

В.Ю. Осипов

АНАЛОГОВЫЕ АССОЦИАТИВНЫЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

Osipov V.Yu. Аналоговые ассоциативные интеллектуальные системы.

Аннотация. Рассмотрен подход к расширению функциональных возможностей ассоциативных интеллектуальных систем. Раскрыты особенности управления ассоциативным взаимодействием сигналов в этих системах и надления их второй сигнальной системой. Сформулированы предложения по аналоговой реализации таких систем.

Ключевые слова: ассоциативная интеллектуальная система, нейронная сеть, управленые синапсами.

Osipov V.Yu. The analog associative intelligent systems.

Abstract. Approach to expand the functionality of associative intelligent systems is considered. Control features an associative interaction of signals in these systems and giving them a second signal system are disclosed. Proposals for the analog implementation of such systems are formulated.

Keywords: associative intelligent systems, neural network, control, synapses.

1. Введение. Результаты информатизации общества свидетельствуют, что чем дальше, тем больше будут расходы на разработку различного рода компьютерных программ. Рост потребностей в разработке таких программ существенно опережает повышение производительности труда программистов. При этом очевидно, что запрограммировать весь мир мы никогда не сможем. В интересах обеспечения познавательной и творческой деятельности человека, его жизни, безопасности нужны самообучающиеся, в широком смысле интеллектуальные системы, не требующие традиционного программирования для решения постоянно возникающих новых задач. Под интеллектуальностью систем понимается способность их моделировать и реализовывать функциональные, прежде всего, творческие возможности человека.

Все попытки создать такие системы пока не увенчались успехом. Однако предпосылки их разработки в будущем налицо. Это связано с расширением возможностей вычислительной техники, успехами в изучении работы человеческого мозга, созданием более совершенных искусственных нейронных сетей и новых технологий их реализации.

Действительно, появление вычислительных систем с производительностью, позволяющей эмулировать в реальном времени биологические процессы, происходящие в мозге человека и животных, вдохновляет многих исследователей на успех. Однако создание и использование программно-аппаратных в широком смысле интеллектуальных

систем требует больших материальных затрат. Эти системы являются довольно энергоемкими, существенно уязвимы к сбоям оборудования, ошибкам в программном обеспечении и в исходных данных. К тому же, чтобы наделить эти программно-аппаратные системы полноценным интеллектом необходимо наличие его программной модели, которая отсутствует.

Одним из перспективных направлений является создание аналоговых систем, моделирующих работу человеческого мозга. В качестве их могут выступать аналоговые ассоциативные интеллектуальные системы (АИС). Под АИС понимается совокупность взаимосвязанных датчиков, нейронной сети — искусственного «мозга» — и исполнительных устройств, предназначенных для обработки информации и взаимодействия с внешним миром в соответствии с воспринимаемыми закономерными связями между отдельными сигналами и их элементами. К достоинствам аналоговых АИС относятся: отсутствие необходимости их программирования в традиционном смысле; высокий параллелизм обработки информации; хорошая устойчивость к различного рода ошибкам и сбоям оборудования; использование для запоминания информации пассивных элементов, не требующих существенных затрат энергоресурсов.

Известны подходы к разработке таких систем [1–7]. В качестве интеллектуальных ядер этих систем используются различные виды нейронных сетей [3–6]. Пока все известные АИС являются узкоспециализированными, ориентированными на решение узкого круга интеллектуальных задач. Причины такого состояния несколько. Это несовершенство структур АИС и элементов их составляющих, правил обработки информации, технологий аппаратной реализации и другие.

В последние годы предприняты попытки расширить возможности АИС. Получен ряд решений [8–13], позволяющих по новому взглянуть на интеллектуальную обработку информации с применением нейронных сетей. Однако остаются неопределенности в части структурных особенностей АИС и технологий их реализации, наделяния этих систем творческими возможностями, увеличения глубины обработки информации.

В интересах повышения интеллектуальности АИС предлагается усовершенствованная их структура и метод обработки информации, а также технологии аналоговой реализации.

