

УДК 519.7



М. Ф. Бондаренко<sup>1</sup>, Н. Е. Русакова<sup>2</sup>, Ю. П. Шабанов-Кушнаренко<sup>3</sup>  
<sup>1-3</sup>ХНУРЭ, г. Харьков, Украина

## О МОЗГОПОДОБНЫХ СТРУКТУРАХ АКАДЕМИКА ВИКТОРА МИХАЙЛОВИЧА ГЛУШКОВА

Одним из перспективных направлений искусственного интеллекта являются мозгоподобные структуры, идею создания которых выдвинул В.М.Глушков. В связи с этим в статье рассматривается это понятие как усилитель интеллектуальных возможностей человека с изучением закономерностей работы мозга. Речь идет именно о мозгоподобных структурах, а не о точном копировании мозга, в котором эффективно распараллеливаются далеко не все операции.

МОЗГОПОДОБНЫЕ СТРУКТУРЫ, АЛГЕБРА ПРЕДИКАТОВ, АЛГЕБРАИЗАЦИЯ ЛОГИКИ, РЕЛЯЦИОННЫЕ СЕТИ

### Введение

Виктор Михайлович Глушков в 1957 году выдвинул идею создания мозгоподобных структур[1]. Он развивал и пропагандировал ее на протяжении всей своей последующей жизни (до 1982 года) как главное направление развития будущей вычислительной техники. Суть идеи состоит в следующем. Существует группа задач, связанных 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. Механизм действия современных цифровых машин с программным управлением весьма сильно отличается от работы человеческого мозга. Имеет огромное практическое значение глубокое проникновение в закономерности работы мозга.

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. Речь идет именно о мозгоподобных структурах, а не о точном копировании мозга, в котором эффективно распараллеливаются далеко не все операции.

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 (1981 год) полная и бескомпромиссная их реализация является пока преждевременной. Переход к мозгоподобным структурам будущего должен осуществляться на основе разумного отступления от принципов фон Неймана.

### 1. Мозгоподобные структуры

Идея Глушкова о мозгоподобных структурах примыкает к области бионики интеллекта, которая призывает формально описывать механизмы и функции человеческого интеллекта с целью использования патентов Природы в деле усовершенствования вычислительной техники. При жизни В.М.Глушкова, как сам он об этом писал, его идею невозможно было в полной мере реализовать на практике[2]. К настоящему же времени радиоэлектроника создала, благодаря удешевлению, миниатюризации и повышению быстродействия средств вычислительной техники, достаточную материальную базу для практической реализации мозгоподобных структур. Со дня смерти В.М.Глушкова прошло почти 30 лет, и то, о чем он мечтал, теперь становится реальностью.

Сегодня уже появилась возможность создания вычислительных структур с производительностью, сравнимой с производительностью мозга человека. Максимально возможная производительность вычислительной аппаратуры продолжает стабильно экспоненциально расти в соответствии с законом Мура, приблизительно удваиваясь через каждые два года. Таким образом, время создания мозгоподобных структур сверхвысокой производительности настало. Задача создания мозгоподобных структур, называемых еще иначе мозгоподобными ЭВМ (по англ. – brainlike computer), завладела воображением специалистов. Мы оцениваем идею Глушкова как ключевую. Ее реализация может привести к значительному повышению производительности вычислительной техники и расширению сферы ее применения. Попытаемся оценить, во сколько раз увеличилась бы производительность современной вычислительной аппаратуры, если бы она имела архитектуру мозга человека.

Мозг человека по сравнению с современной ЭВМ – тихход. О его “тактовой частоте” можно судить по пропускной способности нервных волокон его нейронной сети. Известно, что каждое не-

