

МЕГАМАШИНА МЫШЛЕНИЯ

сверхсложная гибридная когнитивная система как среда реализации проекта Нейронет

М.В. Сухарев

Институт экономики КарНЦ РАН

Аннотация

Большие научно-технологические проекты всегда включают в себя очень важный процесс коллективного мышления, никогда не управляемый должным образом. В то время как должен управляться подобно логистике перевозок. В этих проектах заняты специалисты высокой квалификации из различных областей знания, потому что нужны физико-математические модели, новые материалы (химия и материаловедение), электроника, программы и так далее. Кроме людей включены внешние средства: тексты на бумаге, компьютеры, схемы и чертежи и т.д. Ни один человек не может обладать всеми нужными знаниями сразу. Поэтому организация коллективного мышления неизбежна. Специалистам предстоит вместе создавать идеальную (мысленную) модель своего объекта, причем разные элементы этой модели будут находиться в разных умах. Если взаимодействие между этими элементами затруднено, то модель не будет соответствовать реальности. Правильная организация коллективного мышления, наблюдение за когнитивным процессом в проекте и управление им позволяет значительно ускорить выполнение проектов и повысить их качество. Современные информационные системы позволяют поместить всех участников проекта в общую сетевую среду, которая не только предоставляет им средства коммуникации, но делает возможным мониторинг «потока мыслей» и управление им. Гибридные сетевые системы, объединяющие человеческий и искусственный интеллект, дают возможность создать «мегамашины мышления», ускоряющие научное, технологическое, экономическое и социальное развитие. Проект предполагает разработку принципов и модели системы интеллектуальной поддержки управления развитием сообществ, способной при соответствующем масштабировании надежно предсказывать и планировать историческое будущее социально-экономических систем, включающих $10^8 - 5 \cdot 10^9$ человек.

Коллективное мышление

Коллективное мышление – это такой процесс решения сложных проблем, когда производительности мозга и знаний одного человека не хватает, и приходится работать вместе множеству людей. Это могут быть задачи государственного управления, когда с

давних пор царь собирал своих советников (воевод, архитекторов, кораблестроителей, государственных мужей и т.д.), создание крупных технических проектов, типа атомного или космического, научные проблемы, когда требуется соединение множества сведений, как, например, для создания теории биологической эволюции требовалось объединить данные, полученные тысячами исследователей существующих и ископаемых животных.

Коллективное мышление всегда использует язык – сигнальную систему, основанную на понятиях. Понятия это такие элементы идеальных (мысленных) систем, которые достаточно точно соответствуют элементам, процессам и взаимодействиям реального мира, чтобы позволять строить из них модели существующих и (что даже более важно) потенциально возможных реальных систем. Если у нас есть понятия заряда, электрона, электрического поля и вакуума, мы можем придумать электронную лампу, комбинируя эти понятия в уме, составляя из них различные системы. Если этих понятий нет, то человек комбинирует из того, что есть: дерево, камень, веревка, получается каменный топор.

Понятие – это не информация, это знание. Обладание знанием позволяет создавать информацию, как знание математики позволяет создавать таблицы логарифмов. Понятия открываются индивидами, язык позволяет распространять эти понятия между людьми. Очень немногим людям удастся открыть понятие, и только благодаря обмену каждый из нас обладает и может оперировать тысячами понятий, многие из которых были созданы еще в древней Греции.

Создание новых понятий изменяет язык (появляются новые слова). Каждое новое понятие дает тем, кто конструирует будущее (в форме новых машин, новых производств, новых форм социального устройства) мощный инструмент понимания и изменения мира. Инструмент, чтобы выживать и развиваться в этом мире.

Один из первых исследователей науки, как социального когнитивного процесса, часто сравнивавший науку с решением головоломок, был Томас Кун. Возможно, такое определение его роли ему не понравилось бы.

Он писал: *«Постепенно, и часто до конца не осознавая этого, историки науки начали ставить вопросы иного плана и прослеживать другие направления в развитии науки, причем эти направления часто отклоняются от кумулятивной модели развития. Они не столько стремятся отыскать в прежней науке непреходящие элементы, которые сохранились до современности, сколько пытаются вскрыть историческую целостность этой науки в тот период, когда она существовала. Их интересует, например, не вопрос об отношении воззрений Галилея к современным научным положениям, а скорее*

отношение между его идеями и идеями его научного сообщества, то есть идеями его учителей, современников и непосредственных преемников в истории науки».

Кун доказывал существование периодов «нормальной науки», накапливающей факты в рамках существующих концепций мира, и «научных революций». Когда старые концепции не могут объяснить большое количество фактов, обнаруживаемых вследствие расширения поля исследований.

Вспоминая историю, можно заметить, что подобные «нормальные» и «революционные» периоды характерны для любой умственной деятельности, от создания военных стратегий и до рисования картин.

Часто вовремя уловить новые тенденции означает сохранить лидерство в своем виде искусства. Но в то же время возникновение «революционного» периода может долго (иногда годами и десятилетиями) оставаться незамеченным. Дело в том, что исследователи не любят отказываться от концепций, создававшихся долгое время и с большим трудом. Поэтому большая часть ученых пытается найти способы объяснить противоречия теории и фактов самым разными способами, создавая «защитный пояс теории» (Лакатос). В то же время другие (обычно образующие несколько групп) пытаются создать новую концепцию, которая объясняла бы как старые факты, так и вновь открытые.

Это изменяет картину исследовательских групп (невидимых колледжей) и сетей коммуникации в науке (*коннектом* науки), ученые ищут данные и теории в новых местах, на которые не обращали внимания в период нормальной науки (это справедливо и для инженерной деятельности). Одновременно изменяется частота употребления определенных терминов, возникают новые группы близко расположенных слов, возникают новые понятия и обозначающие их слова.

