

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	6
Глава первая. Мысленные эксперименты над миром	19
Глава вторая. Мысленные эксперименты над мышлением	33
Глава третья. Модель новой коры; теория мысленного распознавания образов	43
Глава четвертая. Биологическая новая кора	89
Глава пятая. Старый мозг	109
Глава шестая. Трансцендентные способности	127
Глава седьмая. Цифровая кора — модель биологической коры	141
Глава восьмая. Мозг как компьютер	205
Глава девятая. Мысленные эксперименты по анализу разума	229
Глава десятая. Закон ускорения отдачи в применении к мозгу	285
Глава одиннадцатая. Критика	305
Эпилог	319
Комментарии	326

ВВЕДЕНИЕ

Просторней голубых Небес
Мой мозг во много раз —
В себя он с легкостью вместит
И небосвод, и вас.
Намного глубже моря он,
Хоть море глубоко —
Как губка, целый океан
Впитает он легко.
Он нужен Богу — чтобы Бог
Творенье взвесить смог —
И если с гирей он не схож,
То лишь как звук и слог.

*Эмили Дикинсон**

Разум — самое важное явление во Вселенной; он способен выходить за границы физических законов и трансформировать мир. Человеческий разум позволил нам преодолеть ограничения нашей биологической природы и изменить самих себя. Человек — единственное животное, которое на это способно.

История человеческого разума началась с момента возникновения Вселенной, могущей создавать и кодировать информацию. Развитие Вселенной — тоже удивительная история. Современные физические модели зарождения Вселенной содержат десятки констант, которые должны иметь строго определенные значения. Иначе не было бы атомов, не было бы звезд и планет, не было бы мозга и книг о мозге. С трудом верится, что законы

* Эмили Дикинсон (1830–1886) — американская поэтесса. Стихотворение в пер. А. Гаврилова. *Здесь и далее прим. пер.*

физики так точны, что могут предсказать эволюцию информации. Однако в противном случае мы с вами не могли бы говорить на эту тему. Там, где одни находят Божий промысел, другие видят мультивселенную, в которой происходит эволюция одних вселенных и гибель других, не несущих никакой информации. Но вне зависимости от того, каким образом образовалась наша с вами Вселенная, мы начинаем рассказ с того, что наш мир основан на информации.

Чтобы изложить историю эволюции, придется прибегать к все более и более абстрактным понятиям. Атомы (особенно атом углерода, образующий информационно богатые структуры за счет четырех связей с другими атомами) складывались в сложные молекулы. Постепенно физика породила химию.

Через миллиард лет появилась сложная молекула, называемая ДНК, а в ней записаны «программы», в соответствии с которыми образуются живые организмы. Так химия породила биологию.

Со все возрастающей скоростью в организмах эволюционировали коммуникационные сети, которые мы называем нервной системой и которые способны координировать все более и более сложные функции тел, а также их поведение, позволяющее организмам выжить. Нейроны нервной системы образовали головной мозг, способный осуществлять сложную мыслительную деятельность. Так возникла нейробиология, а мозг стал центром хранения и обработки информации. От атомов и молекул мы добрались до ДНК и мозга. Следующий шаг сделал только человек.

Мозг млекопитающих обладает одной способностью, которой нет ни у каких других животных: мы можем мыслить иерархически, понимать строение форм и рисунков, состоящих из различных элементов, представлять эти структуры в виде символов и использовать символы в еще более сложных структурах. Данный процесс реализуется частью головного мозга, называемой новой корой (неокортексом). У человека эта способность

развита настолько сильно, что можно говорить не о рисунках и формах, а об *идеях*. Путем бесконечного рекурсивного процесса мы способны создавать еще более сложные идеи. Этот широкий спектр рекурсивно связанных идей мы называем *знанием*. Только *Homo sapiens* обладает знаниями, которые эволюционируют, растут по экспоненциальному закону и передаются от одного поколения другому.

Наш мозг создал еще один уровень абстракции, на котором используется наш разум и отставленный большой палец руки; с помощью таких приобретений мы изменяем мир и создаем орудия труда. Эти орудия — новая форма эволюции, и на ее уровне нейробиология породила технологию. И благодаря нашим орудиям возможности расширения наших знаний беспредельны.

