

ФИЛОСОФСКИЕ АСПЕКТЫ АНАЛИЗА ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ ЧЕЛОВЕКОМ И КОМПЬЮТЕРНЫМИ СИСТЕМАМИ

В.В. Демиров

Цель работы – сопоставить базовые механизмы переработки и представления информации, осуществляемые человеком и компьютером, и в том числе выявить семантически-интеллектуальную сторону этих механизмов. Рассматриваются специфика человеческой и машинной памяти и связи последней с процессами обучения, моделирование которых является ключевым для автоматических устройств. Анализируются организация, формы хранения и обработки данных компьютерным устройством и «устройством» биологическим (естественным). Сравняются функция и назначение формализованных языков высокого и низкого уровня в программировании с функцией и назначением естественных языков, репрезентирующих содержание сознания. Рассматривается эффективная модель функционирования памяти человека и репрезентации знаний как основополагающий инструмент для построения моделей искусственного интеллекта.

Ключевые слова: информация, программирование, модель

В настоящее время тематика искусственного интеллекта охватывает огромный перечень научных направлений и задач, начиная с таких задач общего характера, как обучение и восприятие, и заканчивая такими специальными задачами, как игра в шахматы, доказательство математических теорем, сочинение поэтических произведений и диагностика заболеваний. В искусственном интеллекте систематизируются и автоматизируются интеллектуальные задачи, и поэтому данная область пересекается с любой сферой интеллектуальной деятельности человека. В этом смысле искусственный интеллект является поистине универсальной и междисциплинарной научной областью, для которой требуются своя философская основа и своя методология и которая возникает как итог синтеза фундаментально-философских знаний о сознании, разуме, категориально-понятийном и художественно-эстетическом творчестве с современными научными данными, отражающими информационно-когнитивные процессы.

В статье мы сопоставили базовые механизмы переработки и представления информации, реализуемые человеком и компьютером, с акцентом на выявление семантически-интеллектуальной стороны таких механизмов. Для этого необходимо

- проанализировать организацию и форму хранения и обработки данных компьютерным устройством по обработке данных и соответствующим биологическим (естественным) «устройством»;
- сравнить функцию и назначение формализованных языков высокого и низкого уровня в программировании с функцией и назначением естественных языков, репрезентирующих содержание сознания;
- рассмотреть специфику нейроподобных и семантических сетей как средств, моделирующих интеллектуальную деятельность человека.

Алгоритмы и данные в компьютерных и биологических системах

Чтобы раскрыть указанные компоненты, важно знать, какова структура представления данных как в машине, так и в естественном интеллекте. Для представления содержимого памяти компьютера в целях удобства применяют шестнадцатеричную систему исчисления (используются цифры от 0 до 9 и буквы от A до F), хотя на базовом уровне машина оперирует только нулями и единицами. Компьютер сохраняет команды и данные в памяти в виде набора электрических сигналов, каждый из которых соответствует одной ячейке, или биту. Образно говоря, каждую ячейку можно представить как переключатель с двумя состояниями: включено/выключено, истина/ложь. Поэтому каждый двоичный разряд (бит) может принимать только два значения: 0 или 1.

В основе передачи данных как в компьютерных, так и в нейронных системах лежит электрический сигнал. В компьютерных системах электрический сигнал не имеет посредников, в нейронных же он передается при участии химических веществ-медиаторов. В обоих случаях исходный сигнал может интерпретироваться двумя способами: как «сигнал есть» (передан электрический сигнал выше порогового напряжения) – код 1 или как «сигнала нет» (передан электрический сигнал ниже порогового напряжения) – код 0. Однако процесс передачи сигнала в компьютерной системе с одним ядром последователен (чтение команд осуществляется поочередно), дискретен (читается одна команда за раз) и предсказуем (сигналы не теряются в промежуточных звеньях

системы), в то время как процесс передачи сигнала в нейронной системе является нелинейным (может передаваться от одного нейрона сразу нескольким, имеющим связь с возбужденным нейроном) и вероятностным (нельзя с уверенностью утверждать, что сигнал передается или не передается от нейрона А к нейрону Б в произвольном случае).

