

**K. V. Dergachev**, Assistant of the Chair "Systems for Automation, Computer-Aided Control and Design", e-mail: dergachev.public@mail.ru,

**D. V. Kapulin**, Head of the Chair "Information Technologies in Radioelectronic Production", e-mail: dkapulin@sfu-kras.ru,

**M. A. Kazantsev**, Head of ERP-department, Krasnojarsk, e-mail: mkaz@mail.ru, JSC "SPE "Radiosvyaz"

## Shop-level Warehouse Management System for Project Manufacturing

*There is a request for an inventory and warehouse operational management in the manufacturing industry that is currently covered by warehouse management systems. However, such systems mostly targeted at large centralized storages, and attempts for implementation and integration at job shop-level faced with number of difficulties due to the fact that manufacture requires significantly more detailed view at inventory items lifetime; inventory items strongly connected with individual workers and often become their financial responsibility. Rapid inventory items movement between the workers and job shops are also common and impose additional restrictions.*

*The primary aim of this paper was to perform warehousing process analysis for project manufacturing enterprise and to state key features and requirements for systems targeted at job shop-level operational management. This paper introduced design for an inventory transaction subsystem that matches stated requirements and can be implemented with basic technology stack that most enterprise architectures used such as T-SQL, ASP.NET and C#. The paper also contains an overview for a system based on that design that was build and implemented at the enterprise of radio communication equipment manufacturing.*

**Keywords:** warehouse automation, warehouse operational management, stock management, shop-level warehouse, warehouse logistics, inventory transaction system, rapid inventory items movement, WMS, ITS

### References

1. **Warehouse Logistics / Fraunhofer Institute for Material Flow and Logistics**, available. URL: <http://www.warehouse-logistics.com/3/3/wms-online-selection.html> (accessed 9.02.2015).

2. **Kazantsev M. A., Legalov A. I., Chemidov I. V.** *Zhurnal Sibirskogo federal'nogo universiteta. Tekhnika i tekhnologii*, 2014, vol. 7, no. 2, pp. 222–228 (in Russian).

3. **Bezototsnaya O.** *Logistika*, 2014, no. 8, pp. 10–13 (in Russian).

4. **Podlesnyi V., Arakelyan E.** *Logistika*, 2013, no. 10, pp. 20–21 (in Russian).

5. **Gavrilov D. A.** *Upravlenie proizvodstvom na baze standarta MRP II (MRP II Production Management)*, Saint Petersburg, Piter, 2002, 320 p. (in Russian).

6. **Galeev R. G., Konnov V. G., Kazantsev M. A., Chentsov S. V.** *Zhurnal Sibirskogo federal'nogo universiteta. Tekhnika i tekhnologii*, 2014, vol. 7, no. 7, pp. 758–766 (in Russian).

УДК 519.1

**A. A. Харламов**, д-р техн. наук., ст. науч. сотр., e-mail: kharlamov@analyst.ru, Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН, г. Москва,

**T. B. Ермоленко**, канд. техн. наук, нач. отдела, e-mail: etv@iai.dn.ua, Институт проблем искусственного интеллекта, Украина, г. Донецк

## Нейросетевая среда (нейроморфная ассоциативная память) для преодоления информационной сложности.

### Поиск смысла в слабоструктурированных массивах информации

#### Часть I. Структурная обработка информации в коре

*Ассоциативная память человека является средством для преодоления информационной сложности, возникающей постоянно в процессе его жизнедеятельности. Рассмотрены архитектура, свойства и функциональность ассоциативной памяти с точки зрения использования ее для моделирования способности преодоления информационной сложности; прототип ассоциативной памяти — гиперколонки коры больших полушарий головного мозга человека; информационные свойства нейроморфной ассоциативной памяти: автоматическое структурирование больших объемов разнородной информации, запоминание информации при обучении, фильтрация запомненной ранее информации во входном потоке, автоматическое выявление повторяющихся структурных элементов различной сложности (различной частоты встречаемости) в потоке входной информации — формирование иерархии словарей, автоматическое выявление в потоке входной информации связей структурных элементов, формирование когнитивной семантической сети.*

