



Д.В.Журавлёв, В.С.Смолин

**Цивилизация и сильный
искусственный интеллект как
продукты самоорганизации**

Рекомендуемая форма библиографической ссылки

Журавлёв Д.В., Смолин В.С. Цивилизация и сильный искусственный интеллект как продукты самоорганизации // Проектирование будущего. Проблемы цифровой реальности: труды 5-й Международной конференции (3-4 февраля 2022 г., Москва). — М.: ИПМ им. М.В.Келдыша, 2022. — С. 109-127. — <https://keldysh.ru/future/2022/10.pdf>
<https://doi.org/10.20948/future-2022-10>

Размещено также видео выступления

Цивилизация и сильный искусственный интеллект как продукты самоорганизации

Д.В. Журавлёв¹, В.С. Смолин²

¹ ООО ЦИФРОМЕД, Служба управления данными

² Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН

Аннотация. Наличие самоорганизации в неживой природе привело к рождению жизни, которая, обладая новыми свойствами, развилась до появления разума. Деятельность разумных существ позволила создать цивилизацию. Прогресс науки и технологий ведёт к созданию сильного искусственного интеллекта. Условием совершенствования самоорганизации является конкуренция, свойственная всем этапам развития. Неуправляемая конкуренция может приводить к катастрофам, но пока ни одна из форм жизни не имела возможностей ни спровоцировать глобальную катастрофу, ни монополизировать своё доминирующее положение. Такие возможности ведут к гибели цивилизации, а, возможно, и жизни на Земле.

Ключевые слова: самоорганизация, сильный искусственный интеллект (СИИ), цивилизация, конкуренция, глобализация

Civilization and artificial general intelligence as self-organization development products

D.V. Zhuravlev¹, V.S. Smolin²

¹ CIFROMED LLC, Data management service

² RAS Keldysh Institute of Applied Mathematics

Abstract. The self-organization in inanimate nature led to the life birth, which, having new properties, developed to the intelligence appearance. Intelligent beings activity made created civilization. The science and technology progress leads to the strong artificial intelligence creation. The condition for the improvement of all self-organization forms is the presence of competition, which was at all development stages. Unmanaged competition can lead to catastrophes, but, until recently, none of the life forms had the opportunity to either provoke a global catastrophe or monopolize its dominant position. Such possibilities both lead to the death of civilization, and, possibly, life on Earth.

Keywords: self-organization, artificial general intelligence (AGI), civilization, competition, globalization

1. Введение: Хаос и Самоорганизация

Физическая картина мира, основанная на теории «Большого взрыва», описывает эволюцию Вселенной как процесс её расширения и остывания. В формировании строения Вселенной противодействуют две тенденции: увеличения Хаоса согласно второму закону термодинамики и развитие Самоорганизации. В космосе формируются звёзды и галактики, на Земле – континенты и океаны, разнообразный рельеф, на микроуровне – кристаллические, атомные и прочие структуры. Явления самоорганизации в неживой природе основаны на наличии нелинейных свойств физических взаимодействий, и их принято относить к процессам самоорганизации.

Самоорганизация – одно из наиболее важных явлений физического мира. Авторы идеи самоорганизации, как научного направления [1-4], рассматривали её как условие формирования Порядка из Хаоса. Если в неживой природе создание Порядка является случайным следствием нелинейности физических законов, то живая материя и Цивилизация направленно создают условия для самоорганизации.

Появление и развитие жизни можно рассматривать как накопление информации о возможностях совершенствования и ускорения процессов самоорганизации. Деятельность высокоорганизованных животных, человека и, в перспективе, цивилизации ИИ, направлены на увеличение Порядка, и мы будем относить сложные процессы к явлениям самоорганизации.

Значительная часть важных событий в эволюции вселенной произошла в течение первой секунды её существования (рис. 1), затем процессы увеличения Хаоса стали развиваться медленнее и перестали иметь полностью доминирующее значение. Наоборот, эволюция жизни шла как конкурентная борьба между различными формами и способами всё более эффективной самоорганизации со всё увеличивающейся скоростью. Совершенствовались не только формы самоорганизации, но и пути ускорения их адаптации к меняющимся условиям окружающего мира.

В дальнейшей эволюции Вселенной самоорганизация будет играть всё большую роль. Не то, чтобы физические законы (включая второй закон термодинамики) уменьшат своё значение, просто продолжающиеся и ускоряющиеся процессы совершенствования и усложнения форм самоорганизации будут всё больше определять направления эволюции. Биологическая жизнь давно стала на Земле геологическим фактором (рис. 2), влияющим на эволюцию планеты.

Рис. 1. 13,8 млрд лет эволюции Вселенной: Разлетание и замедление

Развитие процессов самоорганизации началось на микроуровне с появлением первых органических молекул. Затем жизнь стала геологическим, планетарным фактором, который в результате ускоряющейся эволюции привёл к появлению человека. Созданная людьми цивилизация уже сейчас позволяет преодолеть земное притяжение и рассматривать пути освоения Солнечной системы и выхода за её пределы.

Важнейшими идеями самоорганизации являются свойственные ей синергия и эмерджентность. Наиболее ярко они проявляются в живых организмах. С развитием более сложных форм жизни эмерджентно появляются новые формы самоорганизации. Вместе с созданием новых уровней самоорганизации растёт разумность и степень свободы воли.

Основные представления о биологической эволюции связаны с теорией Ч. Дарвина о естественном отборе [6] и теорией Ж. Ламарка о наследовании приобретенных признаков [7]. Есть и другие теории, но главные направления эволюции, особенно на начальных этапах, больше соответствовали теории Дарвина. С усложнением форм жизни стало появляться всё больше механизмов направленного изменения признаков, что отражает идеи Ламарка.

Общие принципы и идеи самоорганизации, за счёт своей универсальности, имеют широкие области применения и могут быть использованы для моделирования развития цивилизации и жизни в целом.

