УДК 519.7

О МОЗГОПОДОБНЫХ СТРУКТУРАХ

М. Ф. Бондаренко[1], Н. Е. Русакова[2], Ю. П. Шабанов-Кушнаренко[3]

[1, 2, 3] ХНУРЭ, г. Харьков, Украина

Быстро прогрессирующие компьютеризация и информатизация требуют постоянного повышения производительности электронных вычислительных машин. Сегодня уже появилась возможность создания вычислительных структур с производительностью, близкой к производительности мозга человека. В связи с этим в статье рассматривается идея мозгоподобной структуры, предложенная академиком В. М. Глушковым, и дальнейшее ее развитие.

МОЗГОПОДОБНАЯ СТРУКТУРА, ОТНОШЕНИЕ, МЕТОД ПЕРЕВОДА, АЛГЕБРАИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ПРЕДИКАТОВ

Введение

Академик Виктор Михайлович Глушков в 1957 году писал «...группа задач связана с поиском новых принципов построения электронных цифровых машин. Особое значение приобретает здесь задача детального изучения механизма высшей нервной деятельности, в частности процесса образования понятий и их связи с языком. Как известно, механизм действия современных цифровых машин с программным управлением весьма сильно отличается от работы человеческого мозга. Не подлежит сомнению, например, что в мозгу нет ничего похожего на арифметическое устройство последовательного, а тем более параллельного действия. Говоря не вполне точно, машина сводит логические операции к арифметическим, тогда как в мозгу как раз наоборот. Поэтому, намного превосходя человека в скорости выполнения арифметических операций, машина не имеет столь же значительного превосходства над ним в скорости выполнения операций логического характера. В свете всего сказанного становится ясным огромное практическое значение глубокого проникновения в закономерности работы мозга. Ведь познав только некоторые важнейшие из таких закономерностей и реализовав их в той или иной мере на основе электронных схем, можно рассчитывать получить машины, гораздо более приспособленные к выполнению сложных логических операций, чем любая современная вычислительная машина» [1, с. 96].

Впоследствии В. М. Глушков назвал приведенное выше сформулированное им направление исследований идеей *мозгоподобных структур*, гениально провидя для нее ведущую роль в развитии вычислительной техники будущего. Перспективность мозгоподобных структур отмечалась В. М. Глушковым на конференции в Киеве в 1959 году, а также на конгрессе International Federation of Information Processing (IFIP) в 1974 году. В 1981 году за год до смерти В. М. Глушков дал следующую итоговую характеристику и оценку идеи мозгоподобных структур: «Если предположить, что конструктор может объединить в систему не несколько тысяч логических элементов, как это было в эпоху электронно-ламповой техники, а многие десятки миллионов (причем на число соединений этих элементов практически не накладывается никаких ограничений), то лучшими архитектурными решениями для ЭВМ будут мозгоподобные структуры. Характерной особенностью их является слияние памяти с обработкой данных: данные обрабатываются одновременно по всей памяти с максимально возможной степенью распараллеливания всех операций. Подчеркнем, что речь идет именно о мозгоподобных структурах, а не о точном копировании мозга, в котором эффективно распараллеливаются далеко не все операции (в частности, в мозге плохо распараллеливаются собственно вычислительные операции).

Хотя мозгоподобные структуры с параллельными процессами, управляемыми многими потоками данных и команд, несомненно, представляют собой высший уровень развития архитектур ЭВМ, однако на нынешнем этапе электронной технологии полная и бескомпромиссная их реализация является пока преждевременной. Необходимы компромиссные решения, представляющие собой переходные этапы к мозгоподобным структурам будущего на основе разумного отступления от принципов фон Неймана» [2, с. 59 – 60].

С тех пор прошло почти 30 лет, и то, о чем мечтал В. М. Глушков, теперь становится реальностью: сегодня уже появилась возможность создания вычислительных структур с производительностью, близкой к производительности мозга человека. Таким образом, время создания мозгоподобных структур для ЭВМ сверхвысокой производительности настало. Задача создания ЭВМ с мозгоподобными структурами, так называемых *мозгоподобных ЭВМ* [3] (по англ. – *brainlike computer*), завладела воображением специалистов.