рное волокно мозга человека 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 по скорости работы решающих элементов в  $10^9:10^3=10^6$  раз. Тем не менее, по своей производительности в целом мозг человека многократно превосходит любую современную ЭВМ. Это обусловлено тем, что мозг человека имеет в своем составе около  $10^{15}$  решающих элементов (в роли которых принимаются синапсы — стыки между окончаниями волокон его  $10^{11}$  нервных клеток). Все нервные клетки мозга человека и соединяющие их синапсы, как свидетельствуют нейрофизиологические данные, работают параллельно. В современных же ЭВМ (имеются в виду серийные машины последовательного действия) в любой момент времени одновременно работает лишь небольшое число решающих элементов. По самым льготным для машины оценкам в ней одновременно действует в среднем не более  $10^3$  решающих элементов. Таким образом, в смысле числа параллельно работающих элементов мозг превосходит машину в  $10^{15}:10^3=10^{12}$  раз. В итоге, по своей производительности мозг превосходит современную вычислительную машину последовательного действия примерно в  $10^{12}:10^6=10^6$  раз. Если б удалось создать ЭВМ параллельного действия, работающую по принципам мозга, которая имеет  $10^{15}$  решающих элементов, то в результате была бы получена машина, превосходящая по производительности мозг человека в  $10^9:10^3=10^6$  раз.

Итак, ЭВМ параллельного действия, работающая по принципам мозга и построенная на современной элементной базе, согласно вышеприведенным оценкам, в случае ее создания будет превосходить нынешние ЭВМ последовательного действия в  $10^{12}$  раз, а мозг человека — в  $10^6$  раз.

## 2. Нейрокомпьютеры

Почему же специалисты по нейрокомпьютерам до сих пор не смогли построить мозгоподобную ЭВМ, несмотря на то, что занимаются они этой проблемой уже около полувека? Попытку ответа на этот вопрос можно найти в книге Хьюбела “Глаз, мозг, зрение” — Нобелевского лауреата, одного из крупнейших в мире специалистов в области анатомии и физиологии нейронных сетей головного мозга человека. Он пишет: “Иногда говорят, что нервная система содержит огромное число случайных межнейронных соединений. Хотя упорядоченность связей и в самом деле не всегда очевидна, я подозреваю, что те, кто говорит о случайных нейронных сетях, не утруждали себя ознакомлением с нейроанатомией. Даже беглый просмотр такой книги, как труд Кахала “Гистология нервной системы”, достаточно убеждает кого угодно в том, что в чудовищной сложности

нервной системы почти всегда можно усмотреть известную степень упорядоченности. Когда мы видим правильные ряды клеток в мозгу, впечатление создается такое же, как если б мы рассматривали телефонную станцию, печатный станок или внутренность телевизора, — становится несомненным, что упорядоченность служит какой-то цели.

Столкнувшись с тем или иным человеческим изобретением, мы едва ли усомнимся в том, что агрегат в целом, так же как и его отдельные части, обладает вполне постижимыми функциями. Чтобы понять их, нам нужно только прочесть ряд инструкций. В биологии появляется аналогичная вера в функциональную обоснованность и в конечном итоге даже в постижимость структур, которые не были изобретены кем-то, а совершенствовались на протяжении миллионов лет эволюции. Задача нейробиолога состоит в том, чтобы выяснить связь порядка и сложности с функцией”. Высказывание Хьюбела можно понять в том смысле, что технические нейронные сети — это не совсем то, а вернее — совсем не то, чем являются их биологические прототипы. Можно не согласиться с Хьюбелом лишь в одном: к такому положению привело не нежелание инженеров знакомиться с биологическими нейронными сетями, а вынужденное незнание ими принципов их функционирования. В то время как анатомия (то есть строение) нейроструктур на микроскопическом уровне в настоящее время хорошо изучена (выявление и классификация их основных типов были в основном завершены в начале XX века), исследование физиологии (то есть функции) этих структур, несмотря на отдельные достижения, до сих пор буксует. Поэтому инженерам приходится на свой риск и страх самим строить произвольные гипотезы о принципах действия нейронных структур. Хьюбел полагает, что достигнута лишь отдаленная аналогия известных ему видов технических нейронных сетей с биологическими нейронными сетями мозга человека. В нейронной сети мозга человека обнаруживаются правильные ряды клеток, как в телевизоре или в других технических устройствах, обрабатывающих информацию. Хьюбел отрицает вероятностный характер работы нейронных сетей. Он, сторонник детерминированности нейронных сетей, ссылается на Кахала — классика анатомии нейронных сетей, который создал свое учение на рубеже 19-го и 20-го столетий.

