

О ПАМЯТИ КИБЕРНЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Э. В. Утеуш

Харьковский институт радиоэлектроники

Несмотря на все возрастающее расширение логических функций запоминающих устройств (ЗУ) современной вычислительной техники, они все еще не имеют того комплекса гомеостатических или кибернетических свойств, какими наделена биологическая память. Более того, дальнейшее развитие вычислительной техники, характеризующееся чрезвычайной специализацией элементов памяти и структуры отдельных ее блоков, все больше отдаляет организацию технических устройств памяти от организации памяти биологических систем.

Однако уже на современном этапе развития науки и техники имеются задачи, для решения которых единственно приемлемыми являются чисто кибернетические принципы биологической памяти. Это задачи, связанные с созданием устройств, предназначенных для распознавания образцов, анализа и принятия решений в случайных средах и т. д. Иными словами, в таких ситуациях структурность памяти, как основного звена этих устройств, должна давать необходимое разнообразие для поглощения входного разнообразия [1, 2].

Принцип необходимого разнообразия, сформулированный в так называемой десятой теореме Шеннона и законе необходимого разнообразия, установленном для биологических систем У. Р. Эшби [2], позволяет определить методику исследования биологической памяти.

Роль исследований памяти, на наш взгляд, наилучшим образом подчеркнул У. Р. Эшби [2], который указал на важность установления физической основы памяти в мозге и отметил, что особое значение имеет объяснение того, как влияют на человеческое поведение долгосрочные изменения в памяти. Очевидно, решение этой задачи станет возможным, если при разработке программы исследований биологической памяти принять тезис об организации памяти как кибернетической системы. При этом на первый план выступают исследования гомеостатических механизмов памяти.

К функциям системы относится цикличность физиологических ритмов (биологические часы), реминисценция — явление отсроченного восстановления частично забытого материала, целенаправленное распределение и синтезирование информации. Кроме того, проявление защитных функций организма (сон, утомление, бессонница и др.) также рассматривается как феномен памяти. Детерминированность этих процессов указывает на упорядоченность функционирования памяти. Вместе с тем, для соблюдения принципа необходимого разнообразия возможная модель памяти, кроме свойств цикличности, должна проявлять и вероятностные свойства функционирования, которые, в частности, могут выражаться в непредсказуемости поведения.

Таким образом, приняв за основу исследования наблюдаемые функции мозга и тезис об организации памяти как кибернетической системы, можно предположительно придать кибернетической модели следующие свойства: иерархичность и последовательность структуры, динамический характер процессов обмена информацией между различными уровнями памяти, гибкость и вероятностный характер обратных связей, охватывающих группы или виды памяти, временная и объемная организация памяти. Некоторые из этих свойств являются следствием других качеств модели, из которых основным можно считать иерархичность и последовательность структуры.

Автором предложена модель памяти [3, 4], которая как кибернетическая система характеризуется иерархичностью структуры и множественностью уровней (видов) памяти. Информация с каждого вида памяти последовательно пересылается на вход последующего. Это основной («нормальный») процесс переноса информации. Данный принцип иерархичности и последовательности структуры согласуется с известными нейрофизиологическими данными, в частности, с теорией В. Пенфилда о сохранении информации в памяти без потерь и с явлением бездекрементности передачи потенциала действия по нервным волокнам.

В структурно-элементном отношении основу каждого уровня памяти составляет, как предполагается, регистровая структура. В ней волны биоэлектрической активности (ритмы), регистрируемые при электроэнцефалографических исследованиях, играют роль управляющих (сдвигающих) импульсов, благодаря которым и осуществляются процессы переноса информации из одного уровня памяти в другой, а также внутри отдельных уровней памяти.

Данная модель отражает лишь часть процессов произвольной памяти. В основе модели лежит временная организация: информация сохраняется отдельным элементом памяти или уровнем (видом) только в течение какого-то промежутка времени, а затем пересылается на вход последующего. Таким образом, последовательность структуры произвольной памяти приводит к разделению памяти на ряд уровней в зависимости от длительности сохраняемого впечатления. На одном из уровней время сохранения равно $0,1$ сек, и это — мгновенная память [3]. Следующие уровни, на которые последовательно пересылается информация, — это уровни краткосрочной памяти, затем — уровни промежуточной памяти, далее — уровни долгосрочной памяти.