2. Самоорганизация жизни и накопление информации

Условия для осуществления самоорганизации в неживой материи складываются в основном случайным образом. Они обычно создают условия для поддержания процессов, но не имеют средств для запоминания их параметров и, тем более, возможностей их изменения.

Качественный скачок в самоорганизации состоит у живой материи как раз в том, что появляются механизмы для изменений параметров процессов и запоминания произошедших изменений, при этом есть возможность накопления информации об удачных параметрах процессов самоорганизации.

Уже более 70 лет назад удалось выявить, что информация записывается в молекулах РНК и ДНК, но не менее важно взаимодействие наслед-



Рис.2. Геохронологическая шкала [5]

ственно передаваемых данных и физической структуры организмов, которые используют данные ДНК для расширенного воспроизведения жизни.

Принципиальное значение имеет также возможность коррекции этой информации, приспособления её под изменяющиеся условия развития и воспроизводства. В борьбе естественного отбора выживали те линии, которые имели возможности совершенствования более высокими темпами по сравнению с другими. Уже в рамках генетической эволюции появляется ряд методов её ускорения: от простого роста численности популяции (что повышает вероятность мутаций), через всевозможные наследования нейтральных (но способных изменять свои функции) признаков до двуполого размножения и половой привлекательности, способной задавать направления более быстрого совершенствования организмов.

Появление нервной системы позволило резко увеличить возможности адаптации под изменяющиеся условия на основе информации, получаемой помимо кода ДНК. После появления человека появились членораздельная речь, письменность, книгопечатание и информационные технологии. Это дало колоссальные новые возможности по сохранению и накоплению информации об успешных способах реализации процессов самоорганизации, позволило создать и развить цивилизацию, которую можно рассматривать как этап подготовки к созданию сильного ИИ (СИИ).

3. Этапы развития самоорганизации

Геологи и палеонтологи проделали заслуживающую глубокого уважения работу, создавая геохронологическую шкалу развития жизни на Земле (рис. 2). Историю делят на 4 зона (Катархей, Архей, Протерозой и Фанерозой), зоны состоят из эр, подразделяемых на периоды. Началом фанерозойского («явно видимой жизни») зона считается кембрийский период, когда произошло резкое увеличение числа биологических видов и появились организмы, обладающие минеральными скелетами, членистоногие и хордовые, образовались сложные формы растений.

Для анализа вопросов самоорганизации представляется более продуктивным (и простым) деление на этапы, предложенное М. Тегмарком [8] (рис. 3), основанное как раз на выявлении наличия возможностей к улучшению процессов самоорганизации разными путями. С развитием жизни эмерджентно появляются новые возможности. Значимость старых оказывается менее выраженной по сравнению с новыми возможностями.

Вне сомнений, геохронологическая шкала значительно лучше детализирована (даже в варианте на рис. 2), чем стадии жизни (рис. 3). Тегмарк, по сути, предложил для исследований (например, про Жизнь 1.3, Жизнь 2.11, Жизнь 3.17) большое поле, которое позволяет взглянуть на процесс эволюции с другой стороны и достичь лучшего его понимания. второй индекс здесь означает перспективу более глубокого понимания

разных форм и видов жизни. Небольшой шаг в данном направлении делается в данной работе.




	Способна ли приспособливаться и размножаться?	Способна ли проектировать свои действия?	Способна ли проектировать своё строение?
 Жизнь 1.0 (просто биологическая)	✓	✗	✗
 Жизнь 2.0 (культурная)	✓	✓	✗
 Жизнь 3.0 (технологическая)	✓	✓	✓

Рис. 3. Три стадии жизни (по М. Тегмарку [8])

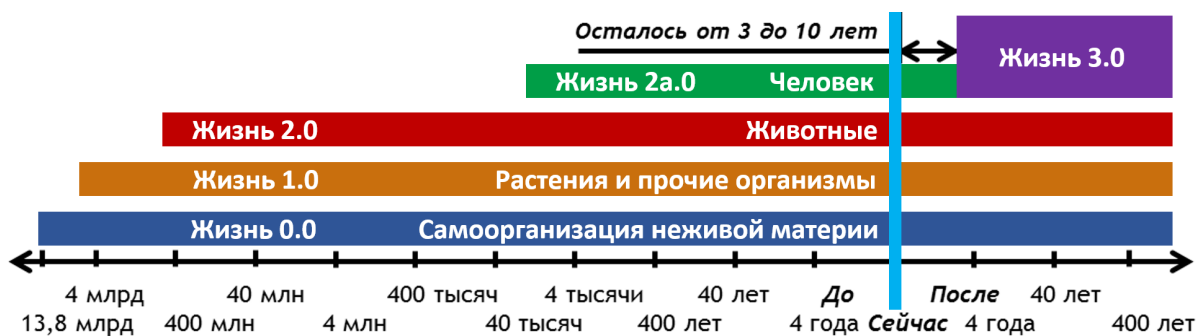


Рис. 4. Переход к стадии Жизни 3.0

Самоорганизация возможна и в неживой материи, этому этапу (на основе которого появилась жизнь) можно присвоить №0.0. Переход от Жизни 1.0 к Жизни 2.0 приблизительно соответствует началу Фанерозоя (и Кембрийского взрыва). В этот период у животных начинает формироваться нервная система и появляются новые возможности самоорганизации. А так как человек явно выделяется из животного мира (являясь при этом его частью), то целесообразно ввести переходный этап от Жизни 2.0 к Жизни 3.0 и обозначить его как Жизнь 2a.0. Таким образом, в плане *этапов развития самоорганизации* предлагается следующее разделение (рис. 4).

Естественно, что были переходные периоды и к Жизням 1.0 и 2.0, они тоже интересны для изучения и анализа. Но, поскольку в ближайшие годы ожидается появление Жизни 3.0, в данной работе мы ограничимся только анализом путей перехода от Жизни 2a.0 – к Жизни 3.0.

