

УДК 004.942, 514.18, 519.652

А. А. Харламов

Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН, г. Москва
117485, г. Москва, ул. Бутлерова, 5а

Московский государственный лингвистический университет, г. Москва
119034, г. Москва, ул. Остоженка, 38, стр. 2

Высшая школа экономики, г. Москва
101000, г. Москва, ул. Мясницкая, д. 20

СЕМАНТИЧЕСКАЯ СЕТЬ КАК МОДЕЛЬ МИРА И ЦЕЛЕНАПРАВЛЕННОЕ ПОВЕДЕНИЕ

A. A. Kharlamov

Institute of Higher Nervous Activity and Neurophysiology, Russian Academy of Sciences, Moscow
117485, Moscow, st. Butlerova, 5a

Moscow State Linguistic University, Moscow
119034, Moscow, st. Ostozhenka, 38, p. 2

Higher School of Economics, Moscow
101000, Moscow, st. Myasnitskaya, d. 20

SEMANTIC NETWORK AS A MODEL OF THE WORLD AND FOCUSED BEHAVIOR

О. О. Харламов

Институт вищої нервової діяльності та нейрофізіології РАН, м. Москва
Московський державний лінгвістичний університет, м. Москва

Вища школа економіки, м. Москва

СЕМАНТИЧНА МЕРЕЖА ЯК МОДЕЛЬ СВІТУ І ЦІЛЕСПРЯМОВАНОЇ ПОВЕДІНКИ

Человек использует в процессе целенаправленного поведения модель мира, которая состоит из языковой и многомодальной моделей. В их основе лежат иерархии образов событий, которые формируются в колонках коры больших полушарий головного мозга, объединяющиеся в модели ситуаций – семантические сети – в ламелях гиппокампа. Целенаправленное поведение можно рассматривать как формирование цепочек моделей ситуаций, и контроль соответствия этих моделей реальным состояниям среды.

Ключевые слова: модель мира человека, целенаправленное поведение, структурное многоуровневое представление в колонках коры, сенсорное представление в задней коре, моторное представление во фронтальной коре, парадигматическое представление в ламелях гиппокампа.

In the process of purposeful behavior, human uses a model of the world, which includes the language and multimodal models. They are based on hierarchies of images of events, which are formed in the cortical columns of the brain hemispheres. They unite into situation models – semantic networks – in lamellas of the hippocampus. Purposeful behavior can be viewed as the formation of chains of situation models and the monitoring of the conformity of these models to real situations of the environment during the actioning.

Keywords: human model of the world, purposeful behavior, structural multilevel representation in the columns of the cortex, sensory presentation in the posterior cortex, motor presentation in the frontal cortex, paradigmatic representation in the lamellae of the hippocampus.

Людина використовує в процесі цілеспрямованої поведінки модель світу, яка складається з мовної та багатомодальної моделей. В їх основі лежать ієрархії образів подій, які формуються в колонках кори великих півкуль головного мозку, які об'єднуються в моделі ситуацій – семантичні мережі – у ламелях гіпокампу. Цілеспрямовану поведінку можна розглядати як формування ланцюжків моделей ситуацій, і контроль відповідності цих моделей реальним станам середовища.

Ключові слова: модель світу людини, цілеспрямована поведінка, структурне багаторівневе представлення в колонках кори, сенсорне подання у задній корі, моторне уявлення у фронтальній корі, парадигматичне подання у ламелях гіпокампу.

Введение

Задача реализации целенаправленного поведения в искусственных системах далека от решения. Чтобы убедиться в этом, достаточно посмотреть на поведение робота, выполняющего конкретную задачу, или поведение коллектива роботов [1], для которых простейшие целенаправленные действия опосредованы сложнейшей логикой. Поскольку мозг человека является весьма эффективным универсальным решателем, для решения упомянутой задачи достаточно взглянуть на то, как реализует целенаправленное поведение человек.

Человек использует в процессе целенаправленного поведения модель мира [1], [2]. Эта модель мира весьма неоднородна. Модель мира человека состоит из трех компонентов [3]: языковой модели мира, включающей в свой состав модель языка, и двух многомодальных компонентов – социализированного схематического многоуровневого представления доминантного полушария и индивидуального двухуровневого образного представления субдоминантного полушария [4].

Схематическое представление доминантного полушария формируется под воздействием социума посредством языковой части модели мира. Поэтому оно хорошо развито как вширь, так и вглубь. Но, будучи сформированным на большом разнообразном материале социума, оно содержит только самые существенные черты представляемого материала, и потому схематично. Но зато многоуровнево [5].

Индивидуальное образное представление напротив формируется без участия социума, исключительно с использованием личной информации индивидуума. Поэтому оно очень вариативно в представлении одних и тех же объектов, и поэтому содержит только два уровня представления: часть-целое [5].

Все три компонента модели мира представляют собой однородные семантические сети, которые связаны между собой поэлементно, формируя для каждого элемента часть треугольника Фреге «означаемое-означающее-смысл». В этом случае означаемое – это объект, или событие внешнего мира, означающее – слово языковой модели мира, а смысл представлен в обоих многомодальных компонентах модели мира: и доминантного, и субдоминантного полушарий.