С точки зрения организации, хранения и обработки данных структуру как компьютерного устройства по обработке данных, так и соответствующего «устройства» биологического (естественного) можно разделить на аппаратную и программную части. Программная часть, в свою очередь, подразделяется на алгоритмы и данные, обрабатываемые алгоритмами. Отличие компьютерных систем от биологических заключается в роли, отводимой каждой части. В компьютерных системах имеется относительно простая, незыблемая и универсальная аппаратная часть, где исполняется код, алгоритмы чаще всего строго отделены от данных, алгоритмы остаются неизменными, данные подвергаются активной обработке и изменениям. В биологических системах значительная часть «программных алгоритмов» реализуется на «аппаратном уровне», сам аппаратный уровень является динамически изменяющейся системой, «данные» могут превращаться в «алгоритмы», т.е. исполняться, так же как и «алгоритмы» – в «данные», т.е. обрабатываться и изменяться.

Все это делает компьютерную систему максимально точной и совершенно предсказуемой системой обработки данных, в то время как биологические системы подчиняются вероятностным принципам, что и обуславливает сложность и многообразие вариантов возможного моделирования или использования в прикладных целях информационных процессов, протекающих в нейронных сетях.

Бытует мнение, что человеческий мозг значительно уступает в быстрой реакции машине. Вывод этот делается исходя из того, что машина способна производить миллиарды операций сложения за секунду, тогда как человек способен за это время совершать около 200 операций сложения. Человеческий мозг действительно функционирует на частотах, значительно меньших, чем 1 ГГц, однако сравнение операций сложения, выполняемых компьютером и человеком, некорректно. Для процессора операция сложения содержимого регистра ax с содержимым регистра bx является элементарной операцией, которая осуществляется автоматически, без перехода на какой бы то ни было уровень абстракции, «за один такт». Для человеческого мозга аналогичной операцией, возможно, является передача нервного импульса, и таких «элементар-

ных операций» один-единственный нейрон способен производить до 1 тыс. за секунду. Мозг восполняет этот свой недостаток, поскольку все его нейроны (около 100 млрд) и синапсы действуют одновременно, тогда как большинство современных компьютеров имеют только один процессор или небольшое количество процессоров. Таким образом, даже несмотря на то что компьютер обладает преимуществом в физической скорости переключения, оказывается, что мозг по сравнению с ним выполняет все свои действия примерно в 100 тыс. раз быстрее.

Для человека операция сложения является сложной абстракцией, она производится с участием сознания и памяти, с привлечением знаний об арифметике, числах, возможно, символьных начертаний или табличных данных из долговременной памяти. Для одного сложения нужно произвести очень много «элементарных операций». Это можно проиллюстрировать следующим примером.

Известно, что в Советском Союзе психологи явлению памяти уделяли пристальное внимание. В частности, изучались люди с феноменальной памятью, и особенно нужно отметить исследования А.Р. Лурии, которые он проводил с одним из таких людей. Испытуемый по фамилии Шерешевский демонстрировал просто исключительные способности памяти. Например, он мог без труда вспомнить, в какой обуви была девочка на противоположной стороне улицы, где он гулял 12 лет назад. Его долго исследовали, приглашали на разнообразные конференции, выступления, семинары. С ним был проделан такой эксперимент: исследователь зачитывал список из нескольких сотен слов, после чего предлагал испытуемому его воспроизвести. Шерешевский воспроизводил и весь список, и с конца и начала, и с произвольного места. Потом исследователь просил назвать «12-е слово из списка». Испытуемый его называл моментально. Затем исследователь просил испытуемого назвать вещь, которая присутствовала в списке, описывая ее по вторичному признаку (например, «назовите кожаный предмет одежды, который фигурировал в списке»). Примечательно, что Шерешевскому требовалось для этого достаточно много времени, тогда как у обычных людей ответ на такой вопрос занимал несколько секунд. Рефлексируя над данным обстоятельством, испытуемый говорил, что ему пришлось поднимать из памяти каждое слово по очереди, сравнивая его с имеющимся критерием: «это предмет одежды? он сделан из кожи?».