4. Условия создания Жизни 3.0

Жизнь 3.0 создаётся Жизнью 2a.0 – учёными, технологами и инженерами различных специальностей. Большинство исследователей согласно с тем, что учёные должны создать теорию СИИ, технологи – разработать способы физической реализации выдвинутых учёными идей, а инженеры – спроектировать и наладить выпуск технических устройств – агентов СИИ.

В процессе развития цивилизации человечеству удалось достичь значительного прогресса в решении всех трёх задач. Накоплены знания в различных областях, включая обработку информации, созданы мехатронные и

информационные технологии, успешно расширяется применение конвейерных автоматизированных и роботизированных производств – всё это создаёт благоприятные условия для создания Жизни 3.0.

Проблемным вопросом остаётся создание теории СИИ. Если ремёсла и технологии развивались на основе практических действий, то представления о способах управления этими процессами за счёт активности нервной системы (НС) строились чисто умозрительно, на основе субъективных ощущений и длительное время были весьма наивными. Постепенно появлялись научные теории о различных аспектах работы НС и практические результаты в решении «интеллектуальных» задач на вычислительной технике. Но до сих пор имеется достаточно много разработчиков теорий СИИ, которые пытаются строить свои выводы на основе представлений Аристотеля и других учёных древности и средневековья, у которых знания о работе и даже о существовании НС отсутствовали полностью.

5. Степени наивности представлений о мышлении

До настоящего времени является общепринятым [9] выделение мышления как более высокой, по сравнению с чувственным, ступени познания. Оно было осуществлено в греческой философии (Парменид, Гераклит, Демокрит, Платон, Аристотель, Сократ). Вероятно, есть труды и китайских, индийских и арабских учёных древности, но западноевропейская традиция предпочитает древнегреческие источники.

Логика как основа мышления. Важным достижением древних считают разработку системы логических операций (выполняемых нематериальной душой), которую до сих пор многие считают основой мышления.

Наивность формально-логических представлений о мышлении была продемонстрирована с появлением арифмометров, а затем и информационно-вычислительной техники. Была доказана возможность выполнять любые логические операции на технических устройствах. При этом сторонники формально-логического подхода к мышлению утверждают, что мышление человека не сводится к выполнению логических операций и не хотят видеть логического несоответствия в своих взглядах.

Первые естественно-научные представления о роли НС в формировании управления действиями организмов (отличные от античных теорий про эманации) появились в результате экспериментов Л. Гальвани, К. Гольджи, И. Павлова и других учёных, работ по изучению свойств, структуры, физиологии отдельных элементов НС. Было открыто широкое направление исследований, которое привело к потрясающему расширению объёма наших знаний про свойства и особенности НС животных.

Из обилия современных знаний про свойства НС сложно выловить имеющие непосредственное отношение к управлению действиями. Постоянные уточнения знаний в области анатомии и физиологии НС скорее вдохновляют разработчиков сетей формальных нейронов на поиск новых

решений, чем являются основой для прямого копирования. Для практического развития теории и практики создания ИИ более полезно знание теорий информации, алгоритмов и ряда других математических результатов.

По мере накопления разнообразных знаний развивались и работы по их систематизации, объединению в единую модель. Среди большого числа интересных подходов, как этапные выделим работы П. Анохина, У. Эшби, Д. Хассабиса, описывающие схемы и свойства процессов формирования действий и различные варианты объяснения феномена мышления.

Уменьшение степени наивности представлений не мешает ряду уважаемых учёных делать попытки обосновать такую логическую цепочку:

а. ряд великих учёных работали над общей теорией мышления, у них – не получилось;

б. мы являемся ведущими специалистами, но и у нас – не получилось;

с. следовательно, вы тоже можете попробовать, но – не получится!

При такой логике мышления, да, хорошей теории – не получится.

Задачный подход. Поскольку, особенно в последние 10 лет, после нейросетевой революции в машинном обучении, успехи в практическом решении «интеллектуальных» задач очевидны, то, двигаясь таким путём, останется только подождать, когда нерешённых задач не останется совсем и – вуаля! Мы умеем решать все «интеллектуальные» задачи!

Дело в том, что как только «интеллектуальная» задача начинает успешно решаться техническими средствами, то общественное мнение эту задачу из списка «интеллектуальных» норовит вычеркнуть. Сейчас это происходит с распознаванием изображений, преобразованием устной речи в текст, переводом различных языков и многими аналогичными задачами, всё более успешно решаемыми «глубокими» нейросетевыми алгоритмами. Вроде бы – ничего страшного, просто не останется «интеллектуальных» задач, все будут решены и проблем нет! Но если прогресс цивилизации продолжится, то будут появляться новые «интеллектуальные» задачи, которых не было в ранее списке полностью решённых. После формулировки условий ничто не должно помешать решить и эти, новые задачи...

Задачу выявления и внесения в список новых «интеллектуальных» пунктов тоже хотелось бы решить, а задачный подход с несформулированными задачами не работает. Построенные на основе задачного подхода агенты ИИ по уровню своего интеллекта будут уступать человеку, поскольку сами ставить новые задачи не смогут. Высказываются мнения, что именно такие агенты ИИ нам и нужны – умеющие выполнять разнообразную работу и не способные захватить власть над людьми. Да, такие агенты ИИ будут полезны и хорошо управляемы, проблемы объяснимости путей решения задач, которые им сформулировал человек, есть и у них.

Главное же состоит в том, что прогресс невозможно остановить. Если человек умеет выявлять и формулировать новые задачи, то будут найдены и технические пути реализации аналогичных умений. Когда эта

проблема будет решена, то хотя бы часть управленческих решений, связанных с постановкой задач, можно будет передать СИИ. Это должно значительно повысить качество управленческих решений, поскольку люди принимают их субъективно, далеко не всегда на основе взвешенного учёта всех доступных данных. Обладание такой технологией даст стране явные политические и экономические преимущества, позволит «стать властелином мира» [10]. Но для этого не следует ограничиваться логикой и задачным подходом, которые не помогают ставить задачи.