**Ключевые слова:** кортикоморфная ассоциативная память, структурная обработка информации, ассоциативная (однородная семантическая) сеть

## Введение

Ни у кого не вызывает сомнения, что ассоциативная память человека (каковой является кора больших полушарий головного мозга человека и, возможно, гиппокамп) есть превосходное средство для преодоления информационной сложности, возникающей постоянно в процессе его жизнедеятельности. Поэтому рассмотрение архитектуры, свойств, функциональности ассоциативной памяти человека является естественным средством моделирования способности преодоления информационной сложности. Именно ассоциативная память (естественная нейронная сеть) является тем субстратом, на котором реализуются все творческие способности человека (как следствие формируемых в ассоциативной памяти когнитивных информационных сетей [1]).

Необходимо заметить, что подход к анализу информации со стороны ассоциативной памяти раскрывает одно важное отличие мозга человека от других автоматических систем обработки информации. В отличие от мозга, все существующие системы в процессе обработки информации пытаются уменьшить объем обрабатываемой информации, снять вариативность. Мозг же, наоборот, наращивает мощность представления вариантов, делая, таким образом, обработку информации все более тонкой и точной. Именно поэтому реализация нейроморфной ассоциативной памяти средствами микроэлектронной технологии в рамках проектных норм нанодиапазона, не скупящейся на объемы обрабатываемой информации и реализующей параллельную обработку информации, может стать единственным правильным направлением в дальнейшем развитии технологий обработки информации.

Параллельность обработки информации, реализуемая в ассоциативной памяти человека, является другим, но уже хорошо известным свойством, улучшающим возможности обработки информации. Дело в том, что массовое распараллеливание обработки приводит к отсутствию требования очень быстрой обработки (в отличие от вычислительной техники фоннеймановской архитектуры), т. е. к сравнительно невысоким тактовым частотам, а следовательно, — к малому энергопотреблению [2].

И, наконец, обработка специфической информации в мозге приводит к формированию представления знаний о мире (модели мира) в виде так называемых когнитивных семантических сетей [1], которые оказываются весьма удобными при обработке (структурировании) больших объемов информации [3]. Когнитивные семантические сети возникают в мозге виртуально в процессе обработки информации на субстрате естественных нейронных сетей. При формировании когнитивной информационной сети ее вершины ранжируются по степени важности в рамках конкретных ситуаций, что позволяет выявлять тематическую структуру

моделей предметных областей и ассоциативно навигировать по хранилищу — ассоциативной памяти. Технология формирования подобных семантических представлений оказывается удобной для выявления смысла (ассоциативного соотнесения входной информации с тематической структурой модели мира) в больших массивах информации различной природы. В первую очередь, это касается обработки текстовой информации, которая в 90 % случаев исчерпывает (в содержательном смысле) современные информационные потоки.

Кроме того, в процессе такой обработки, в силу ассоциативности принципов обработки, исключаются повторы в записи информации в длительном хранении, т. е. такое представление оказывается компактным и легко масштабируемым по сравнению с другими методами хранения, используемыми в традиционных видах микроэлектронной памяти.

Таким образом, нейросетевая среда (нейроморфная ассоциативная память) адекватна постановке задачи преодоления информационной сложности, в том числе при обработке текстовой информации. Под информационной сложностью понимается как наличие больших объемов информации, так и сложная структура предметных областей, представленных в этой информации.

Вопросы оценки (информационной) сложности модели мира рассматриваются в терминах количества тем, подтем и подподтем в тематических структурах текстов и квазитекстов, на основе которых формируются модели предметных областей и модель мира в их совокупности, а также сложности составляющих их семантических сетей. По числу ассоциантов ключевых понятий семантической сети можно оценивать сложность текста в ширину, а по числу уровней подтем у главной темы — определять сложность текста в глубину. Разработка этих вопросов предполагается быть представленной во второй (планируемой к печати) части работы.