Наука современного типа, возникшая в Европе XVI-XVIII веков, основанная на логике, эксперименте и математике, а также на новой организации, опиравшейся на университеты и не существовавшие до этого научные журналы, стала мощнейшим генератором новых понятий. На основе этих понятий были созданы небывалые новые системы: доменные печи, паровые машины и железные дороги, электростанции и линии передач, станки и машиностроение и так далее. Все это было создано сначала в уме изобретателей, которые пользовались новыми понятиями, открытыми в науке.

Создавая современную сетевую среду коллективного мышления для такого мегапроекта, как Нейронет, следует учитывать, что за время его проведения во множестве научных и технологических групп, работающих в нем, произойдет множество больших и малых «когнитивных революций», своевременное обнаружение которых и управление которыми может ускорить общий процесс в полтора-два раза.

XXI век предоставляет совершенно новое средство коммуникации для коллективного мышления – сетевую среду. Если практически вся коммуникация между экспертами, задействованными в проекте, будет идти через сеть то, во-первых, весь поток мыслей будет цифровым и фиксироваться для использования в будущем, во-вторых, может мониториться и управляться центрами когнитивного управления.

Сверхсложная гибридная когнитивная система управления проектом Нейронет

Ключ к познанию и управлению сверхсложными объективными системами лежит в создании *сверхсложных гибридных когнитивных систем (СГКС)*, имеющих необходимый объем памяти и производительность для создания достаточно точных¹ моделей государств, глобального политического процесса, экономики на уровне государства и всего мира, человеческого мозга, большого сообщества.

В настоящее время мы имеем счастливую возможность развить и экспериментально отработать принципы создания СГКС на примере системы управления проектом Нейронет в рамках Национальной Технологической Инициативы Российской Федерации.

Пока мы не можем создать полностью искусственную когнитивную систему такого уровня. Поэтому нужно создавать *гибридную* сетевую систему, включающую людей (экспертов различных специальностей), средства коммуникации, банки данных и знаний, вычислительные кластеры и существующие элементы искусственного интеллекта. Все это должно дополняться соответствующими программными средствами поиска, статистической обработки, моделирования и т.д.

Кроме материальной основы такой системы, люди и ее искусственные компоненты должны включать все доступные знания по экономике, политологии, социологии, природных ресурсах, демографии России и мира и так далее.

Конечно, все это уже существует и в различных комбинациях используется.

В чем же особенность предлагаемой системы? В том, что она проектируется, как целостная система, ориентированная на поддержку и управление процессом получения и применение знаний (а не информации, хотя получение информации на основе знаний является ее дополнительной функцией). Теоретической базой конструирования системы является гносеология, философия науки, когнитивная наука, социология научного знания и культурная антропология.

¹ Достаточно точных – имеющих заданную вероятность истинности прогноза на определенный срок и заданную надежность управления.

Структуры возникновения знаний и открытий, полученные в результате исследования научных сообществ, будут положены в основу конструирования гибридной сети. Элементы искусственного интеллекта призваны служить усилителями естественного интеллекта, ускоряя работу ученых и инженеров, содействуя образованию интеллектуальных сообществ по вновь выявленным проблемам, семантическому поиску информации и знаний и концепций в действующей сети и базах знаний, дискурс-анализу существующих и возникающих тем.

В целом уже ясно, что сеть будет иметь нейроморфную структуру, где эксперты играют роль нейронов, а агенты и сеть - роль аксонов и дендритов; будут возникать структуры, похожие на прецептроны, неокортекс с колонками и т.д. В реальном времени будет отслеживаться *коннектом проекта*: линии коммуникации между участниками проекта и используемыми ими информационными ресурсами.

Проект «Нейронет» является примером, соединяющим как исследование сверхсложной системы (человеческого мозга и нервной системы, как «жардвера» плюс организации процессов восприятия и мышления, как «софтвера»), так и несколько технологических мегапроектов (интерфейс мозга и компьютера, биопротезы, моделирование мозга и т.д.), социальные, технологические и рыночные перспективы которых очень велики, но точные контуры достаточно туманны.

В последнее время возникло новое направление менеджмента креативными организациями – холакратия (<http://www.holacracy.org>). Это динамические структуры самоорганизации людей для достижения общих целей, явно сетевого типа. Группы быстро возникают и так же быстро изменяются по мере достижения одних целей и возникновения новых. Применение таких структур вряд ли целесообразно в организациях индустриального типа, но в инновационных проектах должно быть очень эффективным.

Практическая организация системы

Как было сказано, мегамашины мышления (понятие мегамашины введено Л. Мамфордом для обозначения тех социотехнических систем, созданных из рабов, быков, канатов, рычагов и блоков, с помощью которых были построены пирамиды и каналы древнего мира) состоят из специалистов различных областей знания, дополняющих друг друга, библиотек, схем, чертежей, специальных журналов, калькуляторов, компьютеров и прочих артефактов, используемых в когнитивной деятельности. В настоящее время из всего этого многообразия достаточно оставить людей, компьютеры и цифровые сети.

Когнитивный процесс, идущий в системе, будет связан с возникновением революционных ситуаций, которые будут сопровождаться теми же явлениями, что и в

старой науке – образованием новых групп и изменением словарного состава коммуникации в этих группах, частоты употребления терминов, возникновения новых коннотаций, новых терминов и новых понятий, которые сначала могут не иметь точного названия, но могут обозначаться несколькими связанными словами.

Благодаря тому, что весь процесс идет в компьютерной сети, можно отслеживать эти процессы в реальном времени, а не так, как делали историки науки. Но для правильного понимания процессов накопленные данные истории и социологии науки крайне важны.

