

## **Модель мира человека – семантическая сеть**

*А.А. Харламов*

*Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН, г. Москва.*

### **Введение**

В работе рассматриваются механизмы обработки исключительно специфической информации: интенциональный аспект здесь рассматриваться не будет. Одним из механизмов обработки специфической информации, наряду с первичной обработкой на входе системы, является модель мира. Еще один механизм обработки специфической информации – механизм внимания – относится к управлению процессом обработки. Механизма внимания мы коснемся поверхностно, так основной интерес представляет обработка специфической информации. Первичную обработку мы также рассматривать не будем. Она специфична для каждой модальности, но после первичной обработки представление информации различных модальностей однотипно. Модель мира – это структура, которая позволяет прогнозировать поведение в сложном мире. Рассмотрим механизмы формирования и использования модели мира, которые базируются на ассоциативном принципе обращения к информации. Особенностью обработки информации в мозге является нахождение кратчайших (функционально) информационных связей при относительно неизменной общей анатомической структуре связей. Достигается это за счет ассоциативности обращения к информации. В основе ассоциативного принципа адресации лежит ассоциативное преобразование, которое реализуется во многих структурах мозга (в первую очередь в колонках коры головного мозга и в гиппокампе). Модель мира содержит два уровня представления информации: статический и динамический. Первый из них выявляет факты различных уровней сложности и разной частоты повторяемости в их взаимосвязях, второй – выстраивает эти факты в цепочки, формируя или описания, или алгоритмы. Первый уровень описывает семантику мира, второй – его прагматику. Выявление фактов осуществляется колонками коры, объединение их в сеть – структурами гиппокампа. В колонках коры с помощью ассоциативного преобразования реализуется формирование словарей событий разной сложности (частоты встречаемости), которые формируют иерархию представлений, в которой события более высоких уровней иерархии являются грамматиками для событий более низких уровней. Модель мира включает в себя представление информации различных сенсорных модальностей. В связи с этим, а также в связи с различными приводящими обстоятельствами, модель мира (у человека) делится на три компонента.

Первый из них неотличим от модели мира животного, реализуется в правом (у правшей) полушарии и представляет собой индивидуализированную (образную) многомодальную двухуровневую модель мира. Второй также является многомодальной моделью мира, но под воздействием социума, который сегментирует мир единым для всех его субъектов способом, представляет собой левополушарную (у правшей) многомодальную многоуровневую схематическую модель мира. И, наконец, в левом же полушарии (у правшей), реализуется многоуровневая лингвистическая модель мира, которая и осуществляет сегментирующую функцию для второго (а по ассоциации и для первого) компонента модели мира, и, таким образом, посредством языка, формирует социализированный левополушарный многомодальный компонент модели мира, более или менее одинаковый у всех членов социума. На нем строится взаимное понимание членов социума и их общение.

## **1. Модель мира. Статика и динамика (семантика и прагматика)**

### **1.1. Ассоциативное преобразование**

Особенностью обработки информации в мозге является нахождение кратчайших (функционально) информационных связей при относительно неизменной общей анатомической структуре связей. Достигается это за счет ассоциативности обращения к информации. В основе ассоциативного принципа адресации лежит ассоциативное преобразование  $F$ , которое реализуется во многих структурах мозга (в первую очередь в колонках коры и в гиппокампе). Суть этого преобразования заключается в преобразовании последовательности символов  $\hat{A}$  (поскольку вся входящая в мозг информация, а также вся исходящая из него информация может быть представлена множеством параллельно разворачивающихся символьных последовательностей – последовательностей некоторым образом сформированных кодов) в последовательность точек – траекторию  $\hat{A}$  в многомерном пространстве  $R^n$ :

$$\hat{A} = F(A), \quad (1)$$

таким образом, что любой  $n$ -членный фрагмент входной последовательности преобразуется в точку в многомерном пространстве, координатами которой он является.

Применение такого преобразования позволяет выявлять часто встречающиеся фрагменты входной последовательности по сравнению с редко встречающимися фрагментами. Достигается это запоминанием числа прохождений траекторией точек

многомерного пространства. Чаще проходятся фрагменты траектории, соответствующие чаще повторяющимся фрагментам входной последовательности: одинаковые фрагменты последовательности отображаются в один фрагмент траектории в силу ассоциативности отображения. Применение к массиву памяти, соответствующему точкам многомерного пространства, и хранящему информацию о частоте прохождения этих точек траекторией, порогового преобразования позволяет исключить точки со значениями, ниже порогового, и сохранить надпороговые. То есть сохранить те фрагменты траектории, которые проходились чаще:

$$\{\hat{B}_i\} = \text{NM}^{-1}\text{MF}(\{A\}). \quad (2)$$

Здесь  $\{A\}$  множество входных последовательностей, содержащих, по крайней мере, один из фрагментов  $B_i$ , который повторяется хотя бы два раза (преобразованный в многомерное пространство, он становится фрагментом траектории  $\{\hat{B}_i\}$ ),  $M$  – функция памяти,  $M^{-1}$  – функция считывания,  $N$  – пороговое преобразование, значение порога  $h$  которого в случае, если фрагмент  $B_i$  повторялся дважды, должно быть равно 2.

