

О ПРИРОДЕ ИНТЕЛЛЕКТА

Александр Резник

Аннотация: Предложен новый подход к объяснению механизмов нервной активности и свойств интеллекта, основанный на модели эволюции как способа существования развивающихся систем в произвольном окружении. Развивающаяся система определена как детерминированная система, обладающая свойствами размножения и обмена веществ. Рассмотрено, как из таких систем образуются макросистемы, происходит специализация составляющих и появляется нервная система, выполняющая функции моделирования поведения макросистемы. Показано, что импульсные потоки нервной активности воспроизводят процесс естественного отбора стереотипов поведения.

Ключевые слова: интеллект, развитие, система, нейрон, модель.

Введение

Понятие интеллекта ассоциируется со способностью ориентироваться в незнакомой ситуации, находить нетривиальные решения сложных задач или умением делать правильный выбор из множества альтернатив. Моделирование этих способностей и построение искусственных интеллектуальных систем является актуальной задачей современной науки. Более полувека назад сформировались два основных подхода к ее решению. Один, связанный с моделированием мышления и разумного поведения, изучаемого экспериментальной психологией, получил название "искусственный интеллект" [1]. Второй, основанный на моделировании структур и функций нервной системы, исследуемой нейрофизиологами, называют "искусственные нейронные сети" [2]. Общей целью этих, диаметрально противоположных направлений, является создание интеллектуальных прикладных систем, воспроизводящих функции мозга. Прикладная направленность этих направлений отличает их от комплексного подхода к изучению функций мозга, принятого в биологической кибернетике, дающей достаточно полное общее представление о строении, развитии и функциях мозга. [3,4,5]. Однако, к сожалению, отвечая на вопрос, как устроен и работает мозг, эта наука пока оставляет без ответа вопрос, почему он устроен и функционирует так, а не иначе. Ответ на этот вопрос мог бы нас приблизить к пониманию принципов организации хранения и обработки данных в мозгу, которые определяют саму природу интеллекта.

Мы предлагаем иной подход к пониманию природы интеллекта, основанный на моделировании процесса его образования и развития в ходе эволюции. Рассматривается модель системы, обладающей двумя базовыми свойствами: репликации (размножения с сохранением генотипа) и обмена веществ. Используя подход общей теории динамических систем, мы показываем, как такая система может сосуществовать со своим окружением, образовывать популяции, представляющие простейшие развивающиеся системы. В процессе эволюции они могут образовывать макросистемы - прототипы многоклеточных организмов. Дальнейшая эволюция протекает как взаимное приспособление макросистем и их локального окружения, что ведет к появлению высших организмов, нервной системы и развитию интеллекта. Организация нервной системы образует специфичную среду, в которой происходит эволюция потока нервной активности, управляющего поведением организма. Параметры среды генетически запрограммированы и частично модифицируются при обучении.

Используемая в работе статистическая модель развивающейся системы представлена в [5].

Детерминированные и развивающиеся системы

Общая теория систем [6] для представления динамической системы использует модель “черного ящика”, в которой доступны для наблюдения вход и выход, а состояние является скрытым внутренним параметром системы. Система, значение выхода которой однозначно определяется текущими значениями ее состояния и входа, является детерминированной. Такое определение динамической системы не учитывает, что любая реальная система существует в окружении, являющемся инверсной динамической системой, выход которой отвечает входу данной системы, а вход - с ее выходу. Сосуществование этих систем требует полного согласования текущих значений их входов и выходов, что возможно лишь в случае их эквивалентности. В общем случае совпадение значений входа системы и реакции окружения является случайным событием, которое может продолжаться в течение конечного времени, определяющего продолжительность жизни детерминированной системы в данном окружении. Средняя продолжительность жизни падает с увеличением различия в сложности системы и ее окружения.

Общая теория систем исходит из предположения, что внешняя среда является открытой системой, что не мешает существованию любой детерминированной системы. Во многих практических случаях это предположение оправданно, однако в таких областях как явления микромира, экология, экономика и др. исключение влияния внешней среды недопустимо. Применительно к явлениям микромира введено понятие неопределенности, позволившее заменить детерминистский подход теории систем статистической квантовой моделью наблюдаемых явлений. Статистическая модель поведения используется также в теории стохастических автоматов, адаптивных систем, распознавания образов [7].