В основе компонентов модели мира, и языкового, и обоих многомодальных, лежат иерархии образов событий (языковых и многомодальных, соответственно), которые формируются в колонках коры больших полушарий соответствующих модальностей [3]. Эти образы событий, с одной стороны, формируют иерархию представлений, в которой образы нижних уровней входят в состав образов более высоких уровней. Так, в языковом компоненте модели мира такая иерархия представлена образами элементов уровней языка – начиная с фонетического (графематического – *+9– для письменных текстов) уровня, морфемного, лексического, синтаксического, заканчивая семантическим уровнем. При этом элементы семантического уровня (уровня лексической сочетаемости – пары понятий) объединяются виртуально в семантическую сеть, которая лежит в основе собственно модели мира. В многомодальных компонентах аналогичные представления базируются, в первую очередь, на иерархиях зрительной модальности. И также формируют соответствующие семантические сети.

С другой стороны, эти образы событий объединяются в представления ситуаций в ламелях гиппокампа, формируя единое многомодальное представление, включающее в свой состав также и поименовывающие (и ситуации, и элементы ситуаций – образы событий) элементы языковых уровней языкового компонента модели мира [6].

Эти представления (фрагменты семантических сетей) отдельных ситуаций в ламелях гиппокампа виртуально объединяются в единую многомодальную семантическую сеть, содержащую и модель языка, в том числе. Эта гиппокампальная виртуальная многомодальная семантическая сеть и виртуальная сеть, формирующаяся в колонках коры обоих полушарий в конечном итоге изоморфны, так как содержат одинаковые элементы, которые связаны в одинаковые конструкции. Чисто технически (в приложениях) удобно иметь три отдельных компонента модели мира, элементы которых связаны между собой поуровнево. Их удобно по отдельности формировать, и также ими удобно по отдельности манипулировать в процессе распознавания.

Это многомодальное представление включает также представление управления моторикой (как языковой, так и двигательной) [2]. В коре сенсорные и моторные представления разделены: сенсорная семантическая сеть хранится в колонках задней коры, многомодальное представление, включающее и сенсорные и моторные компоненты – в колонках фронтальной коры. В ламелях гиппокампа моторика включается в образы ситуаций наряду с сенсорными образами. Как следствие, эти сети ситуаций имеют свойства двудольных графов (каузальных сетей) [1].

И тогда целенаправленное поведение можно рассматривать как формирование цепочек моделей ситуаций из некоторого их множества, и контроль соответствия этих моделей реальным состояниям среды.

1 Трехкомпонентная модель мира

На самом верхнем уровне неоднородность обработки информации в головном мозге человека проявляется в делении модели мира, которая формируется в мозге человека, на три части: языковой компонент модели мира и два многомодальных компонента доминантного и субдоминантного полушарий [4], [7]. Языковой компонент модели мира включает в себя модель языка – модели всех языковых уровней от акустико-фонетического и графематического (для устных и письменных текстов, соответственно) до семантического и прагматического, а также включает в свой состав описание мира в терминах слов естественного языка. Многомодальный компонент модели мира доминантного полушария представляет собой схематизированную многоуровневую модель мира, формируемую под воздействием социума (так как находится под прямым воздействием языкового компонента, расположенного там же в доминантном полушарии), и с использованием знаний социума. Наконец, многомодальный компонент модели мира субдоминантного полушария, который формируется без воздействия социума (он не находится под прямым воздействием языкового компонента) [4], является двухуровневой моделью, включающей знания, полученные индивидом в процессе истории его личного развития.

Образы событий внешнего мира, представленные в этих трех частях модели мира, объединяются поуровнево (по ассоциации).

Все компоненты модели мира формируются на основе образов событий внешнего мира, полученных в процессе структурной обработки сенсорной информации в колонках задней коры во взаимодействии с ламелями гиппокампа, формирующими представления ситуаций путем объединения в парадигмы этих образов событий иерархий словарей колонок задней коры.

В отличие от задней коры предметом манипулирования колонок фронтальной коры являются последовательности образов ситуаций, хранящихся в ламелях гиппокампа. Обработка последовательностей образов ситуаций осуществляется фронталь-

ной корой так же, как задняя кора обрабатывает сенсорные потоки. При этом также формируется иерархия словарей, но словами здесь становятся фрагменты цепочек ситуаций (как они – ситуации – представлены в ламелях гиппокампа).

Три основных органа мозга отвечают за формирование модели мира человека. Кора полушарий большого мозга и гиппокамп отвечают за обработку специфической информации (синтагматической – задняя кора, и парадигматической – фронтальная кора, соответственно), таламус – за организацию этой обработки путем манипулирования с помощью неспецифической информации (информации о локализации отдельных элементов манипулирования в коре и гиппокампе – о ее топологии). Под специфической информацией понимаются информационные последовательности (синтагмы), полученные с сенсорных органов, закодированные в них (сенсорных органах) некоторым способом, результат их обработки в колонках задней коры в виде иерархии словарей образов событий, а также их объединения в ситуации (парадигмы, включающие и моторные образы) в ламелях гиппокампа. Под специфической информацией понимаются также последовательности образов ситуаций, представленных в ламелях гиппокампа, и результаты их обработки в колонках фронтальной коры.