Первым изобретением человечества стал рассказ — мы создали разговорный язык, который позволил нам передавать мысли словами. Позднее, научившись выражать мысли с помощью специфических символов, мы создали письменность. Письменный язык значительно расширил способность нашего мозга накапливать и расширять знания, составленные из рекурсивно структурированных идей.

Существуют разные мнения относительно того, могут ли другие животные, например шимпанзе, выражать иерархические идеи с помощью речи. Шимпанзе способны выучить ограниченный набор языковых символов и использовать их для общения с дрессировщиками. Однако очевидно, что существуют пределы сложности структурных знаний, которыми могут оперировать обезьяны. Произносимые ими предложения представляют собой определенные простые последовательности существительных и глаголов, и им не дана присущая человеку способность беспредельного усложнения языковых конструкций. В качестве занимательного примера сложности человеческой речи советуем прочесть хотя бы одно из удивительных многостраничных предложений Габриэля Гарсиа Маркеса: его новелла «*Последнее путешествие корабля-призрака*» состоит из одного единственного

предложения, которое прекрасно воспринимается как на испанском, так и на английском языке^{1*}.

Главная мысль трех моих предыдущих книг («Эпоха мыслящих машин» (The Age of Intelligent Machines), написана в 1980-х и опубликована в 1989 г.; «Эпоха духовных машин» (The Age of Spiritual Machines), написана в конце 1990-х и опубликована в 1999 г., и «Сингулярность уже близка» (The Singularity Is Near), написана в начале 2000-х и опубликована в 2005 г.) заключается в том, что эволюционный процесс имеет тенденцию ускоряться (за счет усложнения абстракций), и его результаты по сложности и возможностям изменяются экспоненциально. Я называю этот феномен «законом ускорения отдачи» (ЗУО), и он имеет отношение как к биологической, так и к технологической эволюции. Самый яркий пример действия закона заключается в предсказуемом экспоненциальном росте объема памяти и производительности информационных технологий. Эволюция технологий привела к созданию компьютера, который, в свою очередь, позволил в значительной степени расширить наши знания и связать между собой информацию из разных областей знания. Интернет также является подходящим и выразительным примером способности иерархической системы охватывать большой объем информации, сохраняя при этом свою структуру. Сам мир устроен по принципу иерархии: деревья имеют ветви, на ветвях растут листья, на листьях есть жилки. Дома имеют этажи, на этажах расположены комнаты, в комнатах есть двери, окна, стены и полы.

Мы создали такие инструменты, которые позволили нам понять наше собственное биологическое строение. Мы быстро учимся обратному проектированию (воспроизведению) информационных процессов, лежащих в основе биологических

* Рассказ многократно переводился и на русский язык; см. например, перевод Р. Рыбкина в сборнике «Последнее путешествие корабля-призрака» (М.: Пресс Лтд, 1994).

законов, включая законы функционирования нашего собственного мозга. Теперь у нас в руках есть «объектный код» жизни в виде человеческого генома, что само по себе является удивительным примером экспоненциального роста знаний: за последние двадцать лет объем секвенированных генетических последовательностей в мире ежегодно увеличивался почти вдвое. С помощью компьютеров мы можем моделировать процессы трансляции последовательностей ДНК в последовательности аминокислот, которые складываются в трехмерные белковые структуры, являющиеся основой всей биологии. По мере экспоненциального роста компьютерных возможностей увеличивается сложность белковых структур, упаковку которых мы можем моделировать. Мы также способны моделировать взаимодействия между белками, происходящие за счет трехмерных межатомных сил. Углубление наших биологических знаний является важнейшим условием открытия секретов разума, которым наградила нас эволюция, и создания с помощью этих биологических концепций еще более разумных технологий.

В настоящее время тысячи ученых и инженеров чрезвычайно активно работают над проектом, посвященным изучению механизма самого совершенного интеллектуального процесса — функционирования человеческого мозга. Возможно, это самый важный проект в истории машинной цивилизации. В книге «Сингулярность уже близка» я писал о том, что одним из следствий закона ускорения отдачи является отсутствие других разумных существ. Если бы они были, мы бы их заметили, учитывая сравнительно быстрый переход цивилизации от слабо развитой технологии (только представьте себе, что в 1850-х гг. в Америке самым быстрым способом доставки корреспонденции был «Пони-экспресс»^{*}) к технологии, которая вышла бы за пределы их планеты². С этой точки зрения, обратное проектирование

^{*} Почтовая служба фирмы «Рассел, Мэйджорс энд Уодделл», которая использовала перекладных лошадей и индейских пони.