На основании анализа возникающих «когнитивных течений», «когнитивных вихрей» и «когнитивных бифуркаций» возможно **управление когнитивными процессами, управление мегамашинной мышления.**

Для слежения за когнитивным процессом и управления им следует создать специальные **центры управления потоками мысли**. Центры управления должны комплектоваться специалистами, знакомыми с философией и историей науки, историей техники, социальной психологией, социальной динамикой и так далее. Кроме этого, в каждом центре должны быть дженералисты – специалисты высокого уровня с очень широким кругозором. Каждый центр должен курировать свое тематическое поле. Должен существовать также общий центр управления проектом, сопоставляющий то, что происходит в отдельных зонах.

Иногда исследователи не знают, что важные события произошли в далекой от них области. Так, жидкие кристаллы, повсеместно используемые теперь в электронике, были открыты еще в 1904 году, и только в 1968 начато их использование в электронике.

Общий поток информации в системе будет очень большим, поэтому его мониторинг будет представлять собой существенную проблему. Простое чтение лент и переписки экспертами страдает субъективностью, нужны объективные данные.

Исправить ситуацию возможно за счет использования уже существующих элементов искусственного интеллекта, прежде всего средств NLP (обработки естественного языка) частью которого является семантический анализ. Эти средства уже существуют, многие в виде бесплатно распространяемых пакетов с открытым кодом, что позволяет их доработку под свои цели. На создание этих пакетов уже затрачены сотни тысяч человеко-часов работы программистов, что позволяет резко сократить затраты и ускорить разработку. В целом проект среды для Нейронет требует комплексного применения множества таких пакетов, которые нужно настроить и доработать для работы в одной системе.

Техническая организация СГКС

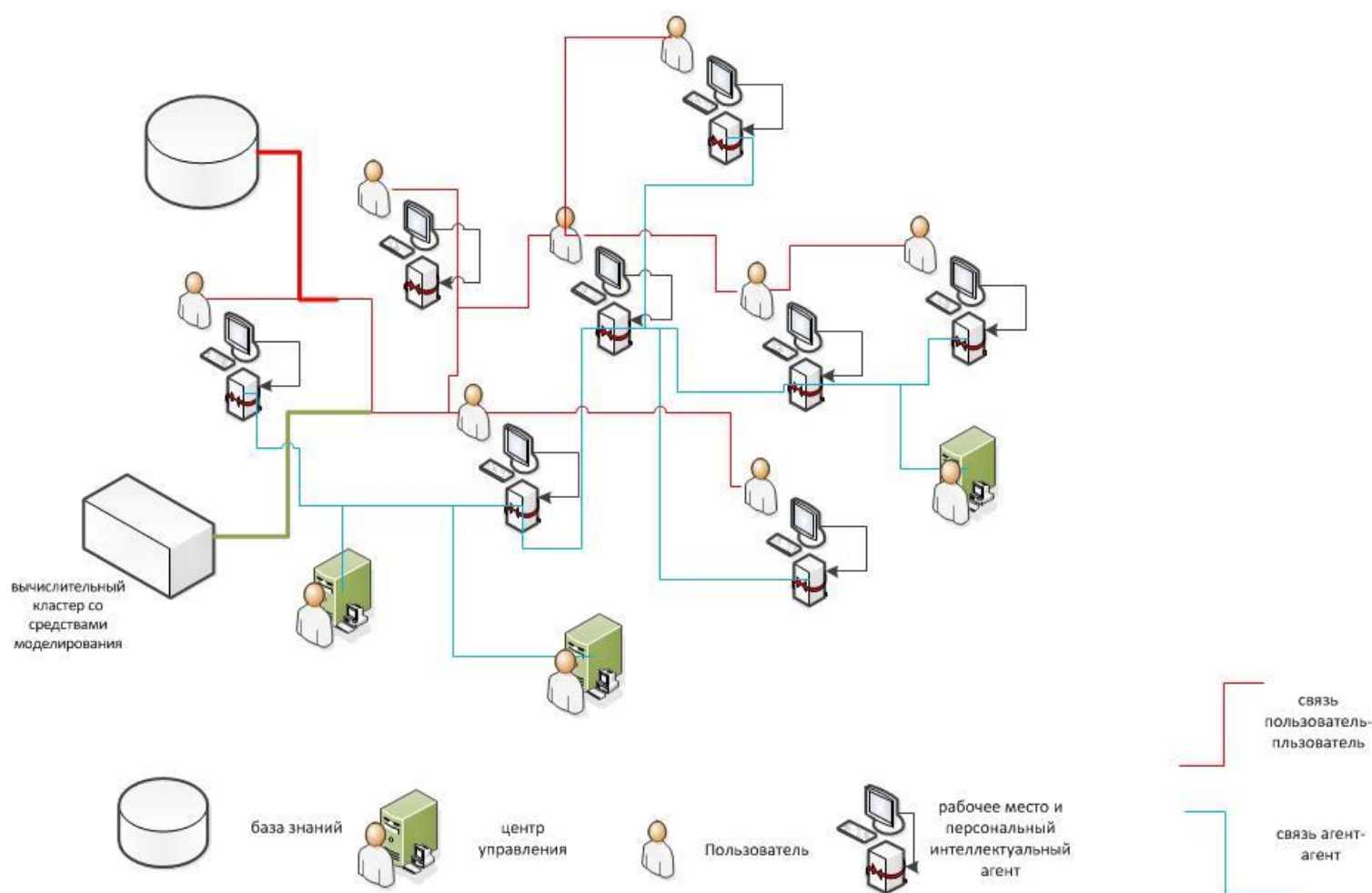


Рис. 1. Схема гибридной когнитивной системы

1. Все участники должны быть включены в единую информационную систему. Это значит, что начиная работу, каждый участник входит в систему с помощью логина и пароля (лучше с помощью USB-ключа или смарт-карты), которые определяют его систему доступов и полномочий, настройку программного обеспечения (включая настройку интеллектуальных агентов). В идеале, участник должен получать доступ к своему настроенному рабочему месту с любого компьютера в сети Интернет, включая мобильные устройства (облачные системы).
2. Масштаб системы. В системе может быть до нескольких тысяч участников, территориально расположенных в разных городах России (возможно, всего мира). Возможные решения – программное обеспечение территориально распределенных корпоративных сетей (Cisco, Microsoft, Sun Solaris ...). Возможно использование open-source стандарта доступа OpenLDAP или Samba4.