## Колонка коры — прототип ассоциативной памяти

Под ассоциативной памятью, как и в традиционном смысле, понимается память, адресуемая по содержанию. Имеются три отличия (одно из них внутреннее, два других — внешние), которые делают нейроморфную ассоциативную память непохожей на имевшиеся до сих пор ее реализации. Внутреннее отличие заключается в нечеткости сравнения: ячейка ассоциативной памяти откликается не только на свой код, но и на похожие (по некоторой мере) коды, если этого требует задание.

Внешние отличия касаются ее эффективного применения: это не просто среда для хранения с быстрым доступом, но и средство для формирования иерархической системы кластеров образов, составляющих модель мира, а также переранжирования (с точки зрения степени важности) контента

этих кластеров в зависимости от контекста их употребления.

В мозге человека имеются две структуры, ответственные за ассоциативную обработку и хранение информации, реализующие эти два процесса. В колонках коры больших полушарий головного мозга формируются и хранятся иерархии словарей образов событий, появляющихся на входах сенсорных систем. Гиппокамп является структурой, которая участвует в процессе запоминания, хранения и переранжирования этих образов.

Сенсорная информация поступает в кору после различных преобразований в периферии сенсорных органов в виде матрицы последовательностей, из которых каждая (информационная последовательность) поступает в определенную колонку соответствующего уровня (нейронных переключений от входа) и соответствующей модальности [3].

В колонках коры выявляется повторяемость событий во входных последовательностях, которая позволяет сформировать иерархию словарей этих событий разной частоты встречаемости (разной степени сложности).

Колонка коры формируется в основном пирамидными нейронами третьего слоя, которые, будучи электронекомпактными нейронами, учитывают временную структуру информации во входных последовательностях. Они являются корреляторами [4] с нечетким сравнением, которые, будучи обучены на свой фрагмент входной последовательности (адрес), в дальнейшем реагируют на этот адрес либо строго, либо (при понижении порога чувствительности в результате внешнего управления — в зависимости от режима функционирования: глобализация, локализация) учитывая искажения входной последовательности. Эти адреса пирамидных нейронов являются координатами точек в многомерном пространстве, т. е. колонки коры моделируют фрагменты многомерного пространства, в которое отображаются в виде последовательностей сработавших нейронов (траекторий) входные информационные последовательности.

Таким образом, ассоциативную память можно рассматривать как модель колонки коры, состоящей из множества нейроподобных элементов с временной суммацией сигналов [3]. Эти нейроподобные элементы реагируют каждый на свой  $n$ -членный фрагмент входной последовательности (адрес) и обладают пластичностью (способны запоминать число срабатываний). Необходимо помнить, что они могут менять значения своих порогов возбуждения под влиянием управляющего воздействия, таким образом, демонстрируя в той или иной степени нечеткость сравнения.

Множество таких нейроподобных элементов обладает следующими свойствами по ассоциативной структурной обработке информации. Оно реализует преобразование информационной последо-

вательности в многомерное сигнальное пространство, где возможно выявление внутренней структуры отображаемой в многомерное пространство информации: словарей событий разной частоты встречаемости, а также связей этих событий во входной информации.

### Модель входного информационного потока

Сенсорные органы человека представляют собой матрицы чувствительных элементов, в той или иной степени сохраняющие топологию входной информации в процессе ее обработки: мембрана улитки внутреннего уха, сетчатка глаза, поверхность кожи и т. п. Каждый чувствительный элемент или каждая их группа, объединяющая несколько чувствительных элементов, формируют потоки информации, которые по соответствующим нервным волокнам поступают в кору, где параллельно обрабатываются. Сложность предварительной обработки в разных сенсорах у человека различна. Наиболее простой является обработка информации от поверхности кожи, сложнее — обработка слуховой информации, еще сложнее — обработка зрительной информации в сетчатке. Предмет работы в данном случае не касается предварительного анализа сенсорной информации на периферии, хотя это и интересно, поскольку обработка очень непростая. Все, что в данный момент важно знать, это то, что сенсорные потоки есть множество информационных последовательностей, параллельно поступающих в кору по волокнам, составляющим соответствующие чувствительные нервы.

