

# Заражение разумом, или пути создания искусственного интеллекта



В процессе формирования разума на планете несомненно важным являлось общение значительного числа людей, что создавало предпосылки к формализации понятий и действий. Формализация позволяла усиливать обмен информацией, интенсивность которого особенно стремительно растет в современном информационном мире. Анализ этих явлений подсказывает пути к решению проблемы создания полноценного искусственного интеллекта. В среде специалистов, занятых поиском подходов к решению этой проблемы, зреет понимание того, что можно рассчитывать на формирование каких-то осмысленных действий у активной и достаточно большой нелинейной системы, если она способна анализировать и совершенствовать собственное состояние, а также изучать внешнее окружение и воздействовать на него. Есть подозрение, что при выполнении данных требований любая достаточно сложная информационная система будет способна к самоорганизации, то есть к самообучению. Дальнейшее ее усложнение может привести к тому, что мы обнаружим появление существа, у которого придется признать наличие разума.

## О ПРИЗНАКАХ РАЗУМА И УСЛОВИЯХ ЕГО ФОРМИРОВАНИЯ

Формализация и структурирование полученных знаний — один из признаков разума. В современном представлении разум возникает только тогда, когда у активной информационной системы, связанной с внешней средой, появляется способность формализовать полученные опытным путем знания, объединить на базе постепенно сформированных понятий сущности и действия по одинаковым признакам. Формализация позволяет отвлекаться от многочисленных не столь важных частных явлений, оставляя наиболее

важные и существенные, что позволяет перейти к анализу. А там, где анализ,— там появляется и синтез.

Вспомните, какое удовольствие получали вы в детстве, когда ломали игрушки для выяснения, что же там внутри (анализ). И с каким вдохновением собирали из кубиков домики и малопонятные для присутствующих при этом действе взрослых конструкции (синтез). Интересно, что формализация понятий — это выделение общей характеристики для массы подобных явлений. По существу, это процесс огрубления, осреднения. Подобно тому как в термодинамике состояние объекта характеризуется макропараметрами и многие состояния, отличимые на микроуровне, идентичны на макроуровне, так и формирование понятия (формализация) представляет собой выделение из многих событий и явлений (отличимых в деталях, на своеобразном микроуровне) общего, причем такое понятие делает все эти события и явления в определенном смысле неотличимыми. Таким образом, каждое формализованное понятие содержит множество возможных вариантов реализации явлений (событий, объектов), объединяемых этим понятием. Можно ввести в рассмотрение количество возможных вариантов реализации явлений (событий, объектов), которые отвечают данному формальному понятию.

Логарифм данной величины будет пропорционален энтропии, которая является, как известно, мерой беспорядка. Чем большее количество вариантов входит в данное понятие, тем больше соответствующая энтропия. Более общие понятия отвечают значительной величине энтропии, понятия более конкретные, узкие — отвечают энтропии меньшей.

### **Общение — необходимое условие развития интеллекта.**

Формализация позволяет легко вызывать образы, которые каждым индивидуумом раскрашиваются и представляются иначе, то есть обрастают домысленными и разными частностями. Это домысливание и формирует способность к генерации аналогов, что является базой индуцированного, то есть навязанного данным понятием воображения. Именно внешняя речь и разглядывание картинок, как статических, так и динамических, способствует активации индуцированного воображения, которое в среде человеческого общения активно развивается в растущем ребенке.

Еще до конца не выяснено, насколько большую роль играло в формировании и росте интеллектуальных способностей человека общение. Видимо, одним из условий развития второй сигнальной системы у наших предков было возникновение больших социальных образований, аналогов стай у животных, со своей иерархией. Высшие животные, такие как наши пращуры, были наиболее приспособлены к изменениям условий существования. Поэтому их популяция и росла, что давало возможность

сохранять информацию в пределах стабильных племенных групп. Вряд ли этого было достаточно для формирования и развития второй сигнальной системы, но, возможно, было условием необходимым.

Любопытно, что именно общение приводит к росту склонности формализовать понятия, ибо это облегчает общение.