3. Эта система должна включать в себя открытую и закрытую части (мы хотим затруднить разнообразным конкурентам доступ к новым идеям, которые участники проекта генерируют). Реализация – виртуальная сеть (VPN) через Интернет с использованием протоколов со стойким шифрованием. Существует ПО, создаваемое в рамках open source проекта OpenVPN.
4. Система должна предоставлять пользователям самые разнообразные сервисы: мгновенные сообщения и форумы, средства поиска и средства моделирования, средства создания рабочих групп и средства создания баз знаний (типа Википедии). Можно выделить средства коммуникации, ориентированные на разные временные интервалы публикации и ответа на нее.
 - a. Самая медленная – это книги. Написание книг и реакция на них занимает многие месяцы и годы. Реализуется чаще на обычных CMS (Drupal, Joomla! и т.п.) с дополнительными модулями. Основной функционал – поиск; аналоги авторских и предметных каталогов, поиск по ключевым словам.
 - b. Более быстрая – статьи. Пишутся за недели и месяцы, время реакции тоже недели и месяцы, хотя некоторые статьи создают дискурс на десятки лет. Реализуется подобно библиотекам.
 - c. Еще более быстрая – заметки в Интернет. Время написания – минуты или часы, реакция до нескольких дней. Реализуется средствами интернет-форумов или досок объявлений. Существует множество open source «движков», phpBB, Vanilla и т.д.
 - d. Самый быстрый – службы мгновенных сообщений (чат), самый известный пример – твиттер. Известные open source системы – XMPP, его развитие Ignite Realtime, OnlyOfficeJabber и другие.
5. Каждый специалист должен быть снабжен персональным интеллектуальным агентом, помогающим ему следить за коммуникацией в сети. Агенты снабжаются средствами типа web scraping и data mining, извлекающими данные из сети. Агенты должны настраиваться под интересы специалиста, терминологию его предметной области. Лучше всего это могут сделать сами специалисты, для чего агенты нужно снабдить логичным и удобным интерфейсом построения онтологий их предметных областей. Создание онтологий можно автоматизировать на основе анализа агентом поисковой активности специалиста. Существующие реализации: Aigents.com, Open-source JAVA Agent DEvelopment Framework, Open ADK.

6. Параллельно сети коммуникации специалистов должна существовать сеть коммуникации интеллектуальных агентов, связанная с центрами когнитивного контроля и управления.
7. Система должна быть снабжена постоянно действующими краулерами (веб-скреперами), отслеживающими коммуникационную активность, извлекающими контент различных видов в стандартизированную текстовую форму. Имеются open-source реализации: Scrapy, Apache Nutch.
8. Для ускорения образования когнитивных кластеров необходимо снабдить систему средствами поддержки социальных (экспертных) сетей, ориентированных на сложные когнитивные процессы. Это могут быть иерархические группы, пересекающиеся (частично наложенные) группы, семантический поиск единомышленников и т.п. Имеется несколько достаточно развитых реализаций open source: eXo Platform, Dolphin, Schoology, mooSocial.
9. Система поддержки менеджмента динамических креативных организации «Холакратия». Новое направление, программного обеспечения почти нет. Разработку ведет группа GlassFrog (<http://glassfrog.com>).
10. Система поддержки генерации инновационных идей на основе ТРИЗ. Подсказывает исследователю всевозможные варианты комбинирования элементов для решения проблемы. Существует вариант программного обеспечения «ТРИЗ-Генератор Идей 3.0».
11. Средства моделирования. Доступные онлайн средства математического моделирования, моделирования физических и социальных процессов, моделирования сетей, мультиагентного моделирования. Желательно установить их на достаточно мощных вычислительных кластерах. Существует множество свободных пакетов моделирования, например Advanced Simulation Library (требуется интерфейс VTK/ParaView), ASCEND, FreeMath, GNU Octave, Java Agent-Based Modeling toolkit, Physics Abstraction Layer, Scilab и множество других.

Приложение 1

Названия направлений исследований, которые могут быть использованы при разработке принципов СГКС (сверхсложных гибридных когнитивных систем):

<p>Analitical Communities Antropology Brainstorming Complex Adaptive Systems Cognitive Sociology Collaborative Decision Collaborative Filtration Collaborative Networks Collaborative Planning Collective Thinking Communicative Planning CommunityBuilding Community Driven Development Complexity Theory Connectionism Cooperative Thinking Crowd Sourcing Data Mining Deliberative Planning Distributed Project Management Decision-Support System e-Participation Evolutionary Management Foresight</p>	<p>Holacracy Knowledge Management Knowledge Organization Systems Named Entity Recognition Natural Language Processing Network Creativity Ontology engineering Organizational Learning Philosophy of mind Project Management Semantic Web Shared Vision Semantic Search Social Computing Social networks</p> <p>Всеобщая организационная наука Организационно-деятельностные игры Рефлексивное управление Русский космизм Эгрегор (Роза мира) Экзокортex (exocortex) Школа устойчивого развития (П.Г. Кузнецов)</p>
---	--

Приложение 2

Геополитическая ситуация национального проекта НТИ

Три причины явились условием возникновения Pax Americana:

- унаследованная с переселенцами в Америку европейская культура (включая научные и технологические знания)
- удачная институциональная система Соединенных Штатов Америки (построенная как развитие европейских лучших практик), являющаяся средой отбора эффективных производящих и финансовых организаций
- социальная инерция европейских государств, которые к концу XIX века еще не полностью завершили переход от феодальных систем национального управления к капиталистическим
- две мировые войны, которые нанесли Европе огромный ущерб
- распад социалистического блока в конце XX века

Возникновение ядерного оружия во второй половине XX века сделало большие войны невозможными, и Евразия выходит вперед просто по причине огромного численного преимущества. Общее население Южной и Северной Америки составляет около 900 млн. человек, в то время, как население Евразии около 5 миллиардов.