Принципиально иной подход к решению проблемы существования детерминированной системы в произвольном окружении, основан на понятии развивающейся системы, способной преодолевать свои расхождения с поведением окружения [8]. Этот подход основывается на утверждении, что величина расхождений между значениями входа детерминированной системы и реакции окружения может не выходить за конечные пределы лишь в течение конечного интервала времени. Для продолжения существования системы за пределами этого интервала необходима замена данного экземпляра системы новым экземпляром, начальное состояние которого заведомо отвечает текущему состоянию окружения. Такая замена экземпляров напоминает релаксацию - чередование спокойных (латентных) периодов скрытого накопления изменений со скачкообразными переходами в новое начальное состояние. Скачкообразные изменения состояний можно рассматривать, как действие некой суперсистемы, проверяющей согласованность поведения системы и окружения и приводящей в действие механизма релаксации при выявлении рассогласования. Механизм релаксации может воздействовать как на данную систему, так и на ее окружение. В первом случае создаются копии данной системы, с различными начальными состояниями, из которых отбирается экземпляр, наиболее отвечающий условиям окружения. Во втором случае состояние изменяет локальное окружение, которое можно представить как часть внешней среды, заключенной в некоторую капсулу, изолирующую от остального мира. Скачкообразные изменения свойств локального окружения могут происходить как перемещения границ капсулы, или как обмен элементами с внешней средой. Такой способ согласования поведения детерминированной системы и ее окружения будем называть инкапсуляцией. Действие механизма инкапсуляции соответствует обмену веществ в живой природе.

Независимо от способа реализации механизма релаксации, его эффективность зависит от того, насколько удачным оказывается выбор следующего состояния. Такой выбор осуществляется путем естественного отбора. Для этого детерминированная система должна обладать способностью к воспроизводству, т.е. размножению. Из множества создаваемых при размножении потомков выживают

лишь те экземпляры, которые наиболее соответствуют текущему состоянию окружения. Естественный отбор позволяет выявлять и сохранять любые незначительные отличия между родительскими и дочерними экземплярами системы, если они оказываются полезными для выживания. Очевидно, что подобными свойствами могут обладать лишь достаточно сложные, возможно, уникальные системы. Пока развивающиеся системы мы наблюдаем только в живой природе. Безрезультатность предпринятых до сих пор попыток найти проявления жизни за пределами Земли лишь подтверждает их уникальность.

Стохастические динамические системы

Последовательность релаксаций, происходящих в случайные моменты времени, характеризует стохастическую компоненту поведения развивающейся системы. Детерминированная составляющая относится к ее поведению в пределах латентных периодов. Наличие детерминированной и стохастической и составляющих поведения допускает различные их сочетания, конечные реализации которых могут совпадать. Поэтому развивающиеся системы могут приспосабливаться к изменениям условий окружения, меняя лишь стохастическую составляющую поведения и сохраняя без изменений его детерминированную компоненту.

Простейшей развивающейся системой, является популяция, члены которой (индивиды) представляют собой элементарные системы, условно назовем их клетками. Динамику изменения распределения численности популяции описывает стохастическая составляющая поведения. Детерминированная составляющая характеризует поведение членов популяции в пределах времени их жизни. В процессе эволюции популяции клеток могут сливаться, образуя многоклеточные структуры. Поведения таких структур описывает модель стохастической динамической системы (СДС). Основным понятием этой модели является генотип, определяющий не зависящее от времени условное распределение вероятностей реакции клетки при заданных значениях ее состояния и входа. Состояние СДС представляет текущее значение распределения вероятностей состояний клеток. Прimitивной будем считать СДС, клетками которой являются детерминированные системы, имеющие конечное время жизни. Описание математической модели СДС приведено в нашей работе [5].

В процессе развития детерминированная и/или стохастическая составляющая поведения претерпевают изменения. Изменения детерминированной составляющей меняют поведение клеток, т.е. генотип СДС. Изменения стохастической составляющей связаны с механизмом инкапсуляции и затрагивают, в основном параметры ближайшего окружения клеток СДС. Совокупность значений этих параметров образует внегенетическую память развивающейся системы.