1. Мозгоподобные ЭВМ

Быстро прогрессирующие компьютеризация и информатизация требуют постоянного повышения производительности электронных вычислительных машин. Однако, делать это становится все труднее. Резервы увеличения быстродействия решающих элементов ЭВМ исчерпываются. Остается путь наращивания числа одновременно работающих элементов в процессоре компьютера. Уже сейчас имеется практическая возможность, опираясь на успехи микроминиатюризации и удешевления электронных элементов и на достижения в области автоматизации проектирования и изготовления вычислительной аппаратуры, строить компьютеры с числом элементов до 10^{15}. Однако, применительно к нынешним ЭВМ последовательного действия, работающим по принципу программного управления Дж. фон Неймана, делать это не имеет смысла, поскольку в них в каждый момент дискретного времени одновременно находится в работе лишь небольшое число элементов. Попытки же перехода к машинам параллельного действия пока не дают ожидаемого роста их производительности. Так, например, производительность многопроцессорной ЭВМ растет не пропорционально числу имеющихся в ней процессоров, как, казалось бы, должно быть, а гораздо медленнее, а именно – по логарифмическому закону. Возникают существенные трудности также и при попытках создания высокопроизводительных нейрокомпьютеров, которые строятся в виде сетей из формальных нейронов.

Между тем, существует «вычислительная машина», созданная природой, – мозг человека, для которой проблема полноценного распараллеливания обработки информации полностью решена. Мозг человека по сравнению с современной ЭВМ – тихоход. О его «тактовой частоте» можно судить по пропускной способности нервных волокон. Известно, что каждое нервное волокно может пропускать не более 10^3 импульсов в секунду. По проводникам же нынешних ЭВМ передается порядка 10^9 импульсов в секунду. Следовательно, ЭВМ превосходит мозг человека в смысле скорости работы ее отдельных решающих элементов в $10^9:10^3 = 10^6$ раз. Тем не менее, по своей производительности в целом мозг превосходит любую ЭВМ. Это обусловлено тем, что мозг человека имеет в своем составе около 10^{15} простейших решающих элементов, в роли которых мы принимаем синапсы – стыки между окончаниями отдельных волокон нервных клеток. Число же нервных клеток в мозге человека оценивается величиной 10^{11}. Все клетки мозга, как свидетельствуют нейрофизиологические данные, работают одновременно.

В ЭВМ же последовательного действия в каждый момент времени действует лишь небольшое число элементов. По самым льготным для машины оценкам в ней одновременно работает в среднем не более 10^3 элементов. Таким образом, в смысле числа параллельно работающих элементов мозг превосходит машину в $10^{15}:10^3 = 10^{12}$ раз. В итоге, по своей общей производительности мозг превосходит современную вычислительную машину последовательного действия в $10^{12}:10^6 = 10^6$ раз. Итак, ЭВМ параллельного действия, работающая по принципам мозга человека и построенная на современной элементной базе, иными словами, – мозгоподобная ЭВМ, согласно вышеприведенным оценкам, в случае ее создания будет превосходить нынешние ЭВМ последовательного действия в 10^{12} раз, а мозг человека – в 10^6 раз. Если мозгоподобные ЭВМ удастся создать, то это приведет к значительному повышению темпов компьютеризации и информатизации.

2. Значение мозгоподобных ЭВМ

Пионеры искусственного интеллекта А. Ньюэл, Дж. Шоу и Г. Саймон еще в конце 50-х годов XX столетия высказались в том смысле, что глубинный смысл компьютеризации и информатизации заключается в том, чтобы побудить людей заняться познанием и совершенствованием самих себя и снабдить их достаточными для этого средствами [4]. Известный специалист в области искусственного интеллекта Роджер Шенк пишет: «Искусственный интеллект как область науки – это лишь малая часть грандиозной попытки постичь мышление. Мы считаем, что это основная цель данной области науки и здесь достигнуты немалые успехи. Программы, которые мы пишем, важны как эксперимент, а не как конечный результат. Главный интерес для нас представляет именно интеллект, а не его искусственное происхождение. Если мы достигнем успеха в этом направлении, то проложим путь для создания механических помощников человеку в его повседневных делах и заботах. Но не в этом главное. Самое важное, чего мы тогда добьемся, – более глубокого понимания самих себя, что безусловно, гораздо ценнее чем любая программа [5, с. 26].

