

А.Л. Шамис

# Подход к построению качественных моделей процессов мышления



В статье приводятся варианты качественных определений мышления. Рассматривается вариант классификации видов мышления. Рассматриваются схемы и общие характеристики процессов мышления применительно к таким его типам, как перцептивный (восприятие), когнитивный (обучение), поведенческий и творческий.

На интуитивном бытовом уровне слово «мышление» всем понятно, однако четкого и полного определения не существует. Занимаясь общими вопросами, связанными с мышлением, тем более моделированием мышления, или только оценкой перспективности этих исследований, нужно хотя бы в каком-то приближении дать определение предмету исследований. Иначе не будет ясности относительно того, о чем идет речь.

## Индуктивные определения

Предлагалось много разных, преимущественно индуктивных, определений, строящихся на перечислении признаков или характеристик явления. Обычно важными характеристиками мышления считаются: память, способность к обучению, наличие семантической модели проблемной среды, индуктивный вывод, дедуктивный вывод, синтез — анализ, ассоциации по сходству, ассоциации по смежности во времени, интуиция, инсайт (озарение), способность к решению неалгоритмических творческих задач, сознание. Этот список, получаемый на основе психологических экспериментов или самоанализа, можно расширять, например, добавляя воображение, умозрительное конструирование, активность, можно и сокращать, поскольку неизвестно, какие характеристики мышления являются необходимыми. В любом случае такое определение может быть лишь очень приблизительным, поскольку входящие в перечень характеристики, в свою очередь, не являются строгими понятиями и чаще всего сами нуждаются в определении. Тем не менее, перечисленные и другие аналогичные характеристики, выявляемые методами нейрофизиологии или психологии, не давая точного определения мышления, безусловно, полезны, указывая направления возможных теоретических и экспериментальных работ.

## Функциональное определение мышления

Может быть, к ответу на вопрос, что такое мышление, полезно идти от анализа задач, для решения которых возник и эволюционно развивался мозг? Живым организмам, в том числе и человеку, для организации эффективного целенаправленного поведения и, в конечном счете, для выживания необходимо

*Шамис Александр Львович — кандидат технических наук, лауреат премии правительства РФ в области науки и техники, автор около ста печатных работ, в том числе трех монографий. Долгое время проработал в Научно-исследовательском центре электронной вычислительной техники. В настоящее время работает консультантом в компании АВВУУ, преподает на базовой кафедре МФТИ. Более сорока лет занимается теоретическими и практическими проблемами искусственного интеллекта, разработкой прикладных интеллектуальных технологий. Основная сфера интересов — моделирование восприятия, поведения и нейронных механизмов мышления. Представления о принципах целостности и целенаправленности живого восприятия применены при разработке систем распознавания рукописных текстов. Один из создателей систем автоматического чтения FineReader и FormReader (FineReader — рукопись).*



приобретение и использование знаний о своей среде обитания. Приобретаемые знания формируют в мозге активную модель окружающего мира. Эта модель используется для восприятия среды, управления поведением в среде и для наращивания самой модели, то есть для обучения. Строя в мозге модель мира, обладающий мозгом субъект отражает в модели выявляемые причинно-следственные связи между объектами и явлениями мира, включая и самого себя как объект мира, стоит иерархии обобщений по линии частное — общее и укрупнений по линии часть — целое. Подчеркнем, что в основе построения модели мира лежит эксперимент, определяющий связи между причинами и следствиями. Средство для построения модели мира — это мыслящий мозг, конструирующий эксперимент по выявлению причинно-следственных связей в мире и отражающий в себе результаты эксперимента. С учетом сказанного можно дать следующее очень общее определение.

Мышление — это **активный процесс в живом мозге**, направленный на:

1. построение в мозге активной иерархической модели среды, необходимой и достаточной для восприятия среды и управления **активным целенаправленным поведением** в многоэкстремальной среде;
2. реализацию процесса активного восприятия среды;
3. реализацию процесса управления поведением в многоэкстремальной среде;
4. реализацию процесса активного обучения;
5. решение неалгоритмических (творческих) задач.

Словами «активный процесс в живом мозге» мы подчеркиваем, что для объяснения мышления важно понять не только то, что делает мозг, но и то, как он это делает. Принципиально также подчеркивание многоэкстремальности задач поведения. Это очень общее предварительное определение может использоваться как исходная рамка для более подробных и более конкретных интерпретаций.

Приведенная дефиниция определяет мышление как сложный многоплановый процесс. Этот процесс имеет свою специфику в зависимости от решаемой мозгом задачи. В этом плане возможны разные классификации видов мышления. Например, можно говорить о перцептивном мышлении, когнитивном мышлении, практическом (поведенческом) мышлении, абстрактном мышлении, образном мышлении, словесно-логическом или понятийном мышлении, репродуктивном простом мышлении, репродуктивном творческом мышлении, созидательном творческом мышлении.

### Перцептивное мышление

Основная информация о среде поступает в мозг посредством зрения. Восприятие, обеспечивающееся другими органами чувств (слух, осязание, обоняние), имеет свою специфику, которая в этой статье рассматриваться не будет. В дальнейшем под словом восприятие будет пониматься, в первую очередь, зри-

тельное восприятие, хотя основные принципы с определенной коррекцией распространяются и на другие сенсорные модальности. Задача зрительного восприятия рассматривалась нами довольно подробно в [3]. Ниже кратко затрагиваются только основные моменты, относящиеся к организации процесса и необходимой структуре модели среды.