## 1.2. Многоуровневая структура

Структура входных последовательностей, как правило, многоуровневая. Так, например, лингвистическая информация (текст) содержит в себе множество событий, принадлежащих словарям разной сложности и, соответственно, разной частоты встречаемости. Это, например, флексии (окончания) – информация морфологического уровня; корневые основы (корень плюс суффикс) – информация лексического уровня; флективные структуры предложений, характеризующие синтаксис предложений; пары совместно встречающихся корневых основ, характеризующие семантику языка [Рахилина, 2000]. Есть и другие единицы текста, но этих достаточно для понимания описываемого подхода. Эти единицы текста включены в соответствующие словари. Видно, что слова словарей более высоких уровней включают в себя слова словарей более низких уровней по ассоциации (вставляются на свое место). Так морфемы вставляются в слово. Нужно помнить, что последовательности могут быть любой сенсорной модальности, не только текстовые. Но и эти последовательности также имеют многоуровневую структуру: изображение сцены содержит изображения объектов, объекты раскладываются на элементы, те, в свою очередь, на фрагменты.

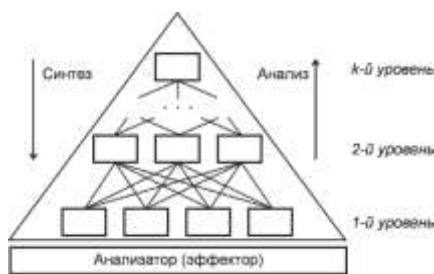


Рис. 1. Многоуровневая иерархическая структура одной ( $m$ -ой) модальности, в которой на каждом уровне имеется множество параллельно включенных подсловарей  $\{\hat{B}_i\}_{jkm}$ , связанных со словарями следующего уровня по типу "каждый-с-каждым". Подсловарь  $\{\hat{B}_i\}_{jkm}$  содержит  $i$ -е слова в  $j$ -м подсловаре на  $k$ -м уровне в  $m$ -й модальности.

Все словари в совокупности представляют собой модель мира  $\hat{M}_m$  в терминах одной ( $m$ -й) модальности:

$$\hat{M}_m = \bigcup_{ijk} \hat{B}_{ijkm}. \quad (3)$$

Здесь оператор  $U$  означает объединение всех слов подсловарей  $\{\hat{B}_i\}_{jk}$   $m$ -й модальности.

Естественно, модель мира  $\hat{M}$  в целом представляет собой объединение модальных моделей:

$$\hat{M} = \bigcup_m \hat{M}_m. \quad (4)$$

### 1.3. Семантическая сеть

Такое ассоциативное объединение характерно для всех уровней представления информации. Однако на верхних уровнях представления более естественным является другой способ объединения слов. Как было сказано выше, семантика в языке представлена попарной сочетаемостью корневых основ. Такое представление автоматически приводит к формированию семантической сети: второе слово первой пары оказывается первым словом какой-то другой пары, второе слово которой является первым словом еще одной пары, и, наконец, второе слово последней в цепочке пары оказывается первым словом первой пары. В результате получается семантическая сеть, так как пары слов связаны между собой конкретными типами отношений. Самым простым видом сети является ассоциативная (так называемая однородная семантическая) сеть  $N$  как совокупность несимметричных пар слов  $\langle c_i c_j \rangle$ , где  $c_i$  и  $c_j$  – слова, связанные между собой отношением ассоциативности (совместной встречаемости в некотором фрагменте текста) [Харламов и др., 2008]:

$$N \triangleq \{ \langle c_i c_j \rangle \}. \quad (5)$$

В данном случае отношение ассоциативности несимметрично:  $\langle c_i c_j \rangle \neq \langle c_j c_i \rangle$ .

Семантическая сеть, представленная таким образом, может быть переописана как множество так называемых звездочек  $z_i = \langle c_i \langle c_j \rangle \rangle$ :

$$N \triangleq \{ z_i \} = \{ \langle c_i \langle c_j \rangle \rangle \}. \quad (6)$$

где под звездочкой  $z_i = \langle c_i \langle c_j \rangle \rangle$  понимается конструкция, включающая главное слово  $c_i$ , связанное с множеством слов-ассоциантов  $\langle c_j \rangle$ , которые являются семантическими признаками главного слова, отстоящими от главного слова в ассоциативной сети на одну связь. Ассоциативные связи направлены от главного слова к словам-ассоциантам.

Так же организованы ассоциативные сети для других модальностей, только вершинами сети в этом случае являются события уже этих модальностей. Сети могут включать в себя и многомодальные представления, когда в одно событие объединяются несколько разномодальных представлений. И, наконец, модальные сети могут объединяться в единую многомодальную семантическую сеть.

