

Krassimir Markov, Vitalii Velychko, Oleksy Voloshin
(editors)

Natural and Artificial Intelligence

ITHEA

SOFIA

2010

Krassimir Markov, Vitalii Velychko, Oleksy Voloshin (ed.)

Natural and Artificial Intelligence

ITHEA®

Sofia, Bulgaria, 2010

ISBN 978-954-16-0043-9

First edition

Recommended for publication by The Scientific Council of the Institute of Information Theories and Applications FOI ITHEA

This book is engraved in prof. Zinovy Lvovich Rabinovich memory. He was a great Ukrainian scientist, co-founder of ITHEA International Scientific Society (ITHEA ISS). To do homage to the remarkable world-known scientific leader and teacher this book is published in Russian language and is concerned to some of the main areas of interest of Prof. Rabinovich.

The book is opened by the last paper of Prof. Rabinovich specially written for ITHEA ISS. Further the book maintains articles on actual problems of natural and artificial intelligence, information interaction and corresponded intelligent technologies, expert systems, robotics, classification, business intelligence; etc. In more details, the papers are concerned in: conceptual problems of the natural and artificial intelligent systems: structures and functions of the human memory, ontological models of knowledge representation, knowledge extraction from the natural language texts; network technologies; evolution and perspectives of development of the mechatronics and robotics; visual communication by gestures and movements, psychology of vision and information technologies of computer vision, image processing; object classification using qualitative characteristics; methods for comparing of alternatives and their ranging in the procedures of expert knowledge processing; ecology of programming – a new trend in the software engineering; decision support systems for economics and banking; systems for automated support of disaster risk management; and etc.

It is represented that book articles will be interesting for experts in the field of information technologies as well as for practical users.

General Sponsor: Consortium FOI Bulgaria (www.foibg.com).

Printed in Bulgaria

Copyright © 2010 All rights reserved

© 2010 ITHEA® – Publisher; Sofia, 1000, P.O.B. 775, Bulgaria. www.ithea.org; e-mail: info@foibg.com

© 2010 Krassimir Markov, Vitalii Velychko, Oleksy Voloshin – Editors

© 2010 Ina Markova – Technical editor

© 2010 For all authors in the book.

© ITHEA is a registered trade mark of FOI-COMMERCE Co.

ISBN 978-954-16-0043-9

C/o Jusautor, Sofia, 2010

ПАМЯТЬ И МЫШЛЕНИЕ ЧЕЛОВЕКА В ПИРАМИДАЛЬНО-КОНЦЕПТУАЛЬНОМ ПРЕДСТАВЛЕНИИ

Зиновий Л. Рабинович

Аннотация: В работе рассматриваются концептуальные положения о структурно-функциональном изучении Памяти человека и интеллектуальных сторон мышления и об использовании этих гипотез для построения моделей Памяти и Искусственного интеллекта с обратной корректировкой исходных гипотез. Приводятся основные свойства таких моделей. Результаты многолетних исследований и экспериментов обобщаются в сжатом виде и дополняются ссылками на соответствующие публикации.

Ключевые слова: память, мышление, образ, модель, растущие пирамидальные сети, решение проблем, сознание, подсознание, эмоции.

ACM Classification Keywords: I.2 Artificial Intelligence, I.2.4 Knowledge Representation Formalisms and Methods, I.2.8 Problem Solving, I.5.1 Pattern recognitions – Models.

Введение

Результатом информационного подхода к возможному объяснению мыслительных процессов, которые отражают интеллектуальную сторону деятельности Человека, явилась разработка нейрокибернетической модели Памяти.

Среда Памяти предстаёт как единая совокупность нейроподобных пирамидальных структур, охваченных обратными связями. С функциональной точки зрения память выступает как хранитель, переработчик и генератор знаний и как процессор мышления. Однако наш подход заключается в неразрывном рассмотрении функциональных и структурных свойств памяти. Такой общий взгляд на проблему сформулирован в названии статьи; он представляется полезным в контексте стремления передать (некоторые) функции естественного интеллекта искусственному – машинному интеллекту. Соответственно, в методах математического моделирования мышления выступают, в их взаимосвязи, понятия естественного и искусственного интеллектов, отражая в своём материале познание первого и его моделирование – как реализация второго – в их концептуальных представлениях.

Некоторые понятия, использованные в названии работы, нуждаются в уточнении, поскольку они играют ключевую роль в понимании проблемы.

Итак, **Память** воспринимается как нейросеть, в которой и осуществляются процессы мышления, происходит спонтанное или целенаправленное возбуждение пространственно-распределённых компонент (кластеров) нейросреды памяти, воплощающих информационные «смыслы». Запоминание информации – это лишь часть функций Памяти, которая в самом широком смысле понимается как система высшей нервной и информационной деятельности Человека; она находится в активном состоянии именно при решении сложных и разнообразных задач, которое мы соотносим с процессами мышления [7, 11, 14, 18, 23, 25, 26, 27, 31, 32, 35, 36, 37, 40, 41, 42].

Входы в Память и выходы из неё осуществляются прямыми и обратными информационными связями с внешней, по отношению к ней, средой организма, и вообще – внешней по отношению к организму средой [7, 11, 36].

Далее, название работы определяет всё вышесказанное как относящееся именно к Человеку. А это уже означает, что Память представляется как состоящая из двух информационных систем – так называемой

чувственно-образной и языковой системы. Языковая система занимает в среде Памяти часть в несколько раз меньшую, чем остальная, чувственно-образная система. Однако она имеет определяющее значение с позиций превращения человека в Человека [3, 13, 15, 18, 19, 23, 42].

