осознанными событиями и эпизодическими воспоминаниями.	15
2.0. Эксплицитное решение задач	19
2.1. Исполнительный контроль при решении задач.	22
3.0. Умственная нагрузка и корковая активность.	27
4.0. Использование существующих знаний	30
4.1. Практика и тренировка могут изменить сетевое взаимодействие в мозге	31
4.2. Семантическая память	32
4.3. Абстрактные понятия, прототипы и нейронные сети.	34
4.4. Знания формируются в виде нейронной сети	35
4.5. Умозрительные недостатки.	37
4.6. Определение количества и числа	39
5.0. ИмPLICITное мышление.	40
5.1. Чувство о наличии знания.	41
6.0. Заключение	47
7.0. Задания и упражнения к главе 10	48

У человека решение задач осуществляется двумя способами, эксплицитным и имPLICITным. Эти два варианта значительно различаются. Эксплицитное мышление содержит четкие, осознаваемые конечные и промежуточные цели и точно определенные шаги для того, чтобы прийти от начальной точки к решению. В качестве примера из повседневной жизни можно привести умственный арифметический счет. Эксплицитное мышление требует более значительного контроля со стороны высших отделов мозга, повышенную умственную нагрузку, более частое привлечение сознания, и более широкое вовлечение корковых областей мозга.

В отличие от этого имPLICITное принятие решения может быть более привычным, так как мы обучаемся и практикуем большое число навыков с начала жизни. Такие навыки по поиску и принятию решения с практикой становятся более искусными, имPLICITными (не осознаваемыми) и автоматическими. Примером может служить понимание этого написанного предложения или логическое завершение предсказуемого предложения, так что мы можем сказать, какие слова должны быть в конце. ИмPLICITное принятие решения требует меньшего контроля со стороны исполнительных отделов по сравнению с эксплицитным вариантом, меньшего привлечения сознания, меньше умственной

нагрузки и вовлечения корковых областей. С другой стороны, данный вид решения задач в большей степени зависит от долговременной памяти и высоко-тренированных навыков. Очень часто неявными целями обучения является перевод эксплицитного принятия решения в имплицитное.

В области мышления продолжается исторический спор между локальными и распределенными функциями мозга. С помощью методов визуализации мы обнаруживаем гораздо больше локальных областей и процессов, чем раньше. В связи с этим нам может показаться, что теория локализации функций мозга выигрывает этот спор, но этого (еще) не случилось. Несмотря на то что более маленькие и специфичные участки мозга могут быть исследованы, доказательства широкого распределения процессов до сих пор очевидны (см. гл. 9). В связи с этим некоторые теоретики разрабатывают модели, которые включают в себя локализационный и распределенный подходы к проектированию нейронных сетей.

ПЕРСПЕКТИВЫ КОГНИТИВНОЙ НАУКИ

Произвольное внимание и непосредственная память



Рис. 10.1. Нельсон Кован (Nelson Cowan), кандидат наук, факультет психологических наук, Университет Миссури, Колумбия, США

Любая задача, которую мы пытаемся решить в нашей повседневной жизни, создает спрос на произвольное внимание — о чем мы даем себе отчет, — а также на объем непосредственной памяти. Также от нас требуется контролировать, на чем сфокусировать внимание. Нельсон Кован посвятил свою успешную карьеру изучению этих «ограниченных емкостных свойств» человеческого мозга вместе с их постоянными взаимодействиями с огромным хранилищем долговременной памяти (рис. 10.1 и 10.2). По словам Кована, «то, что служит главным емкостным ограничением рабочей памяти... очень тесно связано с содержанием сознательной психической деятельности» (2008).

Произвольное внимание, согласно исследованиям Кована, еще более ограничено, чем ранее считалось психологами. При тщательном проведении экспериментов с исключением возможности мысленного повторения и группировки предметов объем произвольного внимания сокращается до четырех и менее объектов. Согласно же традиционным взглядам непосредственная память может сохранять «семь плюс или минус два» различных объекта, но это справедливо только при их мысленном повторении человеком. Если испытуемых просят произносить последовательность звуков «the... the... the» для предотвращения перечисления запоминаемых предметов, объем памяти сразу падает до четырех. Ограничение памяти четырьмя объектами ассоциируют с участием задней теменной коры в этом процессе, однако до сих пор продолжается спор о мозговой основе ограниченной емкости памяти.

