

Процесс мышления в контексте динамической теории информации

Часть I. Цели и задачи мышления

О.Д. Чернавская, Д.С. Чернавский, В.П. Карп, А.П. Никитин, Я.А. Рожило

Аннотация

Проблема моделирования процесса мышления рассматривается в контексте динамической теории информации (ДТИ). Выделяются основные цели и задачи процесса мышления; в качестве главной цели принимается *сохранение и распространение своей информации*. Предложено определение мышления как процесса *восприятия, обработки, сохранения, а также генерации и распространения информации без постороннего вмешательства*. Обсуждаются принципиальные черты логического и интуитивного способа обработки информации. Понятие «случайный выбор» соотносится с эмоциональным фоном.

Thinking process in a context of the dynamical theory of information

Part1. Purposes and tasks of thinking

O.D. Chernavskaya, D.S. Chernavski, A.P. Nikitin, V.P.Karp, Ya.A.Rozhylo

Abstract

The problem of modeling the cognitive processes is discussed within the framework of the Dynamical Theory of Information (DTI). The basic purposes and tasks of mental activity are considered. Storage and expansion of subject's *own* information are admitted as the main goal of thinking.

The following definition of the thinking process is proposed: thinking is reception, processing, storage, generation and distribution of the information *without external control*. The characteristic features of logical and intuitive methods of information processing are discussed. The concept of *random choice* is related to emotional background.

1. Введение

Вопрос «*Что есть мышление и как оно происходит*» волновал человечество издревле. Однако до сих пор эта тема остается дискуссионной (то же относится и к понятию «*интеллект*»). обстоятельный обзор истории проблемы и подходов к ее решению дан в монографии [1].

Традиционно вопросы мышления относятся к гуманитарным наукам — философии и психологии, — где накоплен большой фактический материал (особенно это касается патологий мышления), однако вопрос о механизмах этого процесса долго практически не ставился. С другой стороны, в рамках нейрофизиологии, относящейся к естественным наукам, были достигнуты значительные успехи в изучении именно *механизмов* процесса мышления — устройства центральной нервной системы, свойств отдельных нейронов и их связей, — однако полного ответа на оставленные вопросы получено также не было.

После создания компьютеров в обществе возникло ощущение (и даже опасение), что создание «искусственного интеллекта» уже близко. Действительно, возможности компьютеров в области хранения, обработки и передачи информации производят сильное впечатление. Во многих областях, традиционно относимых к интеллектуальной деятельности (технические расчеты, управление механизмами и т.д.), компьютеры могут заменить человека. Однако даже совершенное запрограммированное устройство может выполнять только свою программу и не способно решать другие задачи.

Наиболее близко к пониманию мышления подошла наука, называемая нейрокомпьютинг. В ней используются такие понятия нейрофизиологии, как «нейрон», «связи» и т.п., но в сильно упрощенном варианте. В результате этой идеи нейрокомпьютинга долгое время не воспринимались нейрофизиологами. В то же время эти идеи были реализованы в других областях («распознавание образа», «сжатие информации» и т.д.) и привели к практически значимым результатам.

В последнее время появилась тенденция воссоединения (в духе синергетики, см. [2] и ссылки там же) нейрофизиологии и нейрокомпьютинга именно для возвращения к проблеме искусственного интеллекта как такового. Появилась также новая дисциплина, тесно связанная, опять же, с синергетикой: динамическая теория информации (ДТИ) [3].

Предлагаемая работа лежит в русле этого направления.

В ней мы попытаемся сформулировать *определение мышления*, обобщая представления трех упомянутых научных дисциплин (нейрофизиология, нейрокомпьютинг, динамическая теория информации). Поскольку в каждой из перечисленных дисциплин нет четкого и устоявшегося определения

мышления, мы попытаемся воспользоваться методом перечисления основных *целей и задач мышления*¹. Иными словами, мы попытаемся сформулировать ответ на вопрос «*что должен делать мыслительный аппарат?*», временно абстрагируясь от проблемы «*как он может это делать*».

Следует отметить, что в определенной степени мышление присуще не только человеку, но и животным. Человеческое мышление сделало резкий рывок при появлении *связной речи* и письменности, что позволило многократно увеличить объем получаемой и передаваемой *информации*. Именно в этой связи естественно рассматривать основные закономерности мышления с точки зрения динамической теории информации.

2. Основные элементы Динамической Теории Информации.

2.1. *Определение информации*

Само понятие «*информация*» сравнительно ново, о нем заговорили в середине XX века. В научной литературе можно найти большое количество различных определений этого понятия, например:

- в физике: *информация есть мера упорядоченности* (в противоположность энтропии);
- в философии: *информация есть содержание процессов отражения* (на первый взгляд смысл этого определения туманен, и всерьез рассматривать его мы не будем);
- в задачах передачи информации — определение Шеннона: *информация есть уменьшение неопределенности*.

Наиболее ясный и *конструктивный* (что важно именно для попытки моделирования мышления) характер имеет определение, предложенное Кастлером [4]: *Информация есть запомненный выбор одного варианта из множества возможных и равноправных*.

Это определение не противоречит остальным, но, в отличие от них, дает представление о том, *как* информация возникает. Именно: необходимо *сделать выбор* и *запомнить* его.