### Ассоциативность обращения к информации

Как говорилось выше, колонка коры (точнее, множество пирамидных нейронов третьего слоя коры, преимущественно формирующих колонку) моделирует адресами своих нейронов фрагменты многомерного сигнального пространства. Рассмотрим формализм обработки информации в колонках.

Пусть мы имеем  $n$ -мерное сигнальное пространство  $R^n$  и в нем единичный гиперкуб  $G_e^n \in R^n$ . Для дальнейшего изложения введем некоторые обозначения и определения.

Обозначим через  $\{A\}$  — множество информационных последовательностей, элементы которых есть символы, из которых состоят входные последовательности  $A = (...a_{-1}, a_0, a_1, ..., a_i, ...)$  в терминах выходов сенсорных органов. В простейшем (бинарном) случае  $a_i \in \{0, 1\}$ . В дальнейшем для простоты мы все рассматриваем на примере обработки бинарных последовательностей. В качестве такой последовательности можно, например, представить себе текст романа Л. Н. Толстого "Война и мир", закодированный двоичным кодом.

Обозначим через  $\{A\}$  — множество последовательностей, соответствующих множеству входных

последовательностей  $\{A\}$ , элементы которых  $\hat{a}_i$  есть точки пространства  $R^n$ , т. е. вершины единичного гиперкуба  $\hat{a}_i \in G_e^n$ , где  $\hat{a}_i = (a_{i-n+1}, a_{i-n+2}, \dots, a_i)$  — последовательные фрагменты последовательности  $A$  длины  $n$  символов, сдвинутые относительно друг друга на один символ — координаты точек многомерного пространства  $R^n$  (вершины единичного гиперкуба  $G_e^n$ ).

Тогда *траектория* — это последовательность элементов  $\hat{a}_i$  в многомерном пространстве  $R^n$ . Действительно, если последовательно соединить точки, являющиеся элементами последовательности  $\hat{A}$ , получим траекторию в пространстве  $R^n$ . А ее *n-членным фрагментом* является фрагмент длиной  $n$  символов.

Введем преобразование  $F_n$ :

$$F_n : A \rightarrow \hat{A}, F_n(A) = \hat{A}, \quad (1)$$

где  $A = (\dots, a_i, \dots, a_i \in \{0, 1\})$ ,

$$\hat{A} = (\dots, \hat{a}_{-2}, \hat{a}_{-1}, \dots, \hat{a}_i, \dots) = (\dots, (a_{-n-1}, a_{-n}, \dots, a_{-2}), (a_{-n}, a_{-n+1}, \dots, a_{-1}), \dots, (a_{i-n+1}, a_{i-n+2}, \dots, a_i, \dots), \dots).$$

Введенное преобразование  $F_n$ , позволяющее сформировать траекторию в  $n$ -мерном сигнальном пространстве, координаты точек которой задаются  $n$ -членными фрагментами исходной бинарной последовательности, является основой для структурной обработки информации. Оно обладает свойством ассоциативности обращения к точкам траектории  $\hat{A}$  по  $n$ -членному фрагменту последовательности  $A$ : любые  $n$  символов исходной последовательности  $A$  адресуют нас к соответствующей точке траектории  $\hat{A}$ . Ассоциативность преобразования (1) позволяет сохранить топологию структуры преобразуемой информации: одинаковые фрагменты входной последовательности преобразуются в один и тот же фрагмент траектории, разные — в разные фрагменты траектории.

В общем случае входная последовательность  $A$  может содержать одинаковые  $n$ -членные фрагменты, что приводит к возникновению точек самопересечения траектории.