Поэтому формализация образов и понятий, с одной стороны, — это следствие общения, а с другой — основа этого же общения. Возникновение положительной обратной связи способно вызвать экспоненциальный рост степени формализации образов и понятий и усложнение самого общения.

Вопрос лишь в преодолении некоторого порога, который обусловлен критической величиной средней численности племенных групп и степенью готовности нервной системы индивидуума к активному обмену информацией.

Известно, что развитие цивилизации в привычных для нас формах началось в регионах с относительно высокой плотностью населения. Это — регион Восточной Азии, Ближний Восток, побережье Средиземного моря, некоторые районы Латинской Америки. Формированию значительных популяций людей способствовал благоприятный климат, достаточное количество пищи и воды, отсутствие опасных хищников.

## **Рост обмена информацией**

Особенность общения в том, что при передаче некоторого объема информации ее количество у объекта, который отправил это сообщение, не уменьшается. А получатель увеличивает общий объем накопленной информации.

Каждый объект обменивается информацией с внешней средой. Воспользуемся известными аналогиями из естествознания. Сообщение индивидуумом внешней среде или другим индивидуумам (что, вообще говоря, то же самое) информации определим или как спонтанное, или как вынужденное (индуцированное). Спонтанное не зависит от внешней среды и определяется потребностями индивидуума, а вынужденное, напротив, от внешней среды зависит (то есть, навязано внешней средой), и если удерживать первый член разложения такой зависимости (функции) по уровню интенсивности обмена информацией в данной среде, то он будет пропорционален интенсивности информационного обмена. Таким образом, следует определить такие величины: интенсивность информационного обмена в данной среде  $I$ , количество объектов, способных обмениваться информацией  $N$ , некоторая средняя порция информации  $p$ . Необходимо

также ввести в рассмотрение  $V_{\text{спон}}$  — скорость спонтанного обмена информацией, которая пропорциональна произведению  $N$  и  $p$ , то есть  $V_{\text{спон}} = A \cdot N \cdot p$ . Скорость вынужденного обмена информацией может быть записана в виде  $V_{\text{инд}} = B \cdot N \cdot I$ ,  $A$  и  $B$  — коэффициенты, которые будем считать примерно равными друг другу. Особенность информации в том, что ее количество у каждого объекта общения может только увеличиваться.

Поэтому рост находящейся в процессе обмена информации качественно описывается уравнением  $dI/dt = A \cdot N \cdot (I+p)$ , причем решение этого уравнения может быть представлено в виде  $I = p[-1 + \exp\{A \cdot N \cdot t\}]$ . Легко видеть, что линейный рост интенсивности информационного обмена от времени  $I = A \cdot N \cdot p \cdot t$  быстро сменяется экспоненциальным ростом.

Если ранее количество способных обмениваться информацией объектов было невелико или скорость распространения информации оказывалась мала (то есть мало  $N$  или  $A$ , или произведение  $AN$ ), то сейчас мы наблюдаем как обвальный рост количества объектов, участвующих в обмене информацией  $N$ , так и стремительное увеличение  $A$ -скорости обмена порциями информации каждым объектом. Это еще больше ускоряет рост интенсивности обмена информацией в современном мире.

Операции со знаниями. В отличие от множества млекопитающих человек удивительно долго развивается (растет), пока достигнет возраста взрослой особи,— примерно треть или четверть всей своей жизни. Остальные млекопитающие растут куда быстрее. И эти почти два десятилетия природой отведены обучению человеческого детища. Какие же причины вызвали такое удивительное явление и каковы биологические механизмы реализации этой аномально большой задержки?

Знания о знаниях или знания, позволяющие рационально распорядиться накопленными данными, информацией, освоенными правилами и осознанными закономерностями, выделяются специалистами по искусственному интеллекту в отдельную категорию. Это так называемые метазнания.

Уровень способности определенного человека к интеллектуальной деятельности определяется именно уровнем и объемом метазнаний, если, конечно, предположить, что объем освоенных базовых данных и информации достаточно велик и примерно одинаков для всего круга лиц, попавших в наше поле зрения.