2 Структурное представление мира в сенсорной (задней) коре полушарий большого мозга. Обработка сенсорных последовательностей в коре

Поток сенсорной информации поступает (после некоторых переключений в подкорковых ядрах, обработка в которых также относится к кодированию, включая шумоочистку и увеличение динамического диапазона сигналов) в колонки коры проекционных зон своих модальностей (зрительной, слуховой и других), колонки формируют иерархию словарей, каждый уровень которой представляет информацию своей степени сложности. Колонки коры осуществляют преобразование информационных последовательностей в траектории в многомерном сигнальном пространстве R^n , где и проявляется упомянутая ассоциативность: повторяющиеся фрагменты последовательностей отображаются в одни и те же фрагменты траекторий. Локальные фрагменты многомерного сигнального пространства R^n , моделируемые колонками, виртуально объединяются (физически они объединяются механизмом внимания, формируемым таламусом) в глобальное многомерное сигнальное пространство R^n :

$$\mathbb{R}^n = \cup R^n, \quad (1)$$

в котором и представлена в виде множества траекторий модель мира. Преобразование сенсорной информационной последовательности в многомерное пространство осуществляется с помощью ассоциативного преобразования F_n [2]:

$$A \rightarrow \hat{A}, F_n(A) = \hat{A}, \quad (2)$$

где A – информационная последовательность, а \hat{A} – траектория в сигнальном пространстве размерности n .

В колонках коры осуществляется структурная обработка информационных последовательностей. На каждом уровне иерархии колонок (см. рис. 1) формируются словари образов событий (которыми в дальнейшем манипулируют посредством таламуса ламели гиппокампа):

$$\{\hat{B}_i\}_{k_i} = H_n M^{-1} M F_n(\{A\}_{k_i}), \quad (3)$$

где $\{\hat{B}_i\}_{k_i}$ – словарь – множество фрагментов траекторий в многомерном сигнальном пространстве, соответствующих повторяющимся фрагментам последовательностей из множества $\{A\}_{k_i}$, полученных преобразованием F_n , H_n – пороговое преобразование, M^{-1} – функция считывания из памяти, M – функция записи в память.

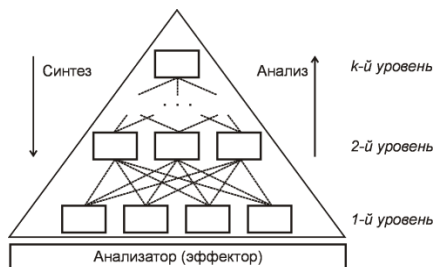


Рисунок 1 – Многоуровневая иерархическая структура словарей $\{\hat{B}_i\}_{jkm}$ одной модальности.

Здесь i – слово в подсловаре, j – номер подсловаря на уровне, k – номер уровня, а m – номер модальности

Входной информацией для следующего уровня обработки является информация, полученная после ее обработки на предыдущем уровне иерархии колонок после формирования словаря этого уровня. При этом во входной последовательности фильтруются ее фрагменты, представленные в словаре этого уровня:

$$F_{n,c}^{-1}(\tilde{A}, \{\hat{B}_j\}) = C, \quad (4)$$

где $F_{n,c}^{-1}$ – обратное преобразование, наделенное способностью фильтровать слова словаря во входном потоке, \tilde{A} – произвольная входная последовательность из множества $\{A\}$.

В результате процесса структурной обработки сенсорной информации формируется иерархия словарей.

3 Представление ситуаций в ламелях гиппокампа

В отличие от синтагматических представлений (каждое слово словаря – это фрагмент входной последовательности – синтагма), формируемых в колонках коры, в ламелях гиппокампа – второго органа головного мозга, манипулирующей специфической (сенсорной и моторной) информацией – формируются парадигматические представления: в поле СА₃ ламелей гиппокампа (как ассоциативной памяти Хопфилда [8]) формируются образы связей слов словарей – образов событий внешнего мира, представленных в колонках коры, в рамках целых ситуаций. Необходимо помнить, что мы имеем три компонента модели мира, и поэтому в ламелях гиппокампа субдоминантного полушария объединяются представления образов конкретных событий (из многомодального образного – конкретного – компонента модели мира). А в ламелях гиппокампа доминантного полушария объединяются представления образов абстрактных событий (из многомодального схематического – абстрактного – компонента модели мира) с образами языковых событий (из языкового компонента модели мира).

Причем, соотнесение в гиппокампе образов событий многомодального компонента, входящих в конкретную ситуацию, с образами их имен из языкового компонента, приводит к формированию в ламели гиппокампа представления, соответ-

вующего расширенной предикатной структуре предложения, описывающего эту ситуацию:

$$P = (S, O, \langle O_i \rangle, \langle A_j \rangle), \quad (5)$$

где P – это расширенная предикатная структура, в составе S – субъекта, O – главного объекта, $\langle O_i \rangle$ – других – второстепенных – объектов, и $\langle A_j \rangle$ – атрибутов.

Многомодальный образ \mathfrak{B} , соответствующий этой расширенной предикатной структуре, представлен там же в ламели гиппокампа:

$$\mathfrak{B} = (\mathfrak{S}, \mathfrak{O}, \langle \mathfrak{O}_i \rangle, \langle \mathfrak{A}_j \rangle), \quad (6)$$

где \mathfrak{S} – это образ субъекта, \mathfrak{O} – образ главного объекта, $\langle \mathfrak{O}_i \rangle$ – образы других – второстепенных – объектов, и $\langle \mathfrak{A}_j \rangle$ – образы атрибутов.

Таким образом, формирующееся в ламелях гиппокампа [6] представление о конкретных ситуациях [2], то есть фрагмент модели мира, это не только совокупность многомодальных образов событий, хранящихся в колонках коры (6), но и совокупность образов их имен (5). Причем, структура этой ситуации (6) описывается расширенной предикатной структурой предложения (5), описывающего эту ситуацию.