Становится понятным, что расстройство памяти у таких людей позволяет им обращаться со своей памятью на очень низком уровне (аналогом у машины является кодирование команд и данных в двоичной

системе исчисления), свободно оперируя запомненными образами, однако не имея возможности производить привычный человеку «смысловой» поиск. Приведенный выше пример показывает, что человеческое сознание можно рассматривать как *интерфейс* (систему средств управления) *между оператором* (мышлением как высокоуровневой функцией деятельности мозга) и *низким уровнем «аппаратной» организации* (человеческим мозгом), который обладает очень большой мощностью, но также имеет серьезную защиту, позволяющую взаимодействовать с ними только посредством высокоуровневых программных абстракций.

Для связи этих высокоуровневых программных абстракций и исходного кода, управляющего аппаратной частью и обрабатывающего данные, в ЭВМ используются специфические средства, а именно, язык ассемблера. Не будем подробно описывать то, как ассемблер связывается с машинным кодом, – это излишние технические подробности. Раскроем только общий принцип, касающийся специфики представления и обработки информации машиной.

Во-первых, машинный код – это набор чисел, которые интерпретируются центральным процессором компьютера и определяют выполняемые им действия. Например, все процессоры Intel семейства IA-32 имеют совместимый машинный код. Машинный код состоит исключительно из двоичных чисел. Во-вторых, язык ассемблера состоит из набора операторов, понятных человеку. Каждый оператор начинается с короткого мнемонического обозначения выполняемых процессором действий, например ADD (сложить), MOV (переместить), SUB (вычесть) или CALL (вызвать). Язык ассемблера однозначно связан с машинным кодом: каждый оператор языка ассемблера соответствует одной команде машинного кода. Языки высокого уровня, такие как C++ или Java, не имеют однозначного соответствия с языком ассемблера и, значит, машинным кодом. Например, один оператор языка ассемблера транслируется в несколько операторов или несколько машинных команд. Вкратце поясним, как происходит процесс трансляции оператора языка C++ в машинный код. Это наглядно продемонстрирует функцию высокоуровневых абстракций в структуре машинных алгоритмов. Более того, как показано на примере человека с феноменальной памятью, схожую роль абстракции выполняют и в структуре человеческого мышления.

Поскольку анализировать двоичный машинный код очень трудно, вместо него мы рассмотрим эквивалентные операции языка ассембле-

ра. В приведенном ниже операторе языка C++ выполняются две арифметические операции и полученный результат присваивается переменной. Предположим, что существуют целочисленные переменные X и Y :

$$X = (Y + 4) \cdot 3.$$

В результате трансляции получится приведенный ниже набор ассемблерных команд. Здесь видно, что одному оператору языка высокого уровня соответствует несколько команд языка ассемблера, так как последний однозначно связан с машинным кодом:

```
mov eax, Y   Загрузить значение переменной Y в регистр EAX
add eax, 4   Прибавить число 4 к регистру EAX
mov ebx, 3   Загрузить число 3 в регистр EBX
imul ebx     Умножить содержимое регистра EAX на содержимое EBX
mov X, eax  Переслать содержимое регистра EAX в переменную X.
```

Нашей целью было продемонстрировать, как один оператор языка высокого уровня порождает несколько команд языка ассемблера. В этом и состоит их важное свойство редукции, позволяющее программисту абстрагироваться от множества низкоуровневых вычислений и более оперативно обращаться к данным, создавать формализованные структуры, дающие возможность легко организовывать и обслуживать большие фрагменты кода.