Процесс эволюции начался, вероятно, с выделения из множества короткоживущих систем, обладавших свойством релаксации, элементарных систем, способных к размножению. Это были простейшие развивающиеся системы, образованные примитивными СДС. Рост популяций сопровождался заполнением окружающего пространства каждой клетки другими подобными ей клетками и усилением их взаимного влияния внутри популяции. Имея одинаковый генотип, клетки могли интерпретировать реакции соседей и соответственно изменять собственные реакции. Как результат, в процессе эволюции примитивные СДС приобрели способность координировать реакции членов своей популяции на воздействия окружения. Это способствовало интеграции популяций, превращению их в целостные стохастические динамические макросистемы. При интеграции примитивных СДС образовывались примитивные макросистемы. Популяции таких макросистем в процессе эволюции могли образовывать высокоорганизованные макросистемы – прототипы живых организмов.

На вход каждой клетки, входящей в состав макросистемы, помимо воздействий внешней среды поступают реакции других клеток. Соотношения между ними для различных клеток могут существенно отличаться. Различия минимальны в дисперсных макросистемах, члены которых удалены друг от друга. Примером могут служить колонии бактерий, для которых взаимное влияние членов невелико, а объединяющим фактором являются общие условия внешней среды. Противоположность дисперсным составляют тесно сплоченные консолидированные макросистемы, будем их называть организмами, в которых поведение большинства членов зависит не столько от внешней среды, сколько от реакций их соседей внутри популяции. Прямое воздействие окружающей среды испытывают только наружные клетки. Клетки, расположенные внутри получают информацию о внешнем окружении опосредствовано, в форме реакций наружных клеток. В процессе эволюции такое различие привело к функциональной специализации клеток в соответствии с их расположением внутри организма. Углубление специализации происходило, в основном, путем инкапсуляции, но могло затрагивать и детерминированную составляющую, т.е. генотип СДС. При изменении генотипа клетки становились непригодными для воспроизводства СДС, поэтому в ходе эволюции у высокоорганизованных организмов появились специализированные репродуктивные органы, производящие зародышевые клетки воспроизводящие их генотип.

Развитие консолидированных макросистем

Каждый организм представляет популяцию, жизнь которой начинается с появления соответствующей зародышевой клетки. Время жизни члена популяции может быть намного короче, чем у организма, поэтому состав популяции может многократно обновляться. Развитие организма начинается с увеличения численности популяции и углубления специализации ее членов. Росту специализации способствует то, что каждое поколение членов популяции развивается в среде, созданной предыдущим поколением. Происходит как бы наслаивание клеток вокруг ранее образовавшегося ядра, соответственно пути эволюции данного организма. Этот процесс можно наблюдать на примере эмбрионального развития млекопитающих. Известно, что на начальном этапе развития эмбрионов у них появляются жабры, характерные для гораздо более ранней стадии эволюции. Образовавшие жабры впоследствии исчезают.

Развитие зародышевой клетки сильно зависит от условий окружения, влияющих на образование и специализацию новых членов популяции. Поэтому формирование организма может происходить лишь в условиях инкапсуляции. В живой природе функцию капсулы у растений выполняют семена, у пресмыкающихся и птиц – яйца, в животном мире - утроба матери. После появления на свет функцию капсулы выполняет сообщество организмов, поддерживающее развитие новых членов до достижения ими стадии зрелости, когда последние сами смогут производить зародышевые клетки.

Сообщество организмов образует своего рода супермакросистему, в которой функции членов достаточно четко распределены. Старшие поколения формируют среду, способствующую воспроизводству и передаче опыта выживания следующим поколениям. В живой природе примерами сообществ, отвечающих различным стадиям эволюции, могут служить кораллы, колонии насекомых, стада животных, человеческое общество.

На ранних стадиях эволюции специализация клеток организмов носила внегенетический характер, что подтверждается вегетативной формой размножения у примитивных многоклеточных живых организмов. Генетическая форма специализации стала заметной на более поздних этапах эволюции, когда появились более сложные организмы, обладающие специализированными репродуктивными органами. В эпоху грибов и папоротников их функцию выполняли споры. Позднее, с появлением половой системы размножения, зародышевые клетки разделились на яйцеклетки и сперматозоиды, формируемые различными особями. При двуполой системе размножения появлению каждого нового поколения

предшествовала жесткая проверка идентичности кода родителей. Это не только гарантировало сохранение генотипа при сбоях репродуктивных органов, но и обеспечивало сохранение приобретаемых в ходе индивидуального развития небольших изменений генотипа, полезность которых подтверждалась индивидуальным опытом обоих родителей.