2. Структура АИС и метод обработки информации. Наиболее близкими аналогами предлагаемых решений выступают методы и устройства интеллектуальной обработки информации в многослойной

нейронной сети [8–12]. Используется двухслойная сеть с обратными связями, замыкающими контура с временем задержки единичных образов (ЕО) меньше времени невосприимчивости нейронов после их возбуждения. Каждый нейрон одного слоя в общем случае связан со всеми нейронами другого слоя. Связи между нейронами одного и того же слоя отсутствуют. Предусматривается настройка на входные сигналы.

Согласно известным методам сигнал подают в сеть после разложения на составляющие в базисе, согласованном с входным слоем. При этом каждую составляющую перед подачей в сеть преобразуют в последовательность ЕО с частотой повторения как предварительно заданной функцией от амплитуды составляющей. Сигнал представляют в сети в виде последовательных совокупностей ЕО в соответствии с предварительно заданными правилами его распознавания с учетом обратных результатов. При передаче совокупностей ЕО от слоя к слою их сдвигают вдоль слоев с учетом текущих состояний последних. Результаты распознавания запоминают на элементах сети, а устаревшую информацию стирают. В качестве результатов обработки используют последовательные совокупности единичных образов на выходном слое сети после обратного преобразования в соответствующие им исходные сигналы.

Недостатком этих методов является то, что согласно им нейронная сеть не может воспринимать одно, а выдавать в качестве результатов обработки совершенно другое, слабо связанное с входными текущими сигналами, как это может делать человек. Не предусматривается возможность селективного запоминания и вызова информации из памяти сети в зависимости от текущих состояний слоев. Сеть функционирует как ассоциативная память. Входные сигналы вызывают из долговременной памяти сети связанные с ними запомненные сигналы и вместе представляют результаты обработки. Долговременная память сети - это память на синапсах. Оперативная память реализуется на самих нейронах. При использовании этих методов продолжительные входные сигналы подавляют возможности сети по обработке обратных результатов распознавания. Это существенно ограничивает глубину обработки информации. Под глубиной обработки информации понимается время, в течение которого сеть способна обрабатывать при непрерывном входном потоке отдельно выделенный в нем короткий сигнал.

Для устранения отмеченных недостатков в сеть АИС в качестве сигнала рекомендуется подавать специальный групповой сигнал, раз-

ложенный на составляющие, преобразованные в последовательности ЕО. Групповой сигнал должен состоять из полезного сигнала, просуммированного с первой частью предварительно сформированного маломощного шума, и из второй такой же части этого шума. При передаче в сети от слоя к слою групповых совокупностей ЕО предлагается копировать из сигнально-шумовых групп единичные образы, относящиеся к полезному сигналу, в соответствующие этим группам шумовые группы. Формирование и обработку копий сигнально-шумовых групп следует осуществлять с учетом изменения форм поперечных сечений расходящихся ЕО и поворотов этих образов вокруг направлений их передачи в зависимости от текущих состояний слоев.

Поясним суть предлагаемых решений на примере АИС с двухслойной рекуррентной нейронной сетью с управляемыми синапсами (рис. 1).

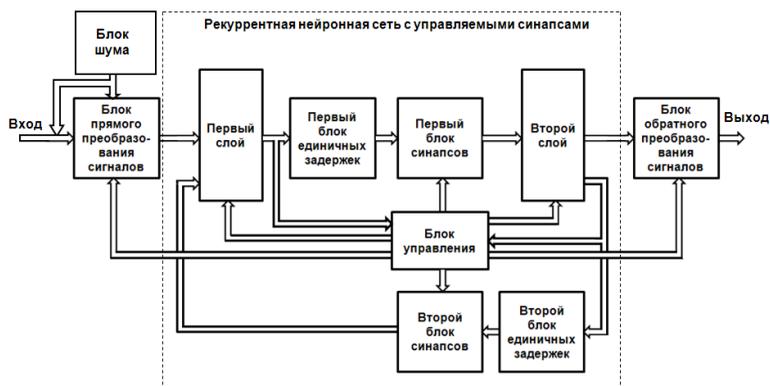


Рис. 1. Ассоциативная интеллектуальная система.