Увеличение массива метазнаний требует значительных нервных нагрузок и времени. Поэтому как нельзя кстати для существования цивилизации оказался исключительно полезным значительный период

взросления человеческой особи, причем в это время легко подавить ее сопротивление процедурам обучения. Впору поверить в чудо.

Но мы — материалисты и потому ищем причины такого развития событий. Конечно, такая задержка развития должна быть заложена в генетическом коде, но исследователи почему-то пока не пытались отыскать эту важную часть кода, сравнивая генетический материал человека и подобный материал ближайших его соседей по эволюции. Животные просто не получают времени для развития мощной системы метазнаний, хотя необходимый значительный объем информации об окружающей среде они, разумеется, успевают освоить. Человеку деваться некуда — он, может быть, потому так медленно и растет, что, кроме общей базовой информации о мире, должен получить дополнительные знания более высокого уровня — метазнания.

Облегчает получение и освоение метазнаний общение, которое тоже есть результат освоения соответствующих метазнаний. Собственно, тут и возникает положительная обратная связь, о которой уже шла речь. Освоение метазнаний требует значительных усилий, которые должны быть сильно мотивированы. Кстати, давно замечено, что часто физиологически быстро развивающиеся дети несколько уступают в своем интеллектуальном развитии сверстникам, которые подрастают достаточно медленно.

Наибольшими мотивами к развитию и освоению знаний высокого порядка является честолюбие ученика и страх наказания. Поэтому учителями всех веков и народов эти принципы обучения активно использовались в человеческом сообществе. Но часто на пути к освоению массива метазнаний становилась природа. Оказалось, что далеко не все люди одинаково способны преодолеть трудности полноценного обучения. Хотя недостаток усилий ученика, как оказалось, в какой-то степени могут компенсировать усилия учителей, этот путь де-факто был признан обществом неэффективным, но, в принципе, возможным.

Понятно, что проблемы хранения, обработки (усвоения) информации весьма важны и требуют отдельного рассмотрения, которое в рамки данной статьи не включено.

## **О ПУТЯХ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА**

**Системы искусственного интеллекта.** Однако до создания полноценного искусственного интеллекта пока далеко, хотя и присутствует определенный прогресс в формировании так называемых экспертных систем и нейронных сетей. Современные экспертные системы используют знания и

интуицию экспертов — людей, которые глубоко разбираются в решении определенного круга задач (специалистов в данной предметной области). Экспертные системы представляют собой вычислительную структуру, самостоятельно формирующую алгоритм решения из возможного набора сконструированных по предложению экспертов подсистем логического отбора и вычислительных операций. Выбор тех или иных подсистем операторов происходит согласно оценкам и сравнениям, сформулированным ранее экспертами.

Способ решения задач экспертной системы основывается на рассчитанной по представлениям экспертов степени возможности реализации того или иного сценария, а также с помощью схем, имитирующих ассоциативный выбор приемлемого варианта. Но в любом случае не предусмотрено механизма самообучения данных систем на основе опыта решения задач в значительной степени потому, что нет воздействия на объект исследования и нет изучения его состояния, то есть отсутствуют полноценные активные элементы и эффективная обратная связь. В большом числе экспертных систем не предусмотрен автономный самоанализ и самосовершенствование собственной внутренней структуры. Правда, современные динамические экспертные системы уже в какой-то мере учитывают изменения внешней среды и способны менять собственную структуру базы знаний, но пока это лишь осторожные шаги в нужном направлении.

Несмотря на значительный прогресс в создании программного обеспечения стандартных оболочек экспертных систем, заполнение которых теперь может осуществлять каждый эксперт независимо и даже без помощи инженеров-программистов, эти весьма сложные приборы пока не могут считаться полноценными системами искусственного интеллекта. Но экспертные системы, тем не менее, позволяют использовать опыт и знания специалистов-экспертов в глобальных масштабах, причем эти знания и опыт будут доступны даже неискушенному пользователю.