В той же ламели хранятся и концепты языковой модели, называющие соответствующие абстрактные образы расширенной предикатной структуры, но представленные синтагматически – в виде предложения естественного языка, соответствующего этой расширенной предикатной структуре.

Таких представлений (и они синхронны) два: одно – синтагма в терминах сенсорных представлений, другое – синтагма в терминах моторики артикуляторных органов, представленная в нижнем уровне моторного языкового компонента модели мира фронтальной коры. Это представление формируется на стыке лобной и височной коры [9].

В ламелях доминантного и субдоминантного полушарий формируются неодинаковые представления. В ламелях доминантного полушария формируются схематические представления социализированного типа. В ламелях субдоминантного полушария – представления индивидуальные [4].

4 Однородная семантическая сеть.

Формирование словарей на примере текстового представления

Последующие построения будут более понятны, если использовать понятия, связанные с однородной семантической сетью, которая строится как множество пар «первое понятие – второе понятие», где вторая пара стыкуется с первой парой через общее понятие. Для этого опишем более формально ассоциативную (однородную семантическую) сеть N [10].

Определение 1. Под семантической сетью N понимается множество пар событий $\{\langle c_i c_j \rangle\}$, где c_i и c_j – события, связанные между собой отношением ассоциативности (совместной встречаемости в некоторой ситуации):

$$N \cong \{\langle c_i c_j \rangle\}. \quad (7)$$

В данном случае пара понятий сети несимметрична: $\langle c_i c_j \rangle \neq \langle c_j c_i \rangle$.

Определение 2. Семантическая сеть, описанная таким образом, может быть представлена как множество так называемых звездочек $\{ \langle c_i \{c_j\} \rangle \}$:

$$N \cong \{z_i\} = \{ \langle c_i \{c_j\} \rangle \}. \quad (8)$$

4.1. Сенсорная семантическая сеть задней коры

Эта сеть и является моделью мира. Ее разные части, сформированные из текстов (устных или письменных), квазитекстов (информационные последовательности других, кроме текстовой, модальностей представляют собой осмысленные многоуровнево структурированные квазитексты). Но нужно помнить, что эта сеть виртуальная: образы событий существуют в соответствующих словарях, но собираются вместе либо под воздействием внешней ситуации, либо внутренних представлений (например, в ламелях гиппокампа посредством таламуса).

Модель мира, таким образом, является совокупностью образов событий всех компонентов модели мира всех модальностей (всех элементов совокупности семантических сетей):

$$\tilde{M} = \bigcup_m \tilde{M}_m, \quad (9)$$

где одномодальная модель мира \tilde{M}_m – это совокупность всех образов событий только одной модальности:

$$\tilde{M}_m = \bigcup_{ijkm} \tilde{B}_{ijkm}, \quad (10)$$

где \tilde{B}_{ijkm} – образы i -х событий j -х словарей k -х уровней m -й модальности, хранящиеся в колонках задней коры.

Динамика изменения словарей, сформированных в модальных и многомодальной иерархиях, очень медленная и отражает динамику внешнего (и внутреннего – интроцептивного – не путать с духовным) мира человека [11].

Эти уровни словарей для каждой сенсорной модальности могут быть проинтерпретированы содержательно в терминах иерархий представлений соответствующих модальностей. Так для слуховой вербальной модальности, например, это: (1) акустико-фонетический уровень; (2) морфемный уровень; (3) лексический уровень; (4) синтаксический уровень; (5) уровень смысловой сочетаемости слов (уровень семантики отдельного предложения). Это те уровни языка, которые представлены в языковом компоненте модели мира.

Формируются они постепенным заполнением словарей соответствующих уровней. Нижний – акустико-фонетический – уровень представления мы опускаем для простоты (устные и письменные тексты на этом уровне представляются различно). На морфемном уровне из множества входных последовательностей $\{A\}$ формируется словарь флексивных морфем (окончаний слов) $\{\tilde{B}_1\}$ как наиболее часто встречающихся в текстах событий. После формирования словаря флексий обработка входных последовательностей (текстов, закодированных некоторым образом двоичным кодом) приводит к фильтрации флексий. Обработка оставшейся части последовательностей (текстов без флексий) приводит к формированию словарей корневых основ $\{\tilde{B}_2\}$. Обработывая входные последовательности словарями корневых основ мы получим флексивные структуры синтаксических групп (назовем их синтаксемами) $\{\tilde{B}_3\}$ – формальное представление синтаксиса [7]. После обработки входных текстов

словарями синтаксисом получаем словари попарной сочетаемости корневых основ $\{\hat{B}_i\}$ – представление лексической семантики [2], [10]. Эти пары слов семантического уровня иерархии и формируют семантическую сеть как модель мира.

Аналогично формированию (виртуальной) семантической сети естественно-языкового текста (устного или письменного) как языкового компонента модели мира, формируются семантические сети квази-текстов других (помимо естественно-языковой) модальностей – многомодальных компонентов модели мира и доминантного и субдоминантного полушарий. Отличие заключается только в том, что исходные информационные последовательности формируются своими специфическими сенсорными системами по законам обработки информации своей модальности [3].

4.2. Моторная семантическая сеть фронтальной коры

Статическая часть модели мира, представленная в колонках передней коры, – собственно семантическое представление – представляет собой (виртуальную) сеть, содержащую образы всех сущностей мира. Динамическая часть высвечивается на этом представлении текущей входной ситуацией. События мира в той или иной комбинации связываются в ситуации, которые отображаются на модели мира в виде цепочек слов словарей разных уровней разных модальностей. Они же запоминаются в виде иерархии многомодальных словарей в колонках фронтальной коры.