Отличие этой АИС от известных решений [8–12] состоит в наличие блока шума и в расширенных возможностях блока управления. Введенный в состав АИС блок шума формирует маломощный шум в полосе частот полезного сигнала. В качестве полезных сигналов, подаваемых в АИС, в общем случае могут выступать речевые сообщения, цветные динамические образы, наблюдаемые в течение некоторого времени, и другие. В блоке прямого преобразования сигналов все воздействия в общем случае раскладываются на пространственно-частотные составляющие, каждая из которых преобразуется в последовательность ЕО. В результате на выходе этого блока присутствуют последовательные групповые совокупности ЕО, состоящие из сиг-

нально-шумовых и шумовых групп, несущих всю информацию о входных воздействиях. Пример последовательности групповых совокупностей единичных образов приведен на рис. 2. Особенности используемой рекуррентной нейронной сети с управляемыми синапсами выступают:

- установление однозначного соответствия между входами и выходами за счет приоритетности коротких связей;
- осуществление сдвигов групповых совокупностей ЕО вдоль слоев при передаче их от слоя к слою;
- поворачивание в групповых совокупностях расходящихся ЕО вокруг направлений их передачи, изменение параметров расходимости этих образов и форм поперечных сечений в зависимости от текущих состояний слоев;
- формирование на основе этой сети за счет управления синапсами различных других многослойных нейронных сетей;
- управление внутренним временем сети, настройка на входные сигналы;
- частичное отражение совокупностей ЕО от принимающих слоев и частичное стирание ими ранее запомненных результатов распознавания.

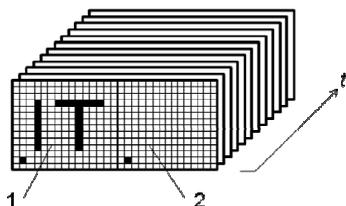


Рис. 2. Последовательность групповых совокупностей единичных образов:
1 – сигнально-шумовая группа; 2 – шумовая группа.

За счет пространственных сдвигов групповых совокупностей ЕО, передаваемых от слоя к слою, они продвигаются вдоль слоев, а сами слои разбиваются на поля и подполя. При этом различные совокупности ЕО приводятся к одному и тому же времени и ассоциируются друг с другом. На рис. 3 показан пример структуры сети, обрабатывающей групповые совокупности ЕО. Согласно этому примеру двухслойная нейронная сеть за счет управления синапсами преобразована в две взаимосвязанные двухслойные сети со своими логическими структурами слоев. Первая является линейной, а вторая спиральной структурой. Причем пространственные сдвиги совокупностей ЕО в первой

сети по оси X осуществляются на величину $2d$, а во второй на d . Сдвиги по оси Y реализуются на величину q . Направления продвижения совокупностей ЕО вдоль слоев на рис. 3 показаны стрелками.

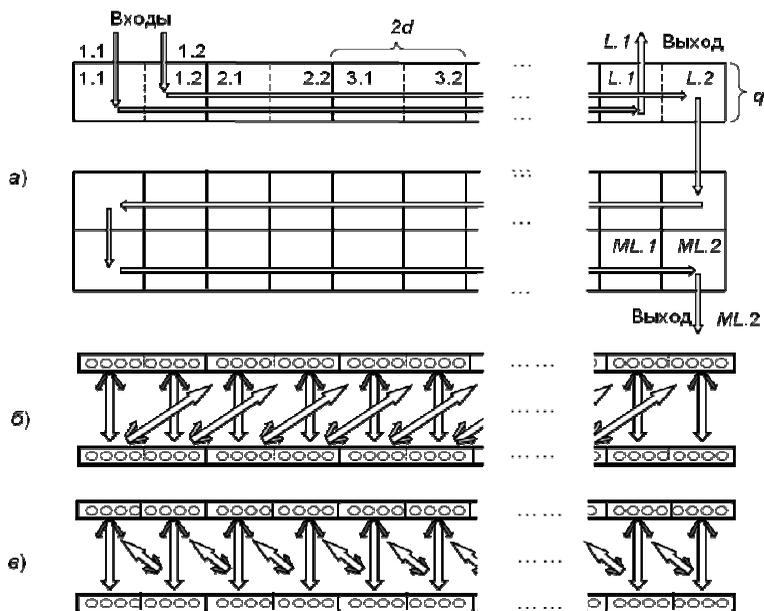


Рис. 3. Логическая структура нейронной сети: а – вид сверху на первый слой; б, в – разрезы сети по двум слоям по первой и второй строкам, соответственно.