Точно так же обычный человек, преимущественно при помощи сознательных механизмов, легко и быстро вспоминает, во что он был одет вчера на конференции, извлекая из памяти какое-нибудь из свойств этой одежды или контекстуальное событие посредством обращения к хранящемуся в памяти образу этого свойства или события. Ему совсем не требуется осуществлять полный перебор всех предшествующих событий или количественную оценку электрохимических реакций, участвующих в образовании синапса в тот момент, когда происходило данное событие. Очевидно, что эти процессы имеют строго алгоритмическую природу и являются подсознательной основой осуществления сознательных актов (в рассматриваемом случае – вспоминания характерных черт определенного события). Как мы уже отмечали, кроме того, что языки высокого уровня оптимизируют обращение с машинным кодом посредством ряда абстракций, они к тому же накладывают строгие ограничения на выполнение определенных типов операций. Скорее всего, подобными механизмами воспользовалась

природа, когда «проектировала» наше сознание. Ведь если бы не было этого механизма защиты, то мы могли бы произвольно влиять на базовый уровень переработки информации и тут же сходили бы с ума. Н. Винер рассмотрел умственные расстройства с точки зрения теории информации и пришел к выводу, что большинство из них, являясь функциональными нарушениями (не физическими), связаны с изменением алгоритмов работы памяти. Он отмечает: «...Хороший способ построить кратковременную память – это заставить последовательность импульсов циркулировать по замкнутой цепи до тех пор, пока последняя не будет очищена вмешательством извне. Весьма правдоподобно, что это и происходит в нашем мозгу при удержании импульсов, относящихся к так называемому “кажущемуся настоящему”» [1]. И далее: «В системе, состоящей из большого числа нейронов, круговые процессы вряд ли могут быть устойчивыми в течение длительных промежутков времени. Либо они, как в случае памяти “кажущегося настоящего”, заканчивают свое течение, рассеиваются и угасают, либо они вовлекают в свою систему все больше и больше нейронов, пока не захватят чрезмерную долю всего нейронного материала. Это, по видимому, и происходит в случае навязчивой тревоги, сопровождающей невроты страха. В этом случае, возможно, у большого просто нет места, нет достаточного запаса нейронов для выполнения нормальных процессов мышления. При таких условиях деятельность мозга ослабевает, вследствие чего уменьшается нагрузка еще не затронутых нейронов, и они тем скорее вовлекаются в этот распространяющийся процесс. Затем эти явления все глубже и глубже захватывают постоянную память, и патологический процесс, начавшийся на уровне циркулирующих записей, может повториться в более тяжелой форме на уровне постоянных записей» [2].

Нейроподобные сети и мозг

Что позволяет человеку анализировать поступающую информацию? В терминологии нейрогенетики есть ключевое понятие – нейросеть. Именно совокупность нейросетей образует отделы нервной системы человека, которые, в свою очередь, определяют всю его деятельность, придают ему разум, интеллект.

Пока не слишком понятно, как мозгу удается получить столь впечатляющее сочетание надежности и быстродействия. Довольно хорошо изучены структура и функции отдельных нейронов, имеются данные

об организации внутренних и внешних связей между нейронами некоторых структурных образований мозга, совсем мало известно об участии различных структур в процессах переработки информации [3].

Ниже приводятся некоторые сведения об устройстве и работе нервной системы, которые используются при построении моделей нейронных сетей.

Нейрон как элементарное звено. Нервные клетки, или нейроны, представляют собой особый вид клеток в живых организмах: они обладают электрической активностью и их основное назначение заключается в оперативном управлении организмом. Нейрон имеет тело (сому), дерево входов (дендриты) и выходов (аксон и его окончания). Поперечный размер сомы, как правило, составляет несколько десятков микрон. Длина дендритов может достигать 1 мм, дендриты сильно ветвятся, пронизывая сравнительно большое пространство в окрестности нейрона. Длина аксона может достигать сотен миллиметров. Начальный сегмент аксона, прилегающий к телу клетки, утолщен (иногда этот сегмент называют аксонным холмиком). По мере удаления от клетки он постепенно сужается и на расстоянии нескольких десятков микрон на нем появляется миелиновая оболочка, имеющая высокое электрическое сопротивление. На соме и на дендритах располагаются окончания (коллатерали) аксонов, идущих от других нервных клеток. Каждое такое окончание имеет утолщение, называемое синаптической бляшкой, или синапсом [4]. Поперечные размеры синапса, как правило, не превышают нескольких микрон, чаще всего эти размеры составляют около 1 мкм [5].