В каждый момент времени высвечивается только одна цепь \hat{A}_i . Эти цепи на семантической сети составляют динамическое знание – компоненты фрейма \hat{f}_m данной модальности, соответствующие некоторой текущей входной ситуации (синтагмы):

$$\hat{f}_m = \hat{A}_{ijkm} \quad (11)$$

Компоненты фрейма могут включать в себя конкатенации цепей $*_i \hat{A}_i$.

Здесь $[*_i]$ – означает конкатенацию по индексу i .

Каждой конкретной ситуации на семантической сети \hat{N} соответствует некоторое объединение компонентов фрейма отдельных модальностей – субфрейм:

$$\hat{S} = U_m \hat{f}_m = U_m (*_i \hat{A}_{ijkm}) = \hat{f}_1 U(U_{m=1} \hat{f}_m), \quad (12)$$

где \hat{f}_1 – имя субфрейма – слово, например, в вербальной (первой) модальности. Последовательность субфреймов формирует фрейм:

$$\hat{F} = *_p \hat{S}_p = \hat{f}_1 * (*_p \hat{S}_p) = \hat{I} * (*_p \hat{S}_p), \quad (13)$$

где \hat{I} – имя фрейма (так же как в случае имени субфрейма) – слово, например (но не обязательно), в вербальной модальности.

4.3. Каузальная сеть гиппокампа

Объединение в ламелях гиппокампа сенсорной и эффекторной информации приводит к появлению так называемых каузальных сетей [1]. Каузальные сети есть не что иное, как иная интерпретация системы продукционных правил, или двудольных графов. В каузальных сетях помимо фрагмента неоднородной семантической сети, соответствующего описанию, есть еще фрагмент, соответствующий реакции (как в продукционном правиле «если - то»).

4.4. Сети доминантного и субдоминантного полушария

Модель мира человека представляет собой совокупность модальных компонентов, которые являются множеством образов ситуаций, хранящихся в ламелях гиппокампа.

Однако существует более точно очерченная функциональность многомодальных компонентов модели мира, которая связана с латерализацией полушарий, зависящей от представительства в коре речевых функций: в доминантном (левом у правой) полушарии под воздействием социума формируется лингвистическая модель мира \tilde{M}_i в терминах естественного языка.

Таким образом, в субдоминантном (правом у правой) полушарии локализован многомодальный образный компонент модели мира \tilde{M}_R , а в доминантном (соответственно, левом у правой) полушарии – локализованы многомодальный схематический \tilde{M}_m и лингвистический \tilde{M}_i компоненты модели. Такое разделение не случайно: в связи с наличием в левом полушарии лингвистической модели мира \tilde{M}_i социум через язык, как сегментирующую функцию, влияет на формирование левополушарного многомодального компонента \tilde{M}_L . А образный компонент правого полушария \tilde{M}_R формируется под воздействием индивидуальной истории развития конкретного индивидуума (конечно, используя знания левополушарного компонента). При этом схематические образы событий левополушарной многомодальной схематической модели \tilde{M}_L наполняются содержанием – соответствующими образами событий правополушарной образной многомодальной модели \tilde{M}_R .

В субдоминантном (правом у правой) полушарии формируется многомодальная индивидуальная двухуровневая модель мира. Она индивидуальна для каждого человека. Это образы событий, которые встречаются человеку в течение его жизни. Все они запоминаются и хранятся. В силу большой вариативности образов похожих событий они за всю короткую жизнь человека не формируют многоуровневую схему. Они формируют представления только двух уровней: целого и отдельных частей этого целого.

В доминантном (левом у правой) полушарии формируется лингвистическая модель мира, элементами которой являются уровнеобразующие элементы языка. Нижний уровень лингвистической модели представлен акустико-фонетическими элементами, описывающими устную речь, и графемами для письменной речи. Следующие уровни – это привычные: морфологический, лексический, синтаксический и семантический (отдельного предложения) уровни. Это модель языка.

Еще одна часть модели мира, которая также представлена в доминантном полушарии, – схематическая многомодальная многоуровневая социализированная модель мира. Она социализированная потому, что формируется социумом, как учителем, посредством лингвистической модели. Схематическая она по той же причине: социализированные знания глубоки и широки. И из всех подробностей индивидуальных представлений в этой модели используется только схематизированная (без частных подробностей) информация. Но эта модель многоуровневая и очень разнообразная по представленным в ней образам.

Все три компонента имеют поуровневые связи, и потому работают как единое целое:

$$\tilde{M} = \tilde{M}_i \cup \tilde{M}_L \cup \tilde{M}_R. \quad (14)$$

5 Энергетическая поддержка обработки специфической информации таламусом

Таламус – структура, которая опосредует все информационные потоки в мозге, участвующие во взаимодействии с корой [12]. Правда, в таламус ответвляется только 6% информации от основного объема сенсорного потока, но зато буквально все взаимодействия между отдельными отделами коры, а также между корой и подкорковыми образованиями сопровождаются управляющими воздействиями таламуса. Функцией таламуса является формирование фокуса внимания, который усиливает одни информационные процессы в ущерб другим. Благодаря таламусу мозг становится параллельной машиной, так как таламус может не только фокусировать внимание на одном процессе, но и распределять его равномерно между многими процессами, поддерживая эффективную параллельную ассоциативную обработку информации. Именно благодаря таламусу передняя кора может манипулировать образами ситуаций, хранящимися в ламелях гиппокампа, в процессе реализации целенаправленного поведения. Он же позволяет, теперь уже гиппокампу, манипулировать образами событий, хранящимися в колонках коры.