На вход 1.1 сети (рис. 3) подают сигнально-шумовые группы ЕО, а на вход 1.2 — шумовые группы. За счет непрерывной подачи в сеть параллельно двух одинаковых частей предварительно сформированного и преобразованного маломощного шума (как при наличии, так и при отсутствии полезного сигнала) между одинаковыми сигнально-шумовыми и шумовыми составляющими устанавливаются и поддерживаются прочные ассоциативные связи через соответствующие си-напсы.

Посредством этих связей осуществляется формирование копий сигнально-шумовых групп с учетом изменения форм поперечных сечений расходящихся ЕО и поворотов этих образов вокруг направлений их передачи в зависимости от текущих состояний слоев. В дальнейшем

эти копии могут обрабатываться независимо от оригиналов во второй части сети со спиральной структурой (рис. 3).

Изменяя в первой части сети форму и направленность поперечных сечений расходящихся ЕО, относящихся к сигнально-шумовым и шумовым группам, можно управлять направлениями их ассоциативного взаимодействия. Можно как связывать, так и отрывать обработку сигналов во второй части сети от первой, исключать подавление входными сигналами обратных результатов распознавания.

Маломощный шум при таком отрыве лишь стимулирует функционирование сети, позволяет порождать новые «взгляды», условия обработки сигналов. Причем, изменяя во второй части сети, в зависимости от текущих состояний слоев, параметры ассоциативного взаимодействия обрабатываемых копий сигнально-шумовых групп друг с другом и с ранее запомненными сигналами, осуществимы:

- избирательное связывание сигналов и запоминание результатов обработки;

- избирательное обращение к различным элементам памяти сети и ассоциативный вызов из памяти различных сигналов одними и теми же последовательными совокупностями единичных образов;

- изменение глубины обработки сигналов, усиление или ослабление циклического вызова информации из памяти;

- генерирование на основе запомненных результатов распознавания и шума новых сигналов.

Пример, поясняющий возможность управления направлениями ассоциативного взаимодействия сигналов, приведен на рис. 4, где 1, 2 — нейроны передающего слоя, формирующие ЕО, относящиеся, соответственно, к сигнально-шумовой и к шумовой группам; 3, 4 — короткие синапсы, для которых функция ослабления равна единице; 5 — ось максимальной протяженности распределения плотности мощности в поперечном сечении расходящегося ЕО, передаваемого от нейрона 1 в направлении нейрона 7; 6 — сглаженная форма поперечного сечения расходящегося ЕО; 7, 9 — нейроны принимающего слоя, в направлении которых, соответственно, от нейрона 1 и нейрона 2 передаются расходящиеся ЕО; 8 — штрихпунктирная линия, разделяющая поля принимающего слоя на подполя; 10 — направления поворота оси максимальной протяженности распределения плотности мощности в поперечном сечении расходящегося ЕО. Точками, вокруг которых осуществляются повороты, в рассматриваемом случае выступают нейроны 7 и 9, в направлении их, соответственно, от нейрона 1 и

нейрона 2 передаются расходящиеся ЕО; $2d$, q — величины сдвигов групповых совокупностей ЕО, соответственно, по координатам X , Y .

На рис. 4 формы поперечных сечений расходящихся ЕО ориентированы на 90° и обеспечивают успешное копирование сигналов из сигнально-шумовой группы в шумовую группу. В случае ориентации этих форм на 0° такое копирование становится невозможным.

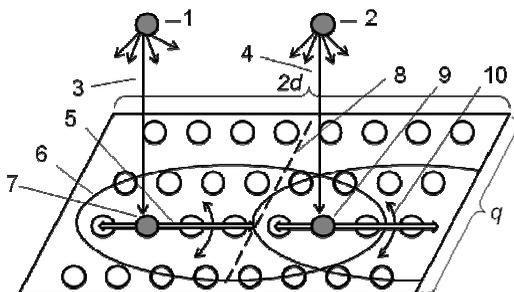


Рис. 4. Сглаженные формы поперечных сечений расходящихся единичных образов.