Роль Кахала примерно такова же, как Карла Линнея — систематизатора видов живых существ. Значительная часть анатомических структур в нейронной сети мозга была выявлена и расклассифицирована Кахалом уже к началу 20-го столетия. В последующее время было добавлено нейроанатомических знаний сравнительно немного. До насто-

ящего времени пока крайне мало известно о функционировании (функциях) этих прочно выявленных и расклассифицированных нейро-анатомических структур. Поэтому инженерам приходится строить произвольные гипотезы о принципах построения технических нейронных сетей. Создается впечатление, что инженеры пока еще не разгадали принцип действия биологических нейронных сетей.

### 3. Математические структуры

Как определить понятие «мозгоподобная структура» в точных математических терминах? Его можно подвести под более общее понятие «математическая структура». Обращаемся к классическому определению этого понятия: «*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». Мозгоподобные структуры, как и математические, могут быть конечными, счетными, континуальными и т.д. в зависимости от мощности множеств, к которым они применяются. Конечные мозгоподобные структуры уместно использовать в тех случаях, когда речь идет о проектах конкретных экземпляров вычислительной аппаратуры: мозгоподобные структуры, воспроизводящие техническими средствами процесс русского словоизменения. Счетные мозгоподобные структуры удобны при разработке принципов действия вновь создаваемых или совершенствуемых видов аппаратуры: мозгоподобные структуры, математически описывающие теорию и модель понятия натурального ряда чисел. Континуальные мозгоподобные структуры также могут оказаться полезными как удобное средство приближенного описания однородных конструкций с очень большим числом элементов: интегральная модель преобразования непрерывного спектра светового излучения в цвет зрительным анализатором человека.

Из определения понятия «математическая структура» явствует, что оно зиждется, во-первых, на понятии отношения, которое характеризует внутреннее строение структуры, и, во-вторых, на понятии системы условий-аксиом, характеризующих свойства структуры (или, иначе говоря, – системы законов внешнего поведения структуры). Условия-аксиомы записываются формулами на известном языке кванторов, применяемых к операциям над переменными предикатами. Конкретные же отношения выражаются в виде множеств наборов предметов, графов, графиков или таблиц без использования формул.

Возникает вопрос: а возможно ли вообще отношения выражать формулами? Поразительно, но факт: среди всевозможных способов непосредственного выражения отношений не обнаруживается ни одного формульного. Возникает подозрение, что отношения вообще не поддаются непосредственному описанию формулами.

В 70-х годах прошлого столетия двое из авторов этого доклада пытались проникнуть в структуру естественного языка человека, который, как известно, является системой отношений. При этом возникла настоятельная потребность формульного описания отношений. Столкнувшись с невозможностью непосредственного представления отношений формулами, мы воспользовались наличием взаимно однозначной связи отношений с предикатами и построили так называемую «алгебру предикатов». На языке этой алгебры можно формулами выразить любые конкретные предикаты, соответствующие заданным отношениям, и выполнять их преобразования, получая из уже имеющихся предикатов новые. А при необходимости эти предикаты можно преобразовать обратно в соответствующие им отношения. Любое же отношение, когда это потребует, можно преобразовать обратно в предикат. Таким образом, была решена задача косвенной формульной записи любых фиксированных отношений и их преобразования.

Как известно, отношения формально выражают мысли людей, а их преобразования соответствуют процессу мышления. Поэтому создание алгебры предикатов открывает возможность формульного описания и автоматизации мыслительной деятельности человека. Проверка созданной таким способом «алгебры предикатов» на «патентоспособность» показала, что эта алгебра никем ранее не была систематически описана. Однако еще в 1920 году Гильберт в своем геттингенском курсе лекций по основам теоретической логики описал идею такого косвенного представления отношений, но в дальнейшем ни он сам, ни другие авторы к этой идее больше не обращались [3]. Последующий анализ свойств «алгебры предикатов» показал, что этот способ формульной записи и обработки отношений выходит за рамки классического определения понятия алгебры, так что первоначально присвоенное ей имя «алгебра предикатов» оказалось не вполне корректным. Точнее было бы ее называть «алгебраической системой предикатов», понимая термин «алгебраическая система» так, как его определяет академик А.И.Мальцев [4].