При отсутствии государственной субъектности эти 5 миллиардов можно было бы отправить в любом направлении, но есть Россия и Китай, руководить которыми в нужной степени не удастся, плюс развивающаяся Индия, которая помнит колонизаторов, да и в Европе есть силы, стремящиеся выйти из под опеки США.

Но главное - это процесс экономического роста, который хотя и имеет догоняющий характер, но «размер имеет значение». 5 миллиардов человек даже при производительности труда в четверть от западного, создадут намного больший совокупный капитал, чем 320 млн. населения США. И значительная часть этого капитала направляется на развитие национальных инновационных систем, а что в них будет происходить, например, за счет кооперации русских, китайских и индийских ученых и инженеров, предугадать невозможно. Обслуживание евразийской экономики требует создания независимой финансовой системы, включая банки, биржи, платежные системы, что угрожает монопольному преимуществу доллара, и помешать ее созданию почти невозможно.

Итак, мир вступает в очередной период преобразований, подобный началу или середине XX века. Для отдельных стран этот период может закончиться печально, как 1914-й для Австро-Венгерской империи или 1939-й для Германии. Россия в начале XX

века нашла спасение через революцию, но это спасение стоило очень дорого, может быть, слишком дорого. Распад СССР в 1991-м году, весьма вероятно, отдаленное последствие потерь человеческого потенциала в ходе революции и последующей борьбы за стабилизацию, а революция 1917-го года – явное следствие неспособности царской администрации оценить текущую ситуацию и предвидеть ее развитие.

Сейчас вновь только высочайшая способность предвидения и управления на уровне глобальных экономических и политических процессов может гарантировать способность государства не проиграть, но выиграть в условиях надвигающихся перемен.

Для обретения необходимой способности предвидения и планирования необходимо решить гносеологическую проблему познания сверхсложных систем и оптимального управления такими системами. В первую очередь, это сам человек и сообщества (в том числе, государства, религии, мир-системы), включающее от 10^8 до $5 \cdot 10^9$ индивидов и на порядки большее количество довольно сложных артефактов. Вторая сверхсложная система, изменения в которой необходимо предвидеть - это подвергающаяся все возрастающему давлению биосфера Земли, среда нашего обитания, от состояния которой зависит жизнь будущих поколений.

Успехи науки и технологии за последние четыреста лет связаны с изучением простых объектов и созданием относительно простых артефактов. Эти открытия обеспечили создание убедительных для широких кругов населения достижений: транспорта, телевидения, механизации и автоматизации производства, обеспечивающих небывалое благосостояние развитых и даже развивающихся стран.

Однако на рубеже XX-XXI столетий наметилось некоторое замедление прогресса и перехода к новому укладу (технопауза), что вызывает раздражение населения, привыкшего к постоянному росту. Эта техно-экономическая пауза, к несчастью, совпала по времени с геополитической реконфигурацией мира, связанной с возвратом экономического центра тяжести из Нового Света в Евразию.

Экстенсивный рост социально-экономических систем уперся в ограниченность природных и энергетических ресурсов Земли, а интенсивный - в проблемы сложности. Это сложность человеческого организма и популяции в быстро изменяющейся экологической среде, когда здоровье каждого следующего поколения хуже предыдущего, а мы не можем этим управлять. Это сложность социальных процессов, угрожающих безопасности России и всего мира. Сложность техносферы, создающей в своем развитии непредвиденные эффекты: киберпреступность, сетевую социальную турбулентность, кибер-войны и т.д. Сложность экономики, когда взлетают непредвиденные направления, подрывая бизнес старых корпораций.

Приложение 3

Теория коллективного мышления

Человеческое мышление в значительной степени коллективно, о чем пишет, например, Эдвин Хатчинс в своей книге «Мышление в натуре» (Edwin Hutchins, *Cognition in the Wild*), определяя такое мышление, как «распределенное»² (distributed cognition). Особенно это справедливо для наиболее сложных видов познания, например, научного.

Однако следует отметить общую слепоту англо-американского сообщества к социальному аспекту мышления, связанную с присущим ему индивидуализмом. Поэтому распределенным интеллектом на Западе занимаются немногочисленные группы исследователей (среди членов которых много индийцев, китайцев, континентальных европейцев). Тут у России, в глубине менталитета которой еще не совсем стерлось общинное сознание, есть хорошие шансы сказать свое слово.

В статье П. Смарта и К. Сикары «Коллективное мышление и военные коалиции» утверждается: «Растет понимание распространенности и важности того, что мы могли бы назвать коллективным осмыслением, то есть деятельности, которую группы людей совершают, чтобы развивать понимание на индивидуальном и коллективном уровне».

Но человеческое мышление не только коллективно, оно кроме того давно и широко использует внешние средства «расширения разума»: письменность, рисунки и схемы, счеты и арифмометры, в последнее время во все большей степени использует компьютеры и цифровые сети. В конечном счете оказывается, что «большое мышление» (включая научное создание знаний) совершается большими системами, включающими сотни и тысячи людей и искусственные средства хранения и обработки информации.

На первой же стадии анализа современной науки становится ясно, что отдельный ученый в принципе не способен создавать знания такого уровня. Например, многие ученые пользуются математикой, которую создавали не они, а получили готовую. Физики-теоретики пользуются данными экспериментаторов; причем создать или даже разработать такие установки сами они не в силах. Со своей стороны экспериментаторы создают установки на основе теоретических концепций. Нейрофизиологи пользуются знаниями из физики, химии, теории информации. Вообще, преобладающая доля знаний каждого специалиста и сам язык, на котором он мыслит, получены во время обучения и профессионализации, и только небольшая часть в результате собственных исследований.

