

ПАМЯТЬ ЧЕЛОВЕКА И МАШИНЫ

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

Фундаментальным свойством машин нового поколения будет способность мыслить, вырабатывать и накапливать знания, сохранять их в своей памяти. Кроме того, выработка схем действий должна происходить на основе знаний, получаемых из внешней среды [1]. Однако память является жизненно важной, основополагающей способностью человека; без нее невозможно нормальное функционирование личности и ее развитие. Исходя из этого, возникает необходимость в нахождении точек соприкосновения, а также различий в функционировании памяти человека и памяти машины.

Компьютерная память — это система чипов (кремниевых кристаллов, на поверхности которых, с помощью фотолитографии, сформированы транзисторы), хранящая информацию в форме двоичного кода, где каждая единица информации представлена одним из двух состояний: 0 или 1. Такая конструкция предполагает, что все хранимое и обрабатываемое в компьютере должно быть сначала переведено в форму, доступную для представления в цифровом двоичном выражении, как некоторое число *битов* (бинарных единиц) информации.

Для работы компьютеру необходимо постоянно хранить огромный объем информации на *“жестком диске”* (рис.1). Его емкость доходит до сотен гигабит (1 гигабит — 10^9 бит). Из этого хранилища, можно извлекать фрагменты данных и временно работать непосредственно с ними, загрузив в *оперативную память* (объем — до одного гигабита). Информация в данную память также может заноситься с помощью устройств ввода (клавиатура, “мышь” и т.п.).

Несмотря на условность, операции, с помощью которых компьютер хранит или обрабатывает бинарные единицы, аналогичны процессам, происходящим в человеческой памяти (рис.2). Поэтому, пользуясь компьютерной терминологией, рассмотрим “аппаратные средства” человеческой памяти. **Память** заключена в топографии (схеме связей) и динамике нейронной системы различных областей мозга: *гиппокампа, таламуса, височной доли*. Формирование следов памяти связано с ростом или перестройкой синапсов — процессом, приводящим к построению новой системы межнейронных связей, которые могут в дальнейшем сохраняться. Надлежащим образом соединенные группы нейронов могут “обучаться” и, таким образом, сортировать и классифицировать входные сигналы, постепенно изменяя свои свойства по мере поступления новой информации.

Принцип организации памяти машины

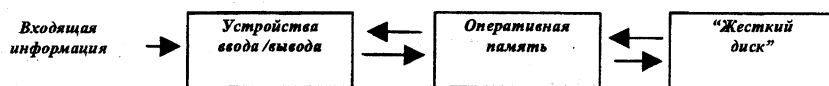


Рис. 1

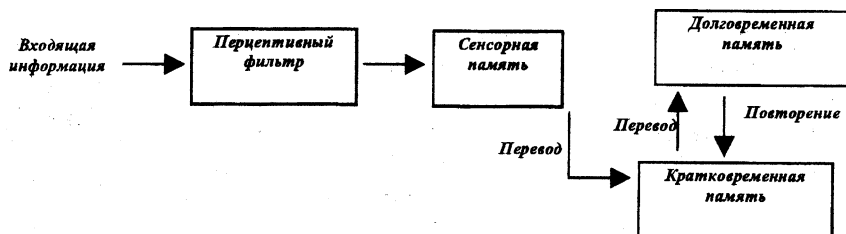


Рис. 2

Мгновенная (сенсорная) память представляет собой непосредственное отражение образа информации, воспринятого органами чувств. Ее длительность от 0,1 до 0,5 секунды. Подобно тому как нажатие клавиш транслируется в машинный язык, мозг кодирует воспринимаемую информацию для формирования следов памяти. Необходимо отметить, что у человека преобладающим является зрительное восприятие. Поэтому, например, мы часто знаем человека в лицо, хотя не можем вспомнить, как его зовут.

Если информация прошла через перцептивный фильтр и систему мгновенной памяти, она попадает в “хранилище” *кратковременной памяти*. Кратковременная память выступает в роли обязательного промежуточного фильтра, перерабатывающего самый большой объем информации, сразу отсеивающего ненужную и оставляющего потенциально полезную (с точки зрения индивидуума человека). При переполнении объема кратковременной памяти человека, вновь поступающая информация частично вытесняет хранящуюся там, и последняя безвозвратно исчезает.