При такой модели разделение памяти на краткосрочную и долгосрочную обусловлено лишь необходимостью сна для «переписи» информации из промежуточной памяти, являющейся одним из старших уровней краткосрочной памяти, в память долгосрочную [3]. Данная модель позволяет изучать вопрос о связи проблем памяти и времени [4, 5]. Особенно интересны выводы о связи такого деления памяти на уровни с наблюдаемыми в клинической практике кратковременными и долгосрочными амнезиями.

Деление памяти на уровни связано с цикличностью процессов переписи информации с одного уровня на другой, а также с возможностью образования каналов обратных связей, по которым информация с последующих уровней памяти во время переписи может снова поступать на вход любого предыдущего уровня [4].

Нормальный процесс функционирования памяти, естественно, определяется таким заполнением отдельных уровней памяти, при котором интегральное количество информации, находящееся в данный момент времени в уровне памяти, не превышает допустимое количество, или когда каждый элемент памяти предназначен для хранения информации,

различающейся лишь по временному признаку. Иначе говоря, время, к которому относится данная информация, выступает в виде плавающего адреса ячейки. Таким образом, временная организация памяти связана с объемной организацией памяти.

Рассмотрим несколько подробнее это свойство. Если принять за основу все основные преимущества двоичной системы счисления, то предположительно можно прийти к выводу об организации памяти по типу контактного «дерева». На рис. 1 РС — сдвигающий регистр, ПЭ — переключающий элемент (распределитель).

Регистры и переключающие элементы управляются механизмами мозга, которые в этой работе не рассматриваются. Данная переключающая структура, как и структура контактного «дерева» [6], образована последовательным ветвлением от единственного входа. Однако от контактной структуры она отличается включением в ветвь «дерева» не только переключающих устройств, но и элементов памяти — сдвигающих регистров. В данной структуре сдвигающие регистры являются управляемыми линиями задержки. Кроме того, выходы регистров при некоторых условиях через каналы обратных связей могут вновь поступать на входы предыдущих ярусов структуры. Ввиду этого структура памяти отличается от структуры контактного «дерева» тем, что имеются замкнутые контуры, и поэтому невозможно в точности установить, каким путем информация достигла своего регистра в данном ярусе.

Таким образом, наличие обратных связей в структуре является одной из причин вероятностного характера процессов распределения информации в памяти. Другая причина — нестабильность частоты управляющих импульсов, поступающих на сдвигающие регистры, а также цикличность хода процессов переноса информации из одного уровня в другой. Очевидно, что основу каждого уровня памяти составляет ярусное строение контактного «дерева». В этой структуре любая точка ветвления является началом нового уровня памяти и она же служит входом некоторого поддерева данного «дерева».

Изучение возможных обратных связей, образующихся между ярусами, позволяет подойти к детерминированному предсказанию некоторых явлений в центральной нервной системе. Наиболее простым частным случаем детерминированного предсказания движения информации по структуре памяти является случай отсутствия обратных связей. Этот случай интересен, ибо, как показывает модель (рис. 1), он также характеризует процессы движения информации. В данном случае можно определить зафиксированный промежуток времени, какого наибольшего по номеру уровня памяти достигнет информация, т. е. ее путь будет определяться структурой переключающего «дерева». Следовательно, в данном случае детерминированным является время, в течение которого информация будет проходить этот путь.

По аналогии с контактными «деревом» переключающее «дерево» (рис. 1) можно также назвать нормальным, или стандартным, если каждый переключающий элемент управляет контактами одного и только одного яруса. В i -м, считая от входа, уровне яруса содержится 2^{i-1} переключающих элементов и столько же регистров. Считая, что длина регистров каждого яруса одинакова, можно заключить, что объемы памяти двух смежных уровней соотносятся как члены геометрической прогрессии со знаменателем $q=2$. Поэтому время хранения информации на любом из уровней может быть определено, если известно время хранения информации хотя бы одним из уровней, например, если время хранения информации первым уровнем равно τ_1 , то для n -го уровня оно равно

$$\tau^n = \tau_1 q^{n-1}. \quad (1)$$

Для случая движения информации по структуре переключающего дерева время сохранения информации рядом ярусов от n до i можно определить по формуле