Фронтальная кора по своей сути является управляющей (моторной) корой. В этом смысле собственно моторная кора является нижним уровнем иерархии – уровнем непосредственного физического воздействия на мир. Фронтальная кора, с одной стороны, является продолжением задней коры, и в этом смысле, та иерархия процессов обработки, которая работает с сенсорной информацией, находит свое продолжение во фронтальной коре. Но это продолжение опосредованно гиппокампом. Гиппокамп, как хранилище информации о ситуациях, структурирует внешний мир, и потому упрощает взаимодействие фронтальной коры с ним. Грубое структурирование на фрагменты позволяет грубо выстраивать планы взаимодействия с этим внешним миром, детализация которых осуществляется в процессе выполнения этих планов с использованием детальных представлений задней коры. И эти планы во фронтальной коре – это цепочки имен ситуаций, представленных в ламелях гиппокампа. Необходимо напомнить, что поименовывать здесь может не только языковая, но и любая другая модальность. То есть именем может быть и слово, и образ какой-либо модальности. Так у спортсменов именами являются моторные образы.

6 Передняя кора

Колонки фронтальных отделов коры функционально не отличаются от колонок задней коры. Существенное отличие заключается в обрабатываемой ими информации. Очень обще можно сказать, что если совокупность содержания задней коры – семантическая сеть – является семантическим представлением, то совокупность содержания фронтальной коры – это прагматика: это иерархия словарей цепочек ситуаций, элементами которых являются ситуации, представленные в ламелях гиппокампа. Различие представлений можно показать на примере внутренней, а затем и развернутой речи человека [9]. Еще одно отличие заключается в том, что в колонках задней коры обрабатывается информация в терминах сенсорного потока, а в колонках фронтальной коры обрабатывается информация в терминах управления моторикой.

Внутренняя речь формируется на примере материала развернутой внешней речи учителя, которая анализируется в иерархии задней коры доминантного полушария, сенсорные синтагмы которой сохраняются в ламелях гиппокампа доминантного полушария. В процессе обучения индивида учителем в нижнем уровне фронтальной коры формируются образы ситуаций, представленных в ламелях гиппокампа.

тальной коры (моторный отдел – зона Брока) путем повторений произнесенных учителем синтагм формируются словари моторных синтагм нижнего уровня, а потом все более высоких уровней также, как это происходит в иерархии колонок задней коры. Эти моторные синтагмы так же, как и сенсорные синтагмы, записываются в соответствующих ламелях гиппокампа синхронно с сенсорными синтагмами.

Таким образом, на вход фронтальной коры поступает последовательность образов (в терминах моторики) предложений естественного языка из разных ламелей гиппокампа, которая фрагментируется (кластеризуется – обучение без учителя) на отдельные фрагменты – цепочки образов предложений – и запоминается в иерархии колонок фронтальной коры. Так же как сенсорные последовательности формируют в задней коре свою иерархию словарей, последовательности ситуаций формируют иерархию словарей во фронтальной коре.

Сети, состоящие из этих цепочек, также как и семантические сети задней коры описывают внешний мир, но в отличие от статичного представления в семантических сетях (где все элементы сети сосуществуют одновременно), сети фронтальной коры описывают мир динамически – в виде последовательностей синтагм – предложений (и квази-предложений других модальностей). Это следующий уровень представления информации – прагматический уровень, следующий за верхним (семантическим – уровнем попарной смысловой сочетаемости) уровнем иерархии представлений задней коры.

При этом словарь одного из уровней иерархии фронтальной коры (доминантного полушария) составляется из образов предикатов (хранящихся в ламелях гиппокампа доминантного полушария), которые повторяются чаще, чем абстрактные образы имен (по А.Р. Лурии внутренняя речь представляет собой предикатную речь [9]). Или квази-предикатов других, кроме языковой, модальностей.

Любая такая цепочка предикатов (или квази-предикатов других модальностей), соответствующая конкретной последовательности действий, может быть воспроизведена с помощью таламуса. Это и есть план действия.

7 Целенаправленное поведение как цепочка образов ситуаций

Целенаправленное поведение не является врожденной функцией человека [9]. Оно формируется под воздействием учителя. Сначала учитель понуждает индивида сделать то-то или то-то: «Сделай то-то!». И это «что-то» можно сделать в одном акте, в одной ситуации: начал-закончил. В гиппокампе записаны выполняемые в акте операции. Если помните, события многомодального и языкового компонентов сведены в одной ламели гиппокампа: воспринимаю-говорю-делаю («если-то»). Кстати, можно только говорить: говорение – это тоже целенаправленное поведение. Исходная ситуация является целевой. Потом задания усложняются. От одной ситуации происходит переход к одной и более промежуточным ситуациям. В этом случае в процесс дополнительно включается таламус: под воздействием инструкции учителя («Сделай то-то! Сделай то-то!») таламус фокусирует внимание то на одной, то на другой ламели гиппокампа. Выполняется последовательность операций, представленных в ситуациях от текущей до целевой.