Восприятие окружающей среды на основе модели проблемной среды служит для организации зачастую очень сложного поведения в среде. Акт восприятия может рассматриваться как актуализация какого-то фрагмента модели среды. Подобная актуализация может быть и умозрительной (воображение) или актуализацией во сне. Восприятие является целостным. Ситуация не разрывается на отдельные объекты, а воспринимается целиком, со всеми входящими в ситуацию объектами, находящимися в каких-то пространственных и других отношениях. Выделение в восприятии отдельных объектов происходит при поведенческой необходимости за счет направленной концентрации внимания, управляемой пока еще не вполне определенным уровнем воли или сознания. Принцип целостности восприятия распространяется не только на восприятие ситуаций любого уровня укрупнения или детализации, но и на описание в модели и узнавание отдельных конкретных объектов.

Таким образом, информационная модель проблемной среды включает иерархию целостных представлений. При распознавании объектов восприятия любого уровня укрупнения принцип целостности состоит в интерпретации любых распознаваемых объектов в составе более крупных целостных образований — конструкций, отображающих те взаимосвязи из внешней (поведенческой) задачи, в которых участвуют распознаваемые объекты. Эти взаимосвязи образуют внешний контекст интерпретации. Использование внешнего контекста интерпретации позволяет, во-первых, не только правильно выделять и воспринимать те части изображения, которые, при их отдельном восприятии, допускают неоднозначную интерпретацию, но и, во-вторых, повышать надежность восприятия всех объектов, задействованных в той или иной семантической конструкции на всех уровнях укрупнения информационной модели за счет их целенаправленной и совместной интерпретации.

В общем плане целостность информационной модели дает возможность не только правильно интерпретировать части в составе целого и во взаимодействии между собой, но и осуществлять активный целенаправленный процесс поиска и выделения информации, необходимой как для интерпретации объектов восприятия всех уровней укрупнения, так и для использования во внешней по отношению к восприятию задаче поведения.

Еще одной особенностью задачи восприятия является необходимое предвидение ситуаций по модели среды и формирование на этой основе гипотез восприятия.

Из сказанного уже очевидно, что живое восприятие и классическое машинное распознавание обра-

зов — это далеко не одно и то же. При обычном распознавании образов на вход распознающей системы поступает не изображение целостной ситуации, а каким-то образом выделенное изображение отдельно объекта или его какие-то признаки. Распознающая система должна по признакам объекта определить, к какому из известных классов относится данное изображение. Такое распознавание — это не целостное восприятие среды и даже не целостное восприятие отдельных объектов, а классификация по признакам объектов, рассматриваемых по отдельности.

Тем не менее, во многих работах, говоря о моделировании или о каком-то приблизительном описании мышления, зачастую ограничиваются ссылками на распознавание образов, полагая, что это почти одно и то же. Это не так. Классическое распознавание образов это не только не мышление, но и не восприятие среды. В свою очередь, восприятие среды это не мышление в каком-то более или менее полном объеме, а лишь специфическая очень сложная и очень интересная его часть, проливающая, тем не менее, свет на структуру модели проблемной среды и некоторые важнейшие принципы организации работы механизмов мозга. Специфические процессы, связанные с восприятием среды, будем называть перцептивным мышлением.

Итак, процесс перцептивного мышления связан с восприятием, осознанием и пониманием реальной ситуации в среде. Перцептивное мышление — это актуализация в мозге и вывод на уровень сознания части модели среды, включающей реально воспринимаемой органами чувств фрагмент среды. Возникающая при этом в сознании часть среды может выходить за пределы непосредственно воспринимаемого фрагмента как в пространстве, так и во времени. Кроме того, к перцептивному мышлению относятся процессы умозрительного перцептивного конструирования воображаемых объектов и ситуаций. Поясним это на следующем примере.

Я гляжу на экран и вижу появляющиеся на нем символы, слова и фразы. Я вижу монитор, клавиатуру, иногда мышку и поверхность стола... Периферическим зрением менее четко я вижу настольную лампу, телефон и другие находящиеся на столе предметы. При желании я могу переключить внимание и вывести на уровень сознания с любой доступной мне степенью детализации любой из этих предметов. Не оборачиваясь назад, я представляю, что находится у меня за спиной, но это представление является уже обобщенным и не таким точным и детальным. Я слышу направляющиеся ко мне шаги и представляю, кто идет, и догадываюсь зачем. Я могу представить себе не только ситуацию, которая будет через какое-то время, но и ситуацию, которая была в прошлом.

Описанный пример относится к актуализации фрагментов перцептивной части модели среды. Эти фрагменты могут включать как конкретные объекты и ситуации, так и представления разной степени обобщения и укрупнения. Кроме того, я могу себе представить не только то, что в явном виде отображено в моей модели проблемной среды. В моем умозритель-

ном представлении могут возникать объекты и ситуации, не доступные прямому восприятию. Я могу себе представить и то, что я никогда не видел и никогда не увижу, например, избушку на курьих ножках либо другие физически невозможные объекты и ситуации. Представления такого рода можно назвать умозрительным перцептивным конструированием.

Умозрительное моделирование и умозрительное конструирование объединяет с процессами непосредственного реального восприятия то, что все они являются принципиально отображаемыми перцептивными представлениями, хотя бы только в воображении.