Нервная система.

В сообществах, содержащих большое число различных организмов, неизбежно возникала конкуренция между их членами за доступ к общим ресурсам или более выгодное расположение внутри сообщества. Преимущества получали те из них, кто был способен быстрее оценивать ситуацию и оперативно на нее реагировать. Это привело к образованию в составе более развитых организмов особых клеток для управления поведением других клеток организма. Это были нервные клетки (нейроны), принципиальное отличие которых состояло в использовании электрохимических процессов формирования импульсных реакций, что позволяло быстро передавать реакции клетки на большие расстояния. Нейрон имеет разветвленную мембрану, усеянную синапсами, принимающими возбуждения от других нейронов. Поведение нейрона напоминает релаксацию: если суммарное возбуждение, поступающее на синапсы в течение короткого времени, превышает некоторый порог, нейрон переходит в возбужденное состояние и генерирует электрический импульс (спайк), который через разветвления его выходного волокна (аксона) передается остальным клеткам нервной системы. Нейрон способен различать определенные сочетания возбуждений, характер которых зависит от проводимости его синапсов. Проводимости (веса) синапсов устанавливаются в процессе обучения. Они отражают ассоциативные связи потоков спайков на входах и выходах каждого нейрона [9,10].

Разветвленная сеть связей каждого нейрона, охватывающая до нескольких тысяч нервных клеток, образует специфическую среду, в которой распространяется поток спайков, инициируемый рецепторами, воспринимающими внешние воздействия. Структура нервной сети формируется в ходе эволюции данного вида организмов, а распределение и вес межнейронных связей устанавливаются в процессе индивидуального развития, отражая индивидуальный опыт данного организма. При прохождении потока спайков через нейронную сеть происходит выделение запомненных ранее ассоциаций и восстановление соответствующих реакций сети.

На высоких уровнях эволюции происходит разделение нервной системы на центральную (ЦНС) и периферийную. Периферийная система выполняет исполнительные функции и реализует стереотипы поведения организма, закрепленные на генетическом уровне. Функция ЦНС состоит в интерпретации потоков спайков, поступающих от рецепторов и подготовке реакций на них. При прохождении через ЦНС поток спайков от рецепторов претерпевает преобразования, подобные процессу естественного отбора, описываемому моделью стохастической динамической системы. Преимущества получают те последовательности спайков, которые напоминают запомненные ранее. В периферийной системе такие последовательности преобразуются в соответствующие реакции организма.

Анализируя общую схему нервной активности можно составить определенное представление о динамических процессах, связанных с мышлением. Естественно связывать явление мышления с функцией неокортекса - новой коры головного мозга, появившейся на самых последних этапах эволюционного процесса. Ткань неокортекса представляет складчатую структуру, содержащую более десятка слоев нейронов с сильно развитыми латеральными (внутрислойными) связями, число которых в сотни раз превосходит количество связей между слоями [11]. Более 90% связей нейрона двусторонние, поэтому каждый нейрон является членом группы, включающей до тысячи нейронов. Организация связей между нейронами в такой группе напоминает сеть Хопфилда, обладающую свойствами ассоциативной

памяти [12]. Такая группа, называемая хопфилдовским ансамблем имеет устойчивые состояния (аттракторы), число которых составляет порядка 10% от количества нейронов в составе группы. Поступающие извне потоки спайков возбуждают резонансную активность, соответствующую аттракторам хопфилдовского ансамбля. Появление такой активности соответствует ассоциативному вспоминанию запомненного ранее возбуждения данного ансамбля.