В настоящее время разработанная нами «алгебра предикатов» имеет вид алгебраической системы предикатов, состоящей из трех частей: 1) алгебры имен постоянных предикатов; 2) алгебры операций

над переменными предикатами; 3) алгебраической модели, на языке которой записываются уравнения алгебры имен предикатов, выражающие постоянные отношения. На языке алгебры предикатных операций записываются условия-аксиомы (законы), определяющие наблюдаемое извне поведение математической структуры. На языке уравнений алгебры имен предикатов записываются конкретные отношения, удовлетворяющие условиям-аксиомам. Эти отношения характеризуют внутреннее строение математической структуры. Уравнения алгебры имен предикатов, связывают предметные переменные – аргументы заданных предикатов. Их можно решать относительно тех или иных наборов предметных переменных. Оказалось, что средств алгебры операций над переменными предикатами достаточно для отыскания всех корней любого уравнения алгебры имен конечных предикатов. Был найден универсальный метод решения уравнений алгебры имен предикатов и способ построения специальной логической сети, называемой реляционной, которая реализует этот метод. В процессе своей работы реляционная сеть воспроизводит поведение конечной модели любой заранее заданной математической структуры. Реализуя эту сеть в виде электронного устройства, можно получить параллельно действующую модель той или иной математической структуры.

Построена модель склонения полных непротивительных имен прилагательных русского языка и ее действующая реляционная сеть для демонстрации понятия мозгоподобной структуры и способа ее технической реализации.

#### 4. Реляционное программирование

Наличие способа искусственного воспроизведения мозгоподобных структур открывает возможность перехода к новому способу программирования ЭВМ, отступающему от принципов фон Неймана. Используемый в настоящее время способ программирования основан на последовательном выполнении огромного числа мельчайших операций. В начальный период развития вычислительной техники такой способ программирования был единственно возможным из-за малой производительности оборудования, содержащего порядка тысячи электромагнитных реле (МАРК-1) или тысячи электронных ламп (ЭНИАК).

В настоящее же время, когда в наличии имеется электронная аппаратура, насчитывающая многие десятки миллионов параллельно работающих логических элементов, такой способ программирования выглядит как анахронизм. Переход к мозгоподобным структурам и реализующим их реляционным сетям позволяет перейти от мелкошаговой последовательной обработки информации к крупноблочной

параллельной. Именно такой способ программирования практикуется людьми при их общении друг с другом. Они не пытаются собеседнику «передвигать ноги», а обращаются к нему с речью, составленной из предложений, передающей ему знания, а не длиннейшую последовательность мелких команд. Если бы человека «програмировали» так, как он сегодня программирует вычислительную машину, то превратили бы его зомби. Такой бездуховной жизни человек не выдержал бы и недели, удавившись с тоски. Слово «программа», выражающее то, что требуется для мозгоподобных ЭВМ, характеризуется иным, чем прежде смыслом, который заключается в таких словосочетаниях как «программа курса лекций» или «предвыборная программа». Программирование этого вида называется реляционным, поскольку оно снабжает машину отношениями, то есть мыслями, а не длинными последовательностями команд, которые она выполняет бездумно, не осмысливая их.

Реляционное программирование, основанное на использовании мозгоподобных структур и реализующих их реляционных сетей, снабжает машину элементами настоящего интеллекта. Машина не вникает в смысл мелкошаговых программ, она их лишь бездумно по отдельным командам исполняет, не отдавая себе отчета в том, что же собственно она делает. Создается лишь видимость машинного интеллекта. Интеллект программиста, составившего программу, не становится достоянием машины.

#### 5. Перспективы применения мозгоподобных структур

Мозгоподобная ЭВМ, в силу параллельности принципа ее действия, развивает чудовищную производительность. Поэтому возникает важная задача, чем же загрузить мозгоподобные ЭВМ. Следует учесть, что сегодня человек располагает интеллектом, производительность которого в миллион раз превосходит производительность машины. Поэтому он может пока не опасаться конкуренции машин.