Иерархия словарей (парадигма), или ее часть, раскрывают вершины (события) сети вниз. Так слово, в лингвистическом компоненте (в лингвистической ассоциативной сети) раскрывается вниз в иерархию составляющих его компонентов. Также и для событий других модальностей. Естественно, в ассоциативную сеть могут входить в качестве самостоятельных вершин не только слова, но и их объединения, и их компоненты. Для нелингвистических модальностей вниз раскрываются не только компоненты рассматриваемой вершины, но и ее свойства.

#### 1.4. Расслоение сети

Если заменить ассоциативные связи в сети именованными связями, сеть расслаивается. Так если ввести генеративное (например, родо-видовое, или часть-целое) отношение, сеть расслоится на две подсети: верхняя подсеть будет родовой. В ней будут присутствовать в качестве вершин родовые понятия, а связи будут такими же, как между классами видовых понятий в видовой (нижней) подсети. Конечно, появляются новые связи (между сетями) между родовым понятием, и понятиями класса, который описывается родовым понятием.

Напротив, поименование отношений типами: каузативное, временное, приводит к горизонтальному расслоению сети. При этом с одной стороны мы имеем сеть (например, для временного отношения) событий до, а с другой стороны – после. И в той и в другой сетях события связаны между собой одинаковыми связями. Кроме того, события до и события после также связаны между собой временными отношениями.

### 1.5. Взвешивание событий сети

Конкретная семантическая сеть представляет некоторую ситуацию. Не все события сети одинаково важны для представления той или иной информации. Значение события в данной ситуации определяется ее весом. Простейшим способом взвешивания событий является подсчет частоты их встречаемости в потоке событий. В больших информационных выборках большая частота встречаемости может говорить о важности события. В небольших текстах это неверно: так слово, встречающееся в статье два раза – в заглавии и в аннотации может быть очень важным для понимания материала. Поэтому, частоту встречаемости необходимо пересчитывать в смысловой вес, точнее, в важность события с точки зрения структуры текста: те события, которые связаны в семантической сети со многими другими событиями с большим весом, должны иметь больший вес. Другие события его равномерно теряют. Процедура пересчета итеративная: те события, которые связаны в семантической сети со многими другими событиями с большим весом, должны свой вес увеличивать. Другие события равномерно теряют свой вес. Алгоритм пересчета напоминает алгоритм сети Хопфилда:

$$w_i(t + 1) = \left( \sum_{\substack{i \\ i \neq j}} w_i(t) w_{ij} \right) \sigma(\bar{E}). \quad (7)$$

Здесь  $w_i(0) = \ln p_i$ ;  $w_{ij} = \ln p_{ij}/p_j$  и  $\sigma(\bar{E}) = 1/(1 + e^{-k\bar{E}})$  – функция, нормирующая на среднее значение энергии всех вершин сети  $\bar{E}$ . Полученная числовая характеристика событий – их смысловой вес – характеризует степень их важности в тексте.

Таким образом, осуществляется иерархизация сети: важные понятия приобретают высокий статус. И в этом случае пороговое преобразование помогает избавиться от маловажных событий.

## **1.6. Прагматический уровень. Описания, алгоритмы**

Входные последовательности, сегментированные на события  $s_i$ , представленные в вершинах семантической сети, которая очищена от маловажных событий, проецируются на семантическую сеть и формируют цепочки содержащихся в ней событий, соответствующие появлению этих событий во входных последовательностях. Эти цепочки либо описывают некоторые ситуации, либо являются алгоритмами. Для примера, в терминах лингвистических представлений, можно представить себе текст, который проецируется на заранее сформированную семантическую сеть, и из которого таким образом высекается подпоследовательность только из слов, включенных в эту сеть. В отличие от статического описания мира семантической сетью, где все события сети представлены в совокупности и одновременно, прагматические цепочки – описания и алгоритмы – описывают ситуации в динамике. Что касается цепочек в лингвистической модальности, то реально они включают предикатные (древовидные) структуры [Харламов и др., 2012], соответствующие только важным предложениям текста.

## **2. Естественные нейросетевые структуры мозга, реализующие модель мира человека**

Субстратом обработки информации у человека является естественная сеть из нейронов. Очень важны в этой сети связи нейронов между собой, которые обеспечивают подстройку сети под соответствующую информацию. Эта сеть не есть нечто однородное – она сильно структурирована. Сетевые структуры, ответственные за переработку специфической информации – это: кора полушарий большого мозга, гиппокамп и таламус. Кора ответственна за переработку и хранение информации о событиях. Гиппокамп содержит структуры, которые объединяют информацию о событиях в рамках более крупных событий (ситуаций). Наконец, таламус – обеспечивает комплексное управление потоками специфической информации. Он реализует энергетические механизмы управления вниманием.