Слои нейронов коры головного мозга представляют множество перекрывающихся хопфилдовских ансамблей, каждый из которых имеет собственный набор аттракторов, отражающий структуру запомненных потоков спайков. В потоке спайков, пересекающем несколько нейронных слоев, формируется последовательность, состоящая из аттракторов, представляющих фрагменты образов, ранее запомненных данным организмом. Потоки спайков, циркулирующие в глубинных слоях неокортекса, постоянно извлекают эти образы и ассоциации, воспроизводя фрагменты индивидуального прошлого данного организма. Анализ таких фрагментов, воссоздание из них картин прошлого и формирование новых образов собственно и составляет содержание мышления. Процесс мышления можно рассматривать как осознанное, т.е. достигшее исполнительных органов отражение потоков спайков, циркулирующих в глубинных слоях нейронов коры головного мозга. Большая часть нервной активности происходит на подсознательном уровне, проявляясь в сновидениях, галлюцинациях и внезапных озарениях[13].

Модель хопфилдовских ансамблей объясняет природу долговременной памяти, позволяющей сохранять яркие образы прошлого на протяжении жизни. Она связана с низкочастотной (менее 1гц.) спонтанной активностью нейронов, которая систематически регенерирует аттракторы хопфилдовских ансамблей коры мозга. При возбуждении, хопфилдовского ансамбля случайным потоком спайков последний переходит в ближайший к этому возбуждению аттрактор, представляющий некоторый фрагмент запомненного ранее возбуждения. Благодаря ассоциативным свойствам сети Хопфилда ее аттракторы сохраняются даже при разрушении части связей или нейронов. (Число удаленных нейронов не может превышать аттракторный радиус сети, равный половине отношения числа нейронов к числу аттракторов [14]). При небольших разрушениях сети аттракторы, возбужденные путем спонтанной активации хопфилдовских ансамблей, могут запоминаться повторно в тех же или в соседних хопфилдовских ансамблях. Таким образом, спонтанная активация хопфилдовских ансамблей, позволяет систематически обновлять содержимое памяти и сохранять ранее запомненные образы достаточно долго, несмотря на деградацию связей и отмирание отдельных нервных клеток мозга. Можно предполагать, что такой процесс регенерации памяти происходит, в основном, во время сна [15].

Природа интеллекта

Появление нервной системы существенно изменило ход эволюции. До появления нервной клетки каждый организм оставался детерминированной системой, поэтому изменения поведения могло происходить лишь путем роста популяции и естественного отбора экземпляров с необходимыми свойствами. С появлением нервной системы каждый организм приобрел способность моделировать различные варианты своего поведения и проверять их, пользуясь моделью внешнего мира, запечатленной в памяти. Благодаря этому совершая каждый поступок организм предварительно в сознании проверяет множество вариантов поведения. При отсутствии нервной системы, такая проверка потребовала бы нескольких поколений развития.

Образование нервной системы не только ускорило эволюционный процесс, но и сделало его намного более экономным. Отпала необходимость в громадном увеличении численности популяций, для проверки все возрастающего числа возможных направлений релаксации. Соответственно сократилась нагрузка на

окружающую среду, что высвободило ее ресурсы для ускорения процесса эволюции. Сообщества высокоразвитых КМС получили возможность активно использовать окружающую среду для улучшения условий своего существования, в результате чего преобразование окружающей среды со временем стало основным смыслом развития КМС.

Активная эксплуатация окружения началась еще на заре эволюции, о чем свидетельствуют ракушечные отложения мелового периода. Раковины, а позднее искусственные жилища типа нор и гнезд, построенные из элементов внешнего окружения, можно рассматривать как простейшие объекты, воплощавшие в себе полезный опыт, приобретенный в ходе эволюции их создателей. Появление таких искусственных объектов знаменовало начало развития средств внешней коммуникации, несущих функцию внегенетической памяти обеспечивающей как обмен опытом между членами сообщества, так и его передачу потомкам.

Использование внешних объектов для коммуникации требовало соответствующего приспособления естественных реакций организма. Результатом такого приспособления стало образование специальных органов, обеспечивающих визуальную, звуковую, тактильную и обонятельную коммуникацию. Примерами наипростейших средств коммуникации можно считать окраску или запах особей, стрекот цикад, танцы пчел, следы феромона у муравьев [16]. Наивысшими достижениями Природы в этой области можно считать членораздельную речь, язык свистов сельбо, используемый горцами, полигармонические сигналы речи дельфинов, позволяющие им поддерживать связь при движении в слоисто-неоднородной водной среде [17].