Обратное к (1) преобразование вычисляется согласно следующей формуле:

$$F_n^{-1} : \hat{A} \rightarrow A, F_n^{-1}(\hat{A}) = A. \quad (2)$$

**Пример.** Пусть входная последовательность  $A = (\dots 000 \dots 0010110010101100 \dots 000 \dots)$  отображается преобразованием  $F_n$  в трехмерное пространство. Тогда последовательности  $A$  соответствует последовательность вершин трехмерного единичного куба:  $\hat{A} = F(A) = (\hat{a}_1 = 001, \hat{a}_2 = 010, \hat{a}_3 = 101, \hat{a}_4 = 011, \hat{a}_5 = 110, \hat{a}_6 = 100, \hat{a}_7 = 001, \hat{a}_8 = 010, \hat{a}_9 = 101, \hat{a}_{10} = 010, \hat{a}_{11} = 101, \hat{a}_{12} = 011, \hat{a}_{13} = 110, \hat{a}_{14} = 100,$

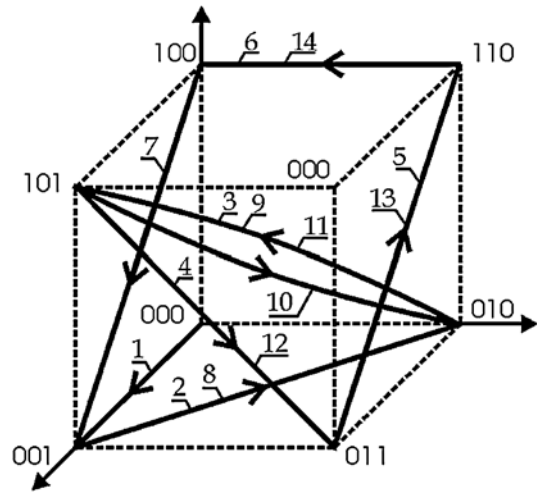


Рис. 1. Траектория последовательности  $A = (\dots 000 \dots 00101100 10101100 \dots 000 \dots)$  в многомерном пространстве

$\hat{a}_{15} = 000$ ), а траектория будет иметь вид, представленный на рис. 1.

### Авто-/гетероассоциативная запись/воспроизведение

Пусть задана некоторая последовательность  $J$  и траектория  $\hat{A} \in R^n$ , соответствующая последовательности  $A$ . Введем функцию  $M(3)$ , ставящую в соответствие каждой точке траектории  $\hat{A}$  элемент последовательности  $J$ :

$$M(\hat{a}_i, j_{i+1}) = [\hat{a}_i]_{j_{i+1}}. \quad (3)$$

Полученную траекторию  $[\hat{A}]_J$  будем называть траекторией, обусловленной последовательностью  $J$ :

$$[\hat{A}]_J = M(F_n(A), J). \quad (4)$$

Таким образом, функция  $M$  осуществляет запись последовательности  $J$  в точках траектории  $\hat{A}$  (в ассоциации с последовательностью  $A$ ). Назовем эту функцию *функцией памяти*, последовательность  $J$  — *информационной* или *обуславливающей*, последовательность  $A$  — *несущей последовательностью*, а такой способ записи — *гетероассоциативной записью*.

Восстановление информационной последовательности  $J$  по обусловленной ею траектории  $[\hat{A}]_J$  и несущей последовательности  $A$  осуществляется с помощью функции:

$$R([\hat{A}]_J) = J, \quad (5)$$

где  $R$  назовем *функцией считывания*. При этом ассоциативное отображение в многомерное пространство несущей последовательности  $A$  приводит к прохождению точек соответствующей траектории  $\hat{A}$ , что и позволяет считать символы последовательности  $J$ .

Таким образом, имея несущую последовательность и обусловленную последовательностью  $J$  траекторию, с помощью функции (5) можно восстановить исходную информационную последовательность. Такой способ воспроизведения назовем *гетероассоциативным воспроизведением*.

Пусть  $A$  — несущая последовательность. Если в качестве обуславливающей последовательности используется та же последовательность  $A$ , то имеем случай самообуславливания. Очевидно, что в этом случае обусловленная последовательность может быть получена следующим образом:

$$[\hat{A}]_A = M(F_n(A), A), \quad (6)$$

где  $\hat{A} = F_n(A)$ .

При самообуславливании восстановить информационную последовательность можно, используя функцию (5):

$$R([\hat{A}]_A) = A. \quad (7)$$

Такая запись называется *автоассоциативной записью*, а воспроизведение — *автоассоциативным воспроизведением*.