Выбор может быть сделан в результате двух различных процессов — *рецепции* информации и *генерации* информации.

Под *рецепцией информации* мы понимаем выбор, предопределенный извне (т.е. путем наблюдения, или предшествующими событиями, или прямым указанием свыше).

¹ в математике такой способ вполне узаконен и носит название «определение перечислением»

Генерация информации — свободный, т.е. не predetermined, случайный выбор.

Более точно, генерация информации в системе возможна только в том случае, если эта система находится в состоянии «перемешивающего слоя» [5], или «джокера» [6], т.е. когда система (возможно, в относительно короткий промежуток времени) ведет себя квазихаотично, или подвергается *случайному воздействию* (обычно для этого используется термин «шум»).

Подчеркнем важное обстоятельство: процессы **сохранения** (запоминания) информации и **создания** (генерации) **новой** информации **дуальны**, т.е. *альтернативны* (в частности, при возникновении новой, старая информация может пострадать). Отсюда следует, что для выполнения обеих задач необходимо **две дополняющих друг друга подсистемы**: одна, в которой информация сохраняется, и другая, где возникает новая информация. Первая должна быть стабильна, во второй должны возникать условия, необходимые для свободного (случайного) выбора, т.е. *перемешивающий слой* или шум. Ранее [7] было высказано предположение, что у человека роль этих двух подсистем играют, соответственно, левое и правое полушария мозга.

2.2. Количество информации

По предложению Шеннона количество информации I измеряется в битах и определяется как

$$I = - \sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i, \quad (1)$$

где n — число вариантов, из которых делается выбор, p_i — априорная вероятность выбора. В целесообразно сформированном множестве эти вероятности одного порядка. Из (1) следует, что при аномально малой величине вероятности одного из вариантов, $p_k \ll p_i$, этот вариант практически выпадает из множества (случай, когда именно этот вариант реализуется и оказывается ценным, мы рассмотрим позже). Если вероятность какого-либо варианта p_j аномально велика, т.е. $(1 - p_j) \ll 1$, он также выпадает из множества, так как выбор практически predetermined и новой информации не возникает.

Если все варианты априорно равновероятны ($p_i = 1/n$) выражение (1) упрощается:

$$I = \log_2 n.$$

Информация как понятие разделяется на несколько типов и сопровождается соответствующими дополнениями: условная/безусловная, семантическая/синтаксическая (кодовая), ценная и т.п. Обсудим смысл этих терминов.

2.3. Условная информация

Условная информация — выбор, сделанный коллективом субъектов в результате их взаимодействия: общения, борьбы, договоренности, условности. Примерами могут служить код (в частности, генетический), алфавит, язык и т.п. Антитезой условной информации является *безусловная*, т.е. объективная информация. Последняя не генерируется, а рецептируется из окружающей среды либо непосредственно, либо с помощью приборов.

Условная информация подразделяется на кодовую и семантическую (т.е. смысловую). Дело в том, что код, как правило, сильно избыточен. Так, например, в русском языке формально можно составить 33^5 , т.е. более 39 миллионов слов длиной 5 букв. Однако только малая часть из них (\blacktriangle 4000 из более чем 93 тысяч, входящих в словарь А.А. Зализняка) будут иметь смысл, т.е. соответствовать какому-либо объекту или процессу. Именно эта часть возможных буквенных кодов несет семантическую информацию. Аналогично, в более сложном случае, выбирая наугад 5 любых из всех имеющих смысл русских 5-буквенных слов, можно составить порядка 10^{18} фраз (в которых слово играет роль символа), однако только малая часть из этих фраз будет иметь реальный смысл.

Семантическая информация может быть как условной (например, сообщение о новом коде), так и безусловной (сообщение о новом результате измерения). Таким образом, кодовая информация является носителем семантической, т.е. необходимым условием ее передачи.

Условная информация играет особую роль в мышлении человека. Дело в том, как человек воспринимает (рецептирует) объективную информацию из окружающей природы. В раннем возрасте это происходит в основном непосредственно (через органы чувств) и индивидуально. Овладев кодами (речью, языком), человек воспринимает большую часть информации опосредованно, от других людей и из книг. Мы живем в мире общепринятых условностей и игнорировать это невозможно.

2.4. Ценность информации

Ценность информации зависит от *цели*. Множество вариантов, из которых делается выбор, формируется *целесообразно*, т.е. в соответствии с *целью*. Количественная мера ценности предложена Бонгардом и Харкевичем [8] и равна:

$$W_i = \log_2 (p_i^{\text{fin}} / p_i^{\text{in}}), \quad (2)$$

где W_i — ценность i -ой информации (выбора i -го варианта), P_i^{fin} — вероятность достижения цели после получения (рецепции или генерации) i -ой информации, P_i^{in} — априорная вероятность достижения цели до получения информации.

3. Цели мышления

Способность к самополаганию цели есть один из основных признаков, отличающих живых существ от неживой природы ². Цели мышления имеют иерархическую структуру.

3.1. В терминах ДТИ, *главная цель* каждого живого организма или сообщества — *сохранение и распространение «своей» условной информации* (кода, языка и т.п.), т.е. «сохранение себя».

Слово *своей* означает, что существуют другие особи (или сообщества), для которых своей является другая условная (кодовая) информация.

