

О ПРИРОДЕ ИНТЕЛЛЕКТА

Abstract: *New explanation of the nature of the intellect, as a property of complicated self-developing systems, that appear during evolution of populations of simple systems, having metabolic and reproduction ability, is proposed. Processes of formation of organisms, societies, civilizations, genetic and non-genetic memory, development of individual and social intellect are discussed. It is shown, that society member's aspiration for overcoming of informational overload plays key role in its evolution. Main trends and problems of artificial intelligence are discussed, and explanation of economical model of intellectual activity is proposed.*

Key words: *intellect, development, system, neuron, model, economic.*

Анотація: *Запропоновано нове пояснення природи інтелекту як властивості складних систем, що розвиваються і утворюються у процесі еволюції популяцій найпростіших систем, здатних до розмноження та обміну речовин. Розглянуто процес утворення організмів, суспільств та цивілізацій, формування генетично контрольованої та позагенетичної пам'яті, виникнення та розвитку індивідуального й суспільного інтелекту. Показано, що ключову роль у розвитку суспільства відіграє намагання подолати інформаційне перевантаження його членів. Розглянуто основні напрямки та проблеми штучного інтелекту, запропоновано пояснення економічної моделі інтелектуальної діяльності.*

Ключові слова: *інтелект, розвиток, система, нейрон, модель, економіка.*

Аннотация: *Предложено новое объяснение природы интеллекта как свойства сложных развивающихся систем, образующихся в процессе эволюции популяций простейших систем обладающих свойствами размножения и обмена веществ. Рассмотрен процесс образования организмов, обществ и цивилизаций, формирования генетически контролируемой и внегенетической памяти, возникновения и развития индивидуального и общественного интеллекта. Показано, что в развитии общества ключевую роль играет стремление преодолеть информационную перегрузку его членов. Рассмотрены основные направления и проблемы искусственного интеллекта, предложено объяснение экономической модели интеллектуальной деятельности.*

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

1. Введение

Понятие интеллекта ассоциируется со способностью ориентироваться в незнакомой ситуации, находить нетривиальные решения сложных задач или с 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, подходов является создание систем, воспроизводящих функции мозга. Прикладная направленность отличает их от комплексного подхода к их изучению, принятого в биологической кибернетике и дающего широкое представление о строении, развитии и функциях мозга [3, 4]. Необходимо отметить, что, отвечая на вопрос, как устроен и работает мозг, эти научные дисциплины не объясняют природы самого интеллекта. Принципиальный для разработчиков искусственного интеллекта вопрос о том, может ли машина мыслить, все еще остается предметом философских дебатов. Это стимулирует поиск новых подходов к выяснению природы интеллекта. Так, в работе [5] рассматриваются свойства интеллекта в контексте развития искусства и математики. В работе [6] предлагается рассматривать способность мыслить как генетически закрепленное свойство, приобретаемое в процессе эволюции живых организмов. Содержательная модель интеллектуальной деятельности

предложена в [7], где отмечена принципиальная разница между работой ЭВМ и деятельностью живого мозга, который непрерывно моделирует свое поведение в окружающем мире.

Мы предлагаем рассматривать интеллект как свойство, приобретаемое развивающейся системой на определенном этапе ее эволюции. В отличие от авторов работ [6, 7], опирающихся на дарвиновскую модель эволюции, мы используем предложенную в [8] более общую модель развития, что дает возможность рассматривать интеллект как общее свойство высокоразвитых систем. Развивающимися являются системы, обладающие свойствами размножения и обмена веществ, в частности, гены [6]. Сосуществуя с внешним окружением, подобные системы образуют популяции, которые в ходе эволюции могут образовывать макросистемы – прототипы многоклеточных организмов. Мы показываем, как дальнейшая эволюция ведет к образованию высокоразвитых организмов, обладающих нервной системой. Сообщества таких организмов образуют особую среду, в которой происходит формирование интеллекта, т.е. разумного поведения их членов. Развитие является процессом взаимного приспособления системы и ее окружения, причем накапливающийся опыт фиксируется как в генетической памяти развивающейся системы, так и в изменениях ее окружения. Измененные элементы окружения образуют внегенетическую память системы, которая на высоких уровнях развития приобретает форму материальной и духовной культуры общества. Понятие интеллекта как атрибута личности, мы относим и к обществу, как характеристике общественных отношений, уровня культуры, экономики и т.п. На высоких уровнях развития общества интеллект становится самостоятельной производительной силой, играющей все большую роль в развитии общества. Со временем интеллект может стать неисчерпаемым ресурсом развития цивилизации.

В данной работе прослеживается развитие интеллекта от его зарождения при появлении разумных организмов до превращения в важнейшую производительную силу современной цивилизации. Показывается общность информационных моделей эволюции, нервной деятельности, развития науки и техники, социального развития.

2. Детерминированные и развивающиеся системы

Считая интеллект проявлением процесса, скрытого от внешнего наблюдения, воспользуемся для представления этого процесса моделью “черного ящика”, принятой в теории динамических систем [9]. В этой модели для внешнего наблюдения доступны вход и выход, а скрытым внутренним параметром является состояние системы. Система, выход которой однозначно определяется текущими значениями ее входа и состояния, является детерминированной. Любая система существует в окружении, являющемся инверсной системой, выход которой совпадает со входом данной системы, а вход – с выходом. Сосуществование этих систем требует согласования текущих значений их входов и выходов, что возможно лишь в случае их эквивалентности. В общем случае такое совпадение значений является случайным событием и может продолжаться в течение конечного времени, определяющего продолжительность жизни детерминированной системы в данном окружении.

Общая теория систем исходит из предположения, что внешняя среда является открытой системой, допускающей существование любой детерминированной системы. Во многих

практических случаях это предположение оправдано, однако в некоторых областях (явления микромира, экология, экономика) исключение влияния внешней среды часто недопустимо. Применительно к явлениям микромира было 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 [10].

В работе [8] нами предложено другое решение данной проблемы, основанное на утверждении о возможности существования детерминированной системы в произвольном окружении в течение конечного интервала времени, если значение расхождений между входом системы и реакцией окружения не выходит за некоторый предел. Продолжение существования системы при нарушении этого условия рассматривается как замена данного экземпляра системы другим экземпляром, начальное состояние которого заведомо отвечает текущему состоянию окружения. Такие замены соответствуют релаксации – чередованию латентных периодов скрытого накопления изменений со скачкообразными переходами в новые начальные состояния. 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 изменяется состояние локального окружения, образующего своеобразную капсулу, изолирующую данную систему от остального мира. Такой способ согласования поведения детерминированной системы и ее окружения будем называть инкапсуляцией. Изменения могут иметь форму перемещения границ капсулы или обмена элементами капсулы с внешней средой. Механизм инкапсуляции действует как обмен веществ в живой природе. Примером инкапсуляции может служить кожный покров, образованный мертвыми клетками.

Независимо от способа реализации механизма релаксации, его эффективность зависит от того, насколько удачным окажется выбор следующего состояния. При отсутствии каких-либо данных для такого выбора он может происходить лишь путем естественного отбора. Для этого детерминированная система должна обладать способностью к размножению. Из множества ее потомков сохраняются 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 лишь в живой природе. Безрезультатность предпринятых до сих пор попыток найти проявления жизни за пределами Земли лишь подтверждает их уникальность.

3. Стохастические динамические системы, организмы

Последовательность релаксаций характеризует стохастическую компоненту поведения развивающейся системы. Ею детерминированная составляющая описывает поведение в пределах латентных периодов. Используя разные сочетания детерминированной и стохастической составляющих, можно реализовать различные модели поведения в пределах заданного интервала

времени. Это дает развивающейся системе возможность адаптироваться к изменениям условий окружения, меняя лишь стохастическую составляющую своего поведения и сохраняя неизменной его детерминированную компоненту.