«Магическое число четыре» является достаточно стабильным для объектов разного типа — чисел, коротких слов, простых звуков, зрительных объектов и т. д. Кован считает, что это применимо как для абстрактных понятий, так и для перцептивных событий, образов и внутренней речи. Для того чтобы мысленно сложить два числа, мы должны на несколько секунд, пока мы производим вычисление суммы, задержать их в памяти. Для понимания смысла длинного предложения человеку

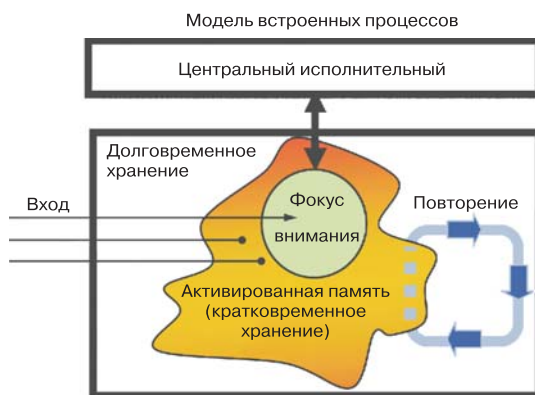


Рис. 10.2. Когнитивный психолог Нельсон Кован предполагает, что непосредственная память может быть представлена как активированная часть долговременной. Например, мысленное повторение слов активирует существующий словарный запас в длительно хранимом знании языка. *Любопытно, что для сохранения в долговременной памяти новых ассоциаций между уже известными элементами необходима одновременная фокусировка на них внимания.* Очень важно воспринимать непосредственную память и концентрирование внимания, внутреннее повторение и другие компоненты «рабочей памяти» (РП) как постоянно существующие аспекты нормальной когнитивной деятельности. Таким образом, элементы РП могут быть частично заимствованы из ДВП, и внутренняя речь может запросто использовать мозговые возможности «внешней речи». (Источник: Nelson Cowan, из личной переписки.)

необходимо сохранить его первую часть в непосредственной памяти для того, чтобы постичь смысл второй части. Предшествующее предложение служит отличным примером этого явления. Однако существуют данные о кодировании каждого значимого куска длинного предложения в семантическую единицу, например фразы «Для понимания смысла длинного предложения»... Люди очень искусны в семантическом кодировании информации из-за постоянной тренировки при попытках понять сказанное при общении. Мы стараемся преобразовать слова в смысл так быстро, как мы это можем.

Проблема заключается в том, как наилучшим образом использовать ограниченные ресурсы, с которыми мы родились. Одним из подходов служит мысленное повторение последовательности чисел. С тренировкой предел нашей рабочей памяти повышается до традиционного «семь плюс или минус два объекта». Но в этом случае мы уже используем как произвольное внимание, так и емкость непосредственной памяти для внутренней речи и мысленного повтора.

Мы также можем снизить заполнение непосредственной памяти, написав заметку или выделяя предложение в книге. Но письменность является относительно недавним изобретением человека, не считая такие возможности, как аудио- или видео-записи. До возникновения письменности человечество все равно было способно к решению сложных задач, в чем мы убеждаемся на примерах культур, которые не используют письмо. Они опираются на свою долговременную память (ДВП), мнемоническую схему и тщательно выработанные знания об устройстве мира. Многие культуры используют такие речевые схемы, как стихотворные ритмы или аллитерации, мелодичный напев или стихотворный шаг. Именно поэтому маленькие дети легко выучивают алфавит посредством песни. Это является неплохим способом освоить и анатомию мозга.

Человек может решать задачи при помощи произвольного внимания и непосредственной памяти при условии использования их совместно с огромными библиотечками долговременной памяти. Каждое прочитанное вами слово задействует на короткое время немного ресурсов ограниченного произвольного внимания, но тот факт, что вы знаете около 100 000 слов и их значения, позволяет обрабатывать большие «блоки слов», а не просто бессмысленные всплески и бульканье звуков.