Таким образом, перцептивное мышление включает как узнавание отдельных объектов, так и целостное восприятие окружающей среды. Но не ограничивается только этим. Восприятие и умозрительное моделирование среды в процессе перцептивного мышления основывается на принципах целостности, целенаправленности и активности. Разворачиваются и взаимодействуют процессы «снизу вверх» и «сверху вниз» в иерархически организованной модели проблемной среды, отражающей двусторонние связи между частным и общим, а также между частями и целым. Происходит управление процессом восприятия с понятийного уровня. Восприятие в значительной степени основывается на предвидении — «акцептор восприятия». Используется контекст и максимально полная семантическая модель проблемной среды. Формализация и моделирование всего этого представляет собой проблему, очень далекую от решения.

### **Когнитивное (познавательное) мышление**

Когнитивное мышление — это обучение, то есть формирование в мозге модели среды. Обычно считается, что в нейронной модели среды смысловым элементом, то есть конкретным объектам, ситуациям или действиям, соответствуют нейронные ансамбли разных уровней иерархии. Построение в нервной системе отображения среды начинается с формирования в ней простых конкретных чувственных образов объектов, ситуаций и действий. Далее в модели среды строятся причинно-следственные связи между отображаемыми в ней объектами на основе непосредственных парных сочетаний во времени — временных ассоциаций.

Конкретные чувственные образы и простые связи между ними формируются при отображении среды в нервной системе животных. У человека образное отображение среды формируется в правом полушарии головного мозга. Понятийное словесно-логическое отображение формируется в левом полушарии. Образная и понятийная модели функционально и структурно разделены, но работают как единое целое, взаимно дополняя друг друга. Как уже отмечалось, отображение среды в мозге человека, является многоуровневым и иерархическим. Построение иерархической многоуровневой системы представления объектов, ситуаций, действий и процессов происходит одновременно как по линии формирования укруп-



нений (часть — целое), так и по линии формирования обобщений (частное — общее). Формирование в модели отображения среды, включающего понятия высокого уровня укрупнения, обобщения и абстракции, невозможно без вербализации, то есть языка.

В многоуровневой нейронной модели среды происходит активация смысловых элементов (нейронных ансамблей) по вертикали — снизу вверх, то есть от частного к общему, или индукция, и от частей к целому, или синтез. Происходят и встречные возбуждения сверху вниз, то есть от общего к частному, или дедукция, и от целого к частям, или анализ.

Когнитивное мышление во многом опирается на наглядно-образное конструирование (воображение), а также и на наглядно-действенное конструирование. При наглядно-образном конструировании в воображении представляются объекты, в том числе могут устанавливаться непривычные или невероятные сочетания предметов и их свойств. Эти представления играют роль гипотез, требующих проверки. При наглядно-действенном конструировании происходит реальное физическое преобразование ситуации и опробывание свойств объектов. Все сказанное может относиться не только к реальной воспринимаемой или отображаемой среде, но и к формальным и абстрактным, например, математическим объектам.

Как уже говорилось, основная часть модели среды строится на основе личного опыта индивида. Что заставляет животное или человека получать из среды информацию, то есть проводить эксперимент, выявлять причинно-следственные связи и структурировать эту информацию, то есть обобщать, укрупнять и привязывать к уже существующей? У живого организма имеется потребность не в получении информации вообще, а в построении модели проблемной среды, при этом строятся информационные срезы, определяемые его первичными и вторичными потребностями. Живой организм направленно и активно входит во взаимодействие со средой для удовлетворения всех своих потребностей, в том числе и для удовлетворения потребности в построении и дополнении модели среды.

Итак, познание среды активно и целенаправленно. Состоит оно в формировании как конкретных, так и укрупненных и обобщенных представлений объектов среды, а также в определении причинно-следственных связей, формировании гипотез о свойствах исследуемых объектов и в получении информации, необходимой для их проверки. Познание активно еще и потому, что оно непосредственно направлено на гашение очагов возбуждения и оптимизацию функционального состояния нейронной сети [3]. В конечном счете, этот процесс приводит к формированию в мозге целостной модели среды.

Интересно в связи с этим привести цитату из «Словаря практического психолога» (1998) [1]: «Непрерывное генерирование взаимосвязанной системы познавательных гипотез, идущих навстречу внешним стимулам, есть выражение активной природы образа мира — в противоположность традиционным представлениям о познавательных образах как возникающих в результате рефлекторных процессов — реак-

тивных, развертывающихся в ответ на внешние воздействия». Это очень созвучно излагаемому и, в определенной степени, подкрепляет приводящиеся представления. Можно добавить еще, что активный целенаправленный процесс познания имеет много общих черт с процессом активного целенаправленного восприятия.

### **Словесно-логическое (понятийное) и образное мышление**

Развитым мозгом и мышлением обладают животные и человек. В то же время, мышление человека во многом отличается от мышления животных. В значительной степени эти различия определяются тем, что строящаяся в мозге модель проблемной среды человека принципиально отличается от модели проблемной среды животных. Как уже говорилось, в мозгу животного строится так называемая образно-двигательная модель. У человека модель проблемной среды состоит из двух частей — словесно-логической и образной. Эти части имеют не только функциональное различие, но и четкое структурное и пространственное разделение. Словесно-логическая модель расположена в левом полушарии коры головного мозга, образная модель — в правом. Соответственно, в психологии различаются словесно-логическое (понятийное) и образное мышление.