Простейшей развивающейся системой является популяция, члены которой (индивиды) представляют собой элементарные системы (назовем их клетками). Динамику изменения распределения численности популяции описывает стохастическая составляющая поведения. Детерминированная составляющая характеризует поведение клеток в пределах времени их жизни. В ходе эволюции популяции клетки могут объединяться, образуя целостные многоклеточные организмы. Их поведение описывает модель стохастической динамической системы (СДС) [8]. Основным понятием этой модели является генотип, определяющий не зависящее от времени условное распределение вероятностей реакции клетки при заданных значениях ее входа и состояния. Текущее значение распределения вероятностей состояний клеток рассматривается как состояние СДС. В процессе развития изменяться может как детерминированная, так и стохастическая составляющая поведения. При изменении детерминированной составляющей меняется поведение клеток, т.е. генотип СДС. Изменения стохастической составляющей затрагивают, в основном, параметры ближайшего окружения клеток, образующих организм, и локального окружения всего организма как целостной системы. Совокупность изменяющихся параметров характеризует внегенетическую память развивающейся системы.

Процесс эволюции начался с выделения из множества короткоживущих систем элементарных систем, обладавших свойством размножения. Это были прототипы живых клеток, популяции которых стали простейшими развивающимися системами. Рост популяций сопровождался заполнением пространства, окружающего каждую клетку, другими подобными ей клетками и усилением их взаимного влияния. Имея одинаковый генотип, клетки могли интерпретировать реакции соседей и соответственно изменять собственные реакции. Это способствовало интеграции популяций в многоклеточные образования, представляющие собой стохастические динамические макросистемы.

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 клеток невелико, а объединяющим фактором являются общие условия внешней среды. Противоположность дисперсным составляют консолидированные макросистемы. Будем их называть многоклеточными организмами, в которых поведение большинства членов популяции зависит не столько от внешней среды, сколько от реакций их соседей. Прямое воздействие окружающей среды испытывают только наружные клетки. Клетки, расположенные внутри, получают информацию о внешнем окружении опосредствованно, в форме реакций наружных клеток. В процессе эволюции такое различие привело к функциональной специализации клеток в соответствии с их расположением внутри организма. Углубление специализации, происходившее, в основном, за счет инкапсуляции, могло также затрагивать и детерминированную составляющую, т.е. генотип СДС. Происходящие в процессе роста популяции изменения генотипа делали клетки

непригодными для воспроизводства. Поэтому в ходе эволюции у высокоорганизованных организмов образовались репродуктивные органы, производящие зародышевые клетки, обеспечивающие сохранение генотипа.

Жизнь каждого высокоорганизованного организма начинается с размножения зародышевой клетки и образования популяции. За время жизни организма состав популяции может многократно обновляться. С увеличением численности популяции углубляется специализация ее членов. Этому способствует то, что каждое поколение членов популяции развивается в среде, созданной предыдущим поколением. Происходит как бы наслаивание клеток вокруг ядра, образовавшегося в процессе развития данного организма. Это можно наблюдать на примере эмбрионального развития млекопитающих. Известно, что на начальном этапе развития у эмбрионов появляются жабры, характерные для более ранней стадии эволюции, которые впоследствии исчезают.

Развитие эмбриона сильно зависит от условий окружения, влияющих на образование и специализацию новых клеток. Поэтому начальная стадия развития организма проходит 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 представляет супермакросистему, в которой члены старших поколений 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. Поэтому у примитивных многоклеточных организмов сохраняется вегетативная форма размножения. Генетическая форма специализации возникла на более поздних этапах эволюции, когда появились более сложные организмы, обладающие специализированными репродуктивными органами. В эпоху грибов и папоротников их функции 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 отдельных сбоях репродуктивной системы, но и обеспечивало сохранение приобретаемых в ходе индивидуального развития небольших изменений генотипа, полезность которых подтверждалась индивидуальным опытом обоих родителей.

4. Нервная система

В сообществах, содержащих большое число организмов, неизбежно возникала конкуренция между их членами за доступ к общим ресурсам или более выгодное положение внутри сообщества. Преимущества получали те из них, кто был способен быстрее оценивать ситуацию и оперативно на нее реагировать. Это привело к появлению в составе более развитых организмов нервных клеток (нейронов), управляющих поведением других клеток. Нейроны, в отличие от остальных клеток, используют электрохимические процессы для формирования импульсных реакций, способных

быстро достигать удаленные части организма. Нейрон имеет разветвленную мембрану, усеянную синапсами, принимающими возбуждения от других нейронов. Если суммарное возбуждение, поступающее на синапсы в течение короткого времени, превышает некоторый порог, нейрон переходит в возбужденное состояние и генерирует электрический импульс (спайк), передающийся через разветвления его выходного волокна (аксона) остальным клеткам. Нейрон способен различать определенные сочетания возбуждений, характер которых зависит от распределения значений проводимости его синапсов. Эти значения отражают ассоциативные связи потоков спайков на входах и выходах нейрона. Проводимости синапсов формируются в процессе индивидуального развития нейрона в среде, образованной тканями нервной системы [11, 12].

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, а распределение и вес межнейронных связей устанавливаются в процессе развития организма, отражая его индивидуальный опыт. При прохождении потока спайков через нейронную сеть происходит выделение запомненных ранее ассоциаций и восстановление соответствующих реакций сети.

На высоких уровнях эволюции нервная система разделяется 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. Этот поток состоит из последовательностей спайков, характеризующих значение внешних воздействий. В ЦНС эти последовательности претерпевают преобразования, подобные процессу естественного отбора, описываемому моделью стохастической динамической системы. Преимущества получают те последовательности спайков, которые напоминают последовательности, запомненные ранее. В периферийной системе такие последовательности преобразуются в 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 последних этапах эволюционного процесса. Ткань неокортекса представляет складчатую структуру, содержащую до десятка слоев нейронов с сильно развитыми латеральными (внутрислоевыми) связями, число которых в сотни раз превосходит количество связей между слоями [13]. Каждый нейрон принадлежит группе из более тысячи связанных с ним нейронов. Более 90% связей в такой группе являются двусторонними, поэтому она напоминает сеть Хопфилда, обладающую свойствами ассоциативной памяти [14]. Такая группа, называемая хопфилдовским ансамблем, имеет устойчивые состояния (аттракторы), число которых составляет порядка 10% от численности группы, т.е. может достигать сотен. Поступающие извне потоки спайков вызывают резонансный отклик хопфилдовского ансамбля, переводя его в состояние ближайшего аттрактора. Появление такого отклика соответствует ассоциативному воспоминанию возбуждения, ранее запомненного данным ансамблем [15].

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 ранее запомненных образов. 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 неокортекса. Большая часть нервной активности происходит на подсознательном уровне, проявляясь в сновидениях, галлюцинациях и внезапных озарениях [16].

Модель хопфилдовских ансамблей объясняет природу долговременной памяти, позволяющей сохранять яркие образы прошлого на протяжении жизни. Она связана с низкочастотной (ниже 1гц.) спонтанной активностью нейронов, которая систематически регенерирует аттракторы хопфилдовских ансамблей коры мозга. Благодаря ассоциативным свойствам сети Хопфилда, ее аттракторы сохраняются даже при разрушении части связей или нейронов. При небольших разрушениях сети аттракторы, возбужденные путем спонтанной активации хопфилдовских ансамблей, могут запоминаться повторно в тех же или 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 процесс регенерации памяти происходит, в основном, во время сна [17].

5. Внегенетическая и виртуальная память

Появление нервной системы существенно изменило ход эволюции. До появления нервной клетки каждый организм оставался детерминированной системой, поэтому изменение поведения могло происходить лишь путем размножения 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. Естественный отбор среди потомков данного организма уступил место отбору из множества вариантов потока спайков в его нервной системе. Организм получил возможность до совершения любых действий оценивать их последствия, проверяя в сознании множество вариантов своего поведения. Без нервной системы такая проверка требовала бы многих поколений развития.