Входные сигналы дендритного дерева (постсинаптические потенциалы [6]) взвешиваются и суммируются на пути к аксонному холмику, где генерируется выходной импульс (спайк) или группа импульсов. Наличие (или интенсивность) импульса, следовательно, является функцией взвешенной суммы входных сигналов. Выходной сигнал проходит по ветвям аксона и достигает синапсов, которые соединяют аксоны с дендритными деревьями других нейронов. Через синапсы сигнал трансформируется в новый входной сигнал для смежных нейронов. Этот входной сигнал может быть положительным и отрицательным (возбуждающим или тормозящим) в зависимости от вида синапса. Величина входного сигнала, генерируемого синапсом, может быть разной даже при одинаковой величине сигнала, приходящего в синапс. Эти различия определяются эффективностью или весом синапса. Синаптический вес может изменяться в процессе функционирова-

ния синапса [7]. Многие ученые считают такое изменение нейрофизиологическим коррелятом (следом) памяти. При этом роль механизмов молекулярной памяти заключается в долговременном закреплении этих следов.

Нейроны можно разбить на три большие группы: рецепторные, промежуточные и эффекторные. Рецепторные нейроны обеспечивают ввод в мозг сенсорной информации. Они трансформируют сигналы, поступающие на органы чувств (оптические сигналы в сетчатке глаза, акустические в ушной улитке или обонятельные в хеморецепторах носа), в электрическую импульсацию своих аксонов. Эффекторные нейроны передают приходящие на них сигналы исполнительным органам. На конце их аксонов имеются специальные синаптические соединения с исполнительными органами, например мышцами, где возбуждение нейронов трансформируется в сокращения мышц. Промежуточные нейроны осуществляют обработку информации, получаемой от рецепторов, и формируют управляющие сигналы для эффекторов. Они образуют центральную нервную систему [8].

Нейроподобный элемент. Схема строения нейроподобного элемента, который обычно используется при моделировании нейронных сетей, приведена на рис. 1. На нейроподобный элемент поступает набор

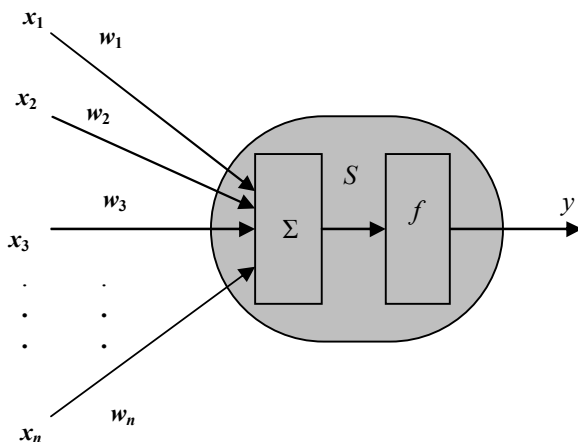


Рис. 1

входных сигналов $x_1 \dots x_n$ (или входной вектор \overline{X}), представляющий собой выходные сигналы других нейроподобных элементов. Этот входной вектор соответствует сигналам, поступающим в синапсы биологических нейронов. Каждый входной сигнал умножается на соответствующий вес связи $w_1 \dots w_n$ – аналог эффективности синапса. Вес связи является скалярной величиной, положительной для возбуждающих и отрицательной для тормозящих связей. Взвешенные весами связей входные сигналы поступают на блок суммации, соответствующий телу клетки, где осуществляется их алгебраическая сумма и определяется уровень возбуждения нейроподобного элемента S [9]:

$$S = \sum_{i=1}^n w_i x_i .$$

Выходной сигнал нейрона y определяется путем пропускания уровня возбуждения S через нелинейную функцию f :

$$y = f(S - \theta),$$

где θ – некоторое постоянное смещение (аналог порога нейрона). Обычно используются простейшие нелинейные функции:

бинарная (рис. 2)

$$y = \begin{cases} 1, & \text{и } \delta \text{ } S > \theta \\ 0, & \text{и } \delta \text{ } S \leq \theta \end{cases}$$

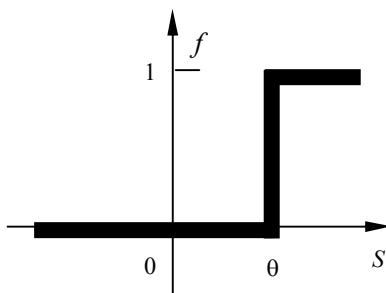


Рис. 2

сигмоидная (рис. 3)

$$y = \frac{1}{1 + e^{-(s-\theta)}}$$

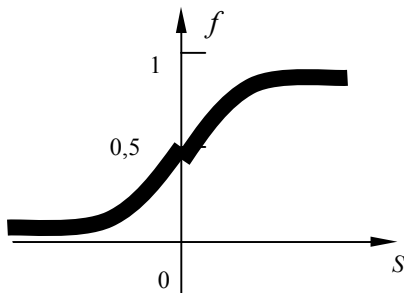


Рис. 3

В такой модели нейрона пренебрегают многими известными характеристиками биологического прототипа, которые ряд исследователей считают критическими. Например, в ней не учитывают нелинейность пространственно-временной суммации, которая особенно проявляется для сигналов, приходящих по возбуждающим и тормозящим синапсам, различного рода временные задержки, эффекты синхронизации и частотной модуляции, рефрактерность [10] и т.п. Несмотря на это, нейроподобные сети, построенные на основе таких простых нейроподобных элементов, демонстрируют ассоциативные свойства, напоминающие свойства биологических систем.

Одно из важнейших свойств нейроподобной сети — способность к самоорганизации, самоадаптации с целью улучшения качества функционирования. Это достигается обучением сети, алгоритм которого задается набором обучающих правил. Обучающие правила определяют, каким образом изменяются связи в ответ на входное воздействие. Многие из них являются развитием высказанной Д.О. Хеббом идеи о том, что обучение основано на увеличении силы связи (синаптического веса) между одновременно активными нейронами. Таким образом, часто используемые в сети связи усиливаются, что объясняет феномен обучения путем повторения и привыкания. Математически это правило можно записать следующим образом:

$$w_{ij}(t+1) = w_{ij}(t) + \alpha y_i \times y_j,$$

где $w_{ij}(t)$ и $w_{ij}(t+1)$ – значения веса связи от i -го к j -му нейрону соответственно до и после его изменения; α – скорость обучения; y_i и y_j – выходные сигналы i -го и j -го нейронов [11].

В настоящее время существует множество разнообразных обучающих правил (алгоритмов обучения). В частности, в системах искусственного интеллекта для ответа на различные вопросы, для исследования процессов обучения, запоминания и рассуждений используются семантические сети. В конце 1970-х годов сети получили широкое распространение. В 1980-х годах границы между сетями, фреймовыми структурами и линейными формами записи постепенно стирались. Выразительная сила больше не является решающим аргументом в пользу выбора сетей или линейных форм записи, поскольку идеи, записанные с помощью одной формы, могут быть легко переведены в другую.

Семантическая сеть. Это структура для представления знаний в виде узлов, соединенных дугами. Самые первые семантические сети были разработаны в качестве языка-посредника для систем машинного перевода, а многие их современные версии до сих пор сходны по своим характеристикам с естественным языком. Однако последние версии семантических сетей стали более мощными и гибкими и составляют конкуренцию фреймовым системам, логическому программированию и другим языкам представления.