Более интересны нейронные сети. Ранее было принято называть нейронную сеть персептроном (*perseptio* — восприятие), так как основной задачей при их формировании было распознавание образов. Первый персептрон — Mark-I — первый нейрокомпьютер (принципы создания и вариант технической реализации были разработаны в 1957 году (F. Rosenblatt), а в 1985 году появился первый коммерческий нейрокомпьютер — Mark-III). Нейронные сети используют в качестве элементов нелинейные математические модели нейронов, которых в сети может быть очень много.

Большую часть нейронов можно настраивать, изменяя их реакцию на поступивший на вход сигнал. Если в нужном и обширном классе задач имеется достаточное количество таких, решение которых заранее известно,

можно приступать к обучению нейронной сети — нейрокомпьютера. Сеть настраивают — обучают, пропуская через нее все известные решения и добиваясь получения требуемых ответов на выходе. Настойка состоит в подборе параметров нейронов. Вообще говоря, для настройки необходимо разрабатывать программу обучения, которая, собственно, и занимается обучением сети. После настройки сеть способна правильно ответить на вопросы из той же серии задач.

Математики не без основания полагают, что механизм решения задач у экспертных систем и нейронных сетей практически одинаков. Но если в случае нейронной сети даже её настройщик не понимает, как в её структуре при обучении и самообучении формируется знание (то есть, сеть представляет собой т.н. «черный ящик»), то в экспертную систему её создатели должны эти знания предварительно заложить в определенной форме (используя определенный формализм). При работе экспертная система, конечно, создает новое знание, которым затем и пользуется. Кстати, можно всегда эти знания экспертной системы просмотреть и проверить решение каждой задачи на всех её этапах. Но проблема скрыта в заведомых недостатках формализма, придуманного человеком, самой структуры представления знаний, которая может просто не соответствовать необходимому уровню описания реальных задач. Нейронная сеть формализмами не пользуется и во многом ведет себя как естественный интеллект.

Биологические нейроны в мозгу человека также настраиваются под воздействием обучения, причем эта настройка множества нейронов происходит путем многократного повторения процедур соответствия поступившей информации на вход и выбранного решения. Эта настройка сохраняет параметры подключенных к решению задачи нейронов определенное время, потом память об обучении теряется. Так как каждый из множества активных биологических нейронов участвует одновременно в нескольких процедурах получения различных решений и является общим элементом для ряда активированных нейронных структур разной топологии, инициированных обучением, то появляется способность к наведенной (ассоциативной) связи между решениями, имеющими между собой, на первый взгляд, весьма мало общего. Наличие таких ассоциативных способностей у естественного разума усиливает его возможности поиска нужного решения.

В современных нейронных сетях проблема самонастройки пока не решена. Однако нейрокомпьютеры при совершенствовании модели нейронной структуры в принципе способны освоить процедуру самообучения. Сложность и активный объем искусственной или естественной интеллектуальной системы влияют на характер решения задач. Действительно, заданный класс задач и наборы образов, которыми оперирует

интеллектуальная система, требуют определенного числа активированных и связанных между собой нейронов. Их нехватка (меньше некоторого оптимального числа) не позволит решать все поставленные задачи, ибо невозможно будет провести соответствующее обучение системы. Но возникают проблемы и в случае заметного превышения количества активированных нейронов в интеллектуальной системе по сравнению с оптимальным их числом, достаточным для решения обсуждаемого класса проблем. В этом случае система в процессе обучения может иметь множество вариантов обучения (многозначность настраивания), что приведет к постоянным переходам к разным режимам настройки для поиска более точного решения (известный «эффект переобучения» сложных систем). Для снижения неопределенности выбора используют различные методы контроля, основанные на зарезервированных для этой цели тестах и на новых данных<sup>1</sup>. Следствием излишней сложности (избыточности) системы является также многозначность ответов, что часто недопустимо<sup>2</sup>.