Представляется, что в результате создания мозгоподобных ЭВМ появятся небывалые возможности для самопознания и самоусовершенствования самого человека. Что сулит человечеству столь стремительное развитие средств вычислительной техники? По нашему мнению, наилучший ответ на этот вопрос содержится в предисловии к книге Норберта Винера «Кибернетика», написанном известным московским ученым Гелием Николаевичем Поваровым. В нем говорится: «... научно-технический прогресс ставит перед человечеством серьезные проблемы. Стремительное развитие науки и техники возлагает на нас колоссальную ответственность за разумное использование полученного нами могущества. «Кто живет в стеклянном доме, тот не должен бросать камней», – гласит старинная пословица. Человек стал настолько могущественным, что любое его нерассчитанное движение: с роботами, с атомной энергией, с химией – может иметь тяжелые непредвиденные последствия. Это парадокс могущества. Нельзя забывать, однако, что наука и техника не только возлагают новую ответственность на человека, но и доставляют ему новые средства справиться с нею. Это относится и к роботам. Альтернатива «человек или робот», «опасное развитие искусственного разума или своевременный отказ от него», чем ограничивается большинство авторов, имеет третье, более необычайное и, пожалуй, более вероятное решение, если только искусственный разум и искусственная жизнь вообще возможны. Человек, научившийся создавать искусственный разум и искусственную жизнь, не остановится перед коренной переделкой самого себя. Не роботы вместо людей, а новый человек вместо старого! Человек будущего вряд ли останется таким же «натуральным» существом, таким же теплокровным позвоночным, каким он вышел из горнила естественного отбора. Почти наверное, он будет искусственно развивать свой мозг и свое тело, будет по воле лепить и изменять свою физическую оболочку. Ему по силам быть впереди любого возможного робота. Это будет биологическая революция, и если смелые гипотезы оправдаются, она будет означать преобразование всего человеческого существования. Быть может далекий смысл «безумной» винеровской идеи о передаче человека по телеграфу и есть достижение человеком перевоплощаемости? Позволим себе минуту фантазии: не станет ли тогда человек новым космическим существом, свободным от земных ограничений? Есть ли абсолютная граница могущества и сложности для человека и его творений, абсолютная граница могущества и сложности для саморазвивающихся систем вообще?... Впрочем, это вопросы для науки будущего, на которые она сумеет ответить лучше нас» [6, с. 26 – 27].

3. Определение понятия «мозгоподобная структура»

Как определить понятие «мозгоподобная структура» в точных математических терминах? Его можно отождествить, ввиду потенциальной универсальности мозга человека, с понятием «математическая структура». Обращаемся к его классическому определению: «*Структура математическая* – родовое название, объединяющее понятия, общей чертой которых является то, что они применимы к множествам, природа элементов которых не определена. Чтобы определить структуру, задают отношения, в которых находятся элементы множеств (типовая характеристика структуры), а затем постулируют, что данные отношения удовлетворяют условиям – аксиомам структуры» [7, с. 568]. В применении к человеку и вычислительной технике понятие мозгоподобной структуры необходимо сузить, отождествив его с понятием конечной математической структуры. Приходим к следующему определению: «*Конечная математическая структура* – родовое название, объединяющее понятия, общей чертой которых является то, что они применимы к конечным множествам, природа элементов которых не определена. Чтобы определить конечную структуру, задают конечные отношения, в которых находятся элементы конечных множеств (типовая характеристика конечной структуры), а затем постулируют, что данные конечные отношения удовлетворяют условиям – аксиомам конечной структуры». Первое определение понятия «мозгоподобная структура» назовем *общим* (*бесконечным*), а второе – *частным* (*конечным*).

Одним из понятий, на которые опирается определение понятия «мозгоподобная структура», является понятие отношения. Определяется оно следующим образом. Вводится *декартово произведение* $A_1 \times A_2 \times \ldots \times A_m$ системы множеств $A_1, A_2, \ldots, A_m$ как совокупность последовательностей вида $(a_1, a_2, \ldots, a_m)$, где $a_1 \in A_1$, $a_2 \in A_2$, ..., $a_m \in A_m$. Всякое подмножество R множества $A_1 \times A_2 \times \ldots \times A_m$ называется *отношением*, определенным на $A_1 \times A_2 \times \ldots \times A_m$. Декартово произведение $A_1 \times A_2 \times \ldots \times A_m$, где $A_1 = A_2 = \ldots = A_m = A$, называется *декартовой m-й степенью* множества A и обозначается через A^m. Отношение R, определенное на A^m, называется *m-арным отношением на множестве A* [8, с. 42].