Образование нервной системы не только ускорило эволюционный процесс, но и сделало его намного более экономным. Отпала необходимость в громадном увеличении численности популяций. Соответственно сократилась нагрузка на окружающую среду, что высвободило ее ресурсы для ускорения процесса эволюции. Сообщества высокоразвитых организмов получили возможность активно использовать окружающую среду для улучшения условий своего

существования. Со временем это привело к тому, что преобразование окружающей среды стало основным содержанием их жизни.

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 окружающей среды, можно рассматривать как простейшие объекты, воплощавшие в себе полезный опыт, приобретенный их создателями в ходе эволюции. Появление таких искусственных объектов, образующих внегенетическую память, стимулировало развитие средств коммуникации, необходимых не только для передачи полезного опыта потомкам, но и для обмена знаниями между членами сообщества.

Использование внешних объектов для коммуникации требовало соответствующего приспособления естественных реакций организма. Это привело к появлению 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 [18]. Наивысшими достижениями Природы в этой области можно считать членораздельную речь, язык свистов сильбо, используемый горцами, полигармонические коммуникационные сигналы дельфинов, дающие им возможность поддерживать связь при движении в слоисто-неоднородной среде [19].

Дальнейшим развитием внешней коммуникации стало использование 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 разума – способности к абстрактному мышлению, позволявшему оперировать мысленными образами реальных объектов и событий. Развитие разума сопровождалось формированием членораздельной речи, позволившей улучшить обмен полезной информацией между членами сообщества, планировать совместные действия, устранять возможные конфликтные ситуации. Совершенствование средств коммуникации привело к появлению материальной культуры как внегенетической памяти общества и материального производства как способа ее пополнения и основного занятия его членов.

Рассматривая формирование общества как следующий этап эволюции развивающихся систем, отметим, что разумный организм, использующий нервную систему для многовариантного моделирования предстоящих действий, внешне ведет себя как детерминированная система. От того, насколько точно нервная система моделирует поведение окружения, зависит продолжительность его жизни. Но образование сообществ ускорило изменение свойств локального окружения, которые нервная система, контролируемая генетически, не успевала отслеживать. Возникшее отставание развития нервной системы компенсировалось за счет инкапсуляции – изменения свойств локального окружения. Это привело к формированию внегенетической памяти, дополняющей память, представленную нервной системой организма. Внегенетическая память разумного организма включает две составляющие: материальную, образованную элементами внешней среды, и виртуальную, хранящую опыт применения этих элементов. Виртуальная составляющая частично зависит от генетического механизма, обеспечивающего наследование

полезных изменений в строении организма и его нервной системы. Однако с ускорением эволюции генетические изменения становятся практически незаметными на фоне растущей динамики процессов общественного развития. (Развитие мозга человека практически прекратилось еще в доисторическую эпоху, с завершением формирования членораздельной речи). С уменьшением влияния на развитие генетического механизма общество перешло в стадию цивилизации, когда все его усилия сосредоточились на приспособлении окружения для удовлетворения своих текущих потребностей.

В стадии цивилизации происходит сбалансированное развитие материальной и виртуальной составляющих внегенетической памяти. Все изменения условий окружения сопровождаются ответными изменениями правил поведения, фиксируемых в виртуальной памяти общества. При насыщении виртуальной памяти этот баланс нарушается, вызывая прекращение развития цивилизации. Примерами тупиковых ветвей цивилизации могут служить общественные насекомые (термиты, пчелы, муравьи), чьи цивилизации прекратили развитие из-за исчерпания возможности дальнейшего увеличения объема их нервной системы [18]. Человеку, обладающему наиболее развитым мозгом и совершенными средствами коммуникации, прекращение развития цивилизации из-за перенасыщения виртуальной памяти пока не угрожает, хотя наблюдаемые признаки, такие как разрушение среды обитания, увеличение информационной нагрузки, падение морали, рост преступности и социальной напряженности, могут оказаться предвестниками подобной угрозы.

Важнейшими компонентами виртуальной памяти современного человечества являются наука, осуществляющая накопление и систематизацию знаний, и технология, обеспечивающая практическое использование этих знаний. Говоря о знаниях, следует учитывать, что все они получены путем анализа воздействий на органы чувств человека, их осознания (т.е. моделирования в мозгу человека) и представления результатов осознания средствами естественного языка человека. Это распространяется и на знания, приобретаемые опосредствованно, с помощью созданных людьми инструментов (роботов, компьютеров, космических аппаратов и т.п.), а также на знания, получаемые с участием целых коллективов. Распространение и преобразование знаний (идей) в обществе напоминает процесс развития живых организмов. Полученные первичные знания или идеи, возникшие в головах их авторов, поступив на суд общества, могут сливаться и модифицироваться, а из образовавшихся комбинаций сохраняются лишь те, которые наиболее соответствуют уровню и потребностям развития общества. Этот универсальный механизм позволяет науке обрабатывать огромный поток первичных знаний, получаемых членами всего общества, систематизировать эти знания и представлять в компактном виде, доступном для восприятия остальными членами общества. Но ученые, занимающиеся систематизацией знаний, обыкновенные люди, с обычной нервной системой. Как им удастся превращать в своих головах почти необъятный поток первичных знаний в компактные научные теории?

Согласно данным когнитивной психологии, изучающей процессы восприятия, обучения и познания, время реакции на стимул при обучении или тренировке сокращается, причем реактивное поведение может достигать автоматизма [20]. Уменьшение времени реакции при обучении можно

объяснить изменениями в нервной системе, например, сокращением пути потока спайков, вызванного стимулом, при многократном прохождении этого потока по тому же маршруту. Существуют и другие, близкие по сути, объяснения ускорения реакции, основанные на понятии конвергенции активности нейронных ансамблей, на которых мы не будем останавливаться. До обучения нервная система для нахождения правильной реакции на стимул вынуждена проверять множество возможных вариантов маршрута спайков, что требует участия многих нейронов и занимает много времени. После обучения, благодаря сокращению длины маршрута (например, удаления петель), число нейронов, вовлеченных в этот процесс, уменьшается. Соответственно сокращается время реакции на стимул, а поведение нервной системы и, следовательно, управляемого нею организма достигает автоматизма.

Стремление к автоматизму, т.е. детерминированному поведению, является общим для процессов развития. Его можно увидеть в инкапсуляции, т.е. использовании локального окружения, являющегося детерминированной системой, для защиты от неблагоприятных внешних воздействий. Стремление к детерминизму проявляется и при формировании научных теорий. Будущие теории, зарождаясь в мозге ученого, являются гипотезами, еще неизвестными обществу и вызывающими сомнения. Поступая на суд общества, они подвергаются экспериментальной проверке, критике других ученых. Выдержавшая испытания гипотеза становится теорией, т.е. детерминированным правилом, истинность которого считается бесспорной. Это, конечно, не гарантирует их абсолютную истинность и не исключено, что в последующем такая теория будет опровергнута. Нет гарантий и в том, что верные гипотезы будут сразу отвергнуты просто из-за непонимания или неготовности общества их принять.

Изучая историю науки, Т. Кун представил ее развитие как последовательную смену научных парадигм, т.е. ключевых идей, признаваемых обществом как незыблемые истины [21]. Каждая парадигма представляет, по сути, детерминированную модель некоторой области знаний, отвечающую текущему состоянию науки. Появление новой парадигмы способствует интеграции знаний и ускорению развития науки. Однако по мере накопления новых знаний она устаревает и отвергается. Классическим примером парадигмы является модель солнечной системы Птолемея, на смену которой пришла система Коперника, когда общество (точнее религия) смирилось с тем, что Земля не является центром Вселенной.