Одним из возможных механизмов кратковременного запоминания является временное кодирование, то есть отражение запоминаемого материала в виде определенных, последовательно расположенных знаков в сенсорной системе человека. Как правило, информация перекодируется в акустическую форму, а затем сохраняется в долговременной памяти в смысловой форме. Именно смысл вспоминаемого приходит на память первым, и человек может вспомнить желаемое или по крайней мере заменить его тем, что достаточно близко к нему по смыслу.

Кратковременная память сохраняет в течение короткого промежутка времени (в среднем около 20 секунд.) обобщенный образ воспринятой информации, ее наиболее

существенные элементы. Объем кратковременной памяти составляет от пяти до девяти блоков информации, которые человек способен точно воспроизвести после однократного предъявления [2].

В отличие от оперативной памяти компьютера, особенностью кратковременной памяти человека является *избирательность*. Из мгновенной памяти в нее попадает только та информация, которая соответствует актуальным потребностям и интересам человека, привлекает к себе его повышенное внимание. В данном случае справедливы слова Эдисона: «Мозг среднего человека не воспринимает и тысячной доли того, что видит глаз».

Переход от кратковременной памяти к долговременной нельзя рассматривать как линейный, строго упорядоченный в своей последовательности процесс. В данном случае имеют место два независимых процесса. Первоначальная активация клеток служит сигналом как для запуска механизмов кратковременного запоминания, так и для образования и последующего укрепления долговременных следов памяти. При блокировании второго процесса воспоминание утрачивается по мере угасания кратковременных следов.

Особенностью *долговременной памяти* является то, что она практически неограниченна по объему и длительности хранения в ней информации (т.е. ее можно рассматривать как аналог “жесткого диска” компьютера). При этом существует возможность ее многократного воспроизведения [3]. Доказано, что для долговременно-го запоминания необходим синтез белковых молекул [4,5].

Особого внимания в приведенной схеме заслуживает обратная связь долговременной памяти с кратковременной. Дело в том, что оба типа памяти работают во взаимосвязи и параллельно. В памяти идет постоянная работа по обращению к прошлому опыту, его дополнение новой информацией, а также корректировка усвоенных сведений. Иначе говоря, человеку нет необходимости заучивать то, что он и так хорошо знает. На этом основана *ассоциативная память*.

Кроме указанных выше, подтверждением частичного сходства организации памяти человека и машины, является следующее. Компьютер сохраняет часто используемые программы и команды, что позволяет исполнять их быстрее. В данном случае можно провести аналогию с знаниями, которые при помощи практики закрепляются в памяти человека. Полученные многократным повторением навыки, подобно программе, выполняются “автоматически”, т.е. используется т.н. “*рабочая*” память.

Одно из коренных отличий памяти человека и машины заключается в *способе представления информации*. Мозг работает не с определенными “словами” данных в компьютерном понимании этого слова (например, 32-х разрядными), а со смыслом или значением. Так, например, при запоминании какого-либо текста в памяти запе-

чатлеваются не столько сами слова и предложения, составляющие текст, сколько содержащиеся в нем мысли.

В отличие от машинной, человеческая память постоянно ошибается и пользуется особыми приёмами, чтобы сохранить информацию. Чем больше умственных усилий прилагается к тому, чтобы организовать информацию (например, сгруппировать материал в блоки), придать ей целостную и осмысленную структуру (например, в виде «иерархического дерева»), тем легче она потом припоминается. Память человека теряется и восстанавливается по следующему закону: при потерях памяти в первую очередь страдают наиболее сложные и недавно полученные впечатления, а восстанавливаются сначала наиболее простые и старые воспоминания, а затем наиболее сложные и недавние. Динамика забывания не носит прямолинейный характер. Запомнив что-то, человек за первые восемь часов забывает столько же, сколько за последующие тридцать дней [3].

Любое новое впечатление, полученное человеком, не остается в его памяти изолированным. Запомнившись в одном виде, оно со временем может вступить в ассоциативную связь с другими впечатлениями, оказывать на них влияние и, в свою очередь, изменяться под их воздействием.