Эмерджентность. Раз на основе имеющихся представлений пока не удаётся целенаправленно создать теории мышления, позволяющие агентам ИИ самостоятельно ставить задачи, то, по популярной «логической» схеме – не стоит и пытаться! Пусть это свойство у агентов ИИ появится *само по себе, эмерджентно*, в процессе их постепенного развития и усложнения.



Рис.5. Синергия и эмерджентность

Можно ли считать данный подход более наивным, чем предыдущие два? Ведь важнейшими свойствами самоорганизации являются как раз синергия и эмерджентность (рис. 5). Объединения химических и физических компонент проявляют свойства количественно (синергия) или качественно (эмерджентность) выше простой суммы свойств компонент.

Поскольку эволюция жизни основана на небольших изменениях информации об эффективных способах самоорганизации, то она обладает свойством инерции – сложившиеся линии (таксоны) развития могут изменяться, но не сильно за небольшие (измеряемые в числе сменяемых поколений) промежутки времени. Микроорганизмы обладают преимуществом, поскольку у них смена поколений осуществляется за часы и даже минуты, тогда как у крупных многоклеточных организмов на это требуются годы и даже десятилетия. Многоклеточные формы оказываются конкурентоспособными именно потому, что объединенные в одну систему дифференцированные живые клетки проявляют синергию и эмерджентность.

Условиями являются разнообразие свойств компонентов и их многочисленность для повышения вероятности проявления синергии и эмерджентности. Дивергентные стадии эволюции обеспечивают появление разнообразия, а филетические – рост численности компонент. Как в рамках одного организма, так и внутри вида и экологической ниши.

Эмерджентно появлялись не только схемы репликации, цепочки питания, органы и эффекторы в сложных организмах, но и регулирование мутаций. Скорость мутации отдельных генов в результате эволюции различается даже по отдельным генам: менее ответственные гены мутируют

чаще, жизненно важные – реже [11]. Те таксоны (ветви эволюционного дерева) где такая балансирующая регулировка скорости мутаций оказалась более удачной, расширенно воспроизводятся, расселяются, входят в дивергентную стадию эволюции и дают начало новым таксонам. Остальные ветви проигрывают в конкуренции и имеют высокие шансы вымирания.

Можно ли сформировать у агентов ИИ механизмы мышления человеческого уровня эмерджентно, в процессе эволюции и естественного отбора? Ответ материалиста может быть только положительным, поскольку эволюционная теория появления человека именно такая. Почему же крайне малая часть исследователей идёт по этому пути?

Если задачный подход уже сейчас приносит коммерчески успешные результаты, то, когда проявятся требуемая эмерджентность – даже оценок никто не приводит. Допустим, мы готовы ждать эмерджентного появления мышления путём эволюционного развития агентов ИИ. Но для понимания законов мышления это мало что даст: как нам пока не ясны законы работы НС современного человека, так нет гарантий, что мы поймём это у нового агента ИИ. Хотя нельзя исключить и обратное, может быть, сравнение строений НС позволит достичь требуемого понимания. Но готовы ли мы ждать?

Энтузиасты говорят, что долго ждать не надо: мы обладаем информационно-вычислительной техникой, которая позволяет в цифре моделировать процессы эволюции в миллионы раз быстрее, чем это происходит в природе. Это звучит заманчиво: если бы вместо десяти миллионов лет для достижения требуемой эмерджентности потребовалось бы всего год или даже десять лет, то это вполне могло бы быть решением проблемы.

Моделировать сложные процессы можно, но даже на мощных современных серверах, либо для сильно упрощённых описаний сложных объектов, либо для небольшого числа простых часто возникают трудности. И превышение скорости протекания реальных процессов в миллионы раз даже при таких условиях моделирования – скорее пожелание, чем реальная возможность.

Беда в том, что моделировать надо не эволюцию одного сферического коня в вакууме, а огромное число разнообразных объектов, выполняющих сложные действия в ещё более сложной среде на протяжении многих тысяч и миллионов поколений. Это потребует таких вычислительных мощностей, что дожидаться их создания придётся тысячи лет. Даже при условии сохранения действия закона Мура, при котором каждые 2 года производительность компьютеров возрастает в 2 раза.

Нам бы хотелось достичь понимания законов мышления и начать строить агентов СИИ в ближайшие годы. Эволюция, основанная на мутациях и отборе лучших, была самым эффективным методом усложнения, пока она являлась единственным методом развития. После эмерджентного появления на её основе новых методов, в первую очередь – возможности

целенаправленно, с учётом сложившихся и ожидаемых обстоятельств, планировать действия, скорость эволюции возросла, а роль мутаций и естественного отбора перестала быть абсолютной. С возникновением и развитием цивилизации были созданы новейшие методы конструирования и изготовления различных инструментов и устройств, повышающих эффективность выполняемых действий. Двигаясь именно по этому пути, мы надеемся сконструировать и построить СИИ за 3-10 лет.

6. Проблемы описания сложного мира

Проблема «сложного мира» состоит в том, что вариантов реализации ситуаций, описываемых большим числом независимых параметров (например, $n \geq 100$), так много, что они никогда не повторяются, «в одну реку нельзя войти дважды». Это приводит к тому, что статистические методы для анализа таких сложных ситуаций оказываются неэффективны.

А зачем нам заниматься статистикой? Давайте изучим законы природы, разовьём математику и опишем всё, что требуется, с необходимой точностью! Было бы неплохо, но многовековые надежды теологов, философов, а затем и учёных найти несколько простых, но универсальных правил описания всех свойств материального мира не оправдались. Открыто много фундаментальных законов природы, которые позволили значительно улучшить и упростить описание ряда явлений, но это не дало универсального описания всех свойств материального мира.