Словосочетание *сохранение себя* имеет несколько смыслов:

- сохранение себя как индивидуума (в этом аспекте соответствует принципу Ч. Дарвина «борьба за существование»);
- сохранение своего вида, возможно, даже ценой самопожертвования (в этом аспекте возникают различные социальные явления);
- экспансия, т.е. стремление распространить свою информацию, навязать ее другим;
- стремление создать новую ценную информацию, т.е. стремление к творчеству.

Заметим, что эти цели можно разделить на два типа. Первый — проблемы, связанные с существованием индивидуума в обществе. Второй — проблемы, связанные с процессами внутри индивидуума, т.е. поддержание его организма в нормальном состоянии (задачи гомеостаза [9]). В любом случае, целью является «сохранение себя» в широком смысле.

3.2. На более низких иерархических уровнях основная цель подразделяется на конкретные цели, не противоречащие главной, но дополняющие ее. Эти цели могут быть навязаны объективными обстоятельствами или окружением, но могут формулироваться самостоятельно (под воздействием внутренних факторов). Пример — выбор профессии или области деятельности; здесь выбор цели — акт генерации новой (для себя) информации, которая далее становится своей.

3.3. На еще более низком уровне иерархии, на уровне бытовых задач, цели имеют еще более разнообразный, даже хаотический характер (пойти в булочную, заплатить за квартиру и т.д.), однако все они служат либо гомеостазу, либо завоеванию «места под солнцем».

3.4. К самому низкому уровню относятся цели, возникающие на уровне

² Вопрос о том, есть ли цель у живой (и неживой) природы в целом является дискуссионным, и его обсуждение выходит за рамки поставленной задачи.

рефлексов, условных и безусловных — сосать, ходить, есть ложкой и т.п. Их, в принципе, можно и не относить к мышлению, однако реализация этих целей требует участия именно мыслительной деятельности, т.е. головного и спинного мозга.

Таким образом, любой акт мышления совершается *целесообразно*, т.е. ради достижения той или иной цели. Даже если цель на первый взгляд не очевидна (например, решение кроссвордов или игра на компьютере), мышление в любом случае направлено на решение какой-либо из «внутренних» или «внешних» задач.

4. Задачи мышления I: иерархия задач

В соответствии с целями, *задачи мышления* также имеют иерархическую структуру. Приведем ее в противоположном порядке, т.е. «снизу вверх».

4.1. Низший уровень — рефлексы (условные и безусловные). Безусловные рефлексы защиты в генетической памяти; обучение не требуется (оно уже произошло в предыдущих поколениях). Условные рефлексы — результат обучения, в котором принимают участие сенсорные органы и вся центральная нервная система — и спинной, и головной мозг. Иначе говоря, условный рефлекс есть простейший алгоритм поведения, который уже не требует умственных затрат.

4.2. Следующий уровень — повседневные бытовые задачи: мыть посуду, чистить зубы, делать покупки в магазине и т.д. На этом уровне имеет место обучение и выработка алгоритмов поведения (не обязательно однозначных), которые потом воспроизводятся автоматически, на «автопилоте».

4.3. Следующий уровень — традиционно профессиональная деятельность. Фактически владение профессией представляет собой обучение какому-либо алгоритму и использованию его с некоторыми коррективами сообразно ситуации. Опять же, использование известных алгоритмов происходит почти автоматически, без «умственного напряжения».

4.4. Высший уровень мышления — *творчество*, научное и художественное.

Элементы творчества с необходимостью присутствуют на всех уровнях иерархии, особенно на стадии обучения чему-либо — именно поэтому бытует мнение, что «все дети талантливы»: они активно обучаются и, тем самым, творят свою «картину мира».

Творчество как таковое мы относим именно к высшему уровню в иерархии целей, поскольку оно отвечает потребности *генерировать и распространять* свою информацию. Этот вид деятельности жестко регламентирован быть не может (хотя попытки регламентировать творчество

делались во все времена) и стандартные алгоритмы здесь не применимы.

Точнее, на этом уровне могут, естественно, использоваться известные приемы и разрабатываются новые подходы, открываются новые направления и т.д. Как следствие, существовавшая до того картина мира перестраивается. Очевидно, что подобная деятельность всегда «штучная», универсальные рецепты для нее отсутствуют. Некоторые дополнительные соображения относительно научного творчества мы изложим ниже.

Таким образом, на всех уровнях деятельности (за исключением первого, первичного обучения и уровня творчества) происходит фактически одно и то же, а именно — построение неких, разного уровня сложности, **алгоритмов поведения**, призванных *доопределить* индивидуальную жизненную программу, так чтобы их дальнейшее использование происходило практически без мыслительных усилий, на «автопилоте».

Остановимся подробнее на этом утверждении. Термин **алгоритм** применяется очень часто и в разных смыслах. В математике и в программировании это понятие имеет четкий смысл: однозначный алгоритм — набор инструкций (команд), которые должны выполняться для достижения результата решения задачи за конечное время. В медицинской диагностике вместо слова «алгоритм» употребляется термин *«решающее правило»*.