С конца 1950-х годов были созданы и применены на практике десятки вариантов семантических сетей. Несмотря на то что они различаются терминологией и структурой, существуют и сходства:

- 1) узлы семантических сетей представляют собой концепты предметов, событий, состояний;
- 2) различные узлы одного концепта относятся к различным значениям, если не помечено, что они относятся к одному концепту;
- 3) дуги семантических сетей создают отношения между узлами-концептами (пометки над дугами указывают на тип отношения);
- 4) некоторые отношения между концептами представляют собой лингвистические падежи, такие как агент, объект, реципиент и инструмент; другие означают временные, пространственные, логические отношения и отношения между отдельными предложениями;
- 5) концепты организованы по уровням в соответствии со степенью обобщенности. Например, сущность, живое существо, животное, плодоядное.

Однако существуют и различия, относящиеся к понятию значения с точки зрения философии, методам представления кванторов общности и существования и логических операторов, способам манипулирования сетями и правилам вывода, терминологии. Все это варьирует у разных авторов. Несмотря на некоторые различия, сети удобны для чтения и обработки данных компьютером, а также достаточно мощны, чтобы представить семантику естественного языка.

Однако надо отчетливо понимать, чем подобные модели отличаются от языков представления информации и функциональной организации мозга.

Отметим следующие анатомические особенности мозга, которые принципиально отличают его строение от архитектуры традиционных электронных компьютеров, а специфические для него формы обработки информации от используемых компьютером.

Во-первых, нервная система – это *параллельная машина* в том смысле, что сигналы обрабатываются одновременно на миллионах различных путей. Например, сетчатка глаза передает сложный входной сигнал мозгу не порциями по 8, 16 или 32 элемента, как компьютер, а в виде сигнала, состоящего почти из миллиона отдельных элементов, прибывающих одновременно к окончанию зрительного нерва (наружному коленчатому телу), после чего они также одновременно, в один прием обрабатываются мозгом.

Во-вторых, элементарное «процессорное устройство» мозга – нейрон отличается относительной простотой. Кроме того, его ответ на входной сигнал – аналоговый, а не цифровой в том смысле, что частота выходного сигнала изменяется непрерывным образом в зависимости от входных сигналов.

В-третьих, в мозге кроме аксонов, идущих от одной группы нейронов к другой, мы часто находим аксоны, идущие в обратном направлении. Эти возвращающиеся отростки позволяют мозгу модулировать характер обработки сенсорной информации. Еще важнее то обстоятельство, что благодаря их существованию мозг является подлинно динамической системой, у которой непрерывно поддерживаемое поведение отличается как очень высокой сложностью, так и относительной независимостью от периферийных стимулов. Полезную роль в изучении механизмов работы реальных нейронных сетей и вычислительных свойств параллельных архитектур в значительной мере сыграли упрощенные модели сетей. Схему подобной сети мы приводили выше.

Хотя эта модель сети чрезвычайно упрощенно отражает структуру мозга, она все же иллюстрирует несколько важных аспектов. Во-первых, параллельная архитектура обеспечивает колоссальное преимущество в быстродействии по сравнению с традиционным компьютером, поскольку многочисленные синапсы на каждом уровне выполняют множество мелких вычислительных операций одновременно, вместо того чтобы действовать в очень трудоемком последовательном режиме. Это преимущество становится все более значительным, по мере того как возрастает количество нейронов на каждом уровне. Поразительно, но скорость обработки информации совершенно не зависит ни от числа элементов, участвующих в процессе на каждом уровне, ни от сложности функции, которую они вычисляют. Каждый уровень может иметь четыре элемента или сотню миллионов, конфигурация синаптических весов может вычислять простые одноразрядные суммы или решать дифференциальные уравнения второго порядка – все это не имеет значения. Время вычислений будет абсолютно одинаковым.

Во-вторых, параллельный характер системы делает ее нечувствительной к мелким ошибкам и придает ей функциональную устойчивость. потеря нескольких связей, даже заметного их количества оказывает пренебрежимо малое влияние на общий ход преобразования, выполняемого оставшейся частью сети.

В-третьих, параллельная система запоминает большое количество информации в распределенном виде, при этом обеспечивается доступ к любому фрагменту этой информации за время, измеряемое несколькими миллисекундами. Информация хранится в виде определенных конфигураций весов отдельных синаптических связей, сформировавшихся в процессе предшествовавшего обучения. Нужная информация «высвобождается» по мере того, как входной вектор проходит через эту конфигурацию связей (и при этом преобразуется).