В названии статьи также указывается *концептуальность* Памяти в сочетании с её особым отличительным свойством – *пирамидальностью* как характерным признаком информационных структур в нейросреде.

Концептуальность (как термин) подразумевается в том смысле, что он определяет главное и фундаментальное свойство *знания*. Знание рассматривается не само по себе, не изолированно от Памяти, не как абсолют, а как продукт мышления и, следовательно, тесно зависит от Памяти. Концептуальность базового понятия «знание» принципиально означает его «неустранимость» из некоторой системы понятий. Знание концептуально и структурировано: например, если данное конкретное знание уподобить дереву, то концептуальность представляется его стволом, а различные подробные проявления этого знания – ветвями дерева. То есть, все эти ветви имеют одну общую, одинаковую часть, а каждая из них обладает ещё и своими свойствами [7, 18, 20, 23, 31, 32, 33, 36, 40, 41, 42].

Изучением структуры, свойств и информационных характеристик Памяти занимаются представители разных наук, используя методы биологии, психологии и кибернетики. Для целей информационного моделирования мы выделяем три, наиболее характерные, черты Памяти: *ассоциативность*, *иерархичность* и насыщенность *обратными связями*.

Ассоциативность Памяти. Одним из фундаментальных свойств Памяти, которое определяет процессы нашего мышления, является ассоциативность процессов возбуждения, возникающих в разных функциональных областях памяти при формировании понятий. Ассоциации могут возникать под влиянием внешних и внутренних факторов и приводить к непредсказуемым результатам. Если в формировании понятия принимают участие определённые участки Памяти, которые реализуют структуру образа, то, вероятно, наличие общих компонент структур разных образов и определяет эти образы как ассоциативно связанные между собой. Следовательно, данное свойство характеризует Память как семантическую сеть взаимосвязанных образов, реализованную в нейронной среде. Именно в ассоциативной нейронной среде выполняются процессы восприятия, переработки и сохранения знаний, используемых в процессах мышления и взаимодействия с внешней (по отношению к Памяти) средой. Свойство ассоциативности образов – как уже имеющихся, так и создаваемых в нейросреде – непосредственно влияет на интеллект Человека, который должен отображать бесконечное разнообразие внешнего мира [7, 23, 25, 27, 29, 31, 32, 33, 40, 41, 42].

Иерархичность Памяти. Рассмотрим важнейшее, в рамках предлагаемой концепции, свойство Памяти, называемое *пирамидальностью*. По сути, данное свойство задаёт иерархическую структуру сети, состоящей из нейроподобных элементов – такую, в которой по мере продвижения «наверх» производится «свёртывание» информации. Уровни пирамиды соответствуют степени обобщения фактов и знаний в памяти Человека. Уровни пирамиды насыщены внутренними связями, а «этажи» пирамиды охвачены межуровневыми связями. Связи носят многонаправленный характер, передавая нейровозбуждение как «по вертикали» – в высшие отделы коры мозга, так и распространяя его «по горизонтали» и на более низкие уровни. Иерархия нейроструктур Памяти, закреплённая эволюцией «живого вещества» (В.И. Вернадский), также обусловлена необходимостью структурировать и упорядочить в сознании бесконечное разнообразие внешнего мира [1, 4, 7, 12, 16, 19, 21, 26, 27, 31, 32].

Обратные связи в Памяти. Процесс временного возбуждения иерархической сети под влиянием внешних стимулов или внутренних побуждений, который направлен на поиск решения некоторой проблемы, назовём «*внутренним взором*». Этот процесс носит внутренний (когнитивный) характер. Мы не можем себе представить процесс достижения определённого решения как некий однонаправленный

процесс. Даже когда мы производим простой перебор в памяти, мы возвращаемся на предыдущие стадии обработки, т.е. – зацикливаем некоторые процедуры вместе с участвующими в них локальными структурами памяти. При этом «внутренний взор» управляет перебором и контролирует достижение цели. Следовательно, вся пирамидальная семантическая сеть пронизана обратными связями, нисходящими до самого «дна» пирамид. Примером обратного распространения возбуждения может служить наша реакция на образ (или даже на слово) «лимон», которая распространяется от сложившегося образа до рецепторов. Очевидно, данная реакция также служит результатом *внутреннего взора* Памяти. Прямые и обратные связи формируют Память как единую среду и как целостную информационную систему. Известно, что наличие обратных связей позволяет приводить сложную систему либо к самовозбуждению, либо к устойчивому состоянию; этот же механизм служит достижению информационных целей [7, 11, 25, 27, 31, 32, 33, 36, 40, 41, 42].

Распространение возбуждения в нейросреде, которое сопровождает любой мыслительный акт, не носит хаотический характер (за исключением стрессовых ситуаций). Например, если наблюдается некоторая ситуация, то для её понимания и выработки решения в памяти привлекаются образы подобных ситуаций. При этом происходит поиск соответствующей модели ситуации, то есть – её образ. Как указывалось, образ представлен совокупностью понятий (конкретных или абстрактных), а также виртуальных (внеязыковых, чувственных) представлений, которые реализованы в структуре нейросети. Чтобы найти образ, адекватный или близкий по смыслу заданному, требуется вести поиск, двигаясь при этом по структурам памяти и направляя его к решению задачи. В зависимости от сложности задачи поиск может свестись к многократному повторению «метода проб и ошибок», то есть – к возврату на предыдущие этапы решений. В процессе такого движения к цели задействуются как прямые, так и обратные связи; образно говоря, некоторая «программа поиска решения» высвечивает *внутренним взором* цель, средства и этапы достижения цели [3, 4, 10, 14, 16, 19, 26, 29, 31, 32, 33].