Однако с появлением мозгоподобных ЭВМ положение может в обозримом будущем кардинально измениться: машина вырвется вперед, а ее производительность в миллион раз превзойдет производительность человеческого интеллекта. В отличие от нынешних ЭВМ, компьютеры нового типа будут не только имитировать интеллектуальную деятельность, но и по настоящему мыслить. Чтобы не утратить первенство, людям придется развивать не только машинный интеллект, но и совершенствовать свой собственный, чтобы постоянно быть впереди любой машины. Остановить же прогресс техники людям не удастся: слишком велика тяга человека к технике, заложенная в нем Природой.

Что же ожидает людей в свете перспективы создания мозгоподобных ЭВМ? Не загонит ли технический прогресс человечество в безысходный тупик? На этот вопрос лучше всех, на наш взгляд, ответил еще в 1968 году известный московский математик Г. Н. Поваров в предисловии к русскому изданию книги «Кибернетика» основателя кибернетики Норберта Винера. Он пишет: «Действительно, 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 поговорка. 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 треть, 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» [5].

В свете сказанного представляется, что следует несколько сместить акценты, сделав главным де-

лом познание и совершенствование самого человека, а не противостоящих ему машин. Разумные же машины должны выполнять в этом деле роль главных помощников людей, а не их конкурентов. Совершенствование и практическое применение вычислительной техники должно находиться под строгим контролем людей для обеспечения их безопасности.

Роджер Шенк, известный специалист в области искусственного интеллекта, 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 составляет 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». К этому следует добавить, что познание интеллекта является не единственной целью. Оно служит еще и основой для дальнейшего совершенствования человека [6].

## 6. Познание психики человека

Чтобы безопасно и с пользой для людей распорядиться появляющейся на наших глазах вычислительной техникой сверхвысокой производительности, необходимо глубоко проникнуть в природу самого человека. Природа человека двойственна. При наблюдении извне человек предстает в виде объекта — то есть одной из физических систем, входящей в состав окружающего его мира. Воспринимая же себя изнутри, человек предстает перед самим собой в виде субъекта — то есть некой информационной системы, обладающей собственным внутренним миром мыслей, чувств, ощущений и намерений. Эти два мира принципиально отличаются друг от друга. Винер писал: «Информация есть информация, а не материя и не энергия». При познании интеллекта важна преимущественно именно информационная сторона человека. Хотя информация не существует без материального носителя, однако она безразлична к своему носителю. Носитель может быть любым, так что, в принципе, человека можно даже передавать на расстояние по телеграфу и воспроизводить в другом месте в ином воплощении.

Перед исследователем интеллекта возникает важная задача: научиться познавать не только материальную, физическую сторону человека, но также и его идеальную, психическую сторону. Первому удалось по-настоящему проникнуть во внутренний

мир психики человека и описать с научной достоверностью некоторые обнаруживаемые в нем субъективные структуры Ньютона. Он открыл метод нулевого прибора, с помощью которого существенно продвинулся вперед в деле математического описания процесса преобразования светового излучения в цветное ощущение, осуществляемое зрительной системой человека. Суть метода состоит в том, что в роли измерительного прибора, анализирующего субъективные состояния человека, используется само сознание человека, которое воспринимает на полях сравнения два цвета и определяет, равны ли они друг другу или нет. Поразительным оказалось то, что этой крайне бедной информации о цвете достаточно, чтобы исчерпывающим образом математически описать световое излучение, воспринимаемое глазом; цвет этого излучения, возникающий в сознании человека в ответ на это излучение; преобразование светового излучения в цвет, осуществляемое зрительной системой человека. В решение этой задачи впоследствии включились многие выдающиеся математики и физики, такие как Юнг, Максвелл, Грассман, Гельмгольц и Шредингер, которые общими усилиями к началу 20-го столетия полностью решили задачу, сформулированную Ньютоном. На протяжении 20-го столетия этот метод был развит далее, обобщен и применен ко многим другим информационным структурам, обнаруживаемым во внутреннем мире человека.