Эта последовательность ситуаций фиксируется в колонках фронтальной коры. В отличие от сенсорных информационных последовательностей, содержащих исключительно только специфическую информацию (пусть даже и многомодальную), во фронтальную кору поступает последовательность частично специфическая – фронтальная кора связана со всеми сенсорными отделами коры – частично неспеци-

фическая (частично информационная, частично энергетическая – о месте нахождения той или иной ламели гиппокампа, содержащей информацию о нужной ситуации). Причем, специфическая информация двух видов: многомодальная и языковая. Как и в колонках задней коры, в колонках передней коры формируются иерархии представлений событий разной сложности. Языковая моторная составляющая в этих представлениях имеет наименьшую вариативность: слов языка не так много, как многомодальных событий внешнего мира (ситуация отличается у музыкантов, лиц свободных профессий, спортсменов, где наименее вариативна информация другой, лингвистической, модальности). Поэтому вся многомодальная информация отфильтровывается и остается только языковая. В силу большой сложности внутренней структуры этих информационных последовательностей многих уровней обработки не получается: остаются лишь наиболее часто повторяющиеся элементы этих последовательностей в их языковой форме. А это – предикаты. То есть постепенно формируется словарь фрагментов предикатных цепочек, которые описывают внешний мир (или его подмножество – предметную область) как множество элементов алгоритма выполнения задания.

Внутренняя речь, таким образом, это цепочка предикатов, выраженных соответствующими словами языка, которая всегда сопутствует выполнению любого целенаправленного поведения [9]. По Джону Лилли [13] это те (иногда паразитные) внутренние (находящиеся в подсознании) подпрограммы в словесной формулировке, которые сопутствуют всем действиям человека, в том числе, и целенаправленным.

Заключение

Весьма неоднородная по структуре модель мира, формируемая в мозге человека, предполагает также совсем неоднородную по структуре искусственную систему для формирования целенаправленного поведения. Она должна включать в свой состав модели мира разных сенсорных и эффекторных модальностей, дополняющие друг друга при формировании семантических представлений отдельных ситуаций. Она должна включать в свой состав как сенсорную (описывающую), так и эффекторную (алгоритмическую) части, и должна включать энергетический компонент для управления переключением внимания при переходе от одной ситуации к другой ситуации. Естественно, в данной работе не рассматривается периферия сенсорных и эффекторных органов, которая также весьма не проста. Речь идет о единообразных механизмах обработки информации разных сенсорных и эффекторных модальностей, приведенных к единообразному представлению.

Список литературы

1. Знаковая картина мира субъекта поведения [Текст] / Г. С. Осипов, Н. В. Чудова, А. И. Панов, Ю. М. Кузнецова. – М. : Физматлит, 2018. – 264 с.
2. Alexander A. Kharlamov. The Language Model of the World and Purposeful Human Behavior [Текст] / Alexander A. Kharlamov // Journal of Brain, Behaviour and Cognitive Sciences. – Vol. 1 No.2:11. – 2018. – P. 1–5.
3. Харламов А. А. Ассоциативная память – среда для формирования пространства знаний. От биологии к приложениям [Текст] / А. А. Харламов. – Дюссельдорф : Palmarium Academic Publishing, 2017. – 109 с.
4. Бианки В. Л. Механизмы парного мозга [Текст] / В. Л. Бианки. – М. : Наука, 1989. – 264 с.
5. Глезер В. Д. Зрение и мышление [Текст] / В. Д. Глезер. – Л. : Наука, 1985. – 283 с.
6. Виноградова О. С. Гиппокамп и память [Текст] / О. С. Виноградова. – М. : Наука, 1975. – 239 с.
7. Золотова Г. А. Синтаксический словарь : Репертуар элементарных единиц русского синтаксиса [Текст] / Г. А. Золотова. – 2 изд. – М. : Эдиториал УРСС, 2001. – 440 с.

8. Hopfield J. J. Neural networks and physical systems with emergent collective computational abilities. [Текст] / J. J. Hopfield. – Proc. Natl. Acad. Sci. 79, 1982. – P. 2554–2558,
9. Лурия А. Р. Язык и сознание [Текст] / А. Р. Лурия. – М. : Изд-во Московского университета, 1979. – 320 с.
10. Рахилина Е. В. Когнитивный анализ предметных имен: семантика и сочетаемость [Текст] / Е. В. Рахилина. – М. : Русские словари, 2000. – 416 с.
11. Kharlamov Alexander. Dynamic semantic network analysis of unstructured text corpora [Текст] / Kharlamov Alexander, Gradoselskaya Galina, Dokuka Sofia // Analysis of Images, Social Networks and Texts / van der Aalst et al. (eds). – 6th International Conference, AIST 2017, LNCS 10716, 392-403.– Heidelberg : Springer, 2018.
12. Granger, Richard H. Models of thalamocortical system doi:10.4249/scholarpedia.1796 [Текст] / Granger, Richard H. and Hearn, Robert A.
13. John C. Lilly. Programming and Metaprogramming in the Human Biocomputer [Текст] / John C. Lilly. – New York : The Julian Press, Inc., 1967. – 331 с.