Дальнейшим развитием внешней коммуникации стало использованием элементов внешней среды как инструментов, продолжающих и/или дополняющих органы самих членов сообщества. Вначале это были случайно взятые предметы (палки, камни), но со временем такие предметы стали создаваться специально. Их появление стало возможным благодаря развитию способности к абстрактному мышлению, позволявшему оперировать с мысленными образами реальных объектов и событий. В этот же период началось развитие членораздельной речи, позволившее улучшить обмен информацией между членами сообщества, планировать совместные действия, устранять возможные конфликтные ситуации. Дальнейшее развитие средств коммуникации, привело к появлению материальной культуры, как носителя внегенетической памяти сообщества, и материального производства как основного занятия его членов.

Все это сопровождалось возрастанием роли интеллектуальной деятельности, которая со временем стала доминировать в разделении общественного труда. Превращение интеллекта в производительную силу сообщества стало новым этапом эволюционного процесса, в котором появился новый участник – продукты умственной деятельности, существующие в сознании членов сообщества. Часть этих продуктов достигала стадии воплощения в материальных объектах, которые затем, как носители интеллектуальных ценностей, начинали жить собственной жизнью. Остальные оставались в сознании членов сообщества, образуя среду для рождения, развития и гибели новых интеллектуальных продуктов. История науки и научных коммуникаций дают достаточное количество примеров зарождения и развития и угасания научных парадигм [18,19], дающих основания проводить параллели с процессами эволюции в живой природе.

Рассматривая общественное сознание как специфическую среду для развития интеллектуальных продуктов, нельзя не учитывать, что эта среда состоит из множества сознаний членов сообщества, которые собственно и производят интеллектуальные продукты, поступающие затем на суд сообщества. Дальнейшая судьба созданных продуктов зависит от их восприятия другими членами сообщества. Новые, непривычные предложения независимо от их ценности могут быть отвергнуты из-за непонимания. При наличии достаточного уровня восприятия, идея, выдвинутая членом сообщества, получает некоторое

число сторонников, которые могут передавать ее другим. Идея превращается в популяцию своих копий, которые, распространяясь дальше, могут дополняться мыслями других людей. Происходит эволюция идей, в ходе которой эволюционируют не только сами идеи, но и среда, в которой они циркулируют. Таким образом, интеллектуальная деятельность представляет собой самоподдерживающийся виртуальный слепок эволюции, приведшей к появлению высокоорганизованных систем, способных мыслить.

Сходство с процессом эволюции напрашивается и при анализе того, что происходит в сознании отдельного человека при решении сложных задач. Выдвигаемые гипотезы и варианты решений, эвристические догадки – все это многократно в различных комбинациях проверяется, пока не выкристаллизуется приемлемое решение. Огромная работа при этом выполняется на подсознательном уровне и поэтому не замечается. Ее выполняют потоки спайковой активности, циркулирующие в нейронных слоях коры мозга. Проходя в специфичной среде, свойства которой отражают жизненный опыт, эти потоки эволюционируют, угасают составляющие, противоречащие и, наоборот, усиливаются те, что согласуются с накопленными ранее знаниями и опытом. Так осуществляется естественный отбор наиболее перспективных решений, которые представляют собой комбинации стереотипов поведения, запечатленных в долговременной и оперативной памяти. Эффективность такого отбора зависит от внутренней организации нервной системы, формирование которой начинается с развитием зародыша и продолжается всю жизнь. Появляясь на свет, организм уже имеет набор жизненно важных стереотипов поведения, запрограммированных генетически или приобретенных в ходе эмбрионального развития в утробе матери. Большая часть необходимых стереотипов, формируется в первые дни и годы жизни. В частности, на этом этапе образуются стереотипы членораздельной речи, которые впоследствии могут лишь совершенствоваться, например, при освоении иностранных языков. Дальнейшее обогащение стереотипами, в частности трудовыми навыками, теоретическими знаниями происходит путем обучения, которое продолжается всю жизнь.

Говоря об интеллекте, как о способностях человеческого мозга, различают природные способности, связанные с ориентацией в новой обстановке, и способности, приобретенные при обучении или тренировке. Первые отражают генетически запрограммированный опыт, а вторые скорее относятся к внегенетической памяти, хранящейся на различных окружающих нас материальных носителях.