Таким образом, использование функций  $M$  и  $R$  совместно с преобразованием  $F_n$ , обладающим свойством ассоциативного обращения к информации, позволяет реализовать ассоциативную память с возможностью авто- и гетероассоциативной записи/воспроизведения информации.

### Механизм памяти

Пусть механизм памяти (3) представляет собой счетчик, фиксирующий число проходов заданной точки траектории в заданном направлении. Очевидно, что для траектории, порожденной бинарной последовательностью согласно (1), направлений перехода из текущей точки может быть не более двух. В связи с этим целесообразно ввести два счетчика, фиксирующих число переходов заданной точки в 0 и в 1. Обозначим их  $C_0$  и  $C_1$  соответственно. Использование счетчиков позволяет определить (в случае предварительного обучения) для заданной точки значение наиболее вероятного перехода.

Пусть задана несущая последовательность  $A$ , а также порожденная этой последовательностью траектория  $A$ . Тогда счетчики  $C_0$  и  $C_1$  для  $i$ -й точки траектории  $\hat{A}$  для  $t$ -го момента времени вычисляются следующим образом:

$$M(\hat{a}_i, a_{i+1}) = [\hat{a}_{i+1}] = C_{\hat{a}_i}(t) = \begin{cases} C_0(t) = C_0(t-1) + 1; C_1(t) = C_1(t-1) | a_{i+1} = 0; \\ C_0(t) = C_0(t-1); C_1(t) = C_1(t-1) + 1 | a_{i+1} = 1. \end{cases} \quad (8)$$

При воспроизведении анализируются состояния счетчиков, и текущий символ формируется в зависимости от выполнения условия:

$$a_{i+1} = R([\hat{a}_i]) = R(C_{\hat{a}_i}(t)) = \begin{cases} 0 | C_1 < C_0; \\ 1 | C_1 \geq C_0. \end{cases} \quad (9)$$

Такой механизм памяти чувствителен к числу проходов заданной точки в заданном направлении и позволяет характеризовать каждую точку траектории с точки зрения частоты появления во входной информационной последовательности любого повторяющегося фрагмента.

Введем пороговое преобразование  $H$  с порогом  $h$ . Тогда суперпозиция  $H_h R M F_n(A)$  позволит выделить в сигнальном пространстве только такие точки траектории, которые были пройдены не менее  $h$  раз. Очевидно, что при  $h = 1$ :  $\hat{A}_{(h)} = F_n(A) = \hat{A}$ , т. е. будет сохранена вся информация.

### Формирование словаря

Механизм памяти, чувствительный к числу проходов заданной вершины в заданном направлении, является инструментом для анализа входной последовательности с точки зрения повторяющихся ее частей, поскольку одинаковые фрагменты последовательности отображаются преобразованием  $F_n$  в одну и ту же часть траектории.

Словарь формируется из множества последовательностей  $\{A\}_{k_2}$  в каждой из которых с помощью суперпозиции  $H_h R M F_n$  (отображением последовательностей класса  $\{A\}_{k_1}$  в  $n$ -мерное пространство и применением к ним порогового преобразования) выделяются входящие в нее не менее  $h$  раз подпоследовательности  $B_j \subset A_k$ . Таким образом, преобразование  $H_h R M F_n$  при взаимодействии с входным множеством  $\{A\}_{k_1}$  в пространстве данной мерности восстанавливает словарь  $\{\hat{B}\}_{k_1}$  подпоследовательностей  $B_j$ , входящий в траектории входного множества:

$$\{\hat{B}\}_{k_1} = H_h R M F_n(\{A\}_{k_1}). \quad (10)$$

Для другого множества  $\{A\}_{k_2}$  словарь  $\{\hat{B}\}_{k_2}$  будет другим.

### Формирование синтаксической последовательности. Структурная обработка

Сформированный словарь может быть использован для детектирования старой информации в потоке новой. Для этого необходимо поглощение фрагментов входной последовательности  $\tilde{A}$ , соответствующих словам словаря, и пропускание новой относительно словаря информации. В результате реализуется структурный подход к обработке информации.