Так что путь к познанию интеллекта человека открыт. Получаемые этим методом математические описания допускают техническую реализацию в виде реляционных сетей мозгоподобных ЭВМ. В настоящее время эта область знания быстро развивается и поставляет ценные модели для практической реализации на мозгоподобных ЭВМ. Осуществляется продвижение в области изучения работы органов чувств, узнавания, понимания и оценивания. Постепенно развивается теория психологических измерений и вырастающая из нее общая аксиоматическая теория анализа и синтеза мозгоподобных структур. Предпринимаются усилия для представления найденных и успешно испытанных методов описания психических процессов в нейтральных математических терминах, что способствует их применению к решению ряда других родственных задач. Постепенно формируется совокупность простейших типовых математических структур, из которых слагаются более сложные мозгоподобные структуры. Множество таких типовых структур оказалось сравнительно небольшим. Оно включает в себя равенства, эквивалентности, дифункциональности, отношения порядка, декартовы произведения множеств, принадлежности элементов множествам, включения множеств, булевы и числовые структуры и некоторые другие.

Мы попытались каждую из этих структур представить в виде соответствующей ей реляционной сети. В результате получились конструкции, легко узнаваемые и различаемые на глаз. Случилось так, что образцы таких типовых реляционных сетей попались на глаза нейроанатомам. Оказалось, что они могут с уверенностью отождествить их с вполне определенными известными нейронными структурами мозга человека. Например, реляционная сеть трехмерной декартовой системы, связывающей координаты точек с самими точками пространства, имеет вид слоеного пирога достаточно сложно организованной структуры. Точно такую же структуру, причем совпадающую со своим прототипом буквально во всех деталях, имеют нейронные сети, обнаруживаемые в мозжечке человека. Какую функцию выполняют эти структуры, специалисты по нейронным сетям до этого не знали. Но теперь, опираясь на обнаруженное сходство логических и нейробиологических структур, можно с уверенностью заключить, что они производят обработку пространственной информации о наблюдаемых человеком объектах. Этот вывод находится в согласии с клиническими наблюдениями. Известно, что при поражениях мозжечка наблюдаются сбои с пространственным восприятием объектов: пол кажется вогнутым, звук слышится не оттуда, где в действительности находится его источник, возникают головокружение и трудности с сохранением равновесия, человек промахивается пальцем мимо кончика носа при закрытых глазах и т.д. и т.п. Подобных примеров накопилось уже немало. В свете этих фактов представляется более чем вероятным, что мозг человека реализует именно мозгоподобные структуры В.М. Глушкова. Поскольку функции этих структур известны заранее, то открывается возможность надежной идентификации способа функционирования различных нейронных структур мозга.

### Выводы

Теперь инженеры, наконец, смогут получить технические нейронные сети, воспроизводящие истинный принцип действия их биологического прототипа. Можно надеяться, что, строя модели и реляционные сети физических, психофизических и психологических процессов и сверяя их с нейронными сетями мозга человека, удастся более существенно продвинуться вперед в познании естественного интеллекта и в технической реализации искусственного. Познав собственную природу, человек сможет взять свою судьбу в собственные руки и в дальнейшем сохранять свое существование и совершенствовать себя по своей воле, привлекая для самореконструкции достижения техники.

Что же может служить фундаментом при планировании людьми своего дальнейшего развития,

когда исчерпается бионическая подсказка? Представляется, что такую подсказку ему сможет дать изучение механизма логики. Логика — это наука обо всем возможном, в ней в скрытом (потенциальном) виде содержатся любые структуры, которые могут понадобиться человеку при совершенствовании им самого себя. Нужно лишь научиться извлекать из массива всех имеющихся в логике математических структур нужные на каждом этапе саморазвития. Таким образом, освоение логики может стать тем маяком, который будет освещать людям путь в их поступательном движении вперед.

Еще в 19-ом веке все были убеждены в том, что логика, доставшаяся нам в наследство от Аристотеля, представляет собой полностью изученную область. Однако впоследствии это предубеждение было развеяно, и теперь стало очевидным, что человечество находится лишь на начальном этапе освоения математических структур, скрытых в системе логики.