Заключение

Сравнивая интеллектуальные достижения, отраженные в мифах, легендах или текстах великих мыслителей древности, с достижениями интеллектуалов нашего времени, приходится констатировать, что за последние 3 тысячелетия интеллектуальный потенциал homo sapiens практически не изменился. Все достижения цивилизации получены, в основном, за счет развития материальной культуры, т.е. внегенетической памяти человечества. Изобретение письменности позволило человечеству сохранять и передавать получаемый полезный опыт в компактной символической форме, что многократно увеличило интеллектуальный потенциал сообщества, существенно не изменив интеллектуальный потенциал самого человека. Появление компьютеров и ИНТЕРНЕТ еще более расширило коммуникационные возможности сообщества и одновременно еще более увеличило разрыв между интеллектуальными возможностями человека и сообщества. О все возрастающем разрыве между объемом публикуемой информации и возможностями ее восприятия человеком, (информационном взрыве) ученые говорят уже более 100 лет, однако, этот рост продолжается что заставляет думать, что в данном случае мы имеем дело с законом природы, смысл которого еще предстоит понять. В эволюции природы уже известны прецеденты, когда развитие сообществ заметно опережало развитие своих индивидов. Первый такой кризис был преодолен благодаря появлению нервной системы. Более поздний прецедент это общественные насекомые –

термиты, муравьи, пчелы. В таких сообществах коллективный опыт воплощается в организации их локального окружения (термитники, муравейники) и специализации поведения членов сообщества, Это тупиковые ветви эволюции, сохраняющиеся исключительно благодаря относительно стабильным условиям окружающей природы. В случае человеческой цивилизации, активно преобразующей окружающую среду, на это трудно рассчитывать.

Библиография

1. Russel S., Norvig P. Artificial Intelligence: A Modern Approach. - Prentice Hall. 1995. 932p.
2. Хайкин С. Нейронные сети
3. Коган А.Б. и др. Биологическая кибернетика. – М. Высшая школа. 1972. – 382с.
4. Прибрам К. Языки мозга. – М. Прогресс. 1975. - 464с.
5. Резник А.М. Развивающиеся системы. / в настоящем сборнике
6. Месарович М., Такаха Я. Общая теория систем. Математические основы.– М. Мир. 1978. –311с.
7. Цыпкин Я. З. Адаптация и обучение в автоматических системах. – М. Наука. 1968. –399с.
8. Різник О.М. Загальна модель розвитку. // Математичні машини і системи. -2005. -№1. –С. 84-98.
9. Экклз Д. Физиология синапсов. – М. Мир. 1966. 395с.
10. Ходжкин А. Нервный импульс. - М. Мир. 1965. 136с.
11. Смолянинов В.В. О некоторых особенностях организации коры мозжечка./ в сб. Модели структурно-функциональной организации некоторых биологических систем. – М. Наука. 1966. - С.203-263.
12. Horfield J. J.. Neural networks and physical systems with emergent collective computational abilities. // Proceedings of the National Academy of Science. –1982.-№79.- P. 2554-2558.
13. Резник А.М. Хопфилдовские ансамбли в латеральных нейроструктурах коры мозга. // Математичні машини і системи. – 2006.- №1.- С. 3-12.
14. Резник А.М., Городничий Д.О., Сычев А.С. Регулирование обратной связи в нейронных сетях с проекционным алгоритмом обучения. // Кибернетика и системный анализ. – 1996. - №6.- С.153-162.
15. Reznik A.M., Sitchov A.S., Dekhtyarenko O.K., and Nowicki D.W., "Associative Memories with "Killed" Neurons: the Methods of Recovery", Proc. IJCNN, July 20-24, 2003. Portland, Oregon.
16. Шовен Р. От пчелы до гориллы. – М. Мир. 1965. – 295с.
17. Резник А.М., Чупаков А.Г. О структуре речевых сигналов афалины. // Бионика.- 1975.-вып. 9. – Киев, Наукова Думка, -С.125-131.
18. Кун Т.. Структура научных революций. - М. Прогресс. 1975.- 246с.
19. Михайлов А.И., Черный А.И., Гиляревский Р.С.. Научные коммуникации и информатика. – М. Наука. 1976 – 435с.

Информация об авторе

Александр Михайлович Резник – Институт математических машин и систем НАН Украины, зав. отделом нейротехнологий, Киев просп. Академика Глушкова 42, e-mail neuro@immsp.kiev.ua