Из сказанного можно заключить, что преобразование огромной массы неупорядоченных первичных знаний – наблюдений, гипотез и т.п. в компактные научные теории осуществляется как процесс эволюции. Научные гипотезы (идеи), подобно живым организмам, скрещиваются, размножаются, проходят естественный отбор. Сохраняются лишь те их потомки, которые наиболее соответствуют реальности или оценены обществом как наиболее правдоподобные. В отличие от идей, научные парадигмы развиваются подобно сообществу разумных организмов. Их развитие также базируется на принципе разделения труда, что позволяет преодолевать диспропорцию между растущим объемом знаний и возможностью их восприятия мозгом человека. Поэтому в процессе эволюции наука приобретает сложную разветвленную структуру, включающую множество научных направлений, охватывающих различные предметные области и развивающихся относительно независимо. Единство науки сохраняется благодаря ее иерархической организации и

наличию научной элиты, сохраняющей ее организационную структуру и традиции. Производимые наукой компактные знания, доступные для восприятия человеком, неизбежно носят фрагментарный характер. Такая фрагментарность частично компенсируется перекрытием предметных областей отдельных дисциплин, а также иерархической структурой, включающей множество метадисциплин, обобщающих предметные области близких научных направлений.

6. Природа интеллекта

В эпоху цивилизации, как отмечалось, материальная и виртуальная составляющие внегенетической памяти развиваются сбалансированно. Поэтому с развитием материального производства возросло значение умственной деятельности, игравшей основную роль в повышении эффективности общественного труда и улучшении управления обществом. Постепенно умственная деятельность заняла собственное место в системе разделения общественного труда, в результате чего интеллект стал особой производительной силой, создающей интеллектуальные продукты: идеи, проекты, предложения. Зарождаясь в сознании отдельных членов общества, такие продукты приобретают ценность для общества лишь после их воплощения в материальных объектах – усовершенствованных инструментах, одежде, предметах утвари и т.п. Интеллектуальные продукты, не достигшие стадии материального воплощения, могут продолжать существовать в сознании членов общества, образуя особую среду для их развития [22]. Идеи, которыми обмениваются члены общества, могут, подобно живым организмам, модифицироваться и объединяться, давая жизнь новым интеллектуальным продуктам, или прекращать свое существование, так и не достигнув материального воплощения.

Очевидно, что эффективность производства интеллектуальных продуктов, т. е. их качество и количество, зависит от умственных возможностей членов общества, их способности решать сложные задачи. Анализируя процессы, происходящие в сознании человека при их решении, можно заметить, что выдвигаемые гипотезы и эвристические догадки многократно в различных комбинациях проверяются, пока не выкристаллизуется приемлемое решение. Огромная работа при этом производится на подсознательном уровне. Ее выполняют потоки спайковой активности, циркулирующие в нейронных слоях коры мозга. Проходя в специфичной среде, свойства которой отражают жизненный опыт, эти потоки эволюционируют, обогащаются фрагментами, отражающими позитивный опыт прошлого, и освобождаются от составляющих, противоречащих ему. Так осуществляется естественный отбор наиболее перспективных решений, которые представляют собой комбинации стереотипов поведения, запечатленных в долговременной и оперативной памяти. Эффективность такого отбора характеризует степень умственного развития индивида. Она зависит от внутренней организации его нервной системы, формирование которой начинается с развитием зародыша и продолжается всю жизнь. Появляясь на свет, организм уже имеет набор жизненно важных стереотипов поведения, генетически запрограммированных или приобретенных в ходе эмбрионального развития в утробе матери. Большая часть необходимых стереотипов развивается в первые дни и годы жизни. На этом этапе у человека формируются навыки членораздельной речи, которые затем совершенствуются, например, при освоении иностранных

языков. Дальнейшее обогащение стереотипами, в частности, трудовыми навыками и теоретическими знаниями, происходит путем обучения, продолжающегося всю жизнь.

Умственное развитие человека является важнейшим показателем его интеллекта, который обычно связывают со способностью находить нетривиальные решения сложных задач и/или ориентироваться в незнакомой ситуации. Понятие интеллекта характеризует качество поведения личности, отражающее свойства его нервной системы и происходящие в ней информационные процессы, скрытые от внешнего наблюдения. Несомненно, интеллект зависит от объема приобретенных знаний и опыта, но, прежде всего, интеллект характеризует умение владеть имеющимися знаниями и способность усваивать новые. Иначе говоря, интеллект отражает степень мобильности мышления, зависящую во многом от природных данных личности. Это оправдывает широкое применение методов оценки интеллектуального уровня с помощью специально построенных тестов, позволяющих выявлять природные качества испытуемых, нередко скрытые под позднейшими наслоениями жизненного опыта.

В отличие от природного интеллекта, основанного на врожденных, генетически закрепленных способностях усваивать знания, приобретенный интеллект зависит от окружения данного индивида, контролируемого генетически лишь на внутриутробной стадии развития. Появившись на свет, человек сталкивается с объектами внешнего мира, полезность или опасность которых ему еще предстоит установить. В процессе воспитания он получает дозированный доступ к окружению, что обеспечивает постепенное формирование стереотипов поведения, необходимых для самостоятельной жизни. Система воспитания и условия самостоятельной жизни определяются обществом, темпы развития которого несравненно превосходят темпы биологической эволюции. Поэтому информационная нагрузка, т.е. объем знаний и опыта, которые должны быть усвоены для того, чтобы стать полноценным членом общества, постоянно возрастает. Рост информационной нагрузки привел к тому, что со временем люди оказались не в состоянии усваивать и использовать весь приобретаемый опыт, необходимый для дальнейшего развития общества. Возник информационный кризис, преодолеть который удалось путем разделения общественного труда и специализации членов общества по роду деятельности. Это привело к делению общества на относительно независимые группы, конкурирующие за владение общими ресурсами. Сохранение целостности общества требовало координации действий различных групп, взаимопонимания между их членами, рационального использования приобретаемого каждой группой опыта и знаний. Впервые эта проблема возникла при формировании половой системы размножения, поскольку родители выполняли разные функции в воспитании подрастающего поколения. Простейшим обществом была семья, членов которой объединяла общая забота о потомстве, вынуждавшая координировать свои действия в поисках пропитания. Семья стала базовой ячейкой общества, обеспечивающей сохранение биологического вида. С увеличением численности общества, введением разделения труда и усложнением отношений между его членами, занятыми разными видами трудовой деятельности, семейные связи и простейшая меновая форма обмена результатами труда перестали отвечать требованиям его развития. Крупным достижением в преодолении назревших противоречий стало изобретение денег – универсальной меры количества труда, выполнявшей функции языка общения для членов разделенного общества. Возникла

торговля, ставшая самостоятельным видом трудовой деятельности, объединявшим интересы различных групп общества. Денежная форма представления результатов труда создала новые возможности для перемещения и концентрации общественных ценностей. Это усилило конкуренцию между семейными группами за контроль над этими ценностями и способствовало дальнейшей структуризации общества. Победители в конкуренции получали власть над всем обществом. Постепенно выделилась элита, включавшая наиболее активных членов общества, способных понимать проблемы его развития, планировать и предвидеть результаты своих действий. Формирование элиты происходило в форме жестокой борьбы за власть. Однако со временем этот процесс приобрел более цивилизованную форму, основанную на отборе кандидатов по уровню природного интеллекта, развитию их природных способностей, обучении наукам и специальной подготовке для управления обществом. Повышение роли интеллектуального труда в обществе, выделение науки, технологии и культуры в самостоятельные виды деятельности привело к расширению состава элиты. В нее стали входить видные ученые, деятели культуры, промышленники и специалисты, участвующие в принятии управленческих решений в качестве экспертов. С расширением состава элиты разрасталась инфраструктура, обеспечивавшая поддержку профессиональной деятельности ее членов, высокие стандарты их жизни, высококачественное образование и т.п. Все это углубляло расслоение общества, увеличивало социальную напряженность и в случаях, когда элита теряла контроль над обществом, приводила к социальным революциям.