Для решения задачи детектирования обратное преобразование  $F_n^{-1}$  модифицируется для придания ему детектирующих свойств. Модификация  $F_{n,C}^{-1}$  состоит в том, чтобы выделить из входной последовательности  $\hat{A}$ , содержащей наряду со старой информацией, на основе которой был сформирован словарь (10), некоторую новую информацию. Использование преобразования  $F_{n,C}^{-1}$  позволяет сформировать так называемую синтаксическую последовательность или последовательность аббревиатур  $C$ , характеризующую связи слов словаря  $\{\hat{B}_j\}$  в последовательностях множества  $\{A\}_k$ . Обозначим через  $\{B_j\}$  множество подпоследовательностей, соответствующих всем цепям слов  $\hat{B}_j$  словаря (11):

$$\{B_j\} = F_n^{-1}(\{\hat{B}_j\}), \quad (11)$$

тогда

$$F_{n,C}^{-1}(\tilde{A}, \{\hat{B}_j\}) = C, \quad (12)$$

$$C = \begin{cases} \hat{a}_i | \hat{a}_i \neq \hat{a}_i; \\ 0 | \hat{a}_i \geq \hat{a}_i, \end{cases}$$

здесь  $\hat{a}_i \in \hat{A}$  и  $\hat{a}_i \in \hat{A}_i$ . И в другой записи множество синтаксических последовательностей формируется согласно следующему выражению:

$$\{C\} = F_{n,C}^{-1}(F_n(\tilde{A}), H_h RM(\{\hat{A}\})). \quad (13)$$

Таким образом, отображение  $F_{n,C}^{-1}$  позволяет устранить из входной последовательности  $\tilde{A}$  неко-

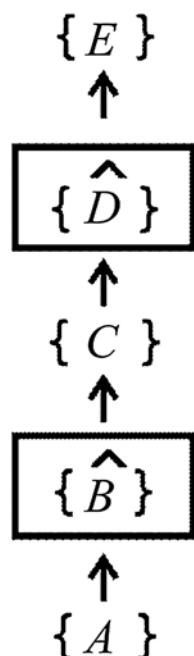


Рис. 2. Стандартный элемент многоуровневой иерархической структуры

торую информацию, содержащуюся в словаре  $\{\hat{B}\}$ . Тем самым создается предпосылка построения многоуровневой структуры для лингвистической (структурной) обработки входной информации. Синтаксическая последовательность  $C$ , содержащая только новую, по отношению к данному уровню, информацию, становится входной для следующего уровня. На следующем уровне, подобно описанному выше, из множества синтаксических последовательностей  $\{C\}$  формируется словарь  $\{\hat{D}\}$  и множество синтаксических последовательностей следующего уровня  $\{E\}$ . Итак, мы имеем стандартный элемент многоуровневой иерархической структуры (рис. 2). В режиме анализа на его вход поступает множество последовательностей  $\{A\}$ , формирующих в нижнем уровне словарь  $\{\hat{B}\}$  и на его выходе — множество синтаксических последовательностей  $\{C\}$ , являющихся входными для верхнего уровня. В верхнем уровне на основе множества синтаксических последовательностей  $\{C\}$  формируется словарь  $\{\hat{D}\}$ , а на его выходе — множество синтаксических последовательностей  $\{E\}$ . Такая обработка с восстановлением поуровневых словарей происходит на всех уровнях. В этом случае словарь следующего уровня является грамматикой для предыдущего уровня, так как его элементами, при соответствующем выборе размерностей пространств этих уровней, являются элементы связей слов предыдущего уровня.

## Заключение

В работе показано, что ассоциативная память как модель иерархии колонок коры полушарий головного мозга человека позволяет сформировать статистический портрет входной информации в виде иерархии словарей входных событий различной частоты встречаемости, а также выявить связи этих событий во входном потоке. И образы событий, и их взаимосвязи позволяют построить сеть, которая может стать семантическим портретом ситуации после перенормировки весов образов событий, что будет описано далее во второй части работы.