* * *

Итак, детальные механизмы улавливания мозгом смыслового содержания информации остаются пока предметом научных поисков. Однако ясно, что эта проблема выходит далеко за рамки психологии, лингвистики, информатики, кибернетики и относится не только к человеку как виду. Продолжаются исследования по созданию рабочей модели, реализующей базовые когнитивные механизмы переработки информации.

Приведенные в данной работе рассуждения подтверждают справедливость тезиса о том, что сознание можно рассматривать как интерфейс между оператором (мышлением как высокоуровневой функцией деятельности мозга) и низким уровнем «аппаратной» организации (человеческим мозгом). Представление этого интерфейса в виде коннекционистской матрицы даст определенные преимущества во взаимодействии со смысловыми языками представления информации (фреймовыми структурами и семантическими сетями).

Существенным является то, что компьютеры – цифровые устройства, а мозг – «устройство» аналоговое. В связи с этим очень легко думать, что нейроны – в основном двоичные, и когда они достигают определенного порогового уровня, возникает потенциал действия. Это поверхностное сходство с цифровой системой «1 и 0» дает неверное представление о непрерывных нелинейных процессах, которые непосредственно влияют на строение и работу нейронной сети.

Чтобы разработать теорию формирования смыслового содержания, мы должны больше знать о том, как нейроны кодируют и преобразуют сенсорные сигналы, о нейронной основе памяти, об обучении и эмоциях и о связи между названными факторами и моторной системой, а также о том, какие алгоритмы участвуют в осуществлении этих процессов.

Примечания

1. Винер Н. Кибернетика, или управление и связь в животном и машине. – М.: Наука, 1981. – С. 76.

2. Там же. – С. 77.

3. См.: Федюкович Н.И. Анатомия и физиология: Учеб. пособие. – Минск: ООО «Полифакт-Альфа», 1999.

4. Синапс – зона контакта между нейронами и другими образованиями (нервными, мышечными или железистыми клетками), служащая для передачи информации от клетки, генерирующей нервный импульс к другим клеткам.

5. См.: Федюкович Н.И. Анатомия и физиология.

6. Синаптические потенциалы, биоэлектрические потенциалы, возникающие в местах специализированных межклеточных контактов – синапсах – во время передачи возбуждения от одной клетки (пресинаптической) к другой (постсинаптической).

7. См.: Федюкович Н.И. Анатомия и физиология.

8. Там же.

9. См.: Соколов Е.Н., Вайткявичус Г.Г. Нейроинтеллект: от нейрона к нейрокомпьютеру. – М.: Наука, 1989.

10. Рефрактерность – отсутствие или снижение возбудимости нерва или мышцы после предшествующего возбуждения. Рефрактерность лежит в основе торможения. Реф-

рактерный период длится от нескольких десятитысячных (во многих нервных волокнах) до нескольких десятых (в мышечных волокнах) долей секунды.

11. См.: *Десятков В.В.* Системы искусственного интеллекта. – М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 2001.

Дата получения 07.06.2011

ГНУ «Институт философии НАН
Беларуси», г. Минск
Demirov_v@rambler.ru

***Demirov V.V.* The analysis of information processing by humans and computer systems: its philosophical aspects**

The point of the paper is to compare basic mechanisms of information processing and representation carried out by a human with those carried out by a computer, semantic-intellectual dimension of these mechanisms is to be revealed. Thereunder, the paper considers specific features of human memory and computer one, as well as connection of the latter with education processes; modeling of these processes is a key operation for automatic devices. The paper analyses the organization and the form of data processing and storing by a computer processing device and a similar human «device». It compares the function and purpose of high-level and low-level formalized languages in programming with the function and purpose of natural languages representing the content of mind. It also considers the effective model of human memory functioning and knowledge representation as a basic tool for simulation of artificial intelligence.

Keywords: information, programming, model