Успехи математики, физики, химии и других точных наук как раз в том и состоят, что они позволяют нам найти решения ряда задач не методом перебора вариантов (как в наивных эволюционных методах), а путём однократного решения уравнений. И это составляет замечательное достижение точных наук, давшее резкое ускорение техническому прогрессу цивилизации. Достижения огромны, но полное описание всех явлений формулами, допускающими аналитические решения задач, не просматривается даже в отдалённом будущем. Множество, даже с виду простых задач, где вроде бы всё понятно (например, задача коммивояжера), удаётся решить точно только методом полного перебора.

С точки зрения математики барьер сложности принято называть «проклятием размерности», «комбинаторным взрывом», «NP-полными задачами». Общим свойством является экспоненциальный рост числа вариантов, которые необходимо рассчитывать.

Что мешает выявить для сложных задач простые законы, описываемые математическими формулами и позволяющими находить их решения аналитическими методами, без перебора? Причин много, но одной из важнейших является неприменимость статистических методов к сложным задачам. Для простых ситуаций можно на основе статистики определить вид зависимости между наблюдаемыми параметрами. Для сложных сцен с большим числом независимых параметров статистики для выявления зави-

симостей между параметрами не хватает. Но несмотря на трудности применения методов статистики к сложным ситуациям, большинство знаний в той или иной степени основаны на обработке результатов статистики. Начиная от религиозных догм, через философские постулаты к научным законам – всё это результат анализа статистики различных явлений.

Для накопления надёжной статистики необходимо много данных, популярна фраза: «Всё, что меньше 100 – это не статистика», справедливая для случая одного параметра. Тут статистику набрать просто: нужно запомнить 100 пар соответствия интересующей нас величины и параметра. С увеличением числа параметров объём данных растёт экспоненциально.

Если значения величины и параметров запоминать в виде целого числа, то понадобится по два байта на каждое значение. Если имеем n параметров, то потребуется $2(n+1) \cdot 10^{2n}$ байт памяти на жёстком диске. С увеличением n будет расти не только оценка количества байт, но и стоимость магнитной памяти, которую оценим по цене \$12,5 за 1 ТБ (см. табл.)

Цена статистики в байтах и \$

№	Число параметров	Байт на одно соответствие	Количество соответствий	Всего Байт	Стоимость памяти
1	1	4	10^2	400	$\$12,5 \cdot 10^{-10}$
2	2	6	10^4	60000	$\$18,75 \cdot 10^{-8}$
3	6	14	10^{12}	$14 \cdot 10^{12}$	$\$175 \cdot 10^0$
4	10	22	10^{20}	$22 \cdot 10^{20}$	$\$27,5 \cdot 10^9$
5	20	42	10^{40}	$42 \cdot 10^{40}$	$\$5,25 \cdot 10^{30}$
6	999	2000	10^{1998}	$2,0 \cdot 10^{2001}$	$\$25,0 \cdot 10^{1989}$

Для 1–2 параметров стоимость магнитной памяти ничтожна, а для 6 параметров составляет \$175. Если объяснить важность задачи на 10 параметров, то на накопление такой статистики ещё можно получить финансирование в \$27,5 млрд, но уже для 20 параметров никаких денег не хватит.

Можно сохранять только результаты статистической обработки, используя рекуррентные формулы. Но «проклятие размерности» от этого никуда не денется. Если обрабатывать на одном процессоре по 10^9 соответствий в секунду, то на обработку данных с 10 параметрами потребуется «всего» $22 \cdot 10^{11}$ секунд или около 7 тыс. лет. Параллельно работающие процессоры, например 85 тыс., решат задачу быстрее, за месяц. Если параметров не 10, а 20, то ничего не поможет. Даже если продолжит работать закон Мура, то на увеличение быстродействия компьютеров на 10 порядков потребуется 50 лет. А на тысячу-другую порядков (для реально сложных ситуаций) — 5-10 тыс. лет. Но дело ещё в темпе получения данных...

Рецепт жизни в условиях «проклятия размерности» давно известен, и каждый отдельный человек (и ряд высших животных) им ежедневно пользуются: необходимо осуществить декомпозицию сложных сцен, разбить их на простые, низкоразмерные (с малым числом параметров) компоненты.

Для каждого такого простого объекта или явления можно статистически выявить закономерности и выработать оптимальные взаимодействия.

Эффективность декомпозиции трудно переоценить: если ситуация описывается 1002 параметрами и её удалось разбить на 167 объектов и явлений по 6 параметров, то потребуется обрабатывать $167 \cdot 14 \cdot 10^{12} = 2,338 \cdot 10^{15}$ Байт данных. Что почти в миллион раз меньше, чем потребовалось бы для набора статистики для относительно сложной ситуации с 10 параметрами без декомпозиции. Сравнение с объёмом обработки для целостной сцены с 1002 параметрами без декомпозиции неуместно.

Таким путём нельзя преодолеть «проклятие размерности», «комбинаторный взрыв». И решить «NP-полные задачи» нам тоже не удастся. Но накопление статистики про простые компоненты позволяет, используя декомпозицию, сравнивать наблюдаемую сложную сцену с имеющимися знаниями про её компоненты и выбирать варианты поведения в виде взаимодействия с отдельными простыми компонентами.

К счастью, в большинстве случаев взаимодействия с простыми объектами и явлениями происходит локально, без существенного влияния других объектов и явлений и, как правило, садясь на стул или лоя мячик, не надо учитывать фазы Луны и результаты голосования в парламенте.