Чем отличаются образная и понятийная модели и связанные с ними типы мышления? В понятийной модели входящие в нее объекты, ситуации, действия и процессы именуется. Это позволяет создавать иерархические многоуровневые обобщения и оперировать не только с конкретными единичными сущностями, но и с их классами. В понятийной модели возможно формирование понятий разной степени абстракции. Например, возможны такие понятия, как «здоровье», «ошибка» или «плохое обслуживание». Часто считают, что словесно-логическое, то есть понятийное, мышление является последовательным. Это не совсем точно. Информация, содержащаяся в модели проблемной среды, не является последовательным описанием, а представляется в виде параллельной иерархической структуры. На этой структуре разворачиваются во многом параллельные процессы поиска путей между очагами возбуждения. Результатом такого поиска (мышления) становятся непротиворечивые в пределах имеющегося опыта причинно-следственные цепочки ситуаций и действий разных уровней обобщения, укрупнения и абстракции. Выбор пути между очагами возбуждения в модели также, по-видимому, в основном параллельный процесс. Последовательным может быть процесс проверки реализуемости или непротиворечивости цепочки переходов.

В образной модели отражаются конкретные объекты, ситуации и действия. Возможность построения обобщений и укрупнений минимально достаточна для процесса восприятия, в первую очередь, зрительного. В нашей терминологии, это только два или три уровня иерархии. Помимо зрительных образов могут восприниматься, запоминаться и воспроизво-

даться в воображении звуки, музыка и простая информация других сенсорных модальностей. Возможность восприятия и понимания более или менее сложной информации, выражаемой словами, минимальна.

Образная модель работает параллельно. В образной модели происходит одномоментное многозначное целостное восприятие объектов и ситуаций. Образное мышление ограничивается преимущественно ассоциациями по сходству и по смежности во времени. И что очень важно, в образной модели происходят основные эмоциональные оценки, в том числе и оценки, на основании которых принимаются поведенческие решения в ситуации выбора. С этими особенностями образной модели связано то, что правое полушарие в основном отвечает за воображение и творчество. В нормальном здоровом мозге человека понятийная и образная модели работают совместно.

Очень приблизительно это взаимодействие может происходить следующим образом. Вспомним Маяковского: «Взвоят и замрут сирены над Гудзоном, будто бы решают выть или не выть. Лучше бы не выли, пассажирам сонным нужно просыпаться, думать, есть, любить». Поэт написал слова, взятые из его понятийной модели. Слова эти появились на основании конкретных, эмоционально оцениваемых образов из его образной модели и их обобщений, сформированных в его понятийной модели. При этом поэту удалось создать типичные, узнаваемые образы так, что у читателя эти слова вызывают из его образной модели его частные образы, их обобщение и эмоциональную оценку, близкие, в общем случае, образам и их эмоциональной оценке поэта.

Образные представления помогают формированию понятийных представлений и, как правило, опережают их. С образно-чувственным представлением объектов, ситуаций, действий и процессов в первую очередь связывается их эмоциональная оценка. С образными представлениями чаще всего связано построение гипотез, с понятийными представлениями — проверка гипотез. Таким образом, понятийные и образные представления работают совместно и дополняют друг друга.

Существует представление, состоящее в том, что для науки, в отличие от искусства, главным, а может быть, и единственным является сухое строгое словесно-логическое или, что то же самое, символично-логическое мышление. Это неверно. Для любой творческой деятельности и, может быть, в первую очередь для науки, необходимы фантазия, воображение, образное мышление, целостное, часто зрительное, представление проблемы, эмоциональная оценка. Многие ученые (Адамар, Пуанкаре, Пенроуз) пишут, что их творческое мышление — момент озарения (инсайт) — часто не имеет словесного выражения. Это можно объяснить не только тем, что в творческом процессе на первом месте стоят образные представления, но и тем, что информация в мозге человека представлена в виде иерархической параллельной структурной модели. Это относится не только к образно-двигательной, но и к понятийной модели. Формулирование результатов творческого процесса в виде линейной символ-

ной (словесной) последовательности происходит на втором этапе мышления.

### Практическое (поведенческое) мышление

Нужно отметить, что строящаяся в мозге модель проблемной среды должна обеспечивать как сложное, так и простое рефлекторное поведение. Однако, схема «стимул — реакция» не пригодна для решения задачи сложного поведения. Поведение не ограничивается ответными реакциями на внешние стимулы и не преследует традиционно рассматриваемой цели «уравновешивания со средой». Главная и постоянная, и непрерывная задача поведения — это удовлетворение первичных и вторичных потребностей, для которого необходимо достижение целевых ситуаций в среде. Эта задача становится особенно сложной, если среда динамична и многоэкстремальна.

Принципиальная особенность большинства задач поведения состоит в их многоэкстремальности. Часто для достижения целевой ситуации живой организм должен проходить промежуточные ситуации, эмоциональная оценка которых отрицательна. Так, животное в процессе достижения целевой ситуации должно расходовать энергию, преодолевать препятствия, вступать в борьбу и т. п. Ввиду многоэкстремальности многих задач поведения их глобальное решение может быть практически невозможно. Однако, когда задача одноэкстремальна, она может быть решена с применением локального алгоритма, при котором не нужно сравнение всех вариантов до конечной целевой ситуации, а ограниченным перебором определяется лишь наилучший одношаговый переход в каждом узле дерева траекторий, то есть движение осуществляется по градиенту целевой функции. Из этого возникает необходимость сведения многопереборных многоэкстремальных задач к малопереборным одноэкстремальным, дающая возможность пользоваться локальным градиентным правилом принятия решения в ситуации выбора. Мозг решает многоэкстремальные задачи поведения за счет построения многоуровневой иерархической модели проблемной среды. С использованием этой модели в процессе мышления ищутся, эмоционально оцениваются и сравниваются укрупненные варианты одношаговых переходов между текущей и целевой ситуациями.