В обыденной жизни термин алгоритм означает набор некоторых правил, способов, шаблонов действий, привычек, возникающих в процессе решения конкретных задач и запоминающихся на будущее. Безусловно, такой алгоритм однозначным быть не может и не должен, в частности, потому, что он должен адаптироваться под другие сходные задачи (новые условия или новые ситуации решения задач), т.е. включать в себя моменты неопределенности и выбора из разных возможностей.

Таким образом, творчество должно присутствовать как на этапе разработки алгоритма, так и в процессе адаптации. Красота концепции создания и накопления алгоритмов заключается в том, что новые задачи не приходится решать «с нуля», а можно сводить их к подобным (причем, сам выбор *подобного* также творческий), решение которых уже известно. Большое количество накопленных алгоритмов (как правило, коррелированное с почтенным возрастом) может ассоциироваться с мудростью [10].

Следует подчеркнуть, что человек, владеющий сколь угодно большим набором алгоритмов, с неизбежностью сталкивается с необходимостью решения задач, алгоритма решения которых у него нет (или вообще такой алгоритм никем не был найден прежде) — и тогда, с необходимостью, он должен обращаться к собственной интуиции.

5. Задачи мышления II: задачи оперирования информацией

Перечислим основные задачи мышления как элементы, необходимые для работы с информацией.

5.1. Запись информации, или создание базы данных

Эта задача решается как в самом начале жизни (и носит название «первичное обучение»), так и вообще в течение всей жизни. Подчеркнем, что воспринимается и записывается *любая* информация, т.е. процесс восприятия *видимой цели не имеет* (или целью можно считать сохранение «на всякий случай»). Ценность конкретной информации может определяться только на последующих этапах, т.е. при обработке информации с какой-то определенной целью.

Вначале информация воспринимается и записывается в виде *образов*, т.е. некоей комбинации нейронов, отображающей реально рецептируемую окружающую действительность. Эти записи, вообще говоря, случайны и зачастую накладываются друг на друга, что обеспечивает ассоциативную связь разных образов друг с другом. Однако когда этих «картинок» накапливается много, для эффективного хранения и использования записанная информация должна быть *структурированной*, т.е. представленной в виде классов, подклассов, и т.д. Это соответствует образованию *символов и понятий*.

На языке обычных компьютеров: конкретная картинка соответствует одному конкретному файлу; когда их оказывается много, для эффективного поиска они разделяются на папки (директории), объединяющие файлы сходных или тематически связанных картинок. На следующем уровне возникают следующие директории, более крупные тематические объединения или понятия и т.д. Новый файл записывается либо в уже существующую директорию, если он чем-то похож на уже присутствующие в ней, либо — если это не возможно — создается новая директория. Подчеркнем, что здесь задача классификации решается извне, т.е. оператором, человеком. Однако данная аналогия не вполне корректна, поскольку компьютерная иерархия построена в виде «дерева», а человеческая память имеет сетевую структуру, т.е. один объект = файл может относиться к разным классам, разных уровней, и новая создаваемая директория может подчиняться сразу многим классам-предкам, в том числе и не соподчиненным друг другу.

Таким образом, восприятие и запись информации уже обученного индивидуума идет по двум путям: это либо *распознавание образа*, т.е. отнесение воспринимаемого объекта к уже известному классу, либо, если это не удастся, создание *нового* класса объектов, иными словами, *дообучение*.

Проблеме распознавание образа посвящена обширная литература (см. [1] и ссылки там же). Отметим, что эта задача является одной из важнейших в мышлении, хотя само понятие мышления значительно более широкое. В этой связи, в Части II мы рассмотрим подробно и поэтапно, что представляет собой и как именно решается задача распознавания образа. Здесь же под этим

термином мы будем понимать отнесение объекта (явления/ситуации/процесса и т.п.) к одному из определенных известных классов.

5.2. Кодирование информации: образование символов.

Информацию об одном и том же объекте получают разные рецепторные (сенсорные) системы: зрительная, обонятельная, слуховая и т.д. Для того чтобы эти сигналы могли восприниматься индивидуумом как целое, необходима интеграция информации, в некотором условном пространстве, для чего, в свою очередь, необходимо **кодирование** сигналов.

Процесс кодирования имеет три уровня:

5.2.1. *Первичное кодирование* имеет место при первичной записи информации об объекте, поступающей из разных сенсорных систем. Эта проблема выходит за пределы данной работы; важно лишь, что в результате возникает *образ* объекта.

5.2.2. *Внутреннее кодирование* есть сопоставление *натуральному образу* объекта (явления, ситуации) его *символа*. Подчеркнем, что эта операция подразумевает и обратный процесс *инверсии*, т.е. восстановление образа по его символу (устойчивый, запомненный код, возникающий после многократного повторения цикла кодирования – инверсия).

Символьная информация возникает только *после* и *на основе* восприятия образной. **Как** это происходит, подробно обсуждается в [11]. Здесь важно, что перевод образа в символ не только существенно сокращает время дальнейшей обработки информации, но и позволяет создать новое информационное поле — *поле символьной информации*.

5.2.3. Образование *общего кода* (например, язык). Символьная информация становится особо существенной и осмысленной, если она является *условной*, т.е. когда одни и те же символы (слова, понятия, дорожные знаки, математические формулы и т.п.) имеют *одинаковый смысл* внутри какого-либо сообщества. **Как** это происходит, подробно обсуждалось в литературе, предлагались различные гипотезы (см. [3] и ссылки там же) В любом случае, эта проблема **не** относится к индивидуальному мышлению и поэтому в настоящей публикации нами не рассматривается.