В зависимости от направленности и ориентации форм поперечных сечений расходящихся ЕО в совокупностях, передаваемых от слоя к слою, можно по-разному связывать обрабатываемые сигналы друг с другом и запоминать эти связи. Это также позволяет обращаться к различным элементам памяти и вызывать из нее различные сигналы, которые сильнее всего связаны с обрабатываемыми совокупностями для текущих условий. Для увеличения глубины обработки сигналов, помимо исключения подавления обратных результатов распознания входными воздействиями, достаточно во второй части сети сориентировать формы поперечных сечений расходящихся ЕО в направлении с выхода сети на ее вход. Что касается генерирования новых сигналов, то здесь роль используемого шума является инициализирующей. Посредством шума в памяти сети могут запускаться и в дальнейшем развиваться с учетом ранее воспринятых закономерностей реального или абстрактного мира процессы генерации новых сигналов. Под новыми сигналами в рассматриваемом случае понимаются те, которые ранее не воспринимались АИС.

В качестве результатов интеллектуальной обработки сигналов в АИС предлагается использовать последовательные совокупности ЕО не на выходе $L.1$, а на выходе $ML.2$ сети (рис. 3) после обратного преобразования их в соответствующие им исходные сигналы. Если фор-

мально исходить из приоритетности коротких связей между нейронами, то согласно рис. 3 выходные сигналы формируются на основе шума. Отчасти, это так и есть. Однако вспомним, что на начальных этапах обработки входных сигналов происходит копирование из сигнально-шумовых групп единичных образов, относящихся к полезному сигналу, в соответствующие шумовые группы. В итоге выходные сигналы формируются на основе обработки копий сигнально-шумовых групп.

При таком подходе к интеллектуальной обработке сигналов в нейронной сети АИС можно говорить об ее двух сигнальных системах. Первая система отвечает за «условно-рефлекторные» связи, а вторая – за «осмысление» входных сигналов и формирование соответствующих реакций. Интеллектуальным ядром такой АИС является не вся нейронная сеть, а ее вторая часть, способная осуществлять глубокую обработку информации с учетом воспринятых объективных закономерностей реального мира.

3. Технологии реализации аналоговых АИС. Разложение входных воздействий на составляющие в АИС осуществимо, например, с применением пространственных и частотных фильтров, оконного Фурье или вейвлет преобразования. Для преобразования этих составляющих в последовательности ЕО могут использоваться ждущие мультивибраторы с накопительными элементами на входах. Ждущие мультивибраторы (ЖМВ) также могут применяться в качестве нейронов сети и элементов задержки. При этом запускать ЖМВ, выступающие элементами задержки, следует не по переднему, а по заднему фронту входных импульсов. Блоки синапсов предлагается разрабатывать с применением мемристоров (резисторов с памятью) и обычных управляемых аттенуаторов.

С формальной точки зрения проводимости (веса) $w_{ij}(t)$ синапсов предлагается определять как произведения весовых коэффициентов $k_{ij}(t)$ и функций ослабления $\beta_{ij}(t)$, $w_{ij}(t) = k_{ij}(t) \cdot \beta_{ij}(t)$. Запоминание и стирание информации в долговременной памяти нейронной сети АИС осуществимо через изменение весовых коэффициентов $k_{ij}(t)$ в зависимости от проходящего через синапсы тока в прямом и обратном направлении. Именно за это должны отвечать мемристоровые, входящие в состав искусственных синапсов. Все управление синапсами для реализации рассмотренных выше возможностей сводится к изменениям функций ослабления $\beta_{ij}(t)$ в зависимости от текущих состояний слоев. В интересах этого в состав искусственных синапсов помимо мемристоров должны входить управляемые аттенуаторы без памяти. Пример структурной схемы простого блока таких синапсов показан на рис. 5,

где овалами обозначены синапсы с управляющими входами. На сигнальные входы этого блока подаются сигналы с блока единичных задержек рекуррентной нейронной сети АИС (рис. 1), а выходы связаны с входами нейронов принимающего слоя.

Использование мемристоров в качестве элементов долговременной памяти нейронной сети не требует значительных расходов электроэнергии. Блок управления (рис. 1) также может быть выполнен в аналоговом варианте. В основу правил управления синапсами со стороны соответствующего блока может быть положен принцип максимума единичных образов, ассоциативно вызываемых из памяти сети на заданном интервале времени.