В свете сказанного рассмотрим гипотетический процесс практического (поведенческого) мышления на типичном примере планирования и управления поведением в многоэкстремальной среде. В психологии термин «практическое мышление» чаще всего относят к процессу постановки целей поведения и выработки планов действий. Для определенной привязки к гипотетическим механизмам мышления будем считать практическим (поведенческим) мышлением поиск и выбор лучшего по эмоциональной оценке пути, соединяющего в модели проблемной среды смысловые элементы, соответствующие текущей и целевой ситуациям. Эта же схема подходит для описания, постановки и умозрительного решения формальной задачи, не связанной с реальным поведением в среде.



Итак, свести многоэкстремальную задачу к одноэкстремальной можно, перейдя на новый информационный уровень модели проблемной среды. Этот новый информационный уровень всегда должен быть уровнем обобщения и укрупнения. Однако, просто перейти на более высокий уровень укрупнения недостаточно. Нужно перейти на такой уровень, где возможны **одношаговые** переходы между текущей и целевой ситуациями.

Рассмотрим пример. Пусть я нахожусь в Москве и должен по каким-то причинам быть завтра в Петербурге. Спланировать и оценить перемещение из Москвы в Петербург на уровне элементарных действий невозможно. Поэтому я сначала по имеющейся у меня модели среды выделяю и сравниваю наиболее укрупненные одношаговые переходы. При этом происходит взаимодействие словесно-логической и образной части модели.

Приближенно и грубо это можно представить себе следующим образом. В словесно-логической модели отражены одношаговые переходы, например, лететь самолетом, ехать на поезде, ехать на автомашине, идти пешком. При выборе между ними идет обращение к образной модели, и в сознании возникают образы, соответствующие сравниваемым вариантам, и их эмоциональная оценка.

Вариант ехать на поезде связан с возникающей из памяти одной последовательностью образов, вариант лететь на самолете — с другой. Эти образы и их эмоциональная оценка зависят от конкретного опыта человека и у разных людей могут быть разными. Например, могут возникнуть такие конкретные образы: ночной поезд, сервис в вагоне, соседи в купе, световые мелькания за окном, плохой сон и т. д. Все это в совокупности дает общую эмоциональную оценку. Таким образом, варианты одношаговых переходов порождает словесно-логическая модель, а их сравнение основывается на эмоциональных оценках образной модели.

Выбрав вариант одношагового перехода — ехать в Петербург на поезде, я намечаю достижимые в один шаг последовательные подцели укрупненного, но более низкого уровня: собрать необходимые вещи, ехать на вокзал, взять билет, сесть в поезд, ехать в поезде. Эта последовательность подцелей определяется выбранным одношаговым переходом верхнего уровня и является одношаговыми переходами.

На каждом из этих одношаговых переходов я могу сравнивать и выбирать варианты, выделять подцели и одношаговые переходы более конкретного уровня вплоть до конкретных действий, например, «встать со стула». В рамках каждого одношагового перехода возможна цепочка действий и ситуаций более конкретного уровня, на которых происходит изменение, в том числе может происходить и ухудшение эмоциональной оценки рассматриваемой ситуации. Однако это уже не имеет решающего значения — за все «отвечает» более высокий и в первую очередь самый высокий уровень укрупнения модели среды.

На каждом уровне модели выбирается просто лучший из возможных одношаговых переходов, даже

если все они имеют отрицательную эмоциональную оценку. На самом высоком уровне — уровне удовлетворения потребностей (в рассматриваемом случае потребность это быть завтра в Петербурге) выбираемый лучший одношаговый переход должен иметь положительную общую эмоциональную оценку, являющуюся совокупной оценкой пути и цели. В противном случае человек (животное, система) в данной ситуации не справляется или плохо справляется с задачей удержания регулируемых переменных внутри области допустимых значений [3].

Итак, целевая функция максимизируется на наиболее высоком одноэкстремальном уровне модели проблемной среды. Таким образом, реализуется локальный алгоритм принятия решения. При выборе решений с необходимостью делаются лишь предварительные приблизительные оценки изменения целевой функции, основанные на умозрительном моделировании и предвидении с использованием многоуровневой модели проблемной среды.

На основе сравнения одношаговых переходов и выбора лучшего из них по эмоциональной оценке в соответствии с принципом доминанты А.А. Ухтомского [2] формируется и фиксируется главная поведенческая доминанта и тормозятся остальные. Доминанта, по А.А. Ухтомскому, это стабильно сохраняющийся очаг возбуждения. От главной доминанты, то есть очага возбуждения самого верхнего уровня обобщения и укрупнения модели проблемной среды, на более низкие уровни распространяется конус, или «дерево», возбуждений и формируется ассоциативно-смысловая зона предактивации. Одновременно передается торможение на нейронные ансамбли, соответствующие альтернативным одношаговым переходам. На каждом уровне иерархической модели среды выбирается и фиксируется своя временная доминанта, соответствующая выбранному на этом уровне одношаговому переходу. Доминанта (очаг возбуждения) гасится при реальном выполнении соответствующего перехода.