Многие фундаментальные теории созданы на основе огромного материала, который долгое время собирался тысячами полевых исследователей. Такова, например,

² О используемой терминологии см. Тезаурус в конце документа.

биологическая теория эволюции, для создания которой сначала нужно было изучить огромное количество уже существующих и древних животных, без сравнения которых сама мысль о том, что они изменяются, была невозможна.

То есть, созданием научных знаний занимаются не отдельные личности, а научные коллективы (часто очень большие и не имеющие четких границ), которые следует рассматривать, как *когнитивные системы*, снабженные соответствующими артефактами: приборами, средствами хранения, обработки и передачи информации и так далее. Это компьютеры, книги, журналы, осциллографы и т.д. Важнейшей частью этих систем являются средства коммуникации.

До второй половины XX века структура научных сообществ вместе с их журналами, библиотеками и конференциями складывалась стихийно, не являясь объектом научного изучения или специального конструирования. Но после II мировой войны наука становится важным элементом государства, обеспечивающим безопасность и экономический рост. Наука становится большой и дорогой, индустриализируется. Поэтому науку начали подвергать научному же анализу (Р. Мертон, Т. Кун, Д. Прайс и др.).

В последние годы распространение Интернет радикально изменяет структуру науки и технологического творчества; новые направления исследований очень быстро становятся известны по всей планете, возникают новые «невидимые колледжи», базы знаний (Википедия и специальные научные энциклопедии и депозитории). Однако все это ведет к тому, что объем доступной ученому информации становится слишком велик даже с учетом помощи поисковых машин. Требуется внедрение средств искусственного интеллекта (ИИ), семантического поиска и персональных интеллектуальных агентов, что может повысить качество и производительность труда ученых и инженеров в несколько раз. Требуется полностью изменить системы публикации, перенося их в сеть, но при этом сохраняя авторское право и экспертизу научного уровня.

При анализе структур научной коммуникации можно видеть явное сходство со структурами коммуникации нейронов и нейронных ансамблей в головном мозге.