В отличие от машины, мозг отличается большой *пластичностью*, т.е. способностью изменять свою структуру, химию, физиологию и выходные реакции в результате случайных обстоятельств, приобретения опыта и в процессе развития. Биологический аспект памяти человека — особая, весьма специализированная форма приспособления к среде. То есть, её следует оценивать по изменениям адаптивного поведения в результате прошлого опыта. Кроме того, мозг человека — система с большим функциональным резервом (*избыточностью*). Под *избыточностью* понимают наличие областей, способных хотя бы частично брать на себя функцию, утраченную в результате повреждения другой области. Поэтому, обладание мозгом означает, что человек желающий что-то вспомнить, в случае блокирования нужного механизма будет искать новую стратегию вспоминания. В качестве примера, — разные способы, к которым мы прибегаем, чтобы вспомнить забытое имя: перебираем буквы алфавита, стараемся представить лицо человека, связать его имя с обстоятельствами последней встречи и т.п.

Мозг является тонко сбалансированной и динамичной системой с высокоуровневыми механизмами самонастройки и контроля. Сознание, разум и, что самое важное, память возникли как свойства мозга в целом, а не как свойства его отдельных элементов.

Критериями, по которым можно оценить и компьютерную и человеческую память, являются *информационная емкость* и *скорость поиска* (или «время выборки») данных. При всей сложности применения данных характеристик к человеку, следует отметить следующее.

Мозг высоко избыточен и большая масса существующих синапсов не предполагает, что все они задействованы в механизме памяти. Поэтому нейробиологический подход, когда один синапс принимается за бит информации, дает завышенную (порядка 10^{20} бит) емкость памяти [6]. Лучше подтверждается экспериментами и более умеренна оценка, основанная на информационной теории [7]. Согласно которой, человек запоминает визуальную, словесную, музыкальную и какую-либо иную информацию с частотой около двух бит в секунду. Поэтому, можно предположить, что за время жизни человек запоминает свыше 10^8 бит или несколько сот мегабит данных.

Машинная память оперирует десятками миллиардов бит (гигабит) данных, которые можно извлечь за доли микросекунд.

Процессы запоминания и воспроизведения человеком информации, несовместимы и противоположно направлены. Обширный поток новых сведений препятствует припоминанию, в то время, как воспроизведение даже большого объема сведений значительно меньше влияет на процесс восприятия. Воспроизведение информации в несколько раз медленнее ее запоминания. Сначала увиденная информация по зрительному нерву передается на внешнюю оболочку коры мозга, а затем — в ее внутреннюю область, которая является “архивом памяти” На этот процесс уходит 0,1 секунды (т.е. 10^5 мкс). Длительность обратного процесса, когда нейроны передают искомую информацию на поверхность серого вещества, составляет 0,4 секунды (т.е. $4 \cdot 10^5$ мкс) [8].

Это значительно медленнее чем тысячи операций, которые могут быть выполнены за микросекунду в памяти компьютера. Однако, следует отметить, что и в машинной памяти считывание информации происходит быстрее чем запись.

В отличии от компьютера, мозг устроен таким образом, что длительность процессов запоминания и воспроизведения информации зависит от типа информации, ее важности и обстоятельств получения.

В машинной памяти и хранение и извлечение данных происходит без какой-либо существенной трансформации содержимого. Тогда как в мозге информация в процессе запоминания претерпевает разнообразные изменения: сортировку, отбор, обобщение, кодирование, синтез. Вспоминая, человек не только переключается с одного способа представления информации на другой, а всегда выполняет над ней какую-то работу. Он не просто извлекает образы из хранилища и, используя, возвращает обратно в прежнем виде, а каждый раз пересоздает заново.

В отличии от мозга, компьютер отделяет функции памяти (как процессов хранения и выдачи данных) от вычислений, и соединяет вместе только программными средствами. Программа задает определенный набор сигналов, которые переводятся (“кодируются”) в операции для работы с памятью.

В памяти, представляющей собой вытравленную в кремнии решетку (либо матрицу, состоящую из строк и столбцов), можно выделить элемент (т.н. “запоминаю-

пую ячейку”), который хранит данные в виде электрического заряда. Нейроны тоже накапливают и передают электрический заряд, однако обработка информации происходит через их взаимодействие друг с другом посредством синапсов. Поэтому, единица информации как бы “размыта”, распределена между нейронными связями.