Вот, собственно, те основные понятия, которые положены в основу пирамидально-концептуального представления структур Памяти и процессов Мышления. Ниже мы остановимся на некоторых узловых этапах становления и развития данной концепции.

Растущие пирамидальные сети

Математическим аппаратом моделирования иерархического (пирамидального) способа размещения информации в Памяти, а также вытекающего из данного размещения процесса иерархической обработки знаний, могут служить **Растущие пирамидальные сети (РПС)** [1, 2, 4, 5, 6, 19, 21]. Здесь уместно предположить, что иерархичность самого процесса обработки знаний в Памяти может означать, что всякое целенаправленное Мышление человека вовлекает в этот процесс иерархические подструктуры в контексте поставленной цели.

Растущие пирамидальные сети – как один из видов семантических сетей, использовались эффективно и широко: например, для решения задач обнаружения закономерностей функционирования технических систем и прогнозирования их состояния; в медицинской диагностике; в химической отрасли; в научных, экономических и многих других приложениях [24, 34]. В то же время, являясь особым классом нейроподобных сетей, в которых возникновение новых понятий и забывание старых сопровождается «рождением» и «отмиранием» элементов сети, *Растущие пирамидальные сети* прочно вошли в теоретический фундамент Искусственного интеллекта. Воздействие внешней среды на входные элементы сети анализируется и приводит к генерированию *новых понятий*, которые закрепляются в ней *структурно* [4].

РПС представляет собой семантическую сеть, или направленный граф, состоящий из узлов и связей между ними [19]. Количество входных связей превышает количество выходных, что обуславливает *пирамидальную архитектуру* сети. На нижнем уровне пирамиды находятся узлы – рецепторы, на верхнем формируются несколько конечных узлов. Рецепторы являются входными элементами, которые возбуждаются, если значение признака (информационного сигнала или атрибута) входного объекта соответствует диапазону чувствительности данного рецептора.

В процессе обучения (или «анализа выборки») на вход РПС последовательно поступают объекты *обучающей выборки*, и рецепторы «снимают» показания соответствующих признаков. При этом комбинации возбуждённых рецепторов запоминаются путём появления в сети *новых узлов*, которые генерируются по формальным правилам и связываются с ранее созданной структурой. Каждый узел интерпретируется логической функцией. Сложность *логических понятий* по мере их продвижения к верхним уровням сети – возрастает. После окончания просмотра выборки окончательно формируется *финальная сетевая структура*, в которой зафиксированы комбинационные свойства множества объектов. Поскольку предполагается, что в выборке нет тождественных объектов, то количество конечных узлов сети равно длине выборки.

Финальная структура РПС представляет собой «информационный портрет выборки», или некоторый «образ» среды; этот образ проявил себя в специфических комбинациях первичных признаков объектов, что формально отражено системой логических выражений. Формулы верхнего уровня, обобщающие внутренние логические комбинации, задают *модель* той ситуации, которая отражена в выборке; иначе говоря, мы вправе говорить о *закономерности*, которая сформировала данную выборку и отображена в структуре сети. Имея модель, мы также можем говорить об *отличии* одной ситуации от другой. Таким образом, РПС позволяет решать задачи прогнозирования и распознавания.

Таким образом, динамическую модель РПС можно считать концептуальным, *образным представлением* внешней среды или объекта, если его свойства объективно отражаются в выборке, проявляются через рецепторы и закрепляются в финальной архитектуре сети. Важнейшим преимуществом данной модели является тот факт, что процесс обучения фиксируется протоколом формирования новых понятий – от начальной позиции до финальной структуры, причём результаты обучения выражены в формально-логическом виде.

Парадигма познания

Из концепции *Растущей пирамидальной сети* вытекают, по крайней мере, два равноценных методологических подхода к её изучению и развитию. Первый подход – *бионический* – означает применение аппарата РПС для моделирования структур Памяти и механизмов мышления в Мозге – в целях расширения и углубления представлений о них. Второй подход – *кибернетический* – обуславливает реализацию аппарата РПС не только как программную, на обычных компьютерах, но и как архитектурно-структурную [1, 2, 4, 5, 6, 7, 11, 16, 19, 25, 27, 29, 31, 32, 33, 36, 40, 41, 42]. Такой кибернетический подход, собственно говоря, образует *научную парадигму изучения «функции через структуру»*. В идейном плане данный подход восходит к работам Мак-Каллоха и Питтса по созданию сетевых структур, но особенно большую популярность он приобрёл после разработки Ф. Розеблаттом обучаемой модели – перцептрона. Однако работами В.М. Глушкова и М. Минского было показано, что возможности перцептрона по решению проблем, связанных с интеллектом, достаточно ограничены и что необходимо продолжать поиски. В последние годы структурный подход получил значительный импульс благодаря *Дж. Хокинсу*, который, остроумно критикуя традиционную методологию изучения систем

методом «чёрного ящика», прорицает создание «думающих машин» на пути структурно-морфологического изучения Мозга человека [38].