Часть ДВП, задействованной в текущих процессах, Кован называет активной памятью. Во время чтения данного параграфа ваша активная память содержит информацию о том, что вы освоили из этой главы, а также все аналогичные знания из других источников. Как у авторов, все наше стремление направлено на попытки связать научные факты со знанием, которое студенты могут напрямую использовать.

Кован указывает на существование как временного, так и емкостного предела. Из рис. 10.2 видно, что фокус внимания, в котором находятся осознаваемые в настоящий момент события, имеет емкостной предел. В противоположность этому, «активная память» на рис. 10.2 может иметь временной предел, т. е. исчезать со временем. Например, при сосредоточении внимания на чтении этого предложения вы можете заметить постепенное забывание его через несколько секунд.

Согласно предположениям Кована, данная система с ограниченными возможностями может, на самом деле иметь оба из этих двух пределов, в зависимости от фокуса внимания. Если мы настраиваем узкий фокус внимания, то только один объект может быть сознательно воспринят, но при широком фокусе могут быть восприняты до четырех различных объектов. Как известно, такая схема работает для зрения. Зрительное внимание концентрируется или нет на различных деталях, и мы можем наблюдать, как в мозге активируются перекрывающиеся области коры при взаимодействии процессов контроля над зрительным вниманием и движением глаз (гл. 8). Таким образом, зрительное внимание и движения глаз могли совместно развиваться в процессе эволюции позвоночных животных. Схожий скрытый «потенциал увеличения внимания», возможно, эволюционировал вместе с изменением фокусировки в зависимости от интенсивности света. Эта гипотеза, по крайней мере, может быть проверена при помощи современных методов визуализации работы мозга (Cowan, 2008).

На некоторые вопросы до сих пор нет однозначного ответа. Например, Оберауэр и Биалкова (Oberauer, Bialkova, 2009) считают, что существует сознательный фокус внимания, нацеленный только на один объект, наряду с «внешней границей», в которой содержатся от трех до пяти объектов. Но данное несогласование в предельном числе воспринимаемых объектов не является существенным.

Узкое горлышко в потоке мысленной информации имеет сильный эффект на процессы обучения и решения задач. Люди различаются между собой способностями направлять и удерживать фокус внимания, игнорировать отвлекающие события и продолжать выполнять сложное задание. Эти различия коррелируют с индивидуальными особенностями когнитивной деятельности, как общий уровень интеллекта, упорство и время подготовки реакции. Кроме того, они развиваются предсказуемым образом в течение жизни.

Халфорд, Кован и Эндриус (Halford, Cowan and Andrews, 2007) выдвинули предположение о существовании особой связи между рабочей памятью и логическим мышлением, как в задаче «Рыцари и мошенники» (2007; http://en.wikipedia.org/wiki/Knights_and_Knaves). Задача про рыцарей и мошенников может быть решена размещением элементов (А и Б) в группы (рыцари или мошенники).

Емкостной предел для рабочей памяти и мышления может быть соотнесен с числом связей в ячейках координатной сетки или взаимосвязей. Рабочая память ограничена приблизительно четырьмя активными объектами, тогда как образы при логическом мышлении лимитированы четырьмя взаимосвязанными переменными.

Литература

1. Cowan, N. (2008). What are the differences between long-term, short-term, and working memory? *Progress in Brain Research*, 169, 323–338.
2. Halford, G.S., Cowan, N. and Andrews, G. (2007). Separating cognitive capacity from knowledge: A new hypothesis. *Trends in Cognitive Sciences*, 11 (6), 236–242.
3. Oberauer, K. and Bialkova, S. (2009). Accessing information in working memory: Can the focus of attention grasp two elements at the same time? *Journal of Experimental Psychology General*, 138 (1), 64–87.

1.0. Рабочая память

В широком смысле, термин «рабочая память» (РП) является частью принятия решения, речи и мышления (гл. 2). Рабочая память — это «набор умственных процессов по удержанию лимитированного объема информации во временно доступном состоянии для обеспечения когнитивной деятельности» (Cowan *et al.*, 2005). Рабочая память нам необходима при выполнении арифметических операций, для поддержания разговора и для решения задачи по поиску пути — каким образом отсюда я могу дойти до дома? Вы не можете понять смысла предложения, которое вы сейчас читаете, без существования набора слов, идей и синтаксиса в оперативной памяти.