Таким образом, за счет оцениваемых одношаговых переходов достигается сведение многоэкстремальных задач поведения к одноэкстремальным, что лежит в основе процесса поведенческого мышления. К этой же схеме может сводиться и процесс мышления при решении многих умозрительных конкретных и абстрактных задач.

### **Общая схема простого репродуктивного практического мышления**

В психологии репродуктивным называется мышление, основанное на применении готовых знаний и умений. Практическое (поведенческое) репродуктивное мышление может быть как простым, так и творческим. Как уже говорилось, текущая и целевая ситуация представляются в нейронной модели проблемной среды возбужденными нейронными ансамблями — очагами возбуждения. Путь в модели проблемной среды — это последовательность переходов «ситуация — действие — ситуация», выражающаяся в последовательном возбуждении нейронных ансамблей.

На общем качественном уровне процесс поиска и сравнения вариантов пути в многоуровневой модели среды рассмотрен выше. Более конкретные представления о возможной реализации такого процесса в нейронных реальных механизмах мышления достаточно приближены. Очаги возбуждения — это стабильная активация соответствующих нейронных ансамблей. Формироваться и фиксироваться главные поведенческие доминанты и соответствующие им очаги возбуждения должны при выборе между постоянными первичными или вторичными потребностями в процессе решения задачи оптимизации поведения по критерию  $\max T$  [3]. Гаситься очаги возбуждения должны при удовлетворении потребностей, для чего необходимо либо достижение реальных целевых ситуаций в среде, либо, при постановке абстрактных задач, достижение «умозрительных» целевых ситуаций в модели. Достижение целевых ситуаций в нейронной модели проблемной среды — это последовательное возбуждение нейронных ансамблей, соответствующих переходам от текущей к целевой ситуации.

При поиске пути в модели проблемной среды сначала происходит выделение области поиска, а затем порождение и сравнение вариантов. Будем называть область поиска ассоциативно-смысловой зоной преактивации нейронных ансамблей. Выделение ассоциативно-смысловой области поиска не является абсолютно жестким. Осуществляется оно фоновой возбуждающей преактивацией нейронных ансамблей, связанных с нейронными ансамблями, непосредственно возбуждаемыми поставленной задачей, то есть с главной доминантой и соответствующим очагом возбуждения, а также с подчиненными доминантами на более низких уровнях иерархической модели среды.

«Связанные» в данном случае означает входящие в конус, или «дерево», возбуждений преактивации и связанные в модели проблемной среды по «вертикали», то есть по линиям «часть — целое» и «общее — частное», либо связанные по «горизонтали», то есть отношениями типа «причина — следствие» или ассоциациями по сходству или смежности во времени. Таким образом, активируются не только «вертикальные» связи между уровнями иерархии внутри зоны доминантной преактивации, но и ассоциативно-смысловые «горизонтальные» связи, идущие как от главной доминанты, так и от производных доминант на всех уровнях модели проблемной среды.

Выделение области поиска направлено на то, чтобы рассматривать только осмысленные варианты и снизить вероятность рассмотрения вариантов, не имеющих отношения к решаемой задаче. Так, при планировании поездки из Москвы в Петербург вряд ли нужно рассматривать варианты, включающие подводную лодку или ракетодром.

Порождение вариантов преимущественно в выделенной ассоциативно-смысловой зоне преактивации происходит на основе случайного перебора и взаимного торможения нейронных ансамблей, соответствующих альтернативным вариантам переходов

между моделируемыми ситуациями. На все нейроны поступает дополнительное случайное возбуждающее воздействие, которое складывается с преактивацией нейронных ансамблей в области поиска. Можно предположить, что в мозге случайные внутренние возбуждающие воздействия (внутренний шум) поступают на нейроны коры из каких-то других отделов головного мозга, например, из ретикулярной формации. Кроме того, возможны внешние, то есть сенсорные, случайные воздействия.

Дополнительное случайное возбуждающее воздействие поступает на все нейронные ансамбли и не должно быть слишком большим, иначе оно «забьет» и нивелирует ассоциативно-смысловую преактивацию. Именно поэтому мышлению, как правило, мешает сильный внешний шум.

В свете всего сказанного будем называть простым репродуктивным практическим (поведенческим) мышлением поиск по модели проблемной среды и выбор лучшего пути между текущей и целевой ситуациями, то есть выбор одношаговых переходов и последовательных переходов между ситуациями на всех уровнях иерархии модели, при условии, что искомым путь существует в модели и лежит в зоне ассоциативно-смысловой преактивации. Найденный и все промежуточные пути реализуются в возбуждении соответствующих смысловых элементов модели проблемной среды, то есть в возбуждении представляющих эти элементы модели нейронных ансамблей. Все сказанное относится как к задачам управления поведением в реальной среде, так и к решению абстрактных задач.

Если простое репродуктивное поведенческое мышление характеризуется тем, что искомым путь между очагами возбуждения существует в модели среды и находится в зоне ассоциативно-смысловой преактивации, то творческий вариант репродуктивного поведенческого мышления отличается тем, что искомым путь между очагами возбуждения существует в модели среды, но находится вне зоны ассоциативно-смысловой преактивации. Это обычно существенно затрудняет его поиск. Некоторые предположения об общей схеме творческого мышления рассматриваются ниже.