Историческая справка. Структурный подход к изучению и воспроизведению интеллекта активно развивался в Институте кибернетики им. В.М. Глушкова Украинской Академии Наук, начиная с шестидесятых годов прошлого века. В практическом плане была поставлена задача разработки новых методов организации памяти ЭВМ будущих поколений. В результате углубления исследований и после предложения В.П. Гладуном идеи Растущей сети была сформулирована более общая концепция, которая заключалась в соединении двух подходов: «синтез структуры по заданной функции» и «синтез функции через структуру». Далее, на протяжении шестидесятых и семидесятых годов эта синтезированная методология получила научно-теоретическое и программное подкрепление. Тогда были разработаны программные модели Растущих пирамидальных сетей, Семантических балансных сетей и другие, а сам подход получил название «структурно-функциональное моделирование». Изучались алгоритмы обучения, распознавания, выявления закономерностей, прогнозирования состояний сложных систем и другие. Впоследствии, как уже упоминалось выше, на основе моделей был создан ряд аппаратурно-программных комплексов, ориентированных на решение конкретных задач [19, 34]. Тем самым был реализован тезис В.М. Глушкова «о единстве ближних и дальних целей в науке».

В теоретическом плане был сформулирован методологический **принциппознания естественного и искусственного интеллекта в их неразрывной связи**. Из данного принципа следует, что биокрибернетические модели памяти и мышления должны с самого начала учитывать главные черты устройства и работы человеческого мозга.

В результате развития этого гносеологического принципа (которое проходило в обстановке острых научных дискуссий при участии автора данной статьи) в области Искусственного интеллекта удалось сформулировать важнейший теоретический результат: *«Инструмент познания естественного интеллекта, воспроизводящий его функционально, должен быть подобен объекту познания структурно»*. (Разумеется, данное утверждение нельзя механически переносить на инструменты изучения неинтеллектуальных систем – объектов и явлений Природы).

Таким образом, ещё почти полвека назад в парадигме Искусственного интеллекта был совершён прорыв. Его следует соотносить с отечественной кибернетической школой, возглавляемой академиком В.М. Глушковым. При этом оформление гипотез относительно информационного моделирования на ЭВМ структур Памяти и процессов Мышления происходило в тесном контакте с биокрибернетической школой академика Н.М. Амосова.

Плодотворная идея затем была закреплена серией монографий (в том числе – изданных за рубежом), а также созданием в СССР большого количества программных систем, решающих целый класс задач **problemsolving**. Что касается резонансной книги **Дж. Хокинса** «Об интеллекте» (в соавторстве с С. Блейкли), то она вполне лежит в русле нашей парадигмы.

Механизмы мышления

Какое значение имеют Растущие пирамидальные сети для компьютерного моделирования важнейших **мыслительных функций Мозга и понимания мыслительных процессов?**

Прежде всего, их применение оказывается весьма эффективным для выработки в структуре Памяти и понимания механизмов Мышления при выполнении таких важнейших функций жизнедеятельности как опознание образов и решение проблем, которые являются опорными понятиями в Искусственном интеллекте [2, 14, 16, 26, 28, 29, 31, 32, 33].

Первое из них – **опознание объекта** (образа, ситуации) – означает, что вводимая в Память информация об объекте средствами РПС обобщается и уже в структурированном (пирамидальном) виде сопоставляется со знаниями, запечатлёнными в Памяти, в результате чего и происходит либо распознавание объекта, либо констатация отсутствия достаточной информации о нём в Памяти. В последнем случае могут быть определены наличные совпадения его некоторых свойств со свойствами других, запечатлённых в Памяти объектов, что может восприниматься как некоторое подобие анализируемого объекта его образному представлению.

Разумеется, что с использованием средств РПС может, причём эффективно, осуществляться *обучение* Памяти как формирование и фиксация в ней достаточной информации о новых объектах путём хотя бы повторного ввода первичной информации о них, либо по указаниям учителя.

Однако наиболее важной и, по-видимому, основной функцией механизма мышления, имея в виду его (мышление) как *целенаправленное*, безусловно, является **решение проблем**. Решаемая проблема формально представляема исходной и целевой ситуациями. Процесс её решения может быть интерпретирован как нахождение цепи преобразований *исходной ситуации в целевую*. И при этом подразумевается самое широкое толкование данных терминов. То есть, проблемой, например, может являться обычная математическая задача, или задание исходных данных и целевой функции. Другой пример проблемы – оказаться в заданном месте, двигаясь из исходного пункта. Алгоритм решения проблемы состоит из цепочки рассуждений и сравнения достигнутого результата с желаемым на каждом шаге.

Ясно, что в нашей жизнедеятельности проблем бесчисленное множество, они непрерывно возникают, и именно их решение, как осмысленное, и составляет сущность человеческого мышления. Шаг навстречу пониманию процессов рассуждений и вывода может быть сделан с помощью модели РПС. В аппарате РПС возможно планирование решений по преобразованию исходной ситуации в целевую, причём сам процесс реализуется сменой состояния (структуры или архитектуры) сети во времени. При этом составленный план может уже восприниматься как собственно решение, если он уже является окончательным и его выполнение требует лишь тривиальных действий [1, 2, 4, 5, 6, 16, 19, 21].

Таким образом, математический аппарат Растущих пирамидальных сетей оказывается весьма полезным в целях системного изучения проблемы, в которой «увязаны» Мышление, Память и её пирамидальная структура. Но и с противоположной стороны может оказаться полезным использование соответствующих особенностей естественных механизмов мышления для совершенствования аппарата РПС в целях структурно-аппаратной поддержки контроля текущих промежуточных результатов, например – в процессе получения целевого результата, в реализации семантических связей временного совмещения операций и т.п. А это уже, собственно, означает ранее упомянутое взаимное использование знаний в области естественного и искусственного интеллекта.