Владение символьным способом оперирования информацией существенно расширяет возможности ее восприятия. Только в этом случае информация может восприниматься опосредованно, в символьном виде, не будучи связанной с *непосредственным* (рецепторным) *опытом* индивида — это позволяет расширять и *имитировать* его.

5.3. Обработка информации, или решение конкретных задач.

Эта задача актуальна для уже обученного индивидуума. Поскольку

понятие «решение задач» имеет очень широкий спектр значений, мы остановимся на нем подробно, и будем использовать терминологию из разных смежных дисциплин (делая акцент на терминах из *теории распознавания образов*, приводя их в фигурных скобках).

Решение задачи включает несколько этапов.

5.3.1. Постановка задачи {выбор конкретной цели}

Как правило, конкретные задачи формулируются извне, тогда проблема сводится к *выбору* (не свободному) той задачи, на которой необходимо сосредоточиться. Однако если внешних команд в данный момент не поступает, человек *выбирает* задачу сам, в соответствии со своими потребностями (или предпочтениями), т.е. следуя главной цели — «сохранения себя». Такой выбор можно считать творческим актом.

В любом случае *задается* некая начальная ситуация (образ, явление), стартуя от которой необходимо добиться некоторого определенного результата. *Ответ* задачи может быть известен заранее, тогда необходимо найти алгоритм его получения. Если же ответ не известен, то заранее известно, какими свойствами (параметрами, характеристиками) он должен обладать, т.е. каков *желаемый результат*. Так или иначе, *постановка задачи* включает в себя некий ожидаемый *ответ* (возможно, *не единственный*).

5.3.2. Классификация объекта {распознавание}

Заданную конкретную информацию необходимо *распознать*, т.е. отнести к уже известному классу объектов (*явлений, ситуаций*).

Распознавание в свою очередь происходит поэтапно:

- определяется «целевое обучающее множество», т.е. круг объектов, аналогичных (релевантных) поставленной задаче;
 - объект следует *описать*, перечислив его *признаки*, относящиеся к поставленной задаче, и оценив значения этих признаков;
 - из множества релевантных признаков следует выделить наиболее значимые, т.е. редуцировать *пространство признаков*, снизив его размерность (на этом этапе возможна частичная потеря информации);
 - для каждого экзаменуемого объекта по набору имеющихся у него значений признаков найти (либо перебором, либо проходом по дереву решений) соответствующий класс среди уже известных, т.е. наиболее близкий прецедент;
 - сопоставить объекту символ выбранного (найденного) для него класса;
- При этом часть информации об объекте неизбежно будет потеряна, поэтому на следующем этапе необходима
- *проверка результатов* распознавания, т.е. *инверсное кодирование* и сравнение результатов декодирования символа с реальным предъявленным образом; в случае неудачи процедура кодирования

повторяется с самого начала.

Если результат сравнения символического образа с реальным оказывается удовлетворительным, то финальным этапом является утверждение, что данный объект принадлежит к определенному классу и ведет себя как типичный его представитель.

5.3.3. Анализ событий в данном классе {*прогноз*}

После распознавания образа объекта, т.е. проведения классификации, прогноз развития событий основан на следующем принципе: *объекты данного конкретного класса ведут себя схожим образом*³.

Задача прогноза решается на основе *прецедентов*, т.е. анализа всех известных ситуаций (с учетом их развития во времени), которые случались с объектами данного класса. В этом утверждении два аспекта:

1) Пассивный: если не предпринимать никакого воздействия на объект, его поведение ожидается типичным для данного класса. Пассивный прогноз фактически представляет собой *распознавание* развивающегося во времени процесса.

2) Активный: умозрительно или непосредственно *опробовать* возможный (известный) набор воздействий на объекты данного класса и рассмотреть историю их реакций.

Так или иначе, прогноз (разумеется, вероятностный) делается на основе известных историй и обобщения опыта. Здесь играет роль обучающее множество не только и не столько «в пространстве всех объектов», а «в пространстве прецедентов».

5.3.4. Разработка алгоритма решения поставленной задачи {*принятие решения*}

Принятие решения есть *выбор воздействия*, которое с достаточно высокой вероятностью приводит к наиболее благоприятному (или хотя бы удовлетворительному) в условиях данной задачи прогнозу, и *фиксирование* путей его достижения. Воздействие при этом понимается в широком смысле, т.е. применение определенного лекарства в медицине, применение какого-то известного *алгоритма* в математических задачах, применение ремонтных средств при поломке машины и т.п.

Изложенное в пункте 5.3. представляет по сути *алгоритм формирования алгоритма* для некоторой конкретной задачи, причем, по определению, это является *актом генерации новой* (возможно, только для самого себя) *информации*. Далее этот алгоритм адаптируется для решения *подобных* задач

³ его можно назвать «принцип мисс Марпл» (Агата Кристи), которая считала, что если некто похож на одного из жителей ее деревни, то и вести себя он будет точно так же.