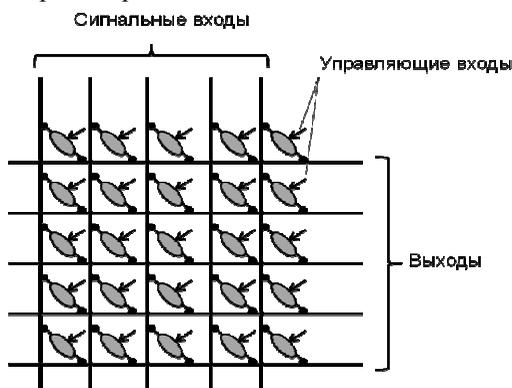


Рис.5. Структурная схема простого блока синапсов.

Для управления внутренним временем нейронной сети можно варьировать длительность генерируемых импульсов ЖМВ — искусственными нейронами [10].

Заметим, что в связи с высоким уровнем параллельности обработки информации в нейронной сети АИС требования к верхним частотам срабатывания используемых ЖМВ не высоки. Для преобразования выходных совокупностей единичных образов в соответствующие им исходные сигналы применимы, как аналоговые, так и цифровые подходы.

В целом реализация предлагаемой АИС в аналоговом варианте возможна с применением известных нанотехнологий и позволит создать в широком смысле интеллектуальные, малогабаритные, экономичные, устойчивые к различного рода ошибкам, не требующие традиционного программирования системы.

4. Результаты моделирования. Для подтверждения наличия у предлагаемой АИС новых возможностей по обработке информации была разработана ее программная модель. В качестве рекуррентной нейронной сети с управляемыми синапсами АИС выступала двухслойная сеть. В каждом слое содержалось по 2016 нейронов. За счет пространственных сдвигов обрабатываемых групповых совокупностей единичных образов каждый слой сети разбивался на три строки по 8 логических полей, размером 12×7 нейронов. Дополнительно каждое поле условно делилось на два подполя по 6×7 нейронов. Последовательные сигнально-шумовые группы ЕО вводились в сеть через первое подполе первого поля, а шумовые группы - через его второе подполе. Направления продвижения совокупностей ЕО вдоль слоев принимались такими же, как и на рис. 3. Была также предусмотрена возможность изменения форм и ориентации поперечных сечений расходящихся ЕО, передаваемых от слоя к слою. При переходе от круговой к эллиптической форме этих сечений (со смещением вдоль большой оси эллипса) предоставлялась возможность задания ее ориентации из четырех значений углов: 0° , 90° , 180° , 270° . При моделировании в качестве $\beta_{ij}(t)$ использовалась функция:

$$\beta_{ij}(t) = \frac{1}{1 + \vartheta r_{ij}^h(t) / G_{ij}(\varphi_{ij} + \psi_i(\mathbf{x}_{1t}, \mathbf{x}_{2t}))},$$

где $r_{ij}(t)$ — удаленность связываемых синапсами нейронов в плоскости X, Y , измеряемая в единицах нейронов. Полагалось, что расстояние между слоями нейронов стремится к нулю; h — степень; ϑ — положительный постоянный коэффициент; $G_{ij}(\varphi_{ij} + \psi_i(\mathbf{x}_{1t}, \mathbf{x}_{2t}))$ — коэффициент направленности формы поперечного сечения расходящегося ЕО в направлении от i -го к j -му нейрону; φ_{ij} — угол, соответствующий направлению на нейрон принимающего слоя от нейрона этого слоя, в направлении которого передается расходящийся ЕО; $\psi_i(x_{1t}, x_{2t})$ — угол поворота вектора ориентации поперечного сечения расходящегося i -го ЕО; $\mathbf{x}_{1t}, \mathbf{x}_{2t}$ — текущие состояния первого и второго слоев. Для осуществления пространственных сдвигов совокупностей ЕО изменялся параметр $r_{ij}(t)$, а для варьирования формой и ориентацией поперечных сечений расходящихся ЕО — функция $G_{ij}(\varphi_{ij} + \psi_i(\mathbf{x}_{1t}, \mathbf{x}_{2t}))$.

Весовые коэффициенты $k_{ij}(t)$ синапсов определялись в соответствии с правилами, изложенными в [11].