У человека в процессе его физического и интеллектуального развития объем активированных нейронов головного мозга постоянно растет, что позволяет решать все более сложные и многоплановые задачи. Мозг, сталкиваясь с определенным массивом задач, стоящих перед индивидуумом, подключает для их решения весьма значительное число нейронов. Но при этом остается слабо активированным довольно большая часть нейронов коры головного мозга. Подключение этих слабо активированных нейронов способно сделать интеллектуальную систему избыточной, внести хаос и путаницу, что нежелательно. С ростом объема, сложности, темпа и с расширением видов задач количество активированных элементов в системе увеличивается. Кстати, некоторые участки мозга специализируются на решении определенных классов задач, поэтому, если объем задач этих классов и темп их решения уж слишком велики, организм, по свидетельствам медиков, оказывается способен даже пойти на увеличение количества нервных клеток в этих участках мозга. При травмах организм также способен делегировать функции пораженных областей иным участкам мозга, что свидетельствует о возможностях перестройки и перенастройки природной интеллектуальной системы.

<sup>1</sup> Аналогичная проблема существует в определении необходимого и достаточного количества независимых элементов (сущностей) для описания различных явлений. Согласно, например, не подвергнутому и ныне сомнениям принципу «бритвы Оккама» (XIV век), нельзя вводить понятия и сущности, ранее не присутствующие в интуитивном знании или не являющиеся следствием опыта. Часто в литературе приводят пример аппроксимации конечного набора  $p$  числовых данных полиномом  $n$ -ого порядка, при котором заметное превышение порядка полинома над количеством опорных данных является причиной неоднозначности описания. Кстати, интересно с этих позиций рассмотреть существующую практику введения новых понятий в физике элементарных частиц.

<sup>2</sup> Недаром математики всегда так озабочены проблемой единственности решения.



Чем выше уровень интеллекта, тем более эффективно решаются сложные задачи, но возникают проблемы с решением более простых. Мощный интеллект, который заставили решать сравнительно простые задачи, постоянно занимается ревизией этих решений, рассматривая множество вариантов, порождая у себя и у окружения сомнения и неуверенность. Поэтому опытные руководители склонны поручать принимать окончательное решение в случае простых задач менее интеллектуальным и потому более уверенным в правильности выбора людям, которые по этим же причинам и более решительны (так называемые люди действия). Другим выходом из положения является жесткое следование одному уже выбранному решению (в военных уставах это требование сформулировано вполне определенно). Полезно также иногда огрублять систему, принимающую решение, упрощать проблемы, не рассматривать детали. Подобный подход характерен для практики научных исследований на этапе создания наиболее простых моделей описания систем и явлений.

Ученые научились постепенно усложнять задачи — по мере выделения основных, а затем и более тонких механизмов явлений, привлекая все более сложные аналитические и экспериментальные методики. С другой стороны, природа предусмотрела автоматическое подключение всех обычно дремлющих интеллектуальных ресурсов естественного разума при необходимости решения очень сложных задач, которые порой ставит перед нами жизнь.

Такое подключение происходит часто неосознанно, и мы склонны называть это интуицией.

Нейрокомпьютеры, как системы искусственного интеллекта, принципиально сохраняют перспективу практически бесконечного совершенствования, чего не скажешь об экспертных системах, которые, вообще говоря, имеют ограниченные возможности для качественного изменения и не способны в принципе конкурировать с человеческим разумом.

В создании нейрокомпьютеров пока сделаны первые шаги, которые, тем не менее, очень обнадеживают. Пока современным нейронным сетям далеко до возможностей человеческого мозга с его гигантским количеством нейронов, которые способны организовываться в настраиваемые (обучаемые) локальные сети с конечным временем жизни, могут изменять количество и степень взаимодействия связей и, наверно, многое другое, что еще только предстоит обнаружить.

Быстрое развитие биологии, активное внедрение в биологическую науку физических и химических методов исследований, большой интерес математиков и физиков-теоретиков к биологическим объектам и явлениям подсказывает и другой путь развития искусственного интеллекта.