Благодаря своей структуре (в них почти все связано почти со всем) эти три образования реализуют эффективный процессор обработки информации, в котором информация обрабатывается параллельно, и от входа до выхода сети выбирается кратчайший путь. Параллелизм и эффективность обработки оказываются возможными благодаря ассоциативному принципу информационного объединения нейросетевых

структур: адресная структура (и, следовательно, канал) выбираются в зависимости от содержимого потока информации.

## **2.1. Кора больших полушарий головного мозга**

Кора большого мозга является многоуровневым однородным хранилищем информации о событиях. Кора структурирована на уровни, которые зависят от числа переключений от нейрона к нейрону. Кора представляет собой параллельную структуру (из колонок) для обработки информации, где информация поступает в колонки первичных проекционных зон, далее – в колонки вторичных, третичных, объединяется в один поток из потоков информации различных модальностей в теменной коре, где также продолжается переключение с уровня на уровень. Обработка информации в колонках коры на всех уровнях одинакова – это парадигматическая многоуровневая обработка на основе ассоциативного преобразования. В результате такой обработки в коре формируется множество словарей различных событий, причем, отнесение этих событий к соответствующим словарям осуществляется по ассоциативному принципу: похожее расположено близко [Глезерман, 1986].

Основной функциональной единицей коры является колонка – модуль, состоящий, в основном, из пирамидных нейронов третьего слоя, объединенных между собой с одной стороны единым специфическим таламическим волокном (общим информационным входом), а с другой – единой горизонтальной клеткой, которая иннервируется также одним, но уже неспецифическим (управляющим), таламическим волокном [Беритов 1969].

Колонка, помимо пирамидных нейронов, включает в себя группу звездчатых клеток, которая, получая иннервацию от афферентного таламического волокна и имея терминали своих аксонов на собственных дендритах, за счет таким образом реализованных обратных связей, устойчиво реагирует на импульсацию таламического специфического афферента, передавая ее пирамидным клеткам колонки для дальнейшей обработки.

Пирамиды третьего слоя, входящие в колонку, имеют управляющий апикальный дендрит, который под влиянием горизонтальной клетки первого слоя добавляет фоновую импульсацию, и, тем самым, облегчает условия срабатывания нейрона. Это эквивалентно уменьшению порога нейрона. Пирамидные нейроны третьего слоя коры имеют также (по Полякову [Поляков, 1973]) базальные (информационные) дендриты. Как показали В.П.



Бабминдра и Т.А. Брагина [Бабминдра и др., 1982], во многих образованиях центральной нервной системы человека от спинного мозга до коры головного мозга имеются так называемые триады – наличие между терминальными окончаниями таламического афферента и дендритическим синапсом вставочного тормозного нейрона, что позволяет формировать на базальных дендритах синапсы разных знаков.

Можно показать, что в такой колонке коры осуществляется временная обработка информации, которая приводит к избирательной адресации отдельных нейронов, то есть позволяет реализовать ассоциативный принцип обработки информации [Харламов, 2006].

Известно, что пирамидные нейроны третьего слоя коры, являются электрически некомпактными нейронами, то есть такими, время распространения потенциала по дендриту которых от места его появления до тела клетки превышает временную константу мембраны в месте генерации спайка [Midtgaard, 1994]. Поэтому они могут реализовать функцию временной суммации сигналов. Нейроподобный элемент с временной суммацией отличается от нейроподобного элемента с пространственной суммацией включением в его состав элементов задержки (см. Рис. 2, 3).

### Нейроподобный элемент с временной суммацией сигналов

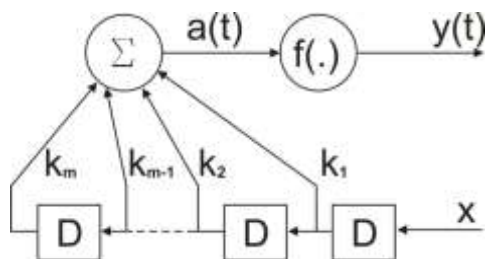


Рис. 2. Нейроподобный элемент с временной суммацией сигналов. Здесь  $x$  – вход нейрона,  $D$  – элементы задержки,  $k_i$  – весовые коэффициенты связей,  $a(t)$  – алгебраическая сумма сигналов,  $f(.)$  – нелинейное преобразование,  $y(t)$  – выход.

Нейроподобный элемент с временной суммацией сигналов является последовательным развитием нейроподобного элемента А.Н. Радченко [Радченко, 1969], возникшего на основе модели W. Rall [Rall, 1962]. В эквивалентной форме его можно представить в виде (см. Рис. 3). Здесь 6 – это многозарядный регистр сдвига [Rall, 1964], который можно назвать обобщенным дендритом [Радченко, 1969].