Элиту общества можно считать олицетворением общественного интеллекта. Говоря так, мы исходим из аналогии с понятием интеллекта личности как способности находить неординарные решения сложных задач. Для личности эта способность является внешним проявлением умственной работы, скрытой от внешнего наблюдения. Точно так же общественный интеллект, представленный элитой, выражает лишь наблюдаемые извне качества общества, которые далеко не всегда адекватно отражают истинный интеллект рядовых представителей этого общества. Когда расхождение между ними достигает критического уровня, общество теряет устойчивость, возникает угроза его гибели. История человечества дает множество примеров гибели и забвения высокоразвитых цивилизаций, исчезнувших из-за деградации элиты, ее перерождения в привилегированный класс, оторванный от реальных потребностей общества.

Говоря о связи между понятиями элиты и интеллекта, необходимо отметить, что критерии оценки интеллекта условны и зависят от системы ценностей, которые в значительной мере формируются элитой данного общества. Поэтому то, что в одних обществах оценивается положительно и считается интеллектом, в других получает негативную оценку и называется изворотливостью, хитростью или того хуже.

7. Искусственный интеллект

Разделение труда ускорило развитие общества за счет более эффективного использования ресурсов Природы, не затронув существенным образом самого человека, его генотип. Как уже отмечалось, разрыв между растущей сложностью окружения человека и возможностями человеческого интеллекта компенсируется углублением разделения труда, образованием все

новых отраслей науки и технологии. Отраслевая структура общественного производства, успешно действовавшая на протяжении многих столетий, привела к невероятному усложнению организации общества, затруднению межотраслевого обмена результатами исследований и разработок, стремительному увеличению количества документации, отражающей как успехи, так и неудачи проводимых работ. Уже к началу XX века специалисты перестали успевать следить за развитием своих областей знаний. Это явление, названное информационным взрывом, продолжается и ныне, сдерживая развитие науки и экономики из-за потерь и недоиспользования производимой интеллектуальной продукции [23]. Появившиеся в середине прошлого века кибернетика и общая теория систем [24, 25] предложили новые подходы к интеграции системы знаний и устранению накопившихся в ней пробелов и дублирований. Под их влиянием получили распространение междисциплинарные исследования, возник ряд новых направлений на стыках традиционных научных дисциплин. Одно из этих направлений, получившее название “искусственный интеллект”, своей задачей ставило создание автоматических устройств, обладающих разумом.

Среди основных направлений искусственного интеллекта можно выделить решение сложных задач и доказательство теорем, понимание естественной речи, планирование действий в условиях неопределенности. Первое из них отражает логический подход к искусственному интеллекту [26], основанный на применении методов формальной логики и использовании модели “замкнутого мира”, предполагающей, что все понятия предметной области (ее называют областью рассуждения) могут быть представлены конечным набором аксиом (утверждений) с помощью конечного набора правил вывода. При этом для решения любой задачи достаточно задать область рассуждения и представить ее условия в форме некоторого набора предикатов. Однако формализация области рассуждения часто оказывается практически неосуществимой. Поэтому некоторые исследователи предпочитают ограничить круг решаемых ими задач, считая, что целью искусственного интеллекта “является разработка аппаратно-программных средств, позволяющих пользователю-непрограммисту ставить и решать свои, традиционно считающиеся интеллектуальными задачи, общаясь с ЭВМ на ограниченном подмножестве естественного языка” [27, с.15]. Такой прагматический подход дает возможность обойти проблему формализации знаний, возложив ее решение на средства подготовки данных, поступающих в систему искусственного интеллекта. Созданием таких средств занимается область искусственного интеллекта, называемая Data mining (добыча знаний). Технология Data mining основана на построении с помощью экспертов в данной предметной области возможно более полной неформальной модели знаний и последующей ее формализацией с использованием некоторого подмножества языка этой предметной области. Такая технология наиболее эффективна в традиционных отраслях науки и техники, где имеется устоявшийся профессиональный язык. Ее широко используют при создании экспертных систем, интеллектуальных агентов и баз знаний [1, 27, 28].

Возвращаясь к логическому подходу, отметим, что первые опыты его применения для моделирования интеллекта, предпринятые в начале 60-х годов, оказались весьма успешными. Используя математический аппарат логики предикатов и дополнив его эвристическими правилами, заимствованными из практики, А. Ньюэлл с сотрудниками создали программу GPS (General Problem Solver – универсальный решатель задач), ставшую классическим примером системы

искусственного интеллекта, способной доказывать теоремы формальной логики и моделировать процесс размышлений при решении прикладных задач [29]. Успех этой и многих аналогичных разработок вселял уверенность в эффективности формальных методов. Это выразилось в развертывании в 1975 г. работ по проекту интеллектуальной ЭВМ 5-го поколения, которая, как ожидалось, будет иметь интеллект среднего человека. Для программирования задач, решаемых этой интеллектуальной ЭВМ, был использован специально разработанный язык логического программирования ПРОЛОГ, основанный на модели “замкнутого мира” [30]. Несмотря на огромные усилия международного коллектива ученых, цель проекта так и не была достигнута. Непреодолимыми оказались две проблемы: формальное представление большинства реальных прикладных задач и использование естественного языка для общения с ЭВМ. Неудача, постигнувшая этот проект, оказала большое влияние на проведение дальнейших исследований в области искусственного интеллекта. Заметно укрепились позиции сторонников прагматического подхода и возродились исследования искусственных нейронных сетей, прекращенные в конце 60-х годов вследствие сокрушительной критики со стороны сторонников формальных методов искусственного интеллекта [31]. Однако, несмотря на неудачу данного проекта, исследования систем искусственного интеллекта, опирающихся на использование модели “замкнутого мира”, не прекратились, а разработки прикладных интеллектуальных систем, содержащих машины логического вывода и базы знаний, хранящие формальные модели предметных областей, продолжают и ныне [27, 32].

Проблема понимания естественной речи, вставшая перед разработчиками проекта ЭВМ 5-го поколения, в корне отличается от задач, решаемых в рамках логического направления. Еще ранее с этой проблемой встретились разработчики информационно-поисковых систем, стремившиеся избавить высококвалифицированных специалистов от рутинной работы по поиску информации, рассеянной по многим источникам. Созданные системы оказались не способными точно сопоставлять смысл задаваемых вопросов с содержанием информационных материалов, хранившихся в памяти ЭВМ. Из-за ошибок информационно-поисковых систем, называемых информационным шумом, пользователи либо недополучали нужную информацию, либо вынуждены были просматривать массу лишних сообщений, выдаваемых ЭВМ.

Появление информационного шума связано с явлением рассеяния информации, открытым библиотекарями еще в XIX веке [21]. Его причиной является зависимость эффективности обмена информацией от степени близости внутренних моделей источника и получателя сообщений. При полном совпадении моделей, как и при абсолютном их несоответствии, обмен не происходит, а в остальных случаях неизбежны потери информации, создающие шум в информационно-поисковых системах. Чтобы полностью устранить информационный шум, необходимо располагать идеальным языком представления знаний, который точно выражает смысл всех вопросов пользователя и содержание всех искомых документов. Это возможно лишь в замкнутой системе знаний, соответствующей модели “замкнутого мира”, в которой истинны все грамматически правильно построенные высказывания.

В середине 60-х годов Ноам Хомский разработал формальную модель грамматики, объясняющую принципы преобразования набора символов в фразы языка, которая, казалось,

давала ключ к пониманию структуры естественной речи. Однако многочисленные попытки применить эту модель к естественным языкам себя не оправдали. Обнаружилось, что все правила естественного языка изобилуют отклонениями, сводящими на нет все попытки формализации. Определенная стройность встречается лишь в узких традиционных областях науки и техники, где структура речи и понятийная база отражают консервативность самой предметной области. Это свойство естественных языков послужило основой технологии Data mining, использующей тщательно отобранные подмножества профессиональных естественных языков для формального представления знаний.