Еще раз необходимо подчеркнуть, что у человека запоминание представляет активный процесс. Мозг не имеет пространство памяти в виде матрицы, и не записывает в нее как стенографист весь объем поступающей информации, придерживаясь определенного шаблона. В отличие от компьютеров мозг не функционирует безошибочно и действие его не ограничено последовательной обработкой информации. Сознательно или бессознательно человек отбирает для фиксирования в памяти самую важную информацию из хаотичного потока сведений, поступающих из внешнего мира. Критерии для отбора входных сигналов формируются в результате обучения, практики, а также развития личности человека.

Сравнительная характеристика некоторых свойств памяти человека и машины приведена в табл. 1.

Таблица 1

Сравнительная характеристика памяти человека и памяти машины

Свойство памяти	Машина	Человек
Режим обработки информации	Параллельно-последовательный	Высокая степень параллелизма
Информационная емкость, бит	до 10^{13}	до 10^8
Элемент, хранящий данные	Транзисторная запоминающая ячейка	Синаптические связи
Время записи информации, мкс	0,05	$4 \cdot 10^{-5}$
Время считывания информации, мкс	0,03	10^5

Мы видим, что память человека по некоторым позициям уже проиграла машинной памяти. Однако, понимая принципы сохранения и организации информации в мозге, мы сможем разрабатывать новые типы машинной памяти, а в общем и умные машины. Надо принимать во внимание и то, что сама природа человеческой памяти, ее механизмы изменяются под воздействием технических средств. По-видимому, не за горами то время, когда человек для функционирования памяти, будет использовать микропроцессорные наночипы (рис. 3).

***Принцип организации памяти
интеллектуальных машин и человека***

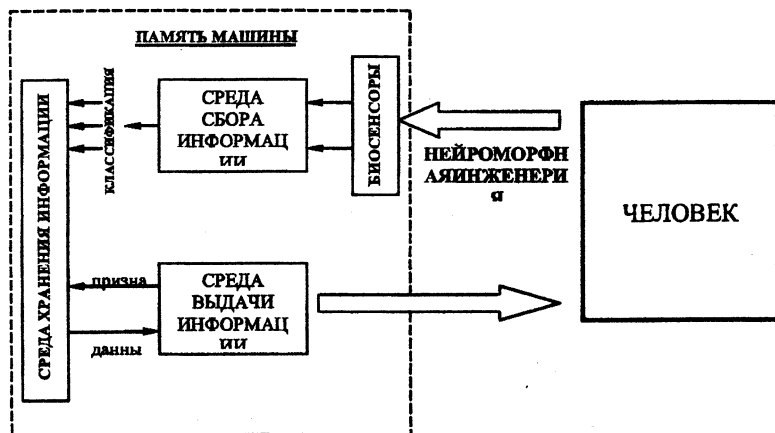


Рис. 3

ЛИТЕРАТУРА

1. Колешко В.М., Полюнкова Е.В., Хмурович Н.В. Интеллект машины и человека. — Мн.: БИТА, 2000, 49 с.
2. Miller G.A. The magic number seven, plus or minus two. *Psychology Review* 9, 81–97, 1956.
3. Немов Р.С. Психология. Кн. 1. Общие основы психологии. — М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 1997.
4. Squire L.R. *Memory and Brain*. Oxford, 1987.
5. Колешко В.М., Хмурович Н.В. Геном — интерфейс интеллекта и наследственности человека. — Мн.: БИТА, 2000, 50 с.
6. Von Neumann "The Computer and the Brain", Harvard University Press, 1994.
7. «How Much Do People Remember? Some Estimates of the Quantity of Learned Information in Long-term Memory», *Cognitive Science* 10, 477–493, 1986
8. Fell J, Klaver P. Human memory formation is accompanied by rhinal-hippocampal coupling and decoupling. *Nature*, 4, 2001:1259–1264.
9. Колешко В.М., Ковалевский В.В. Компьютер и мозг. — Машиностроение, Мн., 2002, вып. 18, с. 543–547.