и в сходных условиях используется уже, минуя промежуточные этапы, т.е. почти автоматически (*по привычке*) — это называется «принятием решения в условиях достаточной информации». Если же информации недостаточно, то ее надо либо дополучить, либо дополнить существующий алгоритм случайным (волевым) образом.

Подчеркнем два важных обстоятельства:

1). Сам алгоритм может быть *не однозначным* и *не единственным*, т.е. схожий результат может быть достигнут другим путем; но это не умаляет его достоинств, даже если другой алгоритм требует меньших «затрат».

2). На этапе прогнозирования используются, как правило, *уже известные* алгоритмы воздействия, информация о которых либо рецептируется из внешних источников (книг, разговоров и т.д.), либо приобретается самостоятельно (на собственном опыте) в процессе обучения. Иными словами, искомый алгоритм, *как правило*, является набором уже известных частных алгоритмов-процедур, и, таким образом, оказывается построен из уже известных «кирпичиков». Это также не умаляет его достоинств, поскольку сам по себе «способ сборки» является «интеллектуальным продуктом», т.е. новой информацией.

Исключением из правила является ситуация, когда предлагается и опробуется некое новое (для сообщества) воздействие, приводящее к благоприятному результату. В этом случае такой алгоритм, если его действенность подтверждается на многих объектах, приобретает статус **открытия**.

Будучи опубликованной, эта информация становится всеобщим достоянием и может использоваться как «кирпичик» при создании других алгоритмов, более высокого уровня. Для этого требуется, чтобы все рассматриваемые воздействия были общеизвестны, и все этапы обработки информации были зафиксированы на некотором общепринятом коде. Возможно, однако, что некоторые этапы обработки информации являются привычными и естественными только для данного индивида, *или* (что важно) определенные причинно-следственные связи являются таковыми только для него. Тогда можно говорить о формулировке нового алгоритма на **внутреннем коде**. Его перевод на общепринятый язык представляет собой самостоятельную проблему, называемую «*формализацией экспертного знания*».

5.4. Создание новой информации, или творчество.

С точки зрения ДТИ творчество можно определить как создание **новой ценной информации**. Однако понятие «*ценная информация*» имеет смысл, во-первых, апостериорный, т.е. определить ценность можно только спустя некоторое время. Во-вторых, в соответствии с определением *ценной*

информации, она должна служить какой-то *цели*, а понятие «*цель творчества*» слишком неуловимо и поэтому некорректно. В любом случае *судить* о творчестве следует с большой осторожностью.

Что касается научного творчества, его характер зависит от уровня развития самой науки. На первых этапах главным было первичное наблюдение, обобщение и вывод четких причинно-следственных связей, называемых законами. В современном мире количество законов таково, что на первый план выходит проблема их противоречия друг другу, или ***проблема парадоксов***.

Например, наблюдается новый объект, который по одним признакам принадлежит к одной дисциплине (где его поведение может быть спрогнозировано), а по другим признакам — к другой (где прогноз тоже известен, но кардинально отличается от первого). В каждой дисциплине алгоритмы разработаны достаточно детально (от аксиом до теорем), но взаимно противоречивы. В науке такие ситуации именуется *парадоксами*. Сами парадоксы формулируются в символьном пространстве, но решены в нем быть не могут. Необходим переход к образному мышлению, т.е. к первичному обучающему множеству.

На языке теории распознавания эта проблема может быть еще названа проблемой ***принятия решения в условиях избыточной и противоречивой информации***.

6. Логическое и интуитивное мышление.

Принято разделять *логическое* и *интуитивное* мышление, однако, четкое определение того и другого также отсутствует. Обсудим, что обычно понимается под тем и другим.

Термин ***логика*** происходит от греческого «логос» — слово — и означает искусство *убеждать* словом. Отсюда следует, что логическое мышление без владения словом (т.е. общепринятым языком) теряет первоначальный смысл.

В настоящее время предложено несколько форм логики. В каждой из них имеется набор правил (аксиом, алгоритмов), позволяющих на основании исходных данных (признаков) вынести суждение о свойствах объекта. При этом обязательным условием является *доказательство* верности или ошибочности суждения. Последнее предполагает, что присутствуют несколько индивидуумов, владеющих общим языком-кодом. Исходные данные и результат (т.е. финальное суждение) должны быть сформулированы на этом же языке. Только в этом случае один из индивидуумов может убедить других и доказать, что его суждение верно.

Наиболее популярна классическая аристотелева логика. В ней каждое суждение может квалифицироваться либо как «истинное», либо как «ложное» (т.е. эта логика двоична — третьего не дано). Это обеспечивает *однозначность* вынесения суждения. Этот вариант лежит в основе математической логики и

дискретного исчисления (т.е. цифрового компьютеринга). Как следствие под словом *логика* чаще всего имеют в виду именно классический вариант. Сейчас ясно, что классическая логика не полна, т.е. в ее же рамках могут быть поставлены задачи, которые не могут быть решены [13].

Существуют и другие варианты логики (троичная, нечеткая, релевантная и т.д.), обсуждение которых выходит за рамки данной публикации. Мы остановились на этом, поскольку слово *логика* часто употребляется в разных смыслах, а чаще без всякого смысла, т.е. *всеу*.

Согласно аристотелевой логике, к логическому мышлению следует относить решение задач на основе *однозначных* алгоритмов, выраженных на общепринятом языке.