*Работа выполнена при поддержке РГНФ (проект № 15-03-00860 "Методология управления сетевыми структурами в контексте парадигмы сложности").*

## Список литературы

1. **Евин И. А., Кобляков А. А.** Сети, которые хранятся в нашей памяти (Когнитивные сети). URL: <http://spkurdyurnov.ru/networks/seti-kotorye-xranyatsya-v-nashej-parnyati/>
2. **DARPA SyNAPSE Program.** URL: <http://www.artificial-brains.com/darpa-synapse-program>.
3. **Харламов А. А.** Нейросетевая технология представления и обработки информации (естественное представление знаний). М.: Радиотехника, 2006.
4. **Корнеев И. Л., Гришин А. Г.** СБИС для цифрового согласованного фильтра // Электроника: наука, технология, бизнес. Февраль 2008. С. 54—57.

**A. A. Kharlamov**, Senior Researcher, e-mail: kharlamov@analyst.ru,  
Institute of Higher Nervous Activity and Neurophysiology of Russian Academy of Sciences, Moscow,  
**T. V. Yermolenco**, Head of Department, e-mail: etv@iai.dn.ua,  
Institute of Artificial Intelligence Problems, Ukraine Donetsk

## Neuronetwork Environment (Neuromorphic Associative Memory) for Negotiation of Information Complexity. Meaning Identification in Semystructured Information Corpuses. Part I. Structured Information Processing in Cortex

*Human associative memory is a tool for negotiation of information complexity which is a result of its living. In the paper shown an architecture, properties and functions of associative memory for its using in negotiation of information complexity. A prototype of associative memory — hypercolumn of human cortex. Information properties of neuromorphic associative memory are showing: automatical structuring of large massives of heterogeneous information, memorization of information in learning process, filtering of formely memorized information in input flow, automatical detecting of repeated structural elements of different complexity (different periodicity of appearance) in input information flow — vocabularies hierarchy, automatical detecting of structured elements relations in the flow, cognitive semantic network forming.*

**Keywords:** korticomorphic associative memory, structural information processing, associative (homogeneous semantic) network

### References

1. **Evin I. A., Koblyakov A. A.** *Seti, kotorye khranyatsya v nashej pamyati* (Kognitivnye seti). URL: <http://spkurdyumov.ru/networks/seti-kotorye-xranyatsya-v-nashej-pamyati/>
2. **DARPA SyNAPSE Program.** URL: <http://www.artificial-brains.com/darpa-synapse-program>.

3. **Kharlamov A. A.** *Neirosevaya tekhnologiya predstavleniya i obrabotki informatsii (estestvennoe predstavlenie znaniy)*, Moscow: Radiotekhnika, 2006.

4. **Korneev I. L., Grishin A. G.** SBIS dlya tsifrovogo soglasovannogo filtra. *Electronica: nauka, tekhnologiya, biznes*, Fevral 2008, pp. 54—57.



### Международная научная конференция Архангельск :: 28 марта — 1 апреля 2016 г. :: Северный (Арктический) федеральный университет Русский | English

**"Параллельные вычислительные технологии (ПаВТ) 2016"** — международная научная конференция, десятая в серии ежегодных конференций, посвященных развитию и применению параллельных вычислительных технологий в различных областях науки и техники. **Главная цель конференции** — предоставить возможность для обсуждения перспектив развития параллельных вычислительных технологий и представления результатов, полученных ведущими научными группами в использовании суперкомпьютерных технологий для решения задач науки и техники.

#### Организаторы конференции:

- Федеральное агентство научных организаций России
- Суперкомпьютерный консорциум университетов России

**Тематика** конференции покрывает все аспекты применения высокопроизводительных вычислений в науке и технике, включая приложения, аппаратное и программное обеспечение, специализированные языки и пакеты.

В первый день работы конференции будет объявлена **24-я редакция списка Top50** самых мощных компьютеров СНГ.

Во все дни работы конференции будет действовать **суперкомпьютерная выставка**, на которой ведущие производители аппаратного и программного обеспечения представят свои новейшие разработки в области высокопроизводительных вычислений.

Языки конференции: русский, английский.

Официальный сайт конференции: <http://aqora.guru.ru/pavt2016/>