Этот, далеко не полный перечень направлений изучения Памяти человека и процессов Мышления, оказывается актуальным и востребованным для создания компьютеров нового поколения и кластерных систем. В частности, трудно себе представить, чтобы в интеллектуальном диалоге с человеком «искусственный мозг» не обращался к системе знаний, выработанных человечеством и не владел бы способами обработки этих знаний – вплоть до открытия новых. Работы в данном направлении уже ведутся давно [3, 7, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 20, 22, 28, 39].

Решение проблем с помощью аппарата Растущих пирамидальных сетей, в том числе – при использовании его для моделирования структур Памяти и процессов Мышления, характеризуется совершенно очевидной **целеустремлённостью** действий в целях получения искомого результата [26].

Эти результаты могут использоваться для пополнения знаний – как в программной памяти компьютера, так и в компьютерных структурных моделях Мозга.

Такой вид мышления, осуществляемый в Памяти Мозга, который обладает *целеустремлённостью*, приводит к результату и осознаётся индивидуумом, принято считать *правильным*. Правильное мышление осуществляется при совместном действии *Сенсориума* (чувственного восприятия) и обязательно *Языковой системы* [3, 7, 11, 13, 15, 18, 19, 23, 36, 42]. Следовательно, как явление *сознания* (в широком смысле этого термина), такое мышление является индивидуальным и специфичным для каждого человека. В этом плане его изучение выходит за пределы нейрокибернетики, в поле которой выполнена данная работа, и относится к компетенции психологии личности.

В то же время следует подчеркнуть, что вышеуказанные концептуальные характеристики Памяти далеко не исчерпывают всех её особенностей. Следует обязательно принять во внимание тот факт, что человеческая Память, помимо смысловых реакций, обладает ещё эмоциональным выходом. **Эмоциональные факторы** проявляются как текущие изменения характеристик Памяти – глобальных и локальных, долговременных и мгновенных – и наблюдаются в возбуждённых или заторможенных реакциях субъекта, в глубине и концентрации внимания, в неповторяемости поведения и его непредсказуемости. Проявлению эмоций сопутствует лавинообразное нарастание возбуждения в нейронной сети. Так же, как *сознание* и *подсознание*, эмоциональные факторы для каждого человека сугубо индивидуальны. Именно сочетание *мировоззрения, знания и культуры* совместно с эмоциональными факторами определяет, собственно, то, что принято считать *душой* Человека. В материалистическом понимании данная категория является внутренним продуктом индивидуального (*филогенетического*) развития Личности в социальном и информационном Мире, сложным «социально-эмоциональным фактором» его внутреннего состояния и внешнего поведения. Дальнейшие исследования в этом направлении, по нашему мнению, представляют для воссоздания искусственного интеллекта большой интерес [3, 10, 13, 15, 18, 19, 23, 35, 36, 37, 42].

Однако необходимо отметить, что к понятию «правильное мышление» эмоциональный фактор иногда никакого отношения не имеет. Именно эмоции зачастую заставляют нас поступать вопреки логике, совершать нецелесообразные и даже необъяснимые поступки. В то же время эмоции являются необходимым участником *творчества* (но не формального сочинительства), когда в сознании человека они отражают радости жизни или её невзгоды. Воспроизведение эмоций в ходе творчества и влияние их на результат, по-видимому, являются не столь отдалённой целью Искусственного интеллекта.

В связи с обозначенными здесь перспективами и, тем более – для эффективности новых технологических решений собственно задач Искусственного интеллекта, бесценное значение имеет Международная Программа **CDS** (*Cognition, Dialogue, Solution*), которая реализуется совместно Болгарским Институтом информационных теорий и применений **FOI ITHEA** и Ассоциацией создателей и пользователей интеллектуальных систем – **АСПИС**, созданной при Институте кибернетики им. В.М. Глушкова НАН Украины. Название **CDS** Программы является производным от наименования Международной конференции **KDS** (*Knowledge–Dialogue–Solution*). Она проводится регулярно в разных странах, пользуется популярностью и издаёт свои Труды. Именно сотрудничество учёных в рамках этой конференции привело к объединению их усилий в научной Программе, одним из разделов которой является создание новых интеллектуальных информационных технологий на основе Растущих пирамидальных сетей.

Здесь будет уместно подчеркнуть, что Программа **CDS** находится в поле одного из важнейших международных научно-исследовательских направлений, обозначенного термином «Мозг» (поскольку включает в содержание структурные и функциональные элементы нейроподобных сетей, которые

рассматриваются большинством исследователей в качестве моделей Мозга). В науковедческой литературе определены ещё два «стратегических» направления: «Общество» и «Вселенная», приоритетность которых для познания Мира – очевидна.

Модельное изучение интеллектуальных процессов: обобщение результатов.