Однако в *реальной* жизни то, что называется *логическими аргументами* и *выводами* есть ни что иное, как *причинно-следственные связи*, результат обобщения опыта наблюдения за явлениями и процессами в разных ситуациях.

Развитие науки идет тем же путем: наблюдаются экспериментальные факты, обобщаются, выявляются *закономерности* их поведения, если закономерности устойчиво повторяются, они становятся *законами*, или *однозначными алгоритмами*.

В этой связи *алгоритм формирования алгоритмов*, рассмотренный в пункте 5.3, представляет собой акт именно «логического» мышления в обыденном понимании (по модулю моментов случайного выбора).

Причинно-следственные связи, лежащие в основе стандартных алгоритмов, *общепризнанны*, т.е. имеют ранг *почти законов*, что и обеспечивает возможность доказать другим свои выводы. Иными словами, логическое мышление *не индивидуально*.

Важно, что логическое мышление оперирует в основном не с образами объектов, а с их символами. В этом есть свои достоинства и недостатки. Достоинства заключаются в том, что распознавание и принятие решений (при *достаточной* информации) логическим путем происходит быстро и «обоснованно» в том смысле, что его можно «доказать». При условии *недостаточной* информации алгоритм приходится *дорабатывать*, что снижает скорость принятия решения, оставляя его *мотивированным*, т.е. доказательным.

Однако не редки случаи, когда логическое мышление оказывается бессильным (в чем и проявляется неполнота логики по Гёделю). То же относится и к распознаванию «нового» объекта.

Интуитивное мышление — вынесение суждений, *не основанных* на общепринятых, стандартных причинно-следственных связях, то, что Кант называл «*прямым усмотрением истины*». Оно тоже основано на обобщении опыта человека, точнее, на *всем* индивидуальном опыте, без специального

выделения и акцентирования каких-либо связей.

Этот тип мышления оперирует *образами*, а не символами объектов, и основывается на **ассоциативных** (часто *случайных*) связях между образами. Результат интуитивного мышления формируется внутри индивидуума и не апеллирует к «доказательству». Иными словами, интуитивное решение принимается **всегда быстро, но не всегда правильно**.

Часто решение, принятое интуитивно, трудно отличить от логического, принятого на «автопилоте» $\bar{\wedge}$ и то, и другое принимается быстро и *без размышлений*. Однако отличие, и принципиальное, существует: в последнем случае человек может *объяснить*, почему он поступил именно так, т.е. *восстановить* пропущенный «ход мысли».

Таким образом, интуитивное мышление чисто *индивидуально*.

Тем не менее, переход от интуитивного мышления к логическому возможен.

Такая ситуация встречается достаточно часто во врачебной практике. Врач ставит правильный диагноз, но не может объяснить, как он к нему пришел. Такой промежуточный вариант мышления трудно отнести к чисто интуитивному, поскольку алгоритм уже существует. Логическим его тоже трудно назвать, поскольку алгоритм не выражен на общепринятом языке и доказательство верности суждения отсутствует. Этот способ мышления можно назвать внутренней логикой. После формулировки алгоритма на общепринятом языке, исходно интуитивное суждение становится логическим.

В [14] было сделано утверждение о том, что практически *все задачи* можно решить логически; при этом задачи разделялись на два класса: априорно и апостериорно логические. К первым относились те, которые уже сейчас можно решить логически. Вторые — апостериорные — те, которые сейчас решаются интуитивно, но в будущем это решение найдет логическое обоснование.

С этим утверждением можно согласиться с одной определенной оговоркой. Интуитивное мышление **обязательно присутствует** при решении *любой творческой задачи*, по крайней мере, как некоторый *этап* ее решения. *Новая информация* не может быть создана *только* на основе применения известных алгоритмов; напротив, момент интуитивного выбора присутствует неизбежно. Если выбор верен, *потом* его можно и обосновать какими-то логическими аргументами, но первоначально делать его приходится интуитивно.

Иными словами, в извечном споре Моцарта и Сальери — можно ли «.. алгеброй гармонию поверить» — правы (или не правы) оба: истинная «гармония» основана и на алгебре, и на божественном озарении.

Сказанное в полной мере относится и к научному творчеству, хотя научная деятельность традиционно относится только к логическому мышлению. Но если речь идет о *разрешении парадоксов*, логически можно лишь **сформулировать** парадокс, **разрешить** его — **только интуитивно**, но доказав потом, что такое разрешение правомочно.

Традиционно интуитивный способ мышления приписывается правому полушарию мозга, а логический — левому. Известно, что левое и правое полушария взаимодействуют друг с другом существенно интенсивней, чем с внешним миром, и нарушение этого взаимодействия приводит к серьёзным дисфункциям [10]. Иными словами, для нормального процесса мышления необходимо использовать и тот, и другой способ обработки информации. Вопрос «что лучше» на самом деле не корректен. Однако если логическое мышление может быть *формализовано*, интуитивное — чисто индивидуально. Казалось бы, *моделировать* интуитивное мышление невозможно, однако в Части II будет показано, что это не так; важно лишь принимать во внимание, что модель должна содержать два существенно различных механизма — «образный» и «символьный» — обработки информации.