Предметом последнего из упомянутых нами направлений искусственного интеллекта – планирование действий в условиях неопределенности, являются задачи, которые наиболее часто приходится решать человеку в его повседневной жизни. Проблема состоит в отсутствии достаточной для решения исходной информации, которую необходимо дополнить знаниями, уже имеющимися в памяти. Решение этой проблемы затруднено тем, что в таких задачах исходные утверждения или невозможно представить в логической форме, либо им невозможно полностью доверять. Для таких утверждений вводится понятие меры доверия, напоминающей вероятностную меру, что дает возможность использовать логический аппарат для оценки доверия к выводам, полученным на основе недостоверных данных, а также применять некоторые соотношения статистической теории для разработки стратегии принятия обоснованных решений (это используется при построении байесовских сетей доверия). Аналогичный подход применяется и в случаях, когда необходимо планировать действия или принимать решения при отсутствии материала, достаточного для применения статистических методов оценки результатов этих действий или решений.

Проблемы, возникающие перед создателями систем искусственного интеллекта, часто связаны с тем, что в самой постановке задачи моделирования разумного поведения кроется противоречие, состоящее в том, что речь идет о моделировании разумом самого себя. Понятие разума не имеет строгого определения, поэтому на это противоречие редко обращают внимание, сводя проблему моделирования интеллекта к построению вложенных формальных моделей, дающих приемлемые для практики результаты. Это свойственно и прагматикам и многим теоретикам, полагающим, что устранение информационного шума или анализ смысла фраз естественной речи являются лишь трудными задачами, решение которых – вопрос времени.

Это мнение отражает недооценку отмеченного противоречия. Обе проблемы – понимание естественной речи и информационного шума – имеют одинаковую природу, связанную с обменом информацией между системами, имеющими очень сложные и сильно отличающиеся внутренние модели мира. Способ решения таких проблем, изобретенный Природой, состоит в использовании эволюционного процесса формирования иерархии макросистем (индивид – семья – социальная группа – общество...). Подобная структура сложилась и в процессе развития науки, представляющей иерархию научных дисциплин, от чисто прикладных, лежащих в ее основании, до чисто теоретических, таких как метаматематика или философия. Но наука – это лишь детерминированная составляющая, скелет реальных первичных знаний, которыми пользуются члены общества, оставшийся после их обработки механизмом виртуальной памяти общества. Этот

скелет мало помогает в случае понимания естественной речи, повседневно используемой людьми для передачи первичных знаний (они-то и являются смыслом речи). Для этого нужна развитая модель первичных знаний, опирающаяся не на предметные области, отражающие усредненный опыт огромного числа людей, связанных с этой областью, а на жизненный и профессиональный опыт отдельных людей или очень небольших групп людей. Насколько трудно создать такую модель, можно судить по тому, что эволюции для этого требовались сотни миллионов лет. Надежду на успех дает лишь то, что развитие науки протекает намного быстрее.

Новейшая научно-техническая революция, вызванная появлением персональных компьютеров и созданием ИНТЕРНЕТ, изменила условия интеллектуальной деятельности миллионов людей. Система ИНТЕРНЕТ дала возможность объединить информационные ресурсы человечества, а широкое применение персональных компьютеров сделало их практически общедоступными. Это заметно повысило эффективность умственного труда, однако почти не изменило соотношения между возрастающими потоками информации и возможностями ее восприятия человеком. Камнем преткновения оказалась проблема поиска необходимых данных в океане информации, ставшей доступной через ИНТЕРНЕТ. Созданные сверхмощные информационно-поисковые системы оказались не намного эффективнее подобных систем, применяемых 30 – 40 лет назад. Пользователи все так же страдают от информационного шума, сводящего на нет преимущества, которые дает полнота баз данных ИНТЕРНЕТ и простота доступа к ним. Поиск путей преодоления этих недостатков ведется в различных направлениях, среди которых можно выделить создание новых информационных технологий на основе интеллектуальных агентов, разработку общей онтологии ИНТЕРНЕТ, создание информационных иммунных систем. Под интеллектуальным агентом подразумевается мобильная компьютерная программа, способная перемещаться в среде ИНТЕРНЕТ, ориентироваться в новом информационном окружении и самостоятельно или совместно с другими агентами выполнять заданные им сложные работы по поиску, преобразованию и передаче информации. Системы, включающие большое число таких агентов, действующих параллельно, обладают высокой производительностью, которая достигается за счет эффективного использования распределенных ресурсов сети ИНТЕРНЕТ. Применение агентных технологий позволяет пользователям, располагающим сравнительно простым терминальным оборудованием, использовать ресурсы ИНТЕРНЕТ для выполнения практически неограниченных по сложности и трудоемкости проектов. Применение таких технологий позволит существенно повысить эффективность интеллектуального труда пользователей. Однако, как это повлияет на будущее человечества, сказать трудно, поскольку владение столь мощными ресурсами порождает также и серьезные угрозы.

Создание общей онтологии ИНТЕРНЕТ призвано упорядочить понятийную базу и создать предпосылки для качественного улучшения средств информационного поиска. Общая онтология представляет собой многоуровневую иерархическую систему понятий и отношений между понятиями. Ее вершиной является метаонтология, содержащая наиболее общие понятия и указатели на онтологии ближайшего к вершине уровня. Основание общей онтологии образует множество предметных онтологий, которые сами также могут иметь иерархическую структуру [27]. Устойчивость этой системе придает относительная стабильность традиционно сложившихся

предметных областей, позволяющая применять подмножества естественных языков, используемых специалистами, для представления знаний в этих предметных областях. Такая организация общей онтологии напоминает организацию всей науки, однако в отличие от последней, онтология более демократична и полнее соответствует структуре первичных знаний человечества. Это дает основание ожидать, что реализация проекта общей онтологии позволит не только улучшить качество информационного поиска за счет более рациональной дифференциации предметных областей, но и достигнуть некоторого прогресса в решении проблемы понимания смысла естественной речи.

Улучшение работы поисковых систем позволит также подойти к решению все более актуальной проблемы засорения информационного пространства человечества. Эта проблема возникла задолго до создания ИНТЕРНЕТ, проявившись в форме информационного взрыва более столетия назад. Ее значение становится очевидным в контексте общей проблемы разрушения среды обитания, вызванной постоянным ростом нагрузки на Природу, из которой человечество извлекает необходимые ему ресурсы, оставляя отходы. Основными источниками загрязнения информационного пространства является устаревание сохраняемых данных и документов и рост потока малоценной и просто недостоверной информации. Усилению этого потока способствует легкость доступа в ИНТЕРНЕТ, с одной стороны, а с другой, падение эффективности традиционного механизма отсева недостоверной информации, основанного на ее проверке и широком обсуждении научной общественностью. Растущая информационная перегрузка ученых приводит к тому, что результаты исследований и разработок перестают получать достаточную критическую оценку. Вследствие этого часть важных результатов теряется, а другая, получив завышенные оценки, заполняет информационное пространство, создавая искаженное представление о реальных достижениях. Поскольку содержимое информационного пространства является также сырьем для создания новой информационной продукции, такие искажения ведут к появлению и экспоненциальному росту других искажений. В итоге происходит общая деградация научной деятельности и падение авторитета науки как таковой. Сегодня научный мир пытается противостоять этому, вводя элитные научные издания (реферируемые журналы), предварительное рецензирование докладов, представляемых на научные конференции, поощрительные гранты ученым на проведение исследований. Однако, как показывает практика, эффективность этих усилий пока невелика.

Большую тревогу вызывает то, что, открыв широкий доступ к информационному пространству человечества, ИНТЕРНЕТ создал благоприятные условия для информационных диверсий, нарушающих работу серверов системы, мошенничества в системе электронной торговли и распространения вирусов, поражающих компьютеры конечных пользователей. Борьба с этим новым бедствием затруднена из-за сложности выявления источников злоупотреблений. Применяемые ими методы часто неотличимы от методов, используемых обычной агентной технологией. Наиболее перспективным способом защиты от злоупотреблений считается создание компьютерных иммунных систем, способных распознавать и удалять опасные кодовые комбинации в потоках сообщений и/или команд операционных систем, и действующие по аналогии с

иммунными системами живых организмов. Насколько эти системы смогут справиться с этой новой угрозой развитию нашей цивилизации, покажет будущее.