Публикации последних лет, периода 2008 – 2009 годов [39, 40, 41, 42], в которых получили своё оформление и дальнейшее развитие изложенные выше идеи, вызвали значительный интерес учёных разных стран, были поддержаны в дискуссиях, а отдельные положения приняты научным сообществом и могут рассматриваться как **фундаментальные** в области Искусственного интеллекта. Поэтому в данной ретроспективной статье представляется необходимым обобщить совокупность предшествующих работ и сделать некоторые **выводы** относительно свойств Памяти. Итак:

1. **Концептуальность.** Главным и фундаментальным результатом, который служит отправным моментом для последующих исследований, является концептуальный подход к представлению образных структур в Памяти, в её нейросети, и взаимосвязь этих структур с информационными процессами, в них происходящими. Понятие «концептуальности» означает **неразрывную и взаимообусловленную связь** между структурной средой Памяти и процессами интеллектуальной обработки информации в этой среде. Исключение любого компонента из рассмотрения будет означать разрушение системного подхода.

2. **Иерархичность.** Структурная модель Памяти должна представлять собой *сеть* и быть организованной по принципу усложнения и углубления понятий. Процессы интеллектуальной обработки информации («машинного мышления») в модели Памяти, которая изучается на системном уровне, поддерживаются как **прямыми связями** между носителями образов («кластерами понятий»), так и **обратными связями** между уровнями иерархии. Поиск решения в Памяти представляется в виде **потока направленного возбуждения** узлов локальных нейронных структур (пирамидальных структур), ответственных за формирование образов, который развивается во времени и пространстве. На рисунке 1 показана гипотетическая структура памяти, которая отобразит процессы интеллектуальной обработки информации.

3. При воспроизведении некоторых **психических и нейробиологических функций** Памяти в нейросетевых моделях получают объяснение феномены, присущие естественным процессам и трактуемые как *образное мышление*. С позиций интеллектуального моделирования, где легко воспроизводятся процедуры лавинообразной активизации, пространственно-временной локализации, горизонтального и вертикального распространения возбуждения, могут быть интерпретированы или выдвинуты правдоподобные гипотезы относительно некоторых важных психологических процессов и явлений, таких, например, как: **внутренний самоконтроль цели, пути решения и достижения результата, спонтанность возбуждения, случайность, непредсказуемость поиска**, а также относительно таких проявлений Мозга как **сознание, подсознание, эмоции и душа**.

4. При воспроизведении **творческой основы** естественного интеллекта, которая в общих чертах характеризуется: разумным поведением, адекватностью реакций, согласованностью с внешней средой и её преобразованием, усвоением, накоплением, развитием и забыванием знаний, решением задач и проблем, обобщением понятий, распознаванием образов, разнообразной творческой деятельностью и так далее, необходимо опираться на предметные научные понятия: **семантическая сеть, растущая (динамическая) сеть, образ, «правильное мышление», планирование решений, обнаружение закономерностей, прогнозирование, представление, поиск и генерирование знаний** и другие. Для этого разработаны способы наглядного графического и модельного представления образов в Памяти и некоторых процессов Мышления.

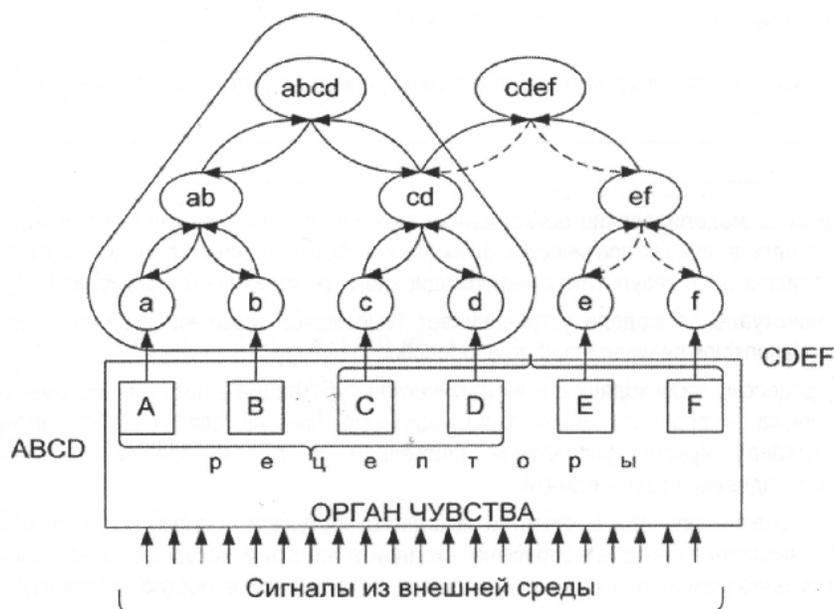


Рис. 1. Элементарные структуры восприятия образа, запоминания и распознавания.

5. Определён спектр характеристик Памяти и информационных действий в ней, которые целесообразно вместе со структурным подкреплением перенести в компьютер и суперЭВМ, что позволило бы улучшить не только их вычислительные ресурсы, но и резко повысить эффективность взаимодействия с Человеком за счёт **интеллектуального партнёрства**. Особенно перспективным видится результат такого перенесения для мультипроцессорных суперЭВМ с кластерной архитектурой. С другой стороны, моделирование Памяти (которое, кстати, уже привело к созданию *ассоциативной памяти* ЭВМ) открывает новые пути создания принципиально **новых компьютерных архитектур**.

Заключение

Методология. Исходя из выдвинутой парадигмы познания Интеллекта – «функция через структуру», которая является фундаментом нейрокибернетики и в русле которой и реализуется принцип структурного подобия Мозга и его кибернетической модели, мы приходим к научной методологии. Именно эта методология предполагает изучение углублённого в познание Естественного интеллекта Человека с позиций разных наук и моделирование его (исходя из возможностей современных технологий) компьютерными средствами. Она же (методология) предполагает использование этого познания в создании Искусственного интеллекта – в том числе и с использованием второго в познании первого. В этом проявляется **диалектика познания** Человеком Вселенной и самого себя. Но познание должно обязательно идти рядом с **осознанием**, то есть – пониманием ведущей духовной роли Человека в этом процессе.