человеческого мозга можно рассматривать в качестве важнейшего проекта во всей Вселенной.

Цель проекта заключается в изучении принципов работы человеческого мозга и использовании этой информации для того, чтобы лучше понимать самих себя, ремонтировать мозг, если это необходимо, и — что непосредственно относится к теме данной книги — создавать еще более разумные машины. Вспомним, что инженерный подход заключается в многократном усилении природных эффектов. Рассмотрим, к примеру, достаточно слабое явление, описываемое законом Бернулли. Этот закон утверждает, что воздух оказывает чуть меньшее давление на движущуюся искривленную поверхность, чем на движущуюся плоскую поверхность. Ученые еще не до конца поняли, как математика закона Бернулли описывает закономерности подъема крыла, а инженеры ухватились за это тонкое различие, сконцентрировали его и создали авиацию.

Данную книгу я посвятил изложению принципа, который называю «теорией мысленного распознавания образов» (ТМРО; The Pattern Recognition Theory of Mind, PRTM) и который, я готов поспорить, описывает основной алгоритм функционирования новой коры мозга (ответственной за понимание, память и критическое мышление). Я рассказываю о том, как последние исследования в области нейробиологии, а также наши собственные мысленные эксперименты привели нас к неизбежному выводу, что этот принцип действует во всех отделах новой коры. Инженерное использование принципов ТМРО и ЗУО позволит значительно расширить мощь нашего собственного разума.

На самом деле этот процесс уже активно претворяется в жизнь. Можно назвать сотни задач и функций, которые считались исключительной прерогативой человека и которые сейчас могут выполняться компьютерами, причем обычно гораздо точнее и с гораздо большей производительностью. Каждый раз, когда вы отправляете электронную почту или звоните по

мобильному телефону, разумные алгоритмы передают информацию оптимальным образом. Когда вам делают электрокардиограмму, вы получаете поставленный компьютером диагноз, конкурирующий с диагнозом врача. То же самое справедливо для изображений клеток крови. Разумные алгоритмы обнаруживают жульничество с кредитными картами, ведут и сажают самолеты, управляют разумными системами вооружения, помогают создавать продукты и отслеживать их запасы, собирают продукцию на автоматизированных производствах и мастерски играют в такие игры, как шахматы.

Миллионы людей следили за тем, как компьютер компании IBM по имени Ватсон играл в «Джеопарди!»* на человеческом языке и набрал больше очков, чем два лучших в мире игрока вместе. Нужно отметить, что Ватсон не только читал и «понимал» тонкости вопросов (например, каламбуры и метафоры), но находил необходимую для ответа на вопрос информацию среди миллионов страниц документов на человеческом языке, таких как «Википедия» и другие энциклопедии. Ему пришлось разбираться практически во всех областях человеческой интеллектуальной деятельности, таких как история, наука, литература, искусство и т. д. Сейчас IBM работает с компанией Nuance (прежнее название Kurzweil Computer Products — моя первая компания) над созданием новой версии Ватсона. Эта машина будет читать медицинскую литературу (включая все медицинские журналы и важнейшие медицинские блоги) и станет специалистом по диагностике и консультантом по медицинским вопросам. Для этого используется технология компании Nuance, позволяющая воспринимать медицинскую терминологию. Некоторые наблюдатели утверждают, что Ватсон на самом деле не «понимает» вопросов викторины или текстов в энциклопедиях, а только производит «статистический анализ». В книге я расскажу, что математические технологии, используемые для

* Американская телевизионная викторина.

создания искусственного интеллекта (как у Ватсона или Сири*), очень похожи на те, что эволюционировали естественным путем и воплотились в новой коре. Если понимание языка и другие процессы, осуществляемые с помощью статистического анализа, не считаются «истинным пониманием», можно сказать, что люди тоже ничего не понимают.