Хотя учитывать состояние остальных компонент сцены тоже необходимо. Декомпозиция позволяет разбить наблюдаемую сцену на отдельные компоненты, но статистики, как действовать при различных комбинациях компонент, мы по-прежнему набрать не можем. Зато, зная свойства всех компонент, можно осуществить моделирование развития ситуации при некотором небольшом числе вариантов воздействий на отдельные компоненты. Это даёт теоретическую основу для построения теории мышления.

7. Прогнозы развития теории мышления

В недавно вышедшей книге [12] отмечается, что сформировалась тенденция движения в сторону СИИ. Она состоит в постепенном исключении человека из решения всё большего числа задач. Но если встретятся барьеры, которые не удастся преодолеть, то движение не гарантирует достижения цели. Мы сможем немного лучше понять, но не решить проблему.

Представляется, что надо направлено заниматься проблемой выявления свойств окружающего мира и постановкой на основе имеющихся знаний целей и задач планируемых действий. Среди ряда вопросов о проблемах построения СИИ выделим три, которые рассмотрим как основные:

- Зачем нужно мышление (сознание, понимание и другие свойства психики)?
- Как использовать имеющиеся знания для получения новых знаний?
- Почему необходимо несколько режимов работы мозга?

Реализация идеи декомпозиция сложных сигналов на компоненты, на наш взгляд, позволяет дать на них ответы.

Зачем нужно мышление. Прогнозы на основе аналогичных сложных ситуаций давать можно, но, поскольку часто новая ситуация почти ни на что не похожа, такие прогнозы будут очень неточными. Предварительное моделирование всех возможных сложных ситуаций тоже невозможно, поскольку вариантов практически бесконечно много, далеко за пределами мыслимых возможностей вычислений. И эффективность моделирования равна нулю: все варианты рассмотреть нельзя, встретятся другие...

Вот когда сложная ситуация уже сложилась (или определилось, какой она будет через некоторое время), а вариантов действий не очень много (3, 300 или, для ЭВМ 300000), тогда можно промоделировать все (или некоторые, выбранные по выявленным критериям) варианты действий для одной ситуации и выбрать имеющие лучшую оценку результатов.

Процессы управления и моделирования не могут проводиться одновременно на одной вычислительной структуре. Они должны быть разделены или пространственно, или во времени. Если в цифровых системах возможно дублирование данных без потерь и распараллеливание обработки, то в биологических системах разделение по времени более вероятно.

В иерархической системе, в которой верхние уровни ставят нижним цели, разделение по времени возможно. Пока процесс достижения поставленной цели успешно идёт на нижнем уровне (но занимает некоторое время), верхний уровень может успеть промоделировать различные варианты действий и выбрать лучшую цель для достижения нижним уровнем.

Таким образом, при реализации идей иерархической декомпозиции сложных сигналов, непосредственная аппроксимация управляющих выходных сигналов эффективна только на нижних уровнях иерархии. Верхние уровни тоже могут выдавать нижним уровням цели на основе аппроксимации (что можно соотнести с интуицией, которая не сводится к простым рефлексам, а, до некоторой степени, учитывает всю сложность ситуации). Но значительно лучше не полагаться на интуицию, а, по возможности (времени на размышления), моделировать различные варианты для более обоснованного выбора. В чём и состоит роль «мышления».

Как использовать имеющиеся знания. Идеи декомпозиции сложных сигналов на компоненты позволяет объяснить необходимость наличия некоторых знаний в выбранной области для получения новых знаний.

Декомпозиция сложного сигнала на компоненты возможна, когда наработаны статистическими методами описания моделей этих компонент. Наличие новизны означает, что часть сложного сигнала удаётся сопоставить известным моделям компонент, а часть – это неизвестная составляющая сигнала, для которой не набрана статистика и не построена модель

Если «неизвестная» часть описывается большим количеством параметров (больше 15–20), то статистика потребует очень большая и накопить её не удастся. Можно ли что-то с этим сделать? Да, если удастся попасть в более простую ситуацию, в которой по отдельности можно наблю-

дать разные компоненты неизвестной части сложного сигнала. Если в более простых ситуациях удастся набрать статистику и построить модели про 2-3 простые компоненты с 4-6 независимыми параметрами, то если вернуться к исходной сложной ситуации, то «неизвестная» часть будет содержать на 8-18 параметров меньше, шансы набрать достаточно статистики для построения новой модели простой компоненты сильно возрастут.

Если посмотреть на процесс познания человека, то он именно так и строится, от простого – к сложному.

Почему необходимо несколько режимов работы. Выполнять действия лучше в тех ситуациях, которые можно успешно разложить на простые компоненты, для каждой из которых построена статистически достоверная модель. То есть ситуация понятна и имеются практические навыки действий в аналогичных ситуациях. Но сложные ситуации никогда не повторяются, и зачастую, прежде чем выполнять действия, желательно к ним подготовиться. Если ситуация позволяет, продумать (провести моделирование) разных вариантов воздействий (формы и последовательности) на известные простые объекты. А если есть неизвестные компоненты на нижних уровнях, то даже и набрать статистику для построения их моделей. Действия, размышления, набор статистики (поисковое поведение), сон (как способ модельного анализа случайных ситуаций) и прочее – всё это разные режимы работы НС и её аналогов.

Выбор режимов обработки поступающих данных и генерации управления для формирования поведения зависит не только от уровня новизны данных, степени соответствия их имеющимся моделям простых компонент и удовлетворённостью прогнозом результатов действий. Состояние внешней и внутренней среды организма тоже влияют на выбор режимов: голод, страх, агрессия и другие «эмоции», генетически определённые в «центрах удовольствия», позволяют осуществлять закреплённый эволюцией выбор режимов. Жизненный опыт может смещать влияние на выбор режимов генетически заложенных свойств НС, но «эмоциональное» управление выбором режимов позволяет лучше формировать поведение в сложном мире.