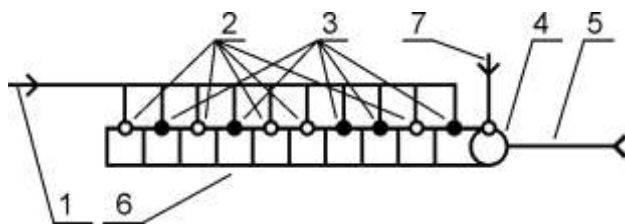


Рис. 3. Эквивалентное представление нейроподобного элемента с временной суммацией входных сигналов. Здесь 1 – вход, 2 – возбуждающие, и 3 – тормозные синапсы, 4 – тело клетки, где осуществляется нелинейное преобразование, 5 – выход, 6 – многозарядный регистр сдвига, 7 – обратная связь.

преобразование, 5 – выход, 6 – обобщенный дендрит (многоарядный регистр сдвига, в котором накапливается значение свертки), и 7 - управляющий синапс, который уменьшает порог нейрона, внося дополнительную импульсацию.

Такой нейрон выполняет свертку фрагмента бинарной последовательности длины  $n$  символов –  $(x_{t-n+1}, x_{t-n+2}, \dots, x_t)$ ,  $x_t \in \{0,1\}$ , с последовательностью весовых коэффициентов  $(w_1, w_2, \dots, w_n)$ ,  $w_i \in \{-1, 1\}$ :

$$S = \sum_{i=1}^n x_{t-n+i} w_i. \quad (8)$$

Свертка будет иметь наибольшее значение, если  $n$ -членный фрагмент входной последовательности соответствует последовательности весовых коэффициентов нейрона, то есть если  $w_i = -1$ , то  $x_i = 0$ , а если  $w_i = +1$  – то  $x_i = 1$ . Такой фрагмент последовательности называется адресом нейрона. Наибольшее значение свертки равно числу единиц в адресе:  $\sum_{e \in \alpha} 1$ .

В качестве нелинейной функции  $f(\cdot)$  используется пороговое преобразование  $H_{\text{адр}}$  с порогом  $h_{\text{адр}}$ . Если порог преобразования  $h_{\text{адр}}$  равен числу единиц в адресе –  $\sum_{e \in \alpha} 1$ , то нейрон будет откликаться строго на свой адрес. То есть он моделирует одну из точек  $n$ -мерного сигнального пространства  $R^n$ . В случае бинарной входной последовательности – это вершина  $n$ -мерного единичного гиперкуба  $G_e$ . Уменьшение порога приводит к возможности нейрона откликаться на свой адрес, измененный в некоторых позициях (тем в большем числе, чем больше управляющий сигнал) – к расфокусировке внимания.

### **Сеть из нейроподобных элементов с временной суммацией сигналов**

Объединение множества из  $2^n$  нейронов с разными адресными комбинациями в единую структуру (см. Рис. 4) порождает модель  $n$ -мерного сигнального пространства  $R^n$  (точнее единичного гиперкуба  $G_e$  в  $R^n$ , если весовые коэффициенты синапсов равны "+1" и "–1"). В этом случае каждый отдельный нейрон моделирует одну из вершин гиперкуба. Эта структура позволяет отобразить любую бинарную последовательность в последовательность вершин  $G_e$  – траекторию. Нейроны, обладая пластичностью, могут запоминать число их срабатываний (прохождений траекторией, соответствующей входной последовательности, через точки пространства, ими моделируемые). Следовательно, они могут участвовать в формировании словарей, описанных в Разделе 1.2.

Нейроподобный элемент реагирует строго на свой адрес, если его порог подобран соответствующим образом. Возбуждение неспецифическим таламическим волокном горизонтальной клетки приводит к дополнительному возбуждению апикального дендрита пирамидного нейрона (управляющего входа), что равносильно уменьшению порога.

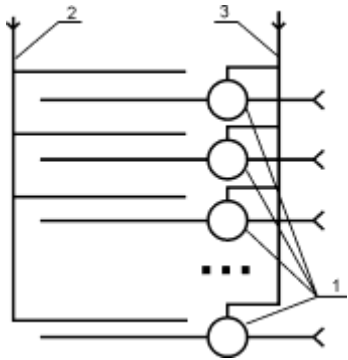


Рис. 4. Нейронный пучок. Здесь 1 - нейроны пучка, имеющие обобщенные дендриты с разными адресами от (000...0) до (111...1), 2 - общее афферентное волокно, 3 - общий управляющий вход.

В этом случае нейроподобный элемент возбуждается избирательно не только своим адресным  $n$ -членным входным фрагментом, но также фрагментами, отличными от адресного в одном или более символов (в зависимости от того, насколько уменьшился порог). Это приводит к тому, что входная последовательность отображается в многомерном сигнальном пространстве не в траекторию (последовательность точек), а в последовательность гиперсфер – вроде трубки вокруг траектории, что делает информационную траекторию и все процессы с ней устойчивыми к шумам.