Создание и развитие ИНТЕРНЕТ несомненно способствует усилению интеллектуального потенциала человечества, выражаемого количеством и качеством производимой интеллектуальной продукции. Возможно, важнейшим достижением является демократизация интеллектуальной деятельности, возможность равноправного интерактивного участия в ней миллионов пользователей. Вместе с тем, такая равноправность таит в себе новые опасности, поскольку пользователи ИНТЕРНЕТ получили прямой доступ к мощной системе мгновенного тиражирования сообщений, содержание которых никем не контролируется. Это открывает путь не только для злоупотреблений, о которых все знают, и засорения информационного пространства, о котором уже говорилось, но и для засорения мозгов пользователей, что зачастую наблюдается.

8. Экономика интеллекта

Интеллектуальная деятельность стала отраслью общественного производства благодаря существованию эквивалентного обмена продуктами с отраслями материального производства. Инструментом такого обмена служат деньги, выражающие меру количества труда для разных видов деятельности. Однако такую меру можно использовать лишь при условии, что все члены общества способны одинаково оценивать полезность предлагаемых продуктов. Для интеллектуальной продукции такая оценка возможна далеко не всегда. Как уже отмечалось, ценность интеллектуальных продуктов становится очевидной лишь после их воплощения в традиционных продуктах материального производства, называемых товарами. До этого интеллектуальные продукты являются просто информацией, которая не имеет выраженных свойств товара, поскольку при потреблении она не исчезает, а ее копирование обычно не требует существенных затрат. Возражая этому распространенному мнению в работе [22] нами предложен иной взгляд на свойства информации как товара: "... информация, а точнее сообщение, содержащее информацию, т.е. материализованная информация, обладает основными свойствами товара, а именно является продуктом труда, удовлетворяет определенную потребность и производится не для собственного потребления, а для обмена ... Множество всех сообщений можно разбить на два непересекающихся подмножества, а именно: на сообщения первичные, отражающие оригинальный, не известный обществу опыт, и сообщения вторичные, воспроизводящие известный опыт известным способом... Такие сообщения будем называть вещами. Пользование ими обычно не требует какой-либо особой специализации, существенной перестройки поведения потребителя.... Противоположность им составляют сообщения информационного типа, служащие для изменения поведения пользователя, его внутренней памяти. Такие сообщения будем называть теориями" [22, с.10]. Предложение разделить продукты интеллектуальной деятельности на два класса (вещей и теорий) основано на представлении об общественной ценности новой (ранее не известной обществу) информации, которое не совпадает с обычным представлением о потребительской ценности товара, применяемым для вещей. В отличие от вещей, потребление которых доступно членам данного общества, информационные продукты, условно названные теориями, доступны лишь их авторам и, возможно, некоторому

узкому кругу специалистов. Их создание, как правило, требует значительных затрат интеллектуального труда, а степень полезности для общества не очевидна и могут потребоваться дополнительные исследования для ее выяснения. Механизм компенсации таких затрат складывался на протяжении всей истории развития человеческой цивилизации. Вероятно, первые великие достижения человеческого гения, такие как использование огня или изобретение колеса, никак не компенсировались. Но с образованием элиты и концентрацией в ее руках значительных общественных ценностей стало возможным выделение части этих ценностей на поощрение некоторых видов интеллектуальной деятельности, ценимых представителями элиты. Великолепные памятники культуры древнего мира являются воплощением интеллектуальных продуктов, созданных гениальными творцами древности, труд которых хорошо оплачивался тогдашней элитой. Искусство древней Греции и Рима существовало благодаря меценатству. В тот же период сформировалась стабильная потребность в совершенствовании вооружений, ставшая наиважнейшим источником заказов на интеллектуальную продукцию. В относительно спокойный для Европы период средневековья основным заказчиком и законодателем интеллектуальной деятельности было духовенство, отдававшее предпочтение произведениям искусства, связанным с религией. Развитие промышленности резко увеличило потребность в интеллектуальной продукции и привело к формированию более организованной схемы компенсации затрат интеллектуального труда. Начала развиваться система патентования, гарантировавшая защиту прав автора, получила развитие сеть университетов, академий наук и исследовательских лабораторий, проводивших исследования за государственный счет. Такая поддержка интеллектуальной деятельности отражала растущее осознание ее значения для развития всего общества, что со временем привело к формированию принципиально нового механизма поддержки интеллектуальной деятельности. "Экономический механизм, обеспечивающий компенсацию огромных затрат, высококвалифицированного труда в сфере исследований и разработок, возник в результате ускорения темпов научно-технического прогресса. В его основе лежит сверхприбыль, получаемая в результате совершенствования продукции и способов ее воспроизводства. В условиях современного капиталистического производства... ориентация на получение сверхприбыли превращается в единственно возможный способ сохранения рентабельности. Поэтому в поиске путей повышения эффективности производства приходится постоянно изыскивать пути совершенствования продукции и способов производства, авансировать проведение работ по созданию первичных сообщений, обладающих наиболее высокой социальной полезностью, гарантирующих получение сверхприбыли в течение времени, пока данное первичное сообщение не станет доступным большому числу производителей и норма прибыли не упадет до общепринятого уровня, близкого к границе рентабельности. В условиях острой конкурентной борьбы, в которую втянуты не только промышленные корпорации но и правительства всех ведущих промышленно развитых стран, быть лидером можно лишь при условии направления практически всей получаемой сверхприбыли в сферу исследований и разработок" [22, с.13]. Это было написано 30 лет назад, когда угроза крушения социалистического общества не была очевидной, но уже четко обозначилось катастрофическое отставание в развитии научно-технического потенциала страны, полностью подчиненного идеологическим догмам и интересам военно-промышленного комплекса.

Экономический механизм производства интеллектуальной продукции отвечает модели общества как макросистемы, подсистемы которой (социальные группы, промышленные корпорации и т.п.) выступают как относительно самостоятельные развивающиеся системы, конкурируя за владение общими ресурсами и более выгодное положение внутри общества. Преимущество в такой конкуренции получают участники, производящие более совершенную продукцию, поэтому процесс производства постоянно улучшается, создаются новые социально полезные товары и технологии. Конкуренция, сопровождающаяся разорением проигравших участников, есть не что иное, как процесс естественного отбора лучших форм и методов производства, отвечающих потребностям развития общества. Такой процесс, в отличие от его моделирования в головах людей или с помощью компьютеров, происходит в реальном мире. Его результаты отражают объективные условия развития общества и мало зависят от идеологических или политических установок, выражающих текущие интересы отдельных общественных лидеров или групп. Более высокую эффективность конкурентной экономики по сравнению с плановой продемонстрировал провал плановой экономики СССР в 70–80-х гг. прошлого века. К сожалению, в реальном мире механизм естественного отбора принимает не только форму научной или промышленной конкуренции, но часто оборачивается жестокими войнами. Неудивительно поэтому, что многие исследователи склонны рассматривать войны и классовую борьбу движущей силой истории. Учитывая, что многие достижения человеческого интеллекта связаны войнами или созданием вооружений, с этим трудно не согласиться.