Хотя при выборе поведения всё принято сводить к скалярно-интегральному критерию «лучше–хуже», являющемуся центральным, в том числе при выборе режимов. Но управление режимами осуществляется векторно, что позволяет реализовать широкую гамму «эмоций»

8. Речь, разделение труда и цивилизация

Формирование НС и появление условных рефлексов позволило строить поведение не только на основе информации ДНК, но и учитывать реальный опыт взаимодействия со средой. Дальнейшее развитие НС позволило перейти от реактивного (основанного на реакциях на воздействия извне) к проактивному поведению (активной подготовке действий и состояния внешней среды к достижению поставленной цели). И осуществлять

детальное проектирование выполняемых действий. Проактивное поведение демонстрирует не только человек, но и ряд высших животных.

Морфология НС человека аналогична НС высших животных. Отличий много, но они носят количественный характер. Какие количественные изменения приводят к качественным отличиям и в чём они состоят?

Среди ряда развившихся у человека свойств таких, как хватательный рефлекс и прямохождение, выделим членораздельную речь, являющуюся основой разделения труда и иерархической организации сообщества. Развитие речи ускорило процесс передачи информации, привело к появлению письменности и книгопечатания, созданию информационных технологий. Все эти достижения являются важными шагами для создания Жизни 3.0.

Значительную часть процесса развития цивилизации можно рассматривать как подготовку к созданию Жизни 3.0. Орудия труда, одежда, станки, механизмы и многое другое не только изготавливается человечеством целенаправленно, но и организован социальный процесс расширенного воспроизводства материальных благ. Массовая автоматизация и роботизация производства позволяют обеспечить материальную сторону создания Жизни 3.0, возможности которой не вызывают особых сомнений.

Так же, как дивергентные стадии эволюции, приводящие к увеличению разнообразия жизни, разделение труда приводит к повышению степени адаптации к условиям жизни. Но если эволюции жизни на основе мутаций ДНК на это требовались от десятков тысяч до миллионов лет, то при развитии цивилизации скорость углубления разделения труда характеризовалась сперва веками, затем десятилетиями, и сейчас уже речь идёт о годах и даже месяцах. Именно возникновение возможности приспосабливаться к изменяющейся среде со скоростями, на порядки превосходящими темпы мутаций ДНК, позволили человеку выделиться из животного мира.

9. Мы входим в эпоху глобальной цифровизации

Весь мир строит «цифровую экономику», важными частями которой являются Big Data, AI и в перспективе – СИИ. Цифровые средства сбора, передачи и обработки информации позволяют управлять всей планетой из одного центра. Международные корпорации способны заменить государственную власть, они уже контролируют политику «избранной» власти.

Это позволит в ближайшей перспективе создать технические средства для полного контроля всего земного шара из одного, пусть и распределённого центра, что даст техническую базу для монополярного мира. Сторонники глобализации представляют это как всеобщее благо: если центр власти один, то ему не с кем конфликтовать, войны, экономические блокады и социальные бунты прекратятся, наступит пора всеобщего благоденствия. Но есть большие сомнения в благостности такой перспективы.

Эволюция жизни построена на конкуренции видов, их разнообразии и изменчивости. Если одни виды вымирали, то более приспособленные,

приходили им на смену. Так же и с историей цивилизации. Страны и империи создавались и рушились, но цивилизация продолжалась, её развивали другие страны и новые империи. При этом как виды организмов, так и страны конкурировали не только формой своей организации, но и возможностями быстро приспосабливаться к изменяющимся условиям. Наличие конкуренции обеспечивало и выживание, и ускорение прогресса.

Можем ли мы идти на риск отказа от конкуренции в рамках развития цивилизации, который может не только привести к снижению темпов прогресса (относительно темпов с сохранением конкуренции), но и поставить под вопрос сам факт продолжения существования цивилизации?

10. Бифуркация

В целом все понимают пользу конкуренции, большинство стран использует антимонопольные законодательства, которые в разных национальных условиях реализуют сохранение конкуренции в различных областях деятельности. И даже во внутривластной жизни приветствуется наличие многопартийной системы, которая обеспечивает борьбу способов управления конкуренцией и обеспечение заполняемости всех вакансий, необходимых для жизни и развития стран. При этом в ряде стран многопартийная демократия является ширмой узкой властной касты: диктатуры, олигархии или просто крупного капитала. Те, кто контролирует денежные потоки, средства массмедиа, силовые структуры и подсчёт голосов на выборах, могут привести к власти любую партию и утвердить любые законы.

Но пока существует реальная международная конкуренция, локальные управляющие касты вынуждены находить баланс между удержанием власти и экономическим и культурным развитием общества. Уничтожение конкуренции между странами снимет эту необходимость «Прогрессивные и устойчивые» управленческие решения будут формироваться единственной управляющей кастой. Развитие средств связи, транспорта, цифровизация и создание СИИ дают техническую возможность монополярной организации мира. По сути, мы находимся в точке бифуркации (рис. 6).

1. Произойдёт переход к монополярному миру, с единым центром силы. Это не уничтожит разделение труда на уровне производства, науки и прочих сохранивших локальность занятий. Отсутствие международной конкуренции позволит жёстко контролировать производство оружия, установит единые социальные и экономические правила, технологии (включая развитие СИИ) будут строго регламентированы. Это сократит и совсем исключит ряд конфликтов, т.к. выбранные руководящей кастой правила и законы не будут подлежать сравнению. СИИ займётся вытеснением значительной части населения с рынка труда с выплатой ББД (безусловного базового дохода) или без. Агенты СИИ, имеющие опыт контроля и сокращения численности переведённого на ББД населения, используют свои навыки для сведения к нулю численности управляющей касты и, без конкурен-

ции – двигателя прогресса, с высокой вероятностью деградируют через несколько десятилетий.