## 2.2. Гиппокамп. Нейронная сеть для переупорядочения информации.

В мозге, помимо хранилища информации о событиях – колонок коры – существует структура, ответственная за хранение информации о связях событий в рамках более крупных событий (ситуаций) – гиппокамп [Виноградова, 1975]. Гиппокамп, также, реализует переупорядочение информации в длительной памяти: он формирует оценку степени совпадения поступающей в него информации с ранее запомненной, а в результате, опосредует перенормировку весовых характеристик единиц хранения [Rolls, 1990].

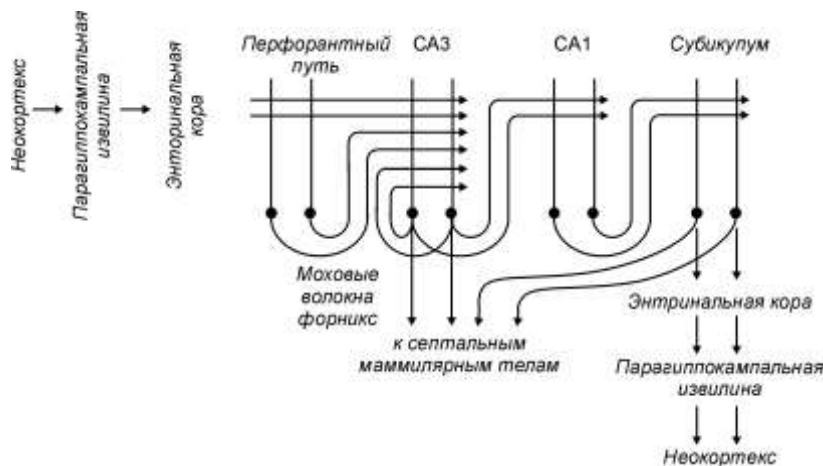


Рис. 5. Схематическое представление связей гиппокампа [Rolls, 1990]. Показано также, что кора головного мозга (неокортекс) связана с гиппокампом через парагиппокампальную извилину и энторинальную кору, и что проекции гиппокампа возвращаются в неокортекс через субикулум, энторинальную кору и парагиппокампальную извилину.

Гиппокамп представляет собой множество параллельно работающих структур – ламелей, каждая из которых имеет архитектуру, представленную на Рис. 5. Гиппокамп (пирамидные нейроны поля CA<sub>3</sub>) получает информацию от зрительной, слуховой и фронтальной коры. Особенностью функционирования пирамид поля CA<sub>3</sub> является их электронекомпактность, в результате чего нижние части их дендритов работают в составе сети Хопфилда (см. Рис. 6), а верхние - позволяют им избирательно возбуждаться ассоциацией по их адресу (см. Рис. 5).

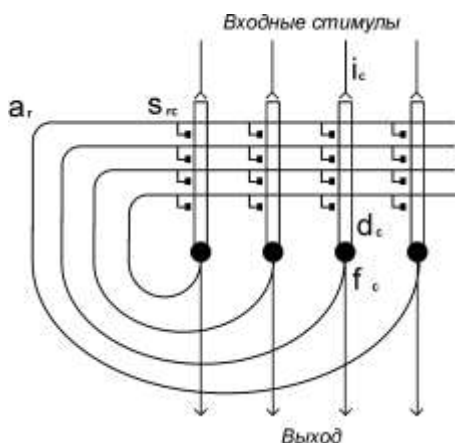


Рис. 6. Сеть Хопфилда – ассоциативная память.

Возбужденные избирательно под воздействием информации из коры (содержащие информацию, в большей или меньшей степени похожую на текущую ситуацию), структуры полей CA<sub>3</sub> ламелей гиппокампа работают как ассоциативная память, восстанавливая содержащиеся в них ситуации.

Основная структура связей поля CA<sub>3</sub> представлена в очень схематизированном виде на Рис. 6, взятом из работы [Brown et al., 1990]. В качестве модели можно рассмотреть автоассоциативную память на основе сети Хопфилда [Hopfield, 1982]. Автоассоциативная память имеет особенности, очень привлекательные с точки зрения обработки информации. Она является контекстно-адресуемой памятью, которая может восстановить образ по его ключевому элементу или его части.

При обращении к гиппокампу со стороны коры, из всех ламелей гиппокампа выбираются ламели, содержащие информацию, похожую на входную ситуацию, которые как бы характеризуют ее с разных точек зрения. То есть из всего входного пространственного паттерна выделяются только знакомые его компоненты. Эти ситуации, хранящиеся в выбранных ламелях гиппокампа, оцениваются конкурентной сетью поля CA<sub>1</sub>. В поле CA<sub>1</sub> как конкурентной сети [Rumelhart et al, 1986] выбирается главная ламель, которая в дальнейшем представляет этот контекстуальный паттерн. Одновременно происходит дообучение (усиление) событий, хранящихся в соответствующих выбранной

ламели колонках коры (возбудивших эти ламели) под воздействием т.н. длительной потенции [Виноградова, 1975].

Дообученная кора вновь инициирует процесс в гиппокампе: но конкурентной сетью выбирается другая ламель (ситуация): входная ситуация как бы рассматривается с другой стороны. Все повторяется несколько раз.