Ранее были известны разные способы выражения отношений: множествами наборов предметов, графами, графиками, таблицами. Но среди них не было ни одного способа представления отношений формулами. Между тем, крайне важно научится записывать отношения с помощью формул. Как показывает опыт науки и техники, нет более удобного и более практичного средства описания объектов, чем формулы. Формулы не только дают названия объектам, но и выражают их свойства и поведение. Вместо того, чтобы ставить опыты над реальными объектами, можно «поэкспериментировать» с формулами, описывающими эти объекты, и получить все интересующие нас сведения о них. Формулы можно «оживить» в ЭВМ, и они будут воспроизводить поведение описываемых ими объектов. Если удастся научиться описывать формулами отношения, а затем реализовывать эти формулы в ЭВМ и привести их в действие, то у машины, как можно надеяться, появятся мысли, соответствующие этим отношениям, и она приобретет способность их обрабатывать, то есть мыслить. Однако, обращаясь к опыту математики, мы обнаруживаем, что формулами выражаются только функции. Но отношения – это не функции, они представляют собой нечто более общее [9].

4. Предикаты

Известен такой метод: если не представляется возможным решить какую-то задачу, то ее заменяют другой, взаимно однозначно с нею связанной задачей, которая поддается решению. Затем переводят полученное решение на язык первоначальной задачи. В результате получают решение исходной задачи. Этот метод в конце XIX века с успехом применил Оливер Хевисайд для решения линейных дифференциальных уравнений. Он нашел способ замены этих уравнений алгебраическими уравнениями. Получив решение алгебраических уравнений, Хевисайд перевел его обратно на язык дифференциальных уравнений и таким способом решил интересовавшую его задачу. В результате он создал так называемое операционное исчисление. Будучи физиком и инженером по роду деятельности, Хевисайд не дал строгого математического обоснования найденного им метода, за что и подвергся нападкам математиков. Ответил он им так: «Буду ли я отказываться от обеда потому, что не понимаю полностью процесс пищеварения?» [3, с. 94].

Мы применим подобный метод для отыскания способа формульной записи отношений. Называется он *методом перевода*. Каждый наблюдаемый *факт* можно исчерпывающе охарактеризовать отношением, образованным из одного набора: $P=\{(a_1, a_2, ..., a_m)\}$. Это отношение извещает нас о том, в каких *состояниях* $a_1, a_2, ..., a_m$ находятся интересующие нас *места* $x_1, x_2, ..., x_m$. Любой факт P можно выразить высказыванием:

$$P(x_1, x_2, ..., x_m) = \text{"}x_1 = a_1 \text{ и } x_2 = a_2 \text{ и...и } x_m = a_m\text{"},$$

которое мы запишем в следующем сокращенном виде:

$$P(x_1, x_2, ..., x_m) = x_1^{a_1} x_2^{a_2} ... x_m^{a_m}.$$

Отношением произвольного вида

$$Q=\{(a_{11}, a_{21}, ..., a_{m1}), (a_{12}, a_{22}, ..., a_{m2}), ...$$
$$..., (a_{1k}, a_{2k}, ..., a_{mk})\}$$

можно выразить любое *знание* о любом факте. Любое знание представляет собой перечень всех возможных вариантов

$$P_1=\{(a_{11}, a_{21}, ..., a_{m1})\},$$
$$P_2=\{(a_{12}, a_{22}, ..., a_{m2})\},$$
$$.......................................$$
$$P_k=\{(a_{1k}, a_{2k}, ..., a_{mk})\}$$

факта P. Любое знание Q о факте можно выразить высказыванием:

$$Q(x_1, x_2, ..., x_m) =$$
$$= \text{"}(x_1 = a_{11} \text{ и } x_2 = a_{21} \text{ и ... и } x_m = a_{m1}) \text{ или}$$
$$\text{или } (x_1 = a_{12} \text{ и } x_2 = a_{22} \text{ и ... и } x_m = a_{m2}) \text{ или ...}$$
$$\text{... или } (x_1 = a_{1k} \text{ и } x_2 = a_{2k} \text{ и ... и } x_m = a_{mk})\text{"},$$

которое мы будем записывать в следующем сокращенном виде:

$$Q(x_1, x_2, ..., x_m) = x_1^{a_{11}} x_2^{a_{21}} ... x_m^{a_{m1}} \vee$$
$$\vee x_1^{a_{12}} x_2^{a_{22}} ... x_m^{a_{m2}} \vee ... \vee x_1^{a_{1k}} x_2^{a_{2k}} x_m^{a_{mk}}.$$

Если факт P входит в перечень всех его возможных вариантов $P_1, P_2, ..., P_k$, то высказывание называется *истинным*, в противном случае — *ложным*.