Когда мы думаем над какой-нибудь задачей, мы постоянно пользуемся внутренней речью и зрительно-пространственными образами, тем самым направляя внимание на то, что в данный момент имеет первостепенное значение. Как было написано в гл. 8, внимание обеспечивает восприятие нами сенсорной информации, внутренней речи и формирования программы действия. И наконец, то, о чем мы думаем в настоящий момент, взаимодействует с тем, что мы уже знаем — с воспоминаниями, знаниями и навыками в долговременной памяти. Каждое движение глаз, которое вы совершаете, основано на длительно практикуемом навыке (см. гл. 9). Таким образом, все составные части схемы на рис. 10.3 вовлекаются в процессы мышления и решения задач.

Удивительным является то, что большая часть данной главы вовсе не о цветных участках схемы, а о ряде серых прямоугольников внизу рисунка. Цветные блоки отражают активные процессы, те, что требуют нейрональных залпов и интеграции ответов. Но они очень часто имеют сходные пути, что и предыдущие процессы, которые к этому моменту уже сформировали устойчивые связи нейронных сетей. Исследования с визуализацией мозговой активности могут не показывать такие устойчивые образования, так как они закодированы в силе взаимодействия между нейронами. Следовательно, методы, подобные фМРТ, могут представлять в меньшем количестве объем долговременно хранимых знаний.

1.1. Рабочая память перекрывается с вниманием, осознанными событиями и эпизодическими воспоминаниями

Эксперименты в основном нацелены на разделение рабочей памяти и схожих процессов. Например, в некоторых экспериментах на рабочую память на кошках или обезьянах регистрируют активность одиночных нейронов в префронтальной коре в задачах с отсроченным выбором по образцу. В этих экспериментах



Рис. 10.3. Функциональная схема процесса решения задачи. Рабочая память (РП) постоянно вовлечена в решение задач. Однако РП также помогает использовать сохраненную ранее информацию, такую как набор слов родного языка и их смысл, набор привычек и моторных навыков, а также значительного количества вариантов памяти, которые показаны в серых блоках внизу рисунка

животному предъявляют стимул, затем после исчезновения стимула следует период ожидания, по окончании которого оно должно указать запомненный стимул среди ряда других. Распространенные данные показывают, что нейроны продолжают разряжаться во время периода задержки, что интерпретируется исследователями как рабочая память, с помощью которой животное держит в уме предъявленный стимул, пока ждет возможности совершить требуемое действие (Goldman-Rakic, 1995, см. гл. 9). Селективное внимание выявляется на людях в случае наличия двух конкурирующих сенсорных входов. Сознательная когнитивная деятельность сравнивает сознательные (о которых испытуемые дают отчет) и бессознательные (без отчета) стимулы при помощи экспериментальных методик с несовпадением изображения на сетчатке (см. гл. 6 и 8). Изучение процессов извлечения эпизодической памяти может включать опрос испытуемых об их вчерашнем обеде. Используя условия для точного сравнения, мы обнаруживаем, что «загораются» разные участки мозга. Новые и достоверные знания часто получают при помощи описанных методик.

В то же время на рис. 10.4 и 10.5 показана обширная активация фронтальных и теменных областей коры головного мозга во время выполнения четырех задач на выявление процессов, которые обычно отделяют друг от друга: рабочая память, внимание, извлечение эпизодической памяти и осознанное восприятие. Пересечение областей огромное. Это не значит, что данные процессы имеют одинаковое теоретическое обоснование. Они могут быть разделены экспериментальными методами. Однако не следует забывать, что мозг продолжает работать независимо от того, какие эксперименты мы разрабатываем. В данной главе

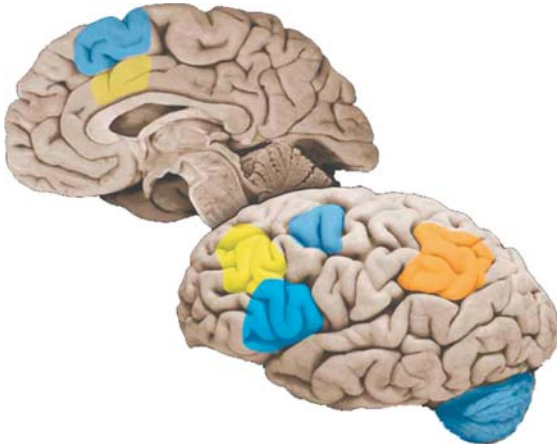


Рис. 10.4. Предположительные области, отвечающие за РП. Области мозга, обычно вовлеченные в процессы образования РП. (Источник: Schneider and Chein, 2003.)