Рассматривая действие механизма конкуренции на уровне корпораций и целых государств, нетрудно прийти к выводу, что в наши дни интеллект стал играть роль абсолютного оружия, гарантирующего победу в их борьбе за мировое лидерство в экономическом соревновании. Сегодня небольшая группа лидирующих стран намного опередила в развитии остальные страны мира, причем этот разрыв быстро увеличивается. Что бы ни говорили политики или историки, фактом является то, что, сосредоточив значительный интеллектуальный потенциал и эффективно используя его, страны-лидеры делают ставку на развитие интеллектуальной индустрии, оставляя остальному миру материальную реализацию и тиражирование производимой ими сверхрентабельной интеллектуальной продукции. Для лидирующих стран интеллект является неисчерпаемым ресурсом, обеспечивающим стабильную сверхприбыль, направляемую на дальнейшее развитие своей интеллектуальной индустрии. Подтверждением этому служит наблюдаемое в последние десятилетия массовое перемещение промышленного производства, в том числе и высокотехнологичного, из высокоразвитых стран в промышленно отсталые, сопровождаемое не менее массовым “оттоком мозгов” в обратном направлении. Такой обмен еще более увеличивает пропасть между лидерами и аутсайдерами в мировом экономическом соревновании. Для аутсайдеров остается лишь один способ преодолеть эту пропасть – любой ценой развивать свою интеллектуальную индустрию, мобилизуя собственный интеллектуальный потенциал и опираясь на ресурсы, культуру и традиции своего народа.

9. 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* мало изменился. Большинство достижений за этот период обязано развитием материальной культуры, т.е. внегенетической памяти человечества. С изобретением письменности стало возможным сохранять и передавать получаемые знания в компактной символической форме. Это многократно увеличило объем информации, используемой обществом, но одновременно повысило информационную нагрузку на людей умственного труда, интеллектуальный потенциал которых с доисторических времен практически не менялся. С увеличением такой нагрузки образовался разрыв между объемом производимой обществом информации и возможностью человека ее воспринимать и использовать. Со временем это стало серьезной проблемой, сдерживающей развитие общества.

Новейшая научно-техническая революция, вызванная созданием компьютеров и ИНТЕРНЕТ, открывшая широкий доступ к объединенным информационным ресурсам человечества, вопреки ожиданиям лишь обострила эту проблему, что свидетельствует о глубоком информационном кризисе, постигшем нашу цивилизацию.

В данной работе была сделана попытка найти корни этого кризиса. Опираясь на теорию развивающихся систем, мы показали, что проблема информационной перегрузки возникла еще до появления разумных существ. Эволюция сопровождалась рядом информационных кризисов, и все они преодолевались путем разделения развивающейся системы и специализации ее частей. Этот изобретенный Природой универсальный механизм действует одинаково эффективно как на клеточном уровне, так и на уровне организма, общества, цивилизации. Но и этот механизм дает сбои, когда разрыв между информационными потребностями общества и уровнем интеллекта его членов становится чрезмерным. Примерами таких сбоев являются колонии общественных насекомых (термиты, пчелы, муравьи), эволюция которых остановилась, когда возможность увеличения размера их нервной системы была исчерпана. Эти тупиковые ветви эволюции сохранились до сих пор благодаря относительно стабильным условиям окружающей природы. В случае человеческой цивилизации, активно преобразующей окружающую среду, на это трудно рассчитывать.

Но стоит ли действительно задумываться о столь печальной далекой перспективе? Развитие науки и мощное инструментальное оснащение интеллектуальной деятельности современного человека позволяет оперировать со сверхсложными моделями реального мира, анализировать процессы, отстоящие от нас в пространстве и времени на миллиарды лет, заглядывать в глубины микромира и управлять генетическим механизмом развития живых организмов. Можно ли рассчитывать, что этих знаний достаточно, чтобы избежать опасности рукотворных катастроф, подобных Чернобыльской, когда незначительная ошибка разбудит цепную реакцию, способную прекратить существование нашей цивилизации. Или механизм уже запущен, а глобальное потепление является прелюдией грядущей катастрофы?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект. Современный поход. – Москва – Санкт-Петербург – Киев: Изд. дом «Вильямс», 2006. – 1407 с.
2. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс. – М.: Изд. дом «Вильямс», 2006. – 2-е изд. – 1104 с.
3. Коган А.Б. и др. Биологическая кибернетика. – М.: Высшая школа, 1972. – 382 с.
4. Прибрам К. Языки мозга. – М.: Прогресс, 1975. – 464 с.
5. Хафштадтер Д.Р. Гедель, Эшер, Бах Эта бесконечная гирлянда. – Самара: "Барах-М", 2001. – 752 с.
6. Докинз Р. Эгоистичный ген. – М.: Мир, 1993. – 318 с.
7. Хокинс Д., Блейкли С. Об интеллекте. – М.: Изд. «Вильямс», 2007. – 240 с.
8. Різник О.М. Загальна модель розвитку // Математичні машини і системи. – 2005. – № 1. – С. 84–98.
9. Месарович М., Такахара Я. Общая теория систем. Математические основы. – М.: Мир, 1978. 311 с.
10. Цыпкин Я.З. Адаптация и обучение в автоматических системах. – М.: Наука, 1968. – 399 с.
11. Экклз Д. Физиология синапсов. – М.: Мир, 1966. – 395 с.
12. Ходжкин А. Нервный импульс. – М.: Мир, 1965. – 136 с.
13. Смолянинов В.В. О некоторых особенностях организации коры мозжечка // Модели структурно-функциональной организации некоторых биологических систем. – М.: Наука, 1966. – С. 203–263.
14. Horfield J.J. Neural networks and physical systems with emergent collective computational abilities // Proc. of the National Academy of Science. – 1982. – № 79. – P. 2554–2558.
15. Резник А.М. Регулирование обратной связи в нейронных сетях с проекционным алгоритмом обучения / А.М. Резник, Д.О. Городничий, А.С. Сычев // Кибернетика и системный анализ. – 1996. – № 6. – С. 153–162.
16. Резник А.М. Хопфилдовские ансамбли в латеральных нейроструктурах коры мозга // Математичні машини і системи. – 2006. – № 1. – С. 3–12.
17. Associative Memories with «Killed» Neurons: the Methods of Recovery / A.M. Reznik, A.S. Sitchov, O.K. Dekhtyarenko et al // Proc. IJCNN. – Portland, Oregon, 2003. – July 20–24.
18. Шовен Р. От пчелы до гориллы. – М.: Мир, 1965. – 295 с.
19. Резник А.М., Чупаков А.Г. О структуре речевых сигналов афалины // Бионика. – 1975. – Вып. 9. – С. 125–131.
20. Найссер У. Познание и реальность. – М.: Прогресс, 1981. – 230 с.
21. Кун Т. Структура научных революций. – М.: Прогресс, 1975. – 246 с.
22. Резник А.М. Моделирование информационных процессов научно-технического развития. – Киев: Знание, 1978. – 28 с.
23. Михайлов А.И. Научные коммуникации и информатика / А.И. Михайлов, А.И. Черный, Р.С. Гиляревский. – М.: Наука, 1976. – 435 с.
24. Винер Н. Кибернетика или управление и связь в животном и машине. – М.: Советское радио, 1958. – 216 с.
25. Берталанфи Л. фон Общая теория систем. – М.: Мир, 1960. – 328 с.
26. Тей А., Грибомон П. и др. Логический подход к искусственному интеллекту. – М.: Мир, 1990. – 429 с.
27. Гаврилова Г.А., Хорошевский В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. – СПб.: Питер, 2000. – 382 с.
28. Люгер Ф. Искусственный интеллект. Стратегии и методы решения сложных проблем. – М.: Изд. дом «Вильямс», 2003. – 863 с.
29. Ньэлл А., Саймон Г. GPS – программа, моделирующая процесс человеческого мышления // Вычислительные машины и мышление. – М.: Мир, 1967. – С. 283–301.
30. Братко И. Алгоритмы искусственного интеллекта на языке PROLOG. – М.: Изд. дом «Вильямс», 2004. – 640 с.
31. Минский М., Пейперт С. Перцептроны. – М.: Мир, 1971. – 254 с.
32. Системи підтримки прийняття рішень – проектування та реалізація / П.І. Бідюк, Ю.Ю. Щербань, В.Ю. Щербань та ін. – Київ: КНУТД, 2004. – 112 с.

Стаття надійшла до редакції 26.12.2007