От редакции. Коллеги и ученики З.Л. Рабиновича сочли необходимым расширить список публикаций, упомянутых автором в его статье, и отразить многолетний плодотворный труд этого выдающегося Кибернетика в области Памяти, Мышления и Искусственного интеллекта. Публикации расположены в хронологическом порядке.

Благодарности

Статья напечатана при финансовой поддержке проекта **ITHEA XXI** Института Информационных теорий и Приложений FOI ITHEA Болгария (www.ithea.org).

Литература

1. Гладун В.П., Рабинович З.Л. Формирование понятий с помощью обучаемой сети нейроподобных элементов // Материалы симпозиума «Основные подходы к моделированию психики и эвристическому программированию». – Изд. ИК АН ГрССР, Тбилиси, 1968.
2. Гладун В.П., Рабинович З.Л., Попурий Е.П. Обучаемый классификатор // Конференция по теории автоматов и искусственному мышлению. Аннотации докладов. – Изд. ФАИ УзССР, Ташкент, 1969. – С. 33 – 34.
3. Рабинович З.Л. Некоторые вопросы автоматизации творческих процессов // Вторая Всесоюзная конференция по философским проблемам кибернетики. – Изд. Института философии АН СССР, 1970.
4. Гладун В.П., Попурий Е.П., Рабинович З.Л. Экспериментальная классификация и формирование понятий В сб. Кибернетика и вычислительная техника. – «Наукова думка». – К.: 1970, вып.7. – С. 28 –32.
4. Гладун В.П., Ефименко О.Н., Рабинович З.Л. Выделение характерных сочетаний признаков объектов на ЦВМ // Управляющие системы и машины – 1972 – № 2 – С. 34 – 37.
6. Гладун В.П., Ефименко С.М., Рабинович З.Л. Программа выделения характерных сочетаний признаков. – РФАП АН УССР.– К.: 1974.
7. Рабинович З.Л. Подход к исследованию механизмов высших функций мозга путём их моделирования на основе обучающихся ассоциативных структур // В сб.: Проблемы адаптивного управления.– Ростов-на-Дону. – Изд. РГУ.– 1974. – С. 211 – 225.
8. Глушков В.М., Рабинович З.Л. Проблемы автоматизации дедуктивных построений // Управление, информация, интеллект / Под ред. Берга А.Н., Бирюкова Б.В., Геллера Е.С., Поварова Т.Н. – М.: Мысль, 1976. – ч. 4, гл. 2. – С. 300–326.
9. В.П. Гладун, З.Л. Рабинович. Формирование модели мира в системах искусственного интеллекта (Предварительная публикация). – М.: 1977. – 19 с.
10. Гладун В.П. Эвристический поиск в сложных средах. // Киев: Наукова думка, 1977. – 166 с.
11. Рабинович З.Л. Некоторый бионический подход к структурному моделированию целенаправленного мышления // Кибернетика 1979, №2, с. 116–124.
12. Gladun V., Rabinovich Z. Formation of the World Model in Artificial Intelligence Systems // Machine Intelligence, 9. – Ellis Horwood Ltd., Chichester. – 1980. – P. 299 – 309.
13. Глушков В.М., Стогний А.А., Биба И.Г., Ващенко Н.Д., Галаган Н.И., Гладун В.П., Рабинович З.Л., Сакунов И.А., Хоменко Л.В. // Системы автоматизации творческих процессов в научных исследованиях, проектировании и задачах управления роботами. – Кибернетика –1981. – № 6. – С. 110 – 115.
14. Гладун В.П., Рабинович З.Л. Решение задач планирования действий и формирования понятий на основе дедуктивных и индуктивных построений. // В кн.: IX Всесоюзный симпозиум по кибернетике (г. Сухуми, 10 – 15 ноября 1981 г.). – Тезисы докладов. – К.: 1981. – С.94 – 96.
15. Глушков В.М., Гладун В.П., Рабинович З.Л. Автоматизация творческих процессов в научных исследованиях // В кн.: IX Всесоюзный симпозиум по кибернетике (г. Сухуми, 10 – 15 ноября 1981 г.). – Тезисы докладов. – К.: 1981. – С. 110 – 111.
16. Гладун. Планирование решений – Киев: Наукова думка. – 1990. – 168 с.
17. Коваль В.Н., Рабинович З.Л., Авербух А.Б. Поддержка систем искусственного интеллекта на основе интеллектуальных решающих машин – нового класса ЭВМ // III Конференция по искусственному интеллекту “КИИ–92. Сборник научных трудов, том 2. – Тверь, 1992. С. 169–172.