## **2.2. Таламус**

Таламус является управляющей структурой, которая формирует механизм внимания. Через него проходит (в нем переключаются соответствующие пути) практически вся специфическая информация, идущая в кору и из коры больших полушарий. Одновременно, в таламусе эта информация интегрируется, с выбором наиболее существенных в данный момент и в данной ситуации путей, которые и подкрепляются через горизонтальные клетки 1-го слоя коры, дополнительно возбуждающие (понижающие порог) через их апикальные дендриты пирамиды 3-го слоя нужных колонок коры. Эта интеграция осуществляется с учетом модели тела, которая формируется в таламусе [Подвигин и др., 1986], помимо реализации переключающих функций.

## **2.3. Право- и левополушарное представление информации у человека**

Отличие обработки информации в левом и правом полушариях большого мозга человека заключается в наличии в левом полушарии (у правшей) центров обработки речевой информации: центра Вернике в височной коре, ответственного за восприятие речи, и центра Брока в моторной коре, ответственного за управление артикуляторными органами. Эта асимметрия порождает различие представлений модели мира в разных полушариях. В левом полушарии (у правшей) формируется двухкомпонентная социализированная модель мира, в правом – индивидуальная (образная) многомодальная модель.

## **3. Трехкомпонентная структура модели мира**

Таким образом, модель мира (у человека), реализованная как совокупность парадигматического многоуровневого (на нижних уровнях) и сетевого на верхнем уровне представлений, делится на три компонента. Первый из них реализуется в правом полушарии (у правшей) и представляет собой индивидуализированную (образную) многомодальную двухуровневую модель мира. Второй компонент также является

многомодальной моделью мира, но под воздействием социума, который сегментирует мир единым для всех его субъектов способом, представляет собой левополушарную (у правой) многомодальную многоуровневую схематическую модель мира [Глезер, 1985], [Лурия, 1975]. И, наконец, в левом же полушарии (у правой), реализуется многоуровневая лингвистическая модель мира, которая и осуществляет сегментирующую функцию для второй компоненты модели мира. Элементы этих компонент горизонтальными связями по ассоциации связываются между собой таким образом, что возбуждение какого-либо элемента любого компонента модели приводит к возбуждению других, по ассоциации связанных с ним элементов.

#### **4. Автоматическая обработка текстов как пример формирования и использования модели мира**

Предложенная модель представления семантики была использована при разработке программной системы для автоматического семантического анализа текстов TextAnalyst™. Система осуществляет формирование семантического портрета текста – семантической сети – путем выявления в тексте ключевых понятий (слов и словосочетаний) в их взаимосвязях, взвешенных их смысловыми весами. Использование семантической сети позволяет построить реферат текста, сравнить тексты между собой по смыслу, классифицировать и кластеризовать тексты, выявить тематическую структуру текста.

Система включает в свой состав блок первичной обработки, блок морфологической обработки, блок формирования частотной сети, блок перенормировки весов, и блоки реферирования, формирования тематической структуры, сравнения и кластеризации. Блок первичной обработки очищает алгоритмически, или с использованием специальных словарей, текст от нетекстовой информации, а также от служебных слов, стоп-слов, и общеупотребимых слов. Морфологическая обработка позволяет свести все множество словоформ к множеству их корневых основ. Блок формирования частотной сети построен на основе искусственной нейронной сети из нейроподобных элементов с временной суммацией сигналов [Kharlamov et al., 2004]. Блок перенормировки пересчитывает частотные характеристики в смысловые веса с использованием алгоритма, напоминающего алгоритм работы сети Хопфилда [Hopfield, 1982]. При этом слова, связанные с большим количеством слов с большим весом увеличивают свой вес. Иерархизация сети, полученная в результате операции перенормировки, позволяет выявить тематическую структуру текста как минимальный древовидный подграф

исходной семантической сети. Гипертекстовая структура, включающая в свой состав построенную семантическую сеть и предложения текста, позволяет легко навигировать по тексту, что составляет основу нелинейного чтения, и делает программную систему удобным средством для хранения текстов – электронной библиотекой с ассоциативной навигацией [Харламов и др., 2013].

Программная система TextAnalyst™ дает при обработке текстов приемлемые результаты, что ставит ее в один ряд с продуктами для обработки текстов таких компаний как IBM и ORACLE [Sullivan, 2001].

### **Заключение**

Модель мира человека представляет собой сложное трехкомпонентное образование, каждая компонента которого включает в себя на верхнем уровне семантическую сеть, элементы которой раскрываются вниз в парадигмы многоуровневых представлений, элементы разных уровней которых ассоциативно связаны между собой. Компоненты модели представляют лингвистическую, и две многомодальных модели мира: схематическую и образную. Вершины этих сетей также по ассоциации связаны между собой, и поэтому инициируются одновременно, формируя единое представление. Описания событий и алгоритмы поведения представлены как цепочки вершин этих семантических сетей.