Левое

Правое

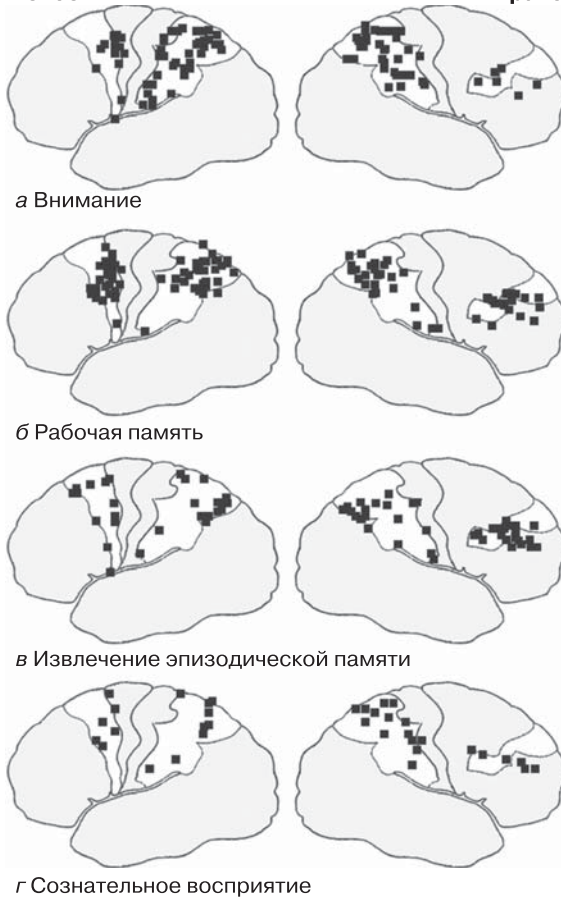


Рис. 10.5. Перекрывающиеся области мозга, ответственные за РП, селективное внимание, извлечение автобиографических воспоминаний и сознательное восприятие. Этот рисунок схематически показывает обширную активацию фронтальных и теменных областей мозга во время четырех разных активностей мозга, которые обычно отделяют друг от друга: РП, внимание, извлечение эпизодической памяти и осознанное восприятие. Существует значительное перекрывание активных областей и поэтому совершенно не очевидно, что данные процессы могут быть разделены. Внимание = выделение стимула, РП = отсроченный выбор, сознательное восприятие = сравнение видимого объекта с неосознаваемым, извлечение эпизодической памяти = осознание автобиографического события, извлеченного из памяти. В то время как эти четыре активности мозга отделяют друг от друга в экспериментах, они имеют множество перекрывающихся свойств. (Источник: Naghavi and Nyberg, 2005.)

мы будем использовать термин «рабочая память» при рассмотрении сознательной и бессознательной когнитивной деятельности, восприятия и долговременной памяти. Большинство активных сторон рабочей памяти требуют сознания и являются произвольными. Таким образом, было высказано предположение, что функции пассивной рабочей памяти могут находиться под контролем сознательных/произвольных процессов, как перцептивный вход, извлечение, повторение, планирования действия и ответные реакции (Baars и Franklin, 2003).

Пределы рабочей памяти создавали для человечества немало трудностей до изобретения и распространения письменности. Сегодня мы можем набросать заметки на листе бумаги или посмотреть информацию по Интернету. Но в период неолита никто не мог написать список продуктов перед началом охоты или сбором пищи. Вероятно, именно поэтому используемые языки содержат много приспособлений и приемов для упаковывания большого объема информации в небольшие блоки: предложения, слова, фразы, поговорки, имена нарицательные, имена собственные и местоимения, все из которых можно рассматривать как указатели и напоминания (рис. 10.6). Мы также концентрируем большой объем знаний в виде абстракций и классификационных схем (блок 10.1). Боль-