Действительно, зачем создавать электронный аналог мозга, если можно вырастить его биологический эквивалент. Проблемы здесь тоже значительные — и не только морального свойства (наверняка многим людям такие действия покажутся антигуманными). Для биологического мозга понадобится создать системы обеспечения и обучения, системы взаимодействия с внешней средой, интерактивные системы общения с пользователями<sup>3</sup> и многое другое. Но если будет показана принципиальная возможность создания биологического интеллекта с соответствующей инфраструктурой, то вряд ли можно будет удержать любопытное человечество от попыток реализовать этот проект.

О способности к самообучению. Таким образом, если предоставить некоторой сложной многоэлементной активированной (внешним или внутренним источником энергии) системе возможность воздействовать на внешнее окружение и получать информацию о результатах такого воздействия и если при этом система достаточно велика с точки зрения возможностей получения, переработки и хранения информации, то со временем можно будет наблюдать признаки рационального и разумного поведения.

Природа, собственно, по такому пути и шла, однако у нее была возможность, заменяя поколения, проводить еще и селекцию, то есть отбор более приспособленных, более чутко реагирующих на изменения существ, что, несомненно, определялось их более сложной нервной системой.

Объединение большого количества нелинейных элементов в единую сеть, которая имеет источники ее активации (энергетическую подпитку), а также достаточный объем информации от внешней среды и способы воздействия на внешнее окружение, обещает в перспективе формирование организма, способного к самообучению и развитию.

Не менее важно дать возможность развивающемуся разуму экспериментировать и получать информацию от результатов этих экспериментов. Пренебрегая этими условиями можно никогда не дожидаться формирования искусственного интеллекта. Другими словами, создавая мощную вычислительную сеть, надо не забыть придать ей системы анализа внешней и внутренней сред и дать возможность воздействовать на эти среды для самосовершенствования.

<sup>3</sup> Кстати, подобные адаптеры, которые окажутся способными обеспечить прямую связь индивидуальных нервных систем людей с электронными устройствами (компьютерами, сетевыми структурами) и между собой через глобальную сеть, будут создаваться независимо. От подобных адаптеров уже совсем немного и до телепатии — обмена информацией в природной кодировке коры головного мозга, то есть «мыслями» — пусть даже по телекоммуникациям.

Чем большие возможности «чувствовать» и «воздействовать» будут даны такой сети и чем больше и сложнее ее структура, тем выше шанс воочию увидеть развитие ее разумных качеств.

Оперируя достаточно большим, хотя и ограниченным набором фактов, очень сложные интеллектуальные системы способны создать рациональную и действенную структуру распознавания образов, достаточно адекватную предшествующему опыту описания процессов. Остается, правда, невыясненным вопрос — насколько это описание верное и полное. Обучение искусственной интеллектуальной системы соответствует в человеческом сообществе созданию структуры метазнаний, множества методов описания различных наблюдаемых явлений — теорий и наборов многочисленных методик решения. Значительное превышение числа активных элементов в интеллектуальной системе по сравнению с некоторым их оптимальным числом, как известно, приводит к нестабильности выбора метазнаний, методов описания, методик и т. д. Критерием правильности этого обучения всегда являются новые данные, предоставленные природой, опытом, различными экспериментальными исследованиями. Интеллектуальная система их усваивает, но при ее дальнейшем операционном развитии (то есть росте числа активных элементов и их связей) проблема нестабильности и неадекватности всего комплекса метазнаний и методов описания остается.

Поэтому развитие интеллектуальных систем, в частности и цивилизации в целом (с ее растущей численностью индивидуумов и быстро увеличивающимся инструментарием интеллектуальных средств и средств связи), опирается на неустранимую нестабильность выбора обучающих алгоритмов и формируемой структуры метазнаний и на необходимость получения все новой информации (т. н. «информационный голод») для снижения вышеупомянутой неопределенности.

Природа, конечно, под сказывает нам, как создать искусственный интеллект, но люди пока не способны повторить достижения природы даже в минимальной степени. Похоже, что человек совершает только первые робкие и неуверенные шаги к осознанию того, какими удивительными и невероятными способностями он обладает, а также каким уникальным явлением природы, собственно, он сам по себе является.