Заключение

Итак, исходя из сказанного выше, можно предложить следующее определение: ***мышление есть процесс восприятия, обработки, сохранения, а также генерации и распространения информации без постороннего вмешательства.***

Подчеркнем, что без последнего дополнения это определение естественно было бы отнести и к компьютеру. И это не случайно: действительно, компьютеры могут так много, что сразу после их появления в обществе возникло стойкое ощущение (вплоть до опасения), что искусственный интеллект *почти* создан. Однако именно последнее условие является crucialным.

Мы намеренно не касались здесь вопроса о том, *как именно* задачи мышления могут быть решены при помощи современных технологий. Этому вопросу будет посвящена следующая работа. Отметим, однако, что мы можем предложить решения многих вопросов, но не всех.

Дело в том, что человеческое мышление тесно связано с эмоциями. Большую часть *гормонов*, т.е. ферментов, определяющих эмоциональный фон, вырабатывает именно мозг человека. Естественно, эмоции *встроены* во все процессы мышления. Всюду, где происходит ***выбор*** одного из возможных вариантов, он делается под влиянием эмоций. Подчеркнем, речь идет о *любом* выборе, но там, где выбор диктуется извне или делается под влиянием очевидных причин и логических аргументов, эмоции могут не приниматься во внимание. Там же, где делается *выбор одного из равноправных вариантов*, т.е., по определению, генерируется новая информация, роль эмоций определяющая. Всюду, где мы говорили о ***случайном выборе***, подразумевалось, что он случаен только для внешнего наблюдателя, реально

же делается под влиянием всего «состояния организма», и эмоционального состояния в частности.

Приведем аналогию: броуновское движение большой частицы в среде более мелких происходит под влиянием соударений с мелкими частицами. Каждый конкретный шаг определяет какое-то конкретное соударение с одной из них, но для внешнего наблюдателя это выглядит случайным процессом. Развитию стат.физики послужила следующая парадигма: движение отдельных мелких частиц не рассматривается, но принимается неким полем, в котором существует большая частица. Это позволило выделить закономерности в движении самой частицы, оставив информацию об особенностях поведения мелких частиц (т.е. поля) в виде параметров (температура, вязкость и т.д.).

Используя этот язык, можно сказать, что эмоции (или «эмоциональное поле») играют существенную роль в формировании *перемешивающего слоя*, необходимого для генерации новой информации, т.е. творчества [5].

Мы не можем утверждать, что данная аналогия абсолютна, т.е. что можно сконструировать «мыслительный аппарат», опираясь на общие принципы ДТИ и считая эмоции *только полем*, однако, за неимением (пока) лучшего будем придерживаться этой тактики.

Так или иначе, анализ эмоционального фона может (в какой-то мере) ответить на вопрос, *почему* делается тот или иной выбор. В данной работе мы рассматривали проблему: *что должно* происходить в процессе мышления. Вопрос о том, *как это может* происходить, будет рассмотрен в Части II.

Работа выполнена при поддержке проекта 09-07- 12135 ОФН – М.

Список литературы.

- 1) Чернавский Д.С., Карп В.П., Родитат И.В., Никитин А.П., Чернавская Н.М. Распознавание. Аутодиагностика. Мышление. М.: Радиотехника, 2003.
- 2) Шамис А.Л. Пути моделирования мышления. М.: КомКнига, 2006.
- 3) Чернавский Д.С. Синергетика и информация: Динамическая теория информации. М.: Наука, 2001.
- 4) Quastler H. *The emergence of biological organization*. New Heaven and London: Yale University Press, 1964. / Кастлер Г. Возникновение биологической организации. М.: Мир, 1967
- 5) Колупаев А.Г., Чернавский Д.С. Перемешивающий слой. // Краткие сообщения по физике.– 1997.– №1-2.– с.12–18.
- 6) Курдюмов С.П., Малинецкий Г.Г., Чернавский Д.С., Режимы с обострением, джокеры, перемешивающий слой. Новый взгляд на нелинейную динамику. Препринт ИПМ, 2005.
- 7) Чернавская О.Д., Никитин А.П., Чернавский Д.С. Концепция интуитивного и логического в нейрокомпьютинге // Биофизика. – 2009. –

т.54. – № 6. – с. 1103–1113.

- 8) *Харкевич А.А. О ценности информации // Проблемы кибернетики. – 1960. – вып.4; Бонгард М.М. Проблемы узнавания. М.: Наука, 1967.*
- 9) *Анохин П.К. Принципиальные вопросы общей теории функциональных систем. М., 1971.*
- 10) *Голдберг Э. Управляющий мозг; Парадокс мудрости. М.: Поколение, 2007.*
- 11) *Чернавская О.Д., Чернавский Д.С., Карп ВП, Васильев А.Н. Математическая модель процессора локализации образа, Препринт ФИАН (в печати).*
- 12) *Пенроуз Р. Тени разума. Москва.Ижевск.2005, 687с.*
- 13) *Суворов В.В. Интеллект и креативность в постнеоклассической науке. Изд-во МГУ. 2006, 374 с.*
- 14) *Чернавский Д.С., Чернавская Н.М. Творчество Ч. Дарвина с позиций синергетики // Эпистемология и философия науки, 2008, т.18, № 14, с. 125-145.*