Например, возьмем отношение

$$P=\{(1, 6), (2, 4), (3, 3), (4, 3), (4, 4)\}$$

и запишем соответствующее ему высказывание

$$P(x, y) = x^1 y^6 \vee x^2 y^4 \vee x^3 y^3 \vee x^4 y^3 \vee x^4 y^4.$$

Это высказывание будет истинным относительно факта (4, 3), поскольку $(4, 3) \in P$, и ложным относительно факта (2, 3), поскольку $(2, 3) \notin P$. Факт истинности высказывания будем выражать символом 1, а факт его ложности — символом 0. Символ 1 называется *истиной*, а символ 0 — *ложью*. Действуя так, мы приходим к функции $P(x, y)$ с двоичными значениями 0 и 1. Будем считать, что она задана на декартовом произведении

$$A \times B = \{1, 2, 3, 4\} \times \{3, 4, 5, 6\},$$

где

$$A = \{1, 2, 3, 4\},\ B = \{3, 4, 5, 6\},\ x \in A,\ y \in B.$$

Ниже приведена таблица функции $P(x, y)$.

		y	B		
	x	3	4	5	6
A	1	0	0	0	1
	2	0	1	0	0
	3	1	0	0	0
	4	1	1	0	0

$P(x, y)$

Функции такого типа называются предикатами.

Сформулируем общее определение понятия предиката. *Предикатом*, заданным на декартовом произведении $A_1 \times A_2 \times ... \times A_m$, называется любая функция $P(x_1, x_2, ..., x_m) = \xi$, отображающая декартово произведение $A_1 \times A_2 \times ... \times A_m$ множеств $A_1, A_2, ..., A_m$ в множество $\Sigma = \{0, 1\}$. Символы 0 и 1 называются *булевыми элементами*, Σ — множество всех булевых элементов. Переменная $\xi \in \{0, 1\}$, являющаяся значением предиката P, называется *булевой*. Предикат $P(x_1, x_2, ..., x_m)$, в отличие от соответствующего ему отношения P, есть функция, поэтому появляется надежда, что его удастся выразить формулой некоторой специально сконструированной *алгебры предикатов*.

5. Алгебраическая система предикатов

Однако, на этом пути возникает, казалось бы, неодолимая преграда: разнотипность независимых и зависимых переменных предиката. Этот факт препятствует образованию полноценных суперпозиций предикатов, поскольку такие суперпозиции приводят к вырождению предикатов в булевы функции. Преодолеть возникшее препятствие невозможно, но его можно обойти. Выход заключается в том, чтобы вместо несуществующей полноценной алгебры предикатов использовать для формульной записи отношений более общую математическую конструкцию, а именно – *алгебраическую систему предикатов*. Нами показано, что такая алгебраическая система возможна и может быть построена, а с ее помощью успешно решается проблема создания мозгоподобных структур и мозгоподобных ЭВМ.

Алгебраической системой (или просто *системой*) заданного типа τ называется объект $\mathrm{A} = \langle A, \Omega_F, \Omega_P \rangle$, состоящий из трех множеств: непустого множества A, множества операций $\Omega_F = \{F_0, ..., F_\xi, ...\}$, определенных на множестве A для каждого $\xi < \alpha$, и множества предикатов $\Omega_P = \{P_0, ..., P_\eta, ...\}$, заданных на множестве A для каждого $\eta < \beta$, причем арности рассматриваемых операций и предикатов должны удовлетворять условиям:

$$n(F_\xi) = m_\xi \text{ для всех } \xi < \alpha,$$

$$n(P_\eta) = n_\eta \text{ для всех } \eta < \beta.$$

Множество A называется *носителем* или *основным множеством* системы A, а его элементы – элементами системы A. Мощность $|A|$ множества A называется *мощностью* или *порядком* системы A и обозначается также $|\mathrm{A}|$. В отличие от других операций и предикатов, которые могут быть определены на множестве A, операции F_ξ $(\xi < \alpha)$ и предикаты P_η $(\eta < \beta)$ называются *основными* или *главными*. Нульарной операцией на множестве A называется фиксированный элемент из этого множества, а нульарным предикатом – истина и ложь. Если на множестве A заданы операции F и предикаты P, то их арности обозначаются соответственно $n(F)$ и $n(P)$. Значения главных нульарных операций системы называются *главными* или *выделенными элементами* этой системы.