Установлено, что предлагаемые решения по ассоциативной обработке информации позволяют расширить возможности АИС. Экспе-

риментально подтверждено, что можно существенно увеличить глубину обработки информации в нейронных сетях, осуществлять селективное связывание и запоминание сигналов, селективно обращаться к различным областям памяти и вызывать связанные сигналы. На рис. 6 показано как может изменяться активность второй сигнальной системы (второй части нейронной сети) АИС во времени t (в тактах) в зависимости от ориентации эллиптических форм поперечных сечений расходящихся ЕО, передаваемых от слоя к слою, где $Q(t)$ — число ЕО в оперативной памяти второй части нейронной сети.

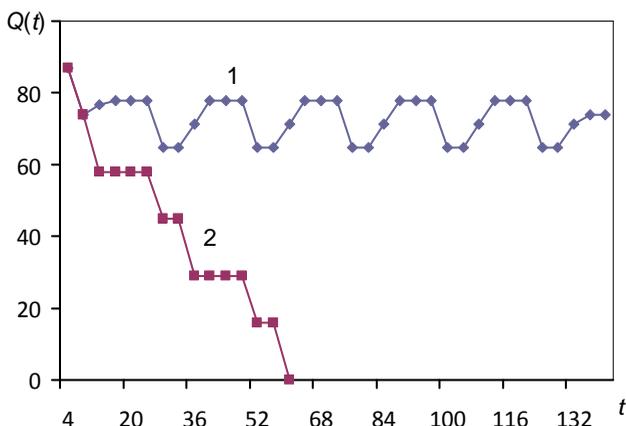


Рис. 6. Результаты активности второй сигнальной системы АИС.

Кривая 1 на рис. 6 соответствует случаю циклического вызова информации из долговременной памяти сети текущими результатами распознавания копий сигнально-шумовых групп при ориентации эллиптических форм поперечных сечений расходящихся ЕО на 0° . В этом простом эксперименте сеть циклически вызывала из памяти одно и то же слово, состоящее из последовательности букв. Каждой букве соответствовала своя группа ЕО. Кривая 2 характеризует случай ориентации форм поперечных сечений ЕО на 180° . Согласно ему введенные во вторую сигнальную систему последовательные копии сигнально-шумовых групп постепенно покидают ее. Циклический вызов отсутствует.

Наличие таких возможностей у АИС позволяет наделить ее широкими творческими способностями. Также подтверждено, что для программной реализации АИС даже с такой небольшой нейронной сетью требуются существенные вычислительные ресурсы, вычислительная

сложность задачи равна $c = a \cdot n^2$, где n — число нейронов в каждом слое, a — положительный коэффициент. Перспективные в широком смысле интеллектуальные АИС по предварительным оценкам должны иметь в составе сети с числом нейронов $10^9 \div 10^{10}$. Исходя из существующих технологических возможностей, только аналоговым АИС под силу осуществлять полноценную ассоциативную интеллектуальную обработку различных сигналов в реальном времени.

5. Заключение. Предложена усовершенствованная структура перспективной АИС и метод интеллектуальной обработки информации в ней. В дополнение к традиционным функциям ассоциативной обработки информации в АИС рекомендуется формировать копии входных сигнально-шумовых групп и обрабатывать их параллельно с оригиналами с учетом изменения форм и ориентации поперечных сечений расходящихся единичных образов в зависимости от текущих состояний слоев. За счет этого достижимо исключение подавления обратных результатов распознавания входными сигналами, селективное связывание и запоминание сигналов, избирательное обращение к различным областям памяти сети, варьирование глубиной обработки и генерирование новых сигналов.

Предложенные решения могут быть востребованы при разработке перспективных аналоговых АИС, позволяющих оперативно с незначительными энергетическими затратами решать широкий спектр трудноформализуемых творческих задач в различных областях человеческой деятельности.