2. Удастся сохранить мультиполярный мир с межгосударственной конкуренцией в различных сферах: социальной организации, экономических взаимодействий, научно-технической политики, создания и развития СИИ и других. Конкуренция невозможна без конфликтов, но ими можно управлять и оставлять их в рамках цивилизационных норм. Такой путь развития будет обеспечивать ускорение прогресса, рост численности населения и агентов СИИ, распространение цивилизации по Солнечной системе и далее по Галактике.

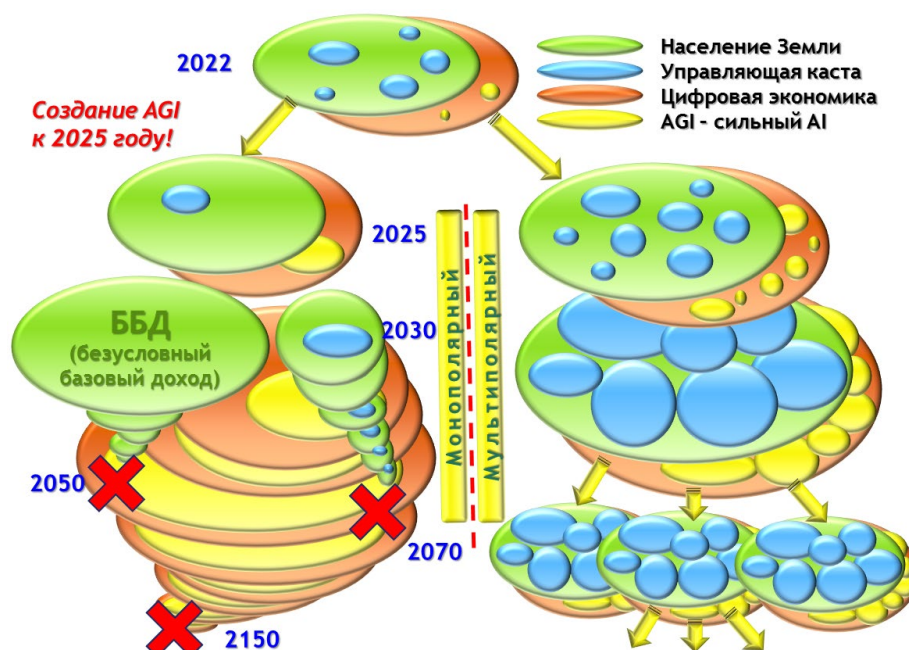


Рис. 6. Монополярный и мультиполярный пути развития цивилизации

11. Выводы

Ожидаемое появление Жизни 3.0 по Тегмарку, при успешном избегании глобальных катастроф, приведёт к новому скачку в скорости развития процессов самоорганизации. Не только увеличится число направлений развития самоорганизации и усилится конкуренция между разными формами жизни (как углеродной, так и кремниевой) за жизненное пространство и ресурсы, но и, с освоением других планет и звёзд, появится значительно большее разнообразие условий для дивергентной эволюции.

Процесс развития ведёт к непредсказуемым результатам. Науки и использование ИИ позволят делать всё более точные прогнозы, но, учитывая инерционность процессов эволюции на основе выбранных направлений, избежать катастроф различной природы полностью никогда не удастся.

Чтобы продолжить развитие нашей цивилизации и сохранить жизнь не только на Земле, но и во Вселенной, необходимо обеспечивать постоян-

ное наличие относительно независимых составляющих процессов самоорганизации. Конкуренция между этими составляющими – это и основа продолжения прогресса процессов самоорганизации, и механизм сохранения накопленной информации в случаях, когда катастроф избежать не удастся.

Появление огромного числа новых форм Жизни 3.0 при наличии возможностей информационного обмена позволят использовать положительные формы конкуренции: углубление разделения труда (также в области научных исследований) и широкого обмена лучшими практиками [13].

Важнейшей задачей является развитие управления конкуренцией между всеми видами самоорганизации, от молекулярного, до галактических уровней. Отрицательные стороны конкуренции – неравенство и нецивилизованные методы борьбы с конкурентами – должны находиться под контролем и не мешать прогрессу цивилизации.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект 20-511-00003).

Литература

1. *Ashby W.R.* Principles of the self-organizing dynamic system // *Journal of General Psychology* 37, 125-128 (1947).
2. *François C.* (ed.). *International encyclopedia of systems and cybernetics/ 2nd ed.* – Berlin: Walter de Gruyter, 2011.
3. *Nicolis G., Prigogine I.* *Self-organization in nonequilibrium systems: From dissipative structures to order through fluctuations.* – Wiley, New York, 1977.
4. *Prigogine I., Stengers I.* *Order out of chaos: Man's new dialogue with nature.* – Bantam Books, 1984.
5. International Commission on Stratigraphy. <https://stratigraphy.org/chart>
6. *Darwin Ch.* *On the origin of species by means of natural selection, or the preservation of favoured races in the struggle for life.* – London: John Murray, 1859.
7. *Lamarck J.* *Philosophie Zoologique.* – Paris: Muséum national d'histoire naturelle, 1809.
8. *Tegmark M.* *Life 3.0 : Being human in the age of artificial intelligence (First ed.).* New York: Knopf, 2017.
9. *Чуприкова Н.И.* Психика и психические процессы (система понятий общей психологии). – М.: Языки славянской культуры: Знак, 2015. – 422 с.
10. *Путин В.В.* Лидер в сфере искусственного интеллекта станет властелином мира. (2017) <https://ria.ru/20170901/1501566046.html>
11. *Monroe J.G., Srikant T., Carbonell-Bejerano P. et al.* Mutation bias reflects natural selection in *Arabidopsis thaliana* // *Nature* 602, 101-105 (2022).
12. *Ведяхин А. и др.* Сильный искусственный интеллект: На подступах к сверхразуму – М.: Интеллектуальная Литература, 2021. – 232 с.

13. *Шумский С.А.* Воспитание машин: Новая история разума – М.: Альпина нон-фикшн, 2021. С.93-107.