Нами проводятся некоторые изыскания в этой области. Они основываются на процессе алгебраизации логики. Одно из направлений заключается в изучении иерархической структуры булевых алгебр. Логическая и числовая математика имеют много общего. Руководствуясь этой аналогией, было обнаружено, что логические пространства строятся по типу арифметических. В них обнаруживаются скаляры и векторы. Благодаря этому каждое логическое пространство разделяется на нижний скалярный слой и верхний векторный. При этом обнаруживаются три взаимосвязанные друг с другом булевы алгебры: нижняя скалярная, верхняя векторная и боковая скалярно-векторная. Векторы верхней алгебры можно рассматривать как скаляры булевой алгебры следующей ступени. Таким образом появляется бесконечная цепочка уходящих вверх булевых алгебр. Эта область называется теорией логических пространств. В булевых пространствах можно образовывать булевы уравнения разной ступени. Был найден универсальный метод решения таких уравнений. Обнаружилось, что этот метод может быть использован для построения саморазвивающихся реляционных сетей.

Получила развитие теория линейных логических операторов, являющаяся аналогом теории линейных интегральных операторов. Оказалось, что линейные логические операторы образуют основной механизм преобразования информации в ветвях реляционных сетей, а теория идентификации этих операторов

открывает путь к построению самообучающихся реляционных сетей.

Теория иерархических булевых пространств открывает путь к построению многослойных реляционных сетей и к изучению способов связи между реляционными сетями различных ступеней. Особую область образует категорный анализ логики, выводящий на общую теорию реляционных сетей. Намечается синтез теории множеств, теории категорий и теории моделей, которые естественным образом связываются в единое целое алгебраической системой предикатов. За счет этого открываются дополнительные возможности развития учения об аксиоматических теориях и математических структурах.

**Список литературы:** 1. Глушков, В.М. О некоторых задачах вычислительной техники и связанных с ними задачах математики. С. 96 [Текст]/ В.М. Глушков // В кн.: В.М. Глушков. Избр. труды. Т.1. — К.: Наукова думка, 1990. — 262 с. 2. Глушков, В.М. Основные архитектурные принципы повышения производительности ЭВМ [Текст]/ В.М. Глушков // В кн.: В.М. Глушков. Избр. труды. Т.2. — К.: Наукова думка, 1990. — 267 с. 3. Гильберт, Д. Основы теоретической логики [Текст]/ Д. Гильберт, В. Аккерман — М.: ИЛ, 1947. — 302 с. 4. Мальцев, А.И. Алгебраические системы [Текст] / А.И. Мальцев — М.: Наука. 1970. 392 с. 5. Винер, Н. Кибернетика / Н. Винер — 2-е изд. М.: Сов. радио, 1968. 326 с. 6. Шенк Р. Познать механизмы мышления [Текст]/ Р. Шенк, Л. Хантер // В кн.: Реальность и прогнозы искусственного интеллекта. М.: Мир, 1987. 287 с.

*Поступила в редколлегию 08.02.2011.*

УДК 519.7

**Про мозкоподібні структури академіка Віктора Михайловича Глушкова/ М. Ф. Бондаренко, Н. Є. Русакова, Ю. П. Шабанов-Кушнаренко // Біоніка інтелекту: наук.-техн. журнал. — 2011. — № 2 (76). — С. 3-9.**

У статті розглядається поняття мозкоподібної структури як підсилювача інтелектуальних можливостей людини з вивченням закономірностей роботи мозку на відміну від точного копіювання мозку, в якому ефективно розпаралелюються далеко не всі операції.

Бібліогр.: 6 найм.

UDC 519.7

**About the brainlike structures of academician V. M. Glushkova / M.F. Bondarenko, N.E. Rusakova, Yu.P. Shabanov-Kushnarenko // Bionics of Intelligence: Sci. Mag. — 2011. — № 2 (76). — P. 3-9.**

In the article the concept of brainlike structures as strengthener of intellectual possibilities of man is examined with the study of conformities to law of cerebration, unlike the exact printing-down of brain.

Ref.: 6 items.