### Репродуктивное творческое мышление

Таким образом, к репродуктивному творческому практическому (поведенческому) мышлению будем относить случаи, когда искомым путь между очагами возбуждения в модели проблемной среды существует, но лежит вне зоны ассоциативно-смысловой преактивации. Этот случай можно назвать творческим поиском. Типичный простейший пример необходимости расширения зоны ассоциативно-смысловой преактивации — это задача построить четыре равносторонних треугольника из шести спичек, требующая для своего решения перехода от напрашивающихся представлений на плоскости к представлениям в трехмерном пространстве.

Если искомым путь в модели проблемной среды существует, но находится вне зоны прямой ассоциа-



тивно-смысловой преактивации, то выход на него, то есть возбуждение соответствующих непредактивируемых нейронных ансамблей, затруднен и является случайным событием, вероятность которого меньше, чем вероятность возбуждения преактивируемых нейронных ансамблей. Кроме того, в соответствии с принципом доминанты А.А.Ухтомского, от доминантных очагов возбуждения не только передаются активирующие воздействия на все ансамбли, которые имеют прямые ассоциативные и смысловые связи с доминантными, но также передается и торможение на все другие ансамбли. В результате возбуждение от внутреннего шума оказывается недостаточным для активации нужных нейронных ансамблей.

Такая ситуация может породить «защелкивание», выражающееся в последовательном повторном возбуждении одних и тех же нейронных ансамблей, относящихся к зоне ассоциативно-смысловой преактивации. Это часто и происходит у человека при решении трудных задач. Выход из защелкивания и активация искомого нейронного ансамбля соответствует состоянию, которое в психологии называется инсайт, или озарение.

Факторов, способствующих возникновению инсайта, несколько. Во-первых, это может быть повышение порога возбудимости у нейронов, входящих в ансамбли зоны ассоциативно-смысловой преактивации при отдыхе. При продолжительном отдыхе и особенно во сне могут нормализоваться и выравниваться пороги возбуждения нейронов по всей сети. (Вспомните — утро вечера мудренее). Во-вторых, это, часто случайное, получение дополнительных возбуждений на нейроны искомого ансамбля через не прямые, иногда достаточно отдаленные ассоциации, зависящие от накопленной в модели среды информации. Эти дополнительные возбуждения могут создаваться слабо возбужденными и не выходящими на уровень сознания нейронными ансамблями. Последнее можно интерпретировать как влияние подсознания или интуицию. Интуиция делает поиск более направленным — вспомните «мне кажется, или интуиция мне подсказывает, что в этом что-то есть». Правда, интуиция, то есть связь между нейронными ансамблями через ансамбль, слабо возбужденный и не выходящий на уровень сознания, может оказаться и ложной. В-третьих, таким фактором может быть случайное внешнее возбуждение.

Таким образом, инсайт — это случайное событие, вероятность которого повышается при совпадении во времени перечисленных факторов со случайным возбуждающим воздействием, поступающим от внутреннего «шума». Результат выхода за пределы ассоциативно-смысловой зоны поиска, приводящий к решению творческой задачи, может запоминаться в модели проблемной среды путем образования новых связей между нейронными ансамблями. На этой основе новые сходные задачи могут решаться проще с использованием новой области ассоциативно-смысловых ассоциаций.

Творческому мышлению часто помогает и искусство. Искусство создает конкретные и в то же время типичные эмоционально оцениваемые образы. Одно-

временно могут предлагаться (зрителю, слушателю) варианты обобщения этих образов. При восприятии произведения искусства происходит процесс сотворчества, приводящий к расширению стандартных ассоциативно-смысловых связей и к построению новых обобщений. Это может происходить как в образной (в первую очередь) и словесно-логической частях модели среды, так и в связях между ними.

### **Созидательное (нерепродуктивное) творческое мышление**

Второй вариант творческого мышления относится к случаю, когда искомым путем между очагами возбуждения в нейронной модели среды отсутствует, а в самой среде существует или может возникнуть в результате направленного преобразования среды. Конкретный простой пример — это ставящаяся перед обезьяной задача достать высоко подвешенный банан, для решения которой нужно представить, а затем построить сооружение из находящихся в помешении ящиков. (Животные, в первую очередь приматы и дельфины, могут решать не очень сложные творческие задачи.) Отсутствие пути в модели проблемной среды, если в самой среде искомые ситуации и/или переходы между ситуациями существуют либо могут быть созданы, означает, что модель среды неполна и ее нужно достраивать. Когнитивное (познавательное) и созидательное творческое мышление трудно разделимы. Как, впрочем, и все другие условно выделяемые типы мышления. В определенном приближении можно считать, что когнитивное мышление направлено на отражение и обобщение причинно-следственных связей типа «если — то», а созидательное творческое мышление направлено на отображение более сложных зависимостей, в том числе и поиск ответов на вопросы «как» и «почему».

Достройка модели в обычном случае — это отображение в ней конкретной среды в процессе ее изучения либо направленного изменения, то есть отображение непосредственно воспринимаемых органами чувств новых объектов, ситуаций и действий. Достройка модели может происходить и при умозрительном перцептивном или абстрактном конструировании. В этом случае воображение поставляет требующие проверки гипотезы. При творческом мышлении достройка модели может состоять не только в отображении конкретных или абстрактных новых объектов, ситуаций и действий, но и в построении отсутствующих связей между объектами модели, а также в построении обобщений и укрупнений, то есть в переходах между наблюдаемыми частными явлениями и их обобщениями (индукция, дедукция) и между частями и целым (синтез, анализ).