Символы α и β обозначают фиксированные порядковые числа. *Типом* τ порядка (α, β) называется пара отображений $W(\alpha) \to N$, $W(\beta) \to N$ множеств $W(\alpha)$, $W(\beta)$ в множество $N = \{0, 1, 2, ...\}$. Тип τ записывается в виде

$$\tau = \langle m_0, ..., m_\xi, ...; n_0, ..., n_\eta, ... \rangle \ (\xi < \alpha, \eta < \beta).$$

Два типа τ и τ' считаются равными тогда и только тогда, когда они имеют один и тот же порядок (α, β) и $m_\xi = m_\xi'$, $n_\eta = n_\eta'$ для всех $\xi < \alpha$ и для всех $\eta < \beta$. Тип τ называется *конечным*, если числа α, β, составляющие его порядок (α, β), конечны [8, с. 46].

Объединим множества Ω_F и Ω_P системы A и, полагая $\Omega = \Omega_F \cup \Omega_P$, запишем систему A более кратко: $\mathrm{A} = \langle A, \Omega \rangle$. Система $\mathrm{A} = \langle A, \Omega \rangle$ называется *конечной*, если множество A конечно. Система A конечного типа записывается виде

$$\mathrm{A} = \langle A; F_0, ..., F_{s-1}; P_0, ..., P_{t-1} \rangle$$

или в виде

$$\mathrm{A} = \langle A; F_1, ..., F_s; P_1, ..., P_t \rangle.$$

Алгебраическая система $\mathrm{A} = \langle A, \Omega \rangle$ называется *алгеброй*, если $\Omega_P = \varnothing$, и *моделью* (или *реляционной системой*), если $\Omega_F = \varnothing$ [8, с. 47].

К *алгебраической системе предикатов* приходим, отправляясь от приведенного выше общего понятия алгебраической системы. Для этого используем в роли множества A систему всех предикатов типа $P(x_1, x_2, ..., x_m) = \xi$, заданных на $A_1 \times A_2 \times ... \times A_m$. Эта система расслаивается на *алгебру имен предикатов* и *модель предикатов*. Подробное описание полученной на этом пути полноценной алгебраической системы предикатов приведено в книге [10]. Аксиоматическое определение алгебры имен предикатов (под именем абстрактной алгебры конечных предикатов) дано в [10, с. 29]. Имя P каждого предиката заданного типа взаимно однозначно *развертывается* в соответствующий ему свой предикат $P(x_1, x_2, ..., x_m)$, от которого переходим к уравнению

$$P(x_1, x_2, ..., x_m) = 1, \tag{1}$$

задающему отношение P, соответствующее этому предикату. Левая часть уравнения (1) записывается в виде *развернутой формулы* алгебры имен предикатов.

Заключение

В результате получаем средство формульной записи произвольных отношений. Решая уравнения вида (1), можно воспроизводить на модели любые процессы, как физические, так и информационные. Отношениями можно выразить строение любых предметов, их поведение, свойства и связи между ними. Естественный язык, являющийся универсальным средством общения людей, можно рассматривать как механизм для выражения отношений, то есть как некую разновидность алгебраической системы предикатов. Обращаясь с предложениями друг к другу, люди обмениваются мыслями в виде формул отношений. Мышление – это процесс преобразования отношений, получения новых отношений из тех, которые уже имеются в наличии. Информация поступающая к нам из внешнего мира через органы чувств, имеет вид отношений, которые несут в себе структуру окружающих нас предметов и процессов. Действуя на внешние предметы и события, человек может формировать их структуру и их течение в соответствии с заранее построенными в его уме отношениями.

Остается проблема решения уравнений вида (1). Она преодолевается построением *алгебры предикатных операций – верхней алгебры* алгебраической системы предикатов. Из различных вариантов алгебры предикатных операций выбираем *кванторную алгебру* [11]. На языке кванторной алгебры выражаются *линейные логические операторы* [12], являющиеся достаточным средством для решения уравнений вида (1). Практически это решение осуществляется с помощью *реляционных сетей*, которые реализуются на логических кристаллических структурах (чипах). Пример такой структуры для конкретной задачи приведен в работах [13, 14]. В Харьковском национальном университете радиоэлектроники с 2004 года демонстрируется действующий макет мозгоподобной ЭВМ, построенный на базе персонального компьютера [10, с. 499-500].