References

1. Osipov G. S., Chudova N.V., Panov A.I., Kuznetsova Yu.M. *Znakovaya kartina mira sub"yekta povedeniya* [The symbolic worldview of the subject of behavior]. M.: Fizmatlit, 2018. 264 p.
2. Alexander A. Kharlamov. The Language Model of the World and Purposeful Human Behavior. Journal of Brain, Behaviour and Cognitive Sciences, Vol. 1, No. 2:11, 2018, Pp. 1-5.
3. Kharlamov A.A. *Assotsiativnaya pamyat' – sreda dlya formirovaniya prostranstva znaniy. Ot biologii k prilozheniyam* [Associative memory is an environment for the formation of knowledge space. From biology to applications]. Palmarium Academic Publishing, Dyussel'dorf, 2017, 109 p.
4. Bianki B. Ji. *Mekhanizmy parnogo mozga* [Mechanisms of the paired brain], M., Nauka, 1989, 264 p.
5. Glezer V. D. *Zreniye i myshleniye* [Vision and thinking], L., Nauka, 1985, 283 p.
6. Vinogradova O. S. *Gippokamp i pamyat'* [Hippocampus and Memory], M., Nauka, 1975, 239 p.
7. Zolotova G. A. *Sintaksicheskii slovar': Repertuar elementarnykh yedinits russkogo sintaksisa* [Syntax dictionary: Repertoire of elementary units of Russian syntax]. 2 izd., M., Editorial URSS, 2001.
8. Hopfield, J.J. Neural networks and physical systems with emergent collective computational abilities. Proc. Natl. Acad. Sci. 79, pp. 2554-2558, 1982.
9. Luriya A. R. *Yazyk i soznaniye* [Language and consciousness], M., Izd-vo Moskovskogo universiteta, 1979, 320 p.
10. Rakhilina Ye. V. *Kognitivnyy analiz predmetnykh imen: semantika i sochetayemost'* [Cognitive analysis of subject names: semantics and compatibility], M., Russkiye slovari, 2000, 416 p.
11. Kharlamov Alexander, Gradoselskaya Galina, Dokuka Sofia. Dynamic semantic network analysis of unstructured text corpora. In: van der Aalst et al. (eds) Analysis of Images, Social Networks and Texts. 6th International Conference, AIST 2017, LNCS 10716, 392-403. – Heidelberg: Springer, 2018.
12. Granger, Richard H. and Hearn, Robert A. *Models of thalamocortical system* doi: 10.4249 / scholarpedia.1796.
13. John C. Lilly, *Programming and Metaprogramming in the Human Biocomputer*, New York, The Julian Press, Inc., 1967. 331 p.

RESUME

A. A. Kharlamov

Semantic network as a model of the world and purposeful behavior

Background: The task of implementing purposeful behavior in artificial systems is far from being solved. Since the human brain is a very effective universal solver, it suffices to look at how human implements the purposeful behavior to solve its problem.

Materials and methods: In the process of purposeful behavior, human uses a model of the world. This model of the world is very heterogeneous. It consists of three components: the language model of the world, which includes the model of language, and two multimodal components, the socialized schematic multilevel representation of the dominant hemisphere and the individual two-level imaginary representation of the subdominant hemisphere.

Results: The components of the model of the world, both linguistic and the two multimodal ones, are based on hierarchies of images of events (linguistic and multimodal ones, respectively), which are formed in the cortical columns of the brain hemispheres of the corresponding modalities. These images of events are combined into representations of situations in the hippocampal lamellas, forming an integral multimodal representation that also includes naming (situations and elements of situations – images of events) by elements of the language levels of the world model language component. The multimodal representation also includes motor control concepts (both linguistic and motional). In the cortex, sensory and motor representations are separated: the sensory semantic network is stored virtually in the columns of the posterior cortex, and multimodal representations, including both sensory and motor components, are stored in the columns of the frontal (anterior) cortex. In the lamellas of the hippocampus, the motor component is included in the images of the situations along with the sensory images. As a consequence, these situation networks have the properties of bipartite graphs (causal networks).

Conclusion: purposeful behavior can be viewed as the formation of chains of situation models from some of their sets, and the monitoring of the conformity of these models to real situations of the environment during the actioning.

РЕЗЮМЕ

А. А. Харламов

Семантическая сеть как модель мира и целенаправленное поведение

Предпосылки: Задача реализации целенаправленного поведения в искусственных системах далека от решения. Поскольку мозг человека является весьма эффективным универсальным решателем, для решения упомянутой задачи достаточно взглянуть на то, как реализует целенаправленное поведение человек.

Материалы и методы: Человек использует в процессе целенаправленного поведения модель мира. Эта модель мира весьма неоднородна. Она состоит из трех компонентов: языковой модели мира, включающей в свой состав модель языка, и двух многомодальных компонентов – социализированного схематического многоуровневого представления доминантного полушария и индивидуального двухуровневого образного представления субдоминантного полушария.

Результаты: В основе компонентов модели мира: и языкового, и обоих многомодальных, лежат иерархии образов событий (языковых и многомодальных, соответственно), которые формируются в колонках коры больших полушарий головного мозга соответствующих модальностей. Эти образы событий объединяются в представления ситуаций в ламелях гиппокампа, формируя единое многомодальное представление, включающее в свой состав также и поименовывающие (и ситуации, и элементы ситуаций – образы событий) элементы языковых уровней языкового компонента модели мира. Многомодальное представление включает также представление управления моторикой (как языковой, так и двигательной). В коре сенсорные и моторные представления разделены: сенсорная семантическая сеть хранится в колонках задней коры, многомодальные представления, включающие и сенсорные и моторные компоненты – в колонках фронтальной коры. В ламелях гиппокампа моторика включается в образы ситуаций наряду с сенсорными образами. Как следствие, эти сети ситуаций имеют свойства двудольных графов (каузальных сетей).

Выводы: Целенаправленное поведение можно рассматривать как формирование цепочек моделей ситуаций из некоторого их множества, и контроль соответствия этих моделей реальным состояниям среды.

Статья поступила в редакцию 15.01.2019.