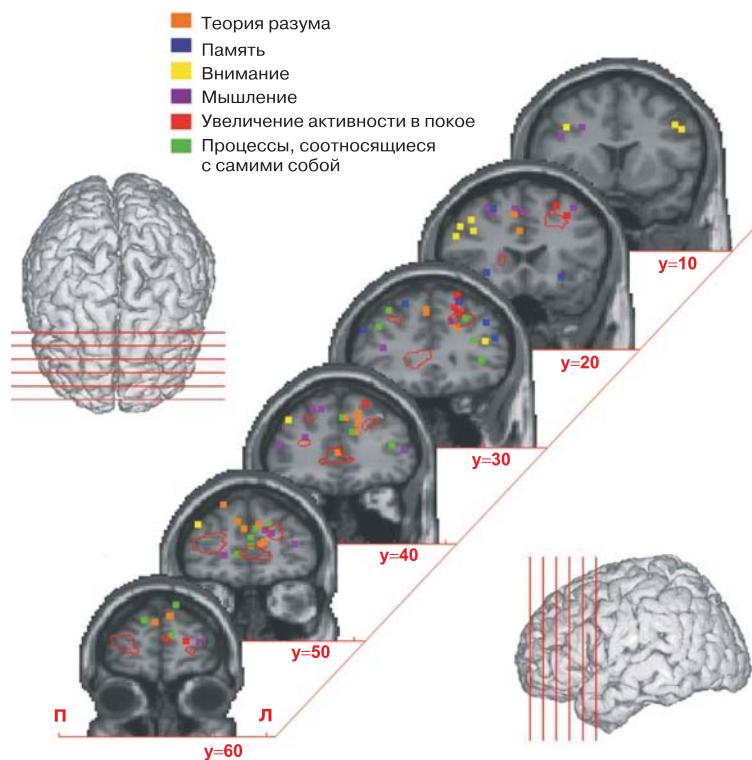


Рис. 10.6. Некоторые участки лобной коры, задействованные в высших мыслительных процессах. Лобные доли также необходимы для продвинутых навыков, простирающихся от возможности понимать намерения других людей до рассуждений, воображения и самопознания. Эти лобные процессы постоянно находятся во взаимодействии с задними и подкорковыми областями мозга. (Источник: Wicker et al., 2003.)

шая часть нашего словарного запаса состоит из подобных ярлыков. Словарный запас естественных языков — сокровищница блоков значимой информации, собранных под влиянием культуры (см. гл. 11).

Каждый блок может указывать на достаточно большой объем знания. В данной книге слово «мозг» может служить связью между всем тем, что вам известно в когнитивной нейронауке. Обращаясь к знанию посредством коротких ярлыков, мы можем оптимизировать наши когнитивные ограничения.

2.0. Эксплицитное решение задач

Были описаны (Unterrainer, Owen, 2006) основные условия эксплицитного решения задач.

В начале объекту требуется создать мысленное представление о текущей ситуации и цели. Далее эти представления должны быть связаны путем определения, какие требуется совершить действия для изменения текущего положения в целевое. Таким образом, задача имеет три основные характеристики: 1) начальная стадия, или стадия, на которой объект определяет начальные условия; 2) стадия цели, или стадия решения, которую объект пытается достичь; 3) шаги, которые объект предпринимает для трансформации начального состояния в требуемое, которое изначально может быть неочевидным (Sternberg and Ben-Zeev, 2001).

Решение задачи можно представить как поиск пути через лабиринт *точек выбора* между возможными *промежуточными целями* к конечной цели. В стандартной головоломке под названием «ханойская башня» предъявляют задачу, как показано на рис. 10.7. Целью головоломки является перемещение трех колец в крайнее правое положение и расположение их в той же последовательности, как было вначале. Эти действия требуют составления промежуточных целей. Схему возможных вариантов называют *пространством задачи* (рис. 10.9). Некоторая последовательность действий ведет к правильному решению задачи,