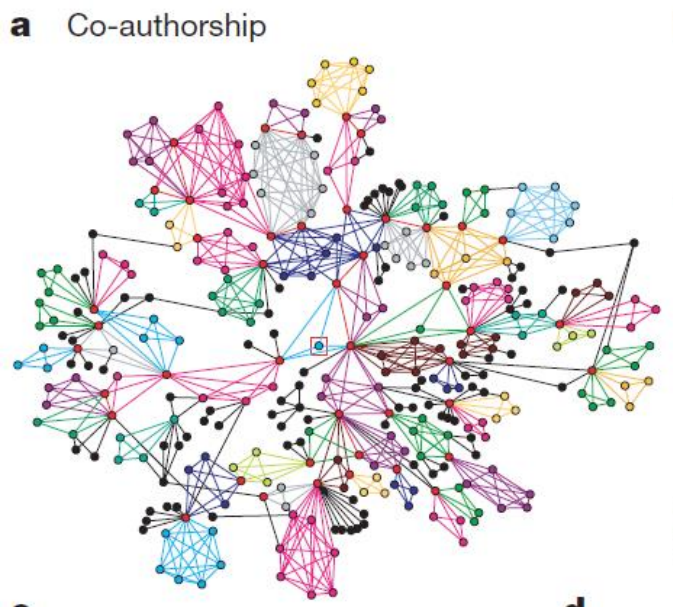


Рис. 1 Сеть соавторства

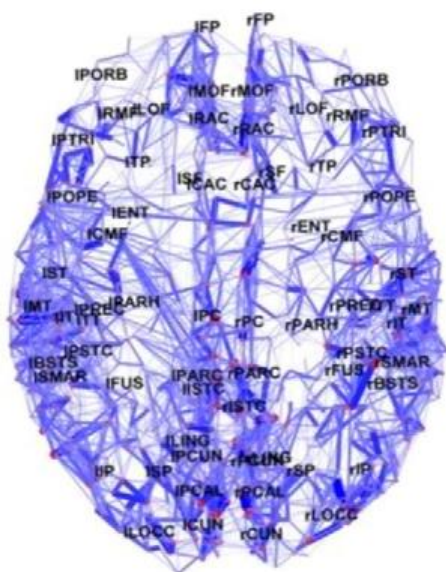


Рис. 2. Коннектом головного мозга человека

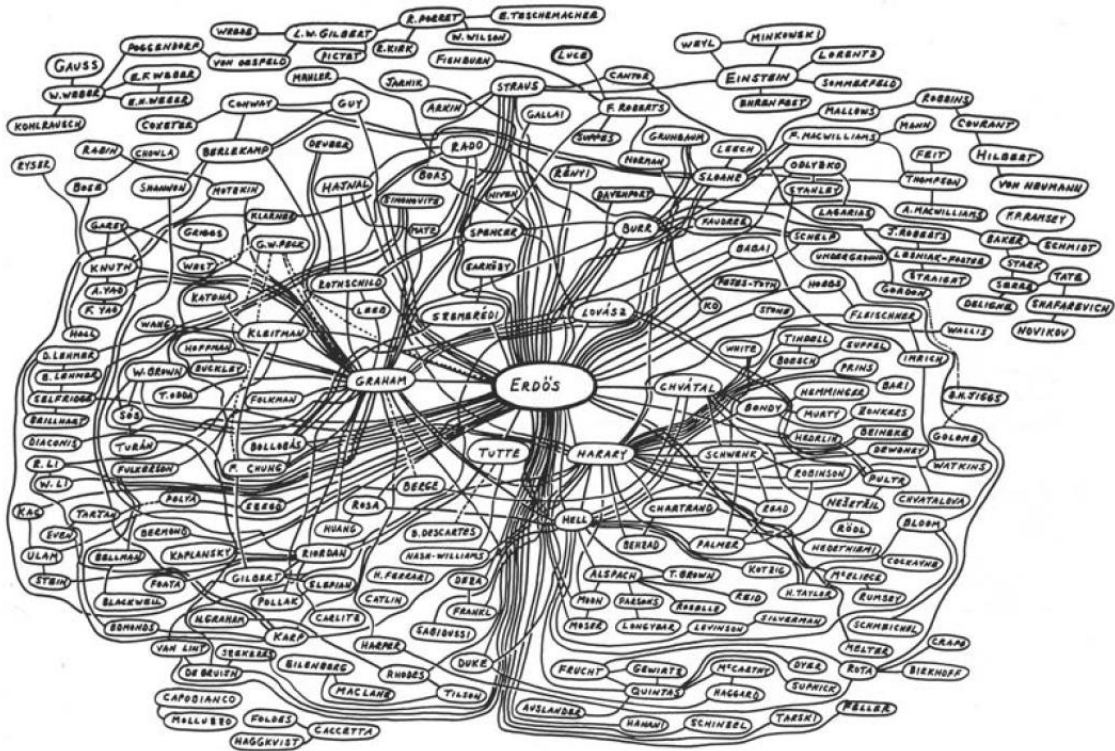
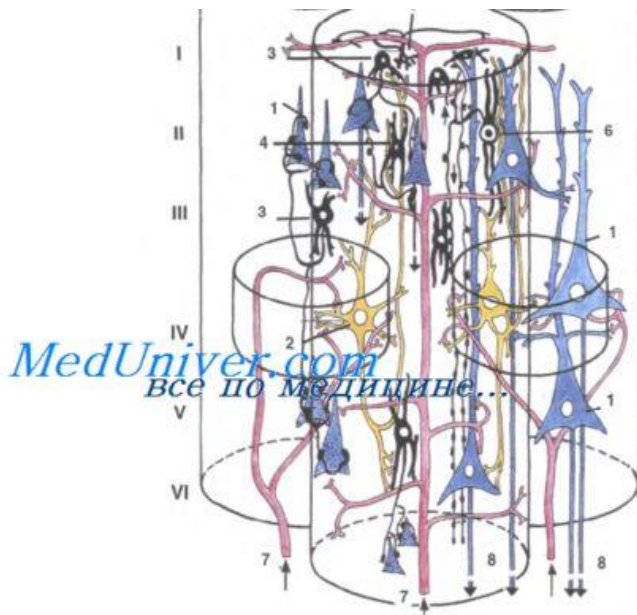


Рис. 3. Коммуникативный граф Пауля Эрдоса



НЕЙРОНЫ.

1 — пирамидные нейроны (синие): основные эффекторные клетки коры (аксоны больших пирамидных нейронов формируют пирамидные пути, идущие к мотонейронам спинного мозга).

2 — звездчатые нейроны (желтые): возбуждают пирамидные клетки.

Тормозные нейроны (черные):

3 — корзинчатые,

4 — аксоаксональные.

Образуют тормозные синапсы на телах и аксонах пирамид, корректируют их ответ на возбуждение.

5 — клетки с аксоаксональной кисточкой. Образуют тормозные синапсы на афферентных волокнах, корректируют входной сигнал.

6 — клетки с двойным букетом дендритов. Тормозят прочие виды тормозных нейронов и тем самым растормаживают пирамиды.

Рис. 4. Колонка нейронов (неокортекс)

Это сходство не случайно. Коннекционизм (connectionism) пытается стать общей теорией когнитивных сетей, независимо от их сущности, биологической, электронной или иной. Основная идея коннекционизма состоит в том, что ментальные явления могут быть описаны моделью сетей относительно простых и часто однотипных взаимосвязанных элементов. «Простых» относительно сети в целом, как нейрон прост в сравнении с мозгом. Хотя первоначально коннекционизм был сформулирован, как методология понимания работы нейронных и нейроморфных сетей, затем возник целый ряд исследовательских групп, применяющий этот метод для изучения социальных сетей, в которых коммуникация идет между людьми.

Коммуникация между людьми может иметь самый разный характер. Могут обсуждаться новые кинофильмы, религиозные вопросы или фасоны кофточек. Организация коммуникации, правила поведения (микроинституты) в этих обсуждениях в чем-то общие, в чем-то различные. *Здесь нас интересуют только системы коммуникации логического типа*, хотя эмоциональные элементы, как элемент, необходимый для мотивации людей, могут присутствовать. Открытия и изобретения быстрее создаются, если ученые и изобретатели испытывают воодушевление.

Такие системы нужны в науке, технологических проектах, управлении, экономике, разработке военных стратегий и других областях, где требуется принимать сложные обоснованные решения. Называть такие сети просто «когнитивными» не стоит; когнитивный подход включает имплицитные знания и эмоциональный интеллект, которые полезны для человека, но мало подвержены логической аргументации.

Рассмотрим, насколько применимы основные положения коннекционизма к логическим когнитивным гибридным сетям.

В последние годы большое внимание вызвала социально-сетевая технология краудсорсинга, в которой знание создавалось усилиями большого количества независимых участников. Всем известный пример, показывающий глобальный потенциал краудсорсинга – Википедия.

Однако краудсорсинг имеет один принципиальный недостаток – огромное количество создаваемой разнородной по качеству информации, которую нужно «просеивать». Но для такой фильтрации требуется большое количество высоко квалифицированных людей, способных выделять действительно ценные идеи из обширного потока зачастую весьма правдоподобной ерунды, к тому же сформулированной на профессиональном языке.