Процессы формирования семантических сетей и парадигматических структур опосредованы нейронными структурами головного мозга. Иерархии словарей событий различных модальностей формируются в колонках коры головного мозга. Семантические сети – в ламелях гиппокампа. Взаимодействие всех структур находится под управлением механизмов внимания, реализуемых таламусом.

Описанные представления и алгоритмы апробированы на примере программной системы для автоматического смыслового анализа текстов TextAnalyst™.

### **Литература**

- [Бабминдра и др., 1982] Бабминдра В.П., Брагина Т.А. Структурные основы межнейронной интеграции. Л.: Наука, 1982
- [Беритов, 1969] Беритов И.С. Структура и функции коры большого мозга. М.: Наука, 1969
- [Виноградова, 1975] Виноградова О.С. Гиппокамп и память. М., 1975
- [Глезер, 1985] Глезер В.Д. Зрение и мышление. Л.: "Наука", 1985

- [Глезерман, 1986] Глезерман Т.Б. Психофизиологические основы нарушений мышления при афазии, М.: Наука, 1986
- [Лурия, 1975] Лурия А.Р. Основные проблемы нейролингвистики. М.: Издательство Московского университета, 1975
- [Подвигин и др., 1986] Подвигин Н.Ф., Макаров Ф.Н., Шелепин Ю.Е. Элементы структурно-функциональной организации зрительно-глазодвигательной системы. Л.: Наука, 1986
- [Поляков, 1973] Поляков Г.И. Основы систематики нейронов новой коры большого мозга человека. М.: Медицина, 1973
- [Радченко, 1969] Радченко А.Н. Моделирование основных механизмов мозга. Л.: Наука, 1969
- [Рахилина, 2000] Рахилина Е.В. Когнитивный анализ предметных имен: семантика и сочетаемость. М.: Русские словари, 2000
- [Харламов, 2006] Харламов А.А. Нейросетевая технология представления и обработки информации (естественное представление знаний). М.: Радиотехника, 2006
- [Харламов и др., 2008] Харламов А.А., Раевский В.В. Перестройка модели мира, формируемой на материале анализа текстовой информации с использованием искусственных нейронных сетей, в условиях динамики внешней среды. Речевые технологии, N 3, 2008. Стр. 27-35
- [Харламов и др., 2012] Бондаренко Е.А., Каплина О.А., Харламов А.А. Предикатные структуры в системе машинного распознавания текста. Речевые технологии № 4, 2012 (в печати).
- [Харламов и др., 2013] Крюкова О.П., Маркарова Т.С., Харламов А.А. Электронные библиотеки в образовании. Информационные технологии 2013 (в печати)
- [Brown et al., 1990] Brown, T.H., Zador, A.M. Hippocampus. /In G.M. Shepherd (Ed.), "The synaptic organization of the brain". New York, Oxford: Oxford University Press, 1990. Pp. 346 - 388
- [Hopfield, 1982] Hopfield, J.J. Neural networks and physical systems with emergent collective computational abilities. Proc. Natl. Acad. Sci. 79, 1982. Pp. 2554 – 2558
- [Kharlamov et al., 2004] Kharlamov, A.A., Raevsky, V.V. Networks constructed of neuroid elements capable of temporal summation of signals. /In "Neural Information Processing: Research and Development", Jagath C. Rajapakse and Lipo Wang, Editors, Springer-Verlag, 2004, ISBN 3-540-21123-3. Pp. 56-76
- [Midtgaard, 1994] Midtgaard, J. Processing of Information from Different Sources: Spatial Synaptic Integration in the Dendrites of Vertebrate CNS Neurons. TINS, Vol. 17, No. 4, 1994. Pp. 166 -173
- [Rall, 1962] Rall, W. Electrophysiology of a Dendritic Neuron Model. Biophys. J., 2. (Suppl.), 1962. Pp. 145 – 167
- [Rall, 1964] Rall, W. Theoretical Significance of Dendritic Trees for Neuronal Input-output Relations. /In "Neural Theory and Modelling". (Proc. of the 1962 Ojai Symp.). Reiss R.F., ed., Stanford, Calif.: Stanford University Press, 1964. Pp. 73 – 97
- [Rolls, 1990] Rolls, E.T. Theoretical and Neurophysiological Analysis of the Functions of the Primate Hippocampus in Memory. /In "Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology", Vol. LV, 1990, Cold Spring Harbor Laboratory Press. Pp. 995 – 1006
- [Rumelhart et al, 1086] Rumelhart, D.E. and D. Zipser. Feature discovery by competitive learning. /In "Parallel Distributed Processing", eds. D.E. Rumelhart and J.E. McClelland and PDP Group, 1986, Cambridge, Mass.: MIT Press. Pp. 151 – 193
- [Sullivan, 2001] Sullivan, Dan Document Warehousing and Textmining. New York: Wiley publishing house, 2001, ISBN: 0471399590