Литература

1. *Полоников Р.И., Александров В.И.* Об одном алгоритме опознания применительно к классификаторам параллельного действия // Вопросы радиоэлектроники. Серия XII. Выпуск 28, 1966. С. 107 - 108.
2. *Amari S.* Dreaming of mathematical neuroscience for half a century // *Neural Networks* 37 (2013) 48-51.
3. *Galushkin A.I.* *Neural Networks Theory.* Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007. 396 p.
4. *Haikonen Pentti O.A.* The Role of Associative Processing in Cognitive Computing // *Cognitive Computing* (2009) 1: 42 – 49.
5. *Palm G.* Neural associative memories and sparse coding // *Neural Networks* 37 (2013) 165–171.
6. *Хайкин С.* Нейронные сети: полный курс, 2-е издание.: Пер. с англ. М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. 1103 с.
7. *Макаров И.М., Лохин В.М., Манько С.В., Романов М.П.* Искусственный интеллект и интеллектуальные системы управления. М.: Наука, 2006. 333 с.
8. *Осинов В.Ю.* Ассоциативная интеллектуальная машина // Информационные технологии и вычислительные системы, №2, 2010. С. 59 – 67.
9. *Осинов В.Ю.* Оптимизация ассоциативных интеллектуальных систем // Мехатроника, автоматизация, управление, №3, 2011. – С. 35 – 39.

10. *Осипов В.Ю.* Нейронная сеть с прошедшим, настоящим и будущим временем // Информационно-управляющие системы, № 4, 2011. С. 28 – 32.
11. *Осипов В.Ю.* Стирание устаревшей информации в ассоциативных интеллектуальных системах // Мехатроника, автоматизация, управление, №3, 2012. С. 16 – 20.
12. *Осипов В.Ю.* Метод настройки ассоциативной интеллектуальной системы на входные сигналы // Информационные технологии. № 9, 2012. С. 54 – 59.
13. *Ahmad Aftfi, Ahmad Auatollahi, and Farshid Raissi.* STDP implementation using memristive nanodevice in CMOS-Nano neuromorphic networks //IEICE Electronics Express, 2009, Vol. 6, №3, 148 – 153.

Осипов Василий Юрьевич — д.т.н., проф.; ведущий научный сотрудник СПИИРАН. Область научных интересов: искусственный интеллект, моделирование, информационное противоборство. Число научных публикаций — больше 100. osipov_vasily@mail.ru; СПИИРАН, 14-я линия ВО, д. 39, Санкт-Петербург, 199178, РФ; р.т. 8 (812) 355-96-82.

Osipov Vasily Yurevich — Ph.D., Dc.Sci., Prof.; the leading scientific employee, SPIIRAS. Research interests: artificial intelligence, modelling, information antagonism. The number of publications — more 100. osipov_vasily@mail.ru; SPIIRAS, 39, 14-th Line V.O., St. Petersburg, 199178, Russia; office phone 8 (812) 355-96-82.

Рекомендовано лабораторией объектно-ориентированных геоинформационных систем СПИИРАН, заведующий лабораторией Попович В.В., д.т.н., проф.
Статья поступила в редакцию 29.07.2013.

РЕФЕРАТ

Осипов В.Ю. Аналоговые ассоциативные интеллектуальные системы.

Одной из актуальных научно-технических проблем современности выступает создание "мыслящих" систем, сравнимых по интеллекту с человеком. Среди известных подходов к решению этой проблемы особого внимания заслуживает разработка методов и систем ассоциативной интеллектуальной нейросетевой обработки информации. Однако, пока эти методы и системы еще не совершенны, как и технологии их реализации. Предлагаются новые решения, позволяющие расширить их возможности по интеллектуальной обработке информации. К таким решениям относятся: наделение ассоциативных интеллектуальных систем второй сигнальной системой, отвечающей за глубокую обработку информации в реальном времени; управление ассоциативным взаимодействием сигналов в системе в зависимости от текущих состояний используемой нейронной сети с управляемыми синапсами; предложения по аналоговой реализации таких систем с применением мемристоров.

SUMMARY

Osipov V.Yu. The analog associative intelligent systems.

One of the important scientific and technological problems of our time is to establish a "thinking" systems. Among the well-known approaches to solving this problem deserves special attention the development of methods and systems for intellectual associative neural information processing. However, while these methods and systems are not perfect, and as technology implementation. New solutions to significantly enhance their ability to intellectual processing of information are proposed. These decisions include: the vesting associative intelligent systems of the second signal system responsible for the deep processing of information in real time; the control of the associative interaction of signals in the system, depending on the current status of the neural network with managed synapses; the proposals for analog implementation of such systems with the use of memristor.