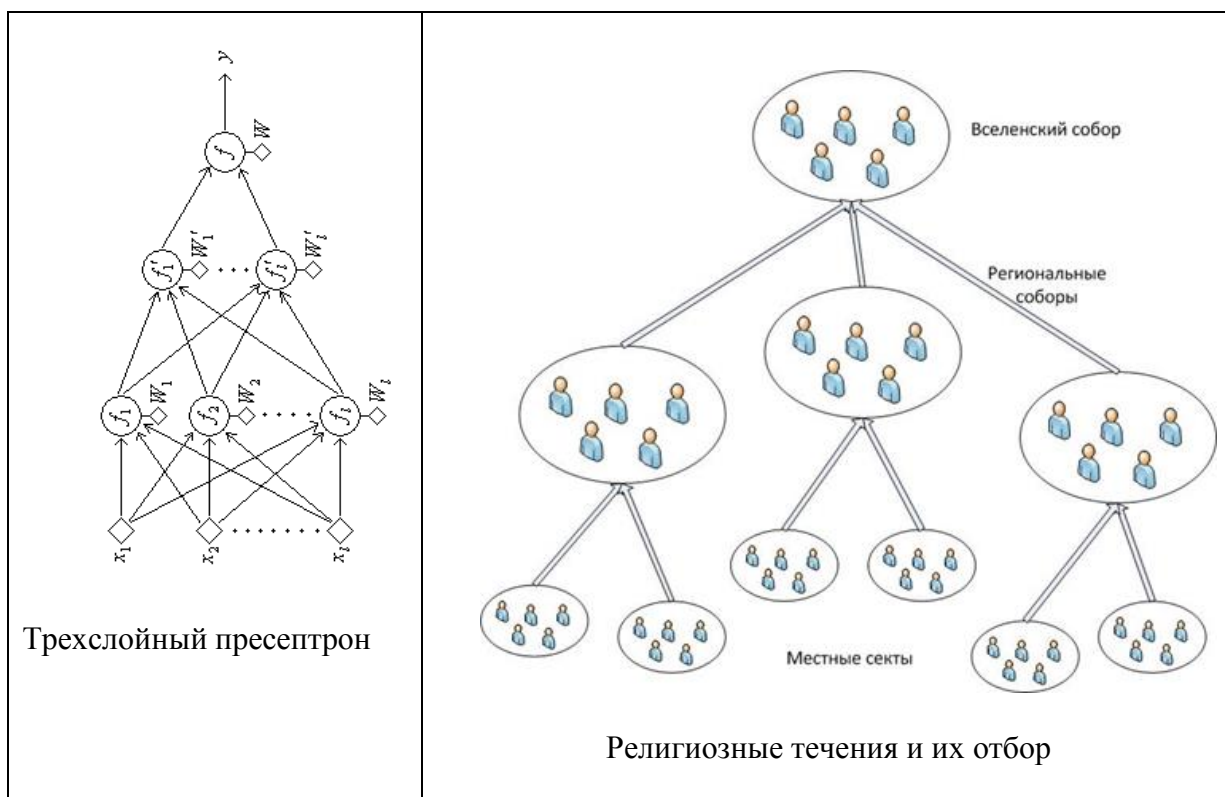
История дает нам примеры решения проблем, похожих на проблемы краудсорсинга. Религия один из старейших. Нам лучше известно христианство. В начале

нашей эры, когда христианство получило широкое распространение, появились многие тысячи проповедников, которые по разному трактовали исходное учение. Они образовывали группы, объединяясь для борьбы со сторонниками других версий.

Возникли первые ереси: гностицизм, манихейство, арианство и так далее. Все эти течения пытались ответить на сложные вопросы, которые люди задавали проповедникам. Например, если Христос – бог, значит он всеведущий. И не может испытывать боль. То есть, он знал, что римляне идут арестовать его и сподвижников. Почему он сидел и ждал этого? Если не испытывал боль и знал, что воскреснет, что такое смерть на кресте? Спектакль?

Религия должна была для дальнейшего усиления научиться отвечать на эти вопросы, причем так, чтобы ответ устраивал абсолютное большинство населения. Для решения проблемы была создана система церковных диспутов, которые предварительно выделяли более убедительные версии. Диспуты происходили на нескольких уровнях, завершая Вселенскими соборами, которые принимали окончательное решение.

Если изобразить эту систему графически, получится нечто очень похожее на многослойный пресептрон.



В дальнейшем через университеты, возникшие в Европе в средние века, такая организация обсуждения проблем и принятия решений была перенесена в науку, которая постепенно приобретала привычную нам форму.

Схожесть с пресептроном не случайна; и в том, и в другом случае требуется собрать информацию из множества источников, взвесить ее значение по ряду параметров и принять решение.

В прошлые века коммуникация и принятие решений о истинности или ложности мысленных конструкций в логических социальных сетях занимала многие годы, но с введением научных и технических журналов, распространением библиотек и университетов, положение значительно улучшилось.

В настоящее время создание Интернет ускорило коммуникацию до предела восприятия; научная статья (в форме *working paper*) может быть размещена в сети и прочитана через минуты после ее завершения.

Возникло большое количество научных онлайн-журналов, в которых автор платит за публикацию, такие публикации помогают быстро увеличивать цитируемость, в отличие от модели, где платят за чтение статей.

Созданы сайты, где ученые могут размещать свои публикации или ссылки на них, создавать группы по интересам, такие как Researchgate, Academia, Mendeley и др.

Эти усовершенствования научной коммуникации, при всей своей эффективности, создали другую проблему: количество доступной ученому научной информации стало слишком велико для обозрения. По названию статьи и даже по аннотации часто не понять, нужна ли она в действительности, приходится читать, теряя время.

Исправить ситуацию возможно за счет применения элементов искусственного интеллекта, который позволил бы осуществить более точный мониторинг появления новых материалов и их отбор. При современном состоянии ИИ полная автоматизация невозможна, но интеллектуальные агенты, натренированные на конкретную предметную область могут быть вполне эффективны.

Таким образом, возникает общее представление о гибридной когнитивной сети, в которой люди-эксперты работают над решением проблемы с поддержкой систем искусственного интеллекта.