Список литературы: 1. *Глушков, В. М.* О некоторых задачах вычислительной техники и связанных с ними задачах математики [текст]: избр. труды / В. М. Глушков. – Т. 1. – К.: Наукова думка, 1990. – 262 с. 2. *Глушков, В. М.* Основные архитектурные принципы повышения производительности ЭВМ [текст]: избр. труды / В. М. Глушков. – Т. 2. – К.: Наукова думка, 1990. – 267 с. 3. *Бондаренко, М. Ф.* О мозгоподобных ЭВМ [текст] / М. Ф. Бондаренко, З. В. Дударь, И. А. Ефимова, В. А. Лещинский, С. Ю. Шабанов-Кушнаренко // Радиоэлектроника и информатика научн.-техн. журнал. – Х.: Изд-во ХНУРЭ, 2004. – № 2 – С. 89-105. 4. *Nevel, A.* Empirical explorations with the logic theory machine [text] / A. Nevel, I. C. Show, H. A. Simon // Proceedings of the western Joint Computer Conference – 1957. – P. 218-239. 5. *Шенк, Р.* Познать механизмы мышления [текст] / Р. Шенк, Л. Хантер. – М.: Мир, 1987. – 287 с. 6. *Винер Н.* Кибернетика [текст]: 2-е изд. / Н. Винер – М.: Сов. радио, 1968. – 325 с. 7. Математический энциклопедический словарь [текст] / Сов. Энциклопедия; гл. ред. Ю. В. Прохоров. – М., 1988. – 847 с. 8. *Мальцев, А. И.* Алгебраические системы [текст] / А. И. Мальцев. – М.: Изд-во «Наука», 1970. – 392 с. 9. *Русакова, Н. Е.* Методы реляционного программирования [текст] / Н. Е. Русакова // Материалы первой международной научно-практической конференции «Проблемы и перспективы развития IT-индустрии»: тез. докл. 18–19 ноября 2009 г. – Х.: ХНЭУ, 2009. – С. 250 – 252. 10. *Бондаренко, М.Ф.* Теория интеллекта [текст] / М. Ф. Бондаренко, Ю. П. Шабанов-Кушнаренко. – Х.: Изд-во «СМИТ», 2007. – 576 с. 11. *Дударь З. В.* О прикладной алгебре конечных предикатов [текст] / З. В. Дударь, Н. С. Кравец, Ю. П. Шабанов-Кушнаренко // Проблемы бионики научн.-техн. журнал. – Х.: Изд-во ХНУРЭ, 1998. – вып.49 – С. 14-22. 12. *Дударь, З. В.* Отношения как объекты формульного описания [текст] / З. В. Дударь, Р. В. Мельникова, Ю. П. Шабанов-Кушнаренко // Радиоэлектроника и информатика научн.-техн. журнал. – Х.: Изд-во ХНУРЭ, 1997. – № 1 – С. 115-119. 13. *Русакова, Н. Е.* Модель устной речи [текст] / Н. Е. Русакова // Бионика интеллекта. 2010. – № 1 – С. 94-97. 14. *Бондаренко, М. Ф.* Модели языка [Текст] / М. Ф. Бондаренко, Ю. П. Шабанов-Кушнаренко // Бионика интеллекта – Х.: Изд-во ХНУРЭ, 2004. – №1 – С. 27-37.

Поступила в редколлегию 31.03.2010.

УДК 519.7

Про мозкоподібні структури / М. Ф. Бондаренко, Н. Є. Русакова, Ю. П. Шабанов-Кушнаренко // Біоніка інтелекту: наук.-техн. журнал. – 2010. – № 2 (73). – С. 68–73.

У статті розглядається визначення поняття «мозкоподібна структура», яке ґрунтується на поняттях математичної структури, відношення, предиката, алгебраїчної системи та системи предикатів.

Бібліогр.: 14 назв.

UDC 519.7

About brainlike structures / M.F. Bondarenko, N.E. Rusakova, Yu.P. Shabanov-Kushnarenko // Bionics of Intelligence: Sci. Mag. – 2010. – № 2 (73). – С. 68–73.

Determination of concept «brainlike structure», which is based on the concepts of mathematical struk-rook, relation, predicate, system of algebra and system of predicates, is examined in the article.

Ref.: 14 items.