$$\sum_n^i \tau_{n-i} = \frac{\tau_i q - \tau_n}{q - 1}. \quad (2)$$

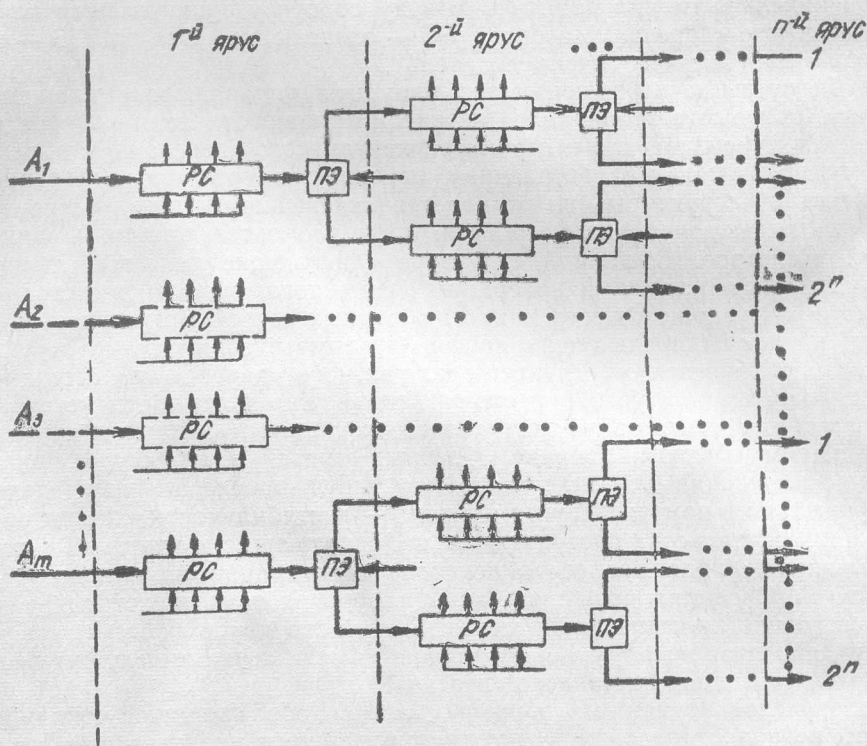


Рис. 1. Блок-схема структуры биологической памяти:
 $A_1, A_2, A_3, \dots, A_m$ — анализаторы

Установив время хранения информации каждым уровнем памяти, легко перейти к изучению ритмов физиологических процессов [5]. Наибольшее значение для организации физиологических процессов имеет циркадный ритм. Поэтому, если существует уровень памяти с временем сохранения информации 1 сутки, то все последующие уровни имеют соответственно время хранения, определяемое рядом 1, 2, 4, 8, 16 ... суток.

С учетом образования кибернетических структур, отличных от нормального переключающего дерева, возможные циклические изменения в структурах будут определяться суммарным временем хранения информации рядом уровней, которые охватываются каналами обратных связей. Возможные варианты такого суммарного времени приведены в таблице.

Особенно важен для человеческой деятельности семисуточный ритм. Большое значение имеют и другие одно- и многосуточные физиологические ритмы: 1, 2, 3, 4, 6, 7, ..., 24, 28, 30, 31-суточные ритмы и т. д. Одно из следствий описанной модели заключается в невозможности организации пятисуточного ритма. Предложенная модель биологической памяти отражает лишь некоторые свойства произвольной памяти, явлений

биологических часов и реминисценции. Это гомоформная модель. Однако в структурно-функциональном отношении ее разнообразие имеет высокий порядок, что приводит к ценному изоморфизму при моделировании ряда функций нервной системы.

Структура	Уровень					
	I	II	III	IV	V	VI
Отдельный уровень нормального переключа- тельного дерева (НПД)	1	2	4	8	16	32
Отдельный уровень НПД плюс предыдущий уровень		3	6	12	24	48
Отдельный уровень НПД плюс два предыду- щих уровня			7	14	28	56
Отдельный уровень НПД плюс три предыду- щих уровня				15	30	60
Отдельный уровень НПД плюс четыре преды- дущих уровня					31	62

ЛИТЕРАТУРА

1. Ст. Бир. На пути к кибернетическому предприятию. Сб. «Принципы самоорганизации», Изд-во «Мир», М., 1966.
2. У. Р. Эшби. Принципы самоорганизации. Сб. «Принципы самоорганизации».
3. Э. В. Утеуш и З. В. Утеуш. О кибернетическом подходе к моделированию биологической памяти. Труды XVIII Международного психологического конгресса. Симпозиум «Память и деятельность», М., 1966.
4. Э. В. Утеуш. Принципы организации памяти как последовательной структуры. Труды I Украинской конференции по бионике. Сб. «Бионика. Моделирование биосистем», Киев, 1967.
5. Э. В. Утеуш. Моделирование ритмов физиологических процессов. Там же.
6. Ю. Л. Сагалович. «Дерево» контактное. Сб. «Автоматизация производства и промышленная электроника» т. 1, М., 1962.