Примером такого творческого мышления является построение научной теории. Процесс мышления всегда основывается на умозрительной работе модели среды, то есть на воображении. Творческое мышление первого типа так же, как и простое репродуктивное мышление, использует процесс, который может быть назван умозрительным моделированием. Творческое мышление второго типа (созидательное)

использует кроме того процесс, который может быть назван умозрительным конструированием. В творческом мышлении первого типа важное значение имеет случайное возбуждение необходимых нейронных ансамблей. Точно так же случайность и инсайт участвуют и в созидательном мышлении. Однако вероятности возбуждений нужных нейронных ансамблей всегда зависят от существующих знаний (существующей модели проблемной среды) и от проделываемой направленной умственной работы.

Второй вариант творческого мышления чаще всего реализуется в науке и искусстве. При этом если наука ориентируется, в первую очередь, на словесно-логическую понятийную модель, формируя в ней свои результаты и используя образную модель как вспомогательную, то искусство ориентируется, в первую очередь, на чувственно-образную модель, формируя в ней свои результаты и используя словесно-логическую модель как вспомогательную.

В творчестве много общего с простым мышлением. Так же, как и при простом мышлении, процесс запускается от очагов возбуждения. Так же ищутся или строятся в модели проблемной среды пути между очагами возбуждения. Так же, как и при простом мышлении, ведущую роль играет эмоциональная оценка сравниваемых вариантов в ситуации выбора, а также эмоции, связывающиеся с гашением очагов возбуждения. Именно поэтому как художественное и научное творчество, так и просто изобретательство сопровождаются сначала мучениями, вызываемыми возникновением стабильных интенсивных очагов возбуждения, а затем получением положительных эмоций при их гашении. Точно так же возникновение очагов возбуждения и их гашение, сопровождаемое получением положительных эмоций, происходит при восприятии произведений искусства в процессе творчества зрителя, слушателя, читателя.

### Тест Тьюринга

Может ли машина мыслить? Встречный вопрос: а что такое мышление? Точный исчерпывающий ответ неизвестен. На этот вопрос можно давать разные ответы. Можно и не давать никаких ответов, а просто использовать тест Тьюринга для определения мыслит или нет конкретная программа или машина. В соответствии с этим тестом важен только результат процесса мышления и не важно, как он достигается. Тест состоит в следующем. Есть образец — мышление человека, с которым сравнивается мышление машины. Конкретная программа (машина) мыслит, если человек, ведя с ней диалог, не может определить, с кем он общается — с машиной или с человеком.

Может ли компьютерная программа, созданная в рамках алгоритмического подхода, развиваемого в направлении «искусственный интеллект», пройти тест Тьюринга? Такую программу написать можно. Трудности будут состоять в том, что человек, пытаясь «разоблачить» машину, будет ориентироваться не толь-

ко на содержание ответов и вопросов, но и на сложность фраз, экспрессию, эмоциональную окраску текста, чувство юмора и т. п. Но эти трудности преодолимы. Иногда говорят, что с момента, когда машины начнут проходить тест Тьюринга, начнется соперничество и борьба за выживание между машиной и человеком. Назывались близкие сроки — 2015—2030 годы. Сейчас срок чаще всего отодвигают, но не дальше 2050 года. Будут ли машины (программы), прошедшие тест Тьюринга, соперничать с человеком и стремиться к его подчинению? Нет, не будут, если они останутся чисто алгоритмическими пассивными системами, не имеющими потребностей, целей, желаний и эмоций. Например, не станут системами, которые не только умеют выигрывать в шахматы у человека, но и хотят это делать. В этом аспекте нужно говорить не о сомнительных перспективах создания искусственного разума, а о еще более сомнительных перспективах создания искусственной жизни.

Тест Тьюринга не является определением мышления. Делаясь оценка, основывающаяся на внешнем сравнении результатов «мышления» машины и человека, может быть лишь очень приблизительной, поскольку никак не очерчивается круг тестовых задач (вопросов). Кроме того, возможно, что мышление — это не столько умение решать задачи, сколько способ решения. И, наконец, тест Тьюринга ровным счетом ничего не дает для ориентации исследований в области изучения и моделирования мышления.

### Заключение

Мы говорили об основных типах и общих схемах процесса мышления. Остановились на таких основных характеристиках процесса, как построение иерархической модели среды и ее использование для целенаправленного восприятия, для управления поведением в многоэкстремальной среде, а также для решения творческих задач.

Однако, для того чтобы понять сущность мышления, недостаточно определить, что делает мозг в процессе мышления. Важно понять, как он это делает, причем не только на уровне общих схем, но и на уровне представлений о работе нейронных механизмов мозга. Возможно, что это даст понимание такой важнейшей характеристики мышления, как его активность.

### ЛИТЕРАТУРА:

1. Головин С.Ю. Словарь практического психолога. — Минск: Харвест, 1998.
2. Ухтомский А.А. Доминанта. — СПб: Питер, 2002.
3. Шамис А.Л. Модели поведения, восприятия и мышления. — М.: Интуит, 2010.