18. Воронков Г.С., Рабинович З.Л. Сенсорная и языковая системы – две формы представления знаний // *Новости искусственного интеллекта*. – 1993. – № 2. – С. 116–124.
19. Виктор Гладун. Процессы формирования новых знаний. София: СД «Педагог 6», 1994. 192 с.
20. Рабинович З.Л. О концепции машинного интеллекта и его развития // *Кибернетика и системный анализ*. – 1995. – № 2. – С. 163–173.
21. Рабинович З.Л., Яценко В.А. Подход к моделированию мыслительных процессов на основе нейроподобных растущих сетей // *Кибернетика и системный анализ*, 1996, № 5, с. 3–20.
22. Коваль В.Н., Булавенко О.Н., Рабинович З.Л. Интеллектуальные решающие машины как основа высокопроизводительных вычислительных машин. // *Управляющие системы и машины*. № 36, 1998. – С. 43–52.
23. Рабинович З.Л., Воронков Г.С. Представление и обработка знаний во взаимодействии сенсорной и языковой нейросистем человека // *Кибернетика и системный анализ*, 1998, № 2. – С. 3–11.
24. Киселёва Н.Н., Ващенко Н.Д., Гладун В.П., Леклер С.Р., Джексон А.Г. Прогнозирование неорганических соединений, перспективных для поиска новых электрооптических материалов // *Перспективные материалы*. – 1998. – № 3. – С. 28 – 32.
25. G. Voronkov, Z. Rabinovich. Cognitive model of memory and thinking // *International Journal on Information theories and applications*, 2000, vol. 7, No 4, pp. 164–169.
26. В.П. Гладун. Партнёрство с компьютером. Человеко-машинные целеустремлённые системы. "Port Royal", Киев – 2000. – 118 с.
27. Воронков Г.С., Рабинович З.Л. Естественная среда памяти и мышления: модельное представление // *Труды Международной научно-практической конференции KDS–2001*, том 2 – Санкт-Петербург, июнь 2001. – «Лань», Сев-Зап. государственный заочный технический университет. – С. 110–115.
28. Koval V., Bulavenko O., Rabinovich Z. Parallel Architectures and Their Development on the Basis of Intelligent Solving Machines // *Proc. of the Intern. Conf. of Parallel Computing in Electrical Engineering*. – Warsaw, Poland, September 22–25 (2002). – pp. 21–26.
29. G. Voronkov, Z. Rabinovich. On neuron mechanisms used to resolve mental problems of identification and learning in sensorium // *International Journal on Information theories and applications*, 2003, vol. 10, No 1, pp. 23–28.
30. Рабинович З.Л. О естественных механизмах мышления и интеллектуальных ЭВМ // *Кибернетика и системный анализ*. – 2003. – № 5. – С. 82–88.
31. З.Л. Рабинович. Концептуальное представление об опознании образов и решении проблем в памяти человека и возможностях его использования в искусственном интеллекте // *XI-th International Conference «Knowledge – Dialogue – Solution»*. Proceedings. Vol. 1. FOI-Commerce, Sofia, 2005, pp. 1–8.
32. Zinovi Rabinovich. Conceptual idea of identification of patterns and problem solving in the human's memory and the possibilities to use it in artificial intelligent // *International Journal "Information Theories @ Applications"*, 2005, vol. 12, No 1, pp. 41–48.
33. Zinovi L. Rabinovich, Yuriy A. Belov. Conceptual Idea of Natural Mechanism of Recognition, Purposeful Thinking and Potential of Its Technical Application. Mechanisms, Symbols and Models. First Intern. Work-Conference on the Interplay, Spain, June, 2005. Proceedings, Part 1.
34. Л. Святогор. К вопросу о развитии интерфейса «Разработчик – Заказчик». // *XI-th International Conference «Knowledge – Dialogue – Solution»*. Proceedings. Vol. 1. FOI-Commerce, Sofia, 2005, pp. 371– 374.
35. З. Рабинович, Ю. Белов. Сознание, подсознание и эмоции, душа и KDS // *XI1-th International Conference «Knowledge – Dialogue – Solution»*. Proceedings. FOI-Commerce, Sofia, 2006, pp. 11–18.
36. З.Л. Рабинович. Аспекты нейролингвистики в свете концептуального представления о структуре памяти и процессах мышления и их бионическое использование // *Труды конференции «Горизонты прикладной лингвистики» – Симферополь, 2006. – TIP, 2006.*

37. Zinovy Rabinovich, Yuriy Belov. Consciousness, subconsciousness and emotions, soul and KDS // International Journal "Information Technologies and Knowledge, 2007, vol. 1, No 2, pp. 152–158.
38. Хокинс Дж., Блейкли С. Об интеллекте: Пер. с англ. – М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2007. – 240 с.
39. Рабинович З.Л. Об интеллектуализации ЭВМ (история и перспективы) // Міжнародна конференція "50 років Інституту кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України". – Україна, Київ, 24–26 грудня 2007 року. Праці конференції. – Київ, 2008. – С. 174–176.
40. Рабинович З.Л., Белов Ю.А. Главные принципы организации памяти и мыслительных процессов в мозге человека (в их концептуальном представлении) // IV Міжнародна школа-семинар «Теорія прийняття рішень» – Ужгород, 29.09 – 04.10.2008. Праці школи-семінару – Ужгород, 2008. – С. 32–33.
41. Yuriy Belov, Zinovy Rabinovich. Basic Principles of Organisation of the Medium and Thinking Processes of the Human in Its Conceptual Presentation // Book Series "Information Science and Computing", 2008, No 7. "Artificial Intelligence and Decision Making", vol. 2/2008. Pp. 219 – 227.
42. Ю.А. Белов, З.Л. Рабинович. Память человека и мышление – образное и символьное. Концептуальное модельное представление // Доклады Академии Наук (РФ), 2009, том 427, № 6, Секция «Информатика». – С. 761–764.

Информация об авторе



Зиновий Львович Рабинович

1918 – 2009,

д.т.н., проф.

Институт кибернетики им. В.М. Глушкова НАН Украины.