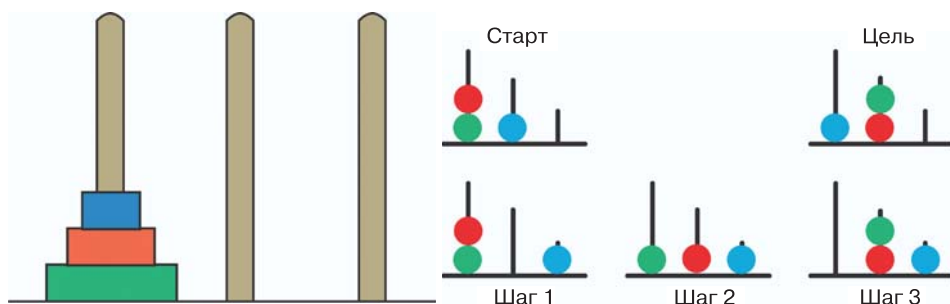


Рис. 10.7. Ханойская башня. Шеллис (Shallice, 1982) использовал головоломку под названием «башни Лондона» (или «ханойская башня») для диагностирования повреждений фронтальных отделов головного мозга. В задаче требуется перемещать кольца последовательно по одному до совпадения с финальной схемой. Уровень сложности этой загадки может изменяться, как показано в правой половине рисунка. Задачи с башнями стандартизировали для клинических испытаний, и в результате было проведено большое количество исследований. Наличие инструкции составлять план действий улучшает выполнение у людей с неповрежденными лобными областями коры головного мозга. (Источник: Miller and Wallis, из Squire *et al.*, 2003.)

Блок 10.1. Каким образом профессиональные шахматисты используют известные игровые позиции

Специальная память для шахматных позиций

Большая часть того, что известно о профессиональной компетенции, относится к работам Де Грота (De Groot, 1946), Чейза и Саймона (Chase, Simon, 1973). Выявление существования четких различий в выполнении задачи на память, включающей кратковременное предъявление шахматных позиций, взятых из турнирных игр, у игроков разного уровня стало одним из неоченимых вкладов, который сделал Де Грот. Обычно игроки уровня мастера спорта и выше могут воспроизвести правильно все расположение фигур, тогда как более слабые шахматисты справляются гораздо хуже (рис. 10.8).

Однако Чейз и Саймон не обнаружили различий в эффективности воспроизведения случайных позиций у трех групп испытуемых: мастеров спорта, у игроков класса А и новичков при использовании модели CHREST (Chunk Hierarchy and REtrieval STructures — иерархия блоков и структуры, ответственные за извлечение). Такое одинаково плохое выполнение задачи со случайным расположением фигур и великолепное воспроизведение позиций мастерами спорта и гроссмейстерами наглядно проиллюстрировали принцип, что знание является ключом к профессиональной компетенции. Данный пример, став классическим открытием, широко цитируется в учебниках по когнитивной психологии и статьях на тему профессионализма.

Однако ранняя версия CHREST, полученная путем доработки и дополнения MAPP (Memory-Aided Pattern Recognizer — средство распознавания паттерна посредством памяти; Simon and Gilmarin, 1973), делала противоположные предположения относительно воспроизведения случайного расположения фигур. При моделировании

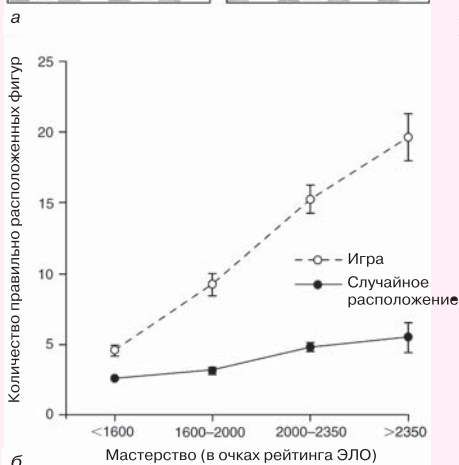


Рис. 10.8. (а) Варианты расположения шахматных фигур, которые обычно используют в исследованиях памяти шахматистов. Изображенное слева расположение фигур было взято из игровой партии мастеров, а справа — случайное расположение фигур, полученное путем их перемешивания. (б) Среднее число (усреднено по 13 опытам) фигур, размещенных правильно в соответствии с функцией координат (игра или случайность), и уровень мастерства. В среднем каждый раз предъявлялось изображение из 25 фигур, а время предъявления составляло ≤ 10 с. Планки погрешностей («усы») отображают стандартные ошибки среднего. (Источник: Gomet and Simon, 1966.)

[. . .]