Способность Ватсона разумно воспринимать информацию на человеческом языке вскоре будет использована для создания новых поисковых систем. Люди уже говорят по телефону на своем языке (причем через айфон — именно с помощью Сири; в разработке этой системы также принимала участие компания Nuance). Эти помощники, воспринимающие человеческую речь, станут еще разумнее, когда будут применять такие методы, которыми пользуется Ватсон, да и сам Ватсон продолжает совершенствоваться.

Самодвижущиеся машины Google проехали 200 тыс. миль по многолюдным городам и центрам Калифорнии (и эта цифра, без сомнения, значительно возрастет к тому моменту, когда моя книга окажется на полках реальных и виртуальных магазинов). В современном мире существует множество других примеров использования искусственного интеллекта, а на горизонте возникают все новые и новые примеры.

Еще одно проявление закона ускорения отдачи заключается в том, что возможности пространственного разрешения структур головного мозга и количество информации о мозге ежегодно увеличиваются в два раза. Кроме того, мы теперь можем использовать эти данные для создания рабочих моделей и для моделирования участков мозга. Нам удалось осуществить обратное проектирование ключевых функций слуховой коры, в которой обрабатывается звуковая информация, зрительной коры, где обрабатывается зрительная информация, и мозжечка,

* Speech Interpretation and Recognition Interface (Siri) — персональный помощник и вопросно-ответная система, разработанная компанией Apple.

Введение

отвечающего за определенные навыки (например, за поимку летящего мяча).

Главная задача проекта по изучению и моделированию головного мозга человека заключается в обратном проектировании новой коры мозга, которая отвечает за рекурсивное иерархическое мышление. Кора составляет 80% головного мозга человека и образована из повторяющихся структур, что позволяет нам создавать сколь угодно сложные идеи.

Моя теория мысленного распознавания образов описывает модель, с помощью которой человеческий мозг реализует эту свою способность, используя замечательную структуру, появившуюся в ходе биологической эволюции. Какие-то детали этого механизма мы пока понимаем не полностью, но мы знаем достаточно, чтобы создать алгоритм, приводящий к тем же результатам. Начав с изучения функций новой коры, мы продвинулись настолько, что можем значительно усилить ее возможности — таким же образом, как конструкторы самолетов усилили эффект принципа Бернулли. Принцип функционирования новой коры, безусловно, является важнейшей в мире идеей, поскольку новая кора способна не только аккумулировать знания и навыки, но и создавать новые знания. Ведь именно новая кора в конечном счете отвечает за все рассказы, все песни, все картины, все научные открытия и все другие результаты человеческой деятельности.

Нейробиология остро нуждается в теории, которая смогла бы связать воедино результаты всех обширных и разнообразных наблюдений. Никакая наука не может существовать без единой теории. В следующей главе я расскажу о том, как двое мечтателей соединили физику с биологией — два раздела науки, которые до них считались безнадежно разупорядоченными, и как можно применить эту теорию для изучения головного мозга.

Сегодня часто говорят о сложном строении человеческого мозга. Если осуществлять поиск с помощью Google, вы обнаружите около 30 млн ссылок на эту тему (однако указать точное

число цитирований невозможно, поскольку некоторые сайты цитируются много раз, а другие однократно). Джеймс Уотсон писал в 1992 г., что «головной мозг — это [для нас] последняя и самая серьезная биологическая преграда, самая сложная вещь из всех, что мы до сих пор открыли во Вселенной». И объяснял это тем, что мозг «содержит сотни миллиардов клеток, соединенных между собой триллионами связей. Мозг поражает разум»³.

Я согласен с Уотсоном в том, что изучение головного мозга — самая сложная биологическая задача, но тот факт, что в нем миллиарды клеток и триллионы связей, не обязательно указывает на особую сложность его изучения, если только нам удастся идентифицировать понятные (и воспроизводимые) структуры этих клеток и связей, особенно учитывая их избыточность.

Давайте подумаем, что означает быть сложным? Ну, например, сложен ли лес? Ответ зависит от точки зрения. Можно сказать, что лес состоит из тысяч деревьев и каждое дерево отличается от других. Кроме того, на каждом дереве тысячи веток, и все они тоже различны. Затем можно отметить причудливые формы этих ветвей и прийти к выводу, что лес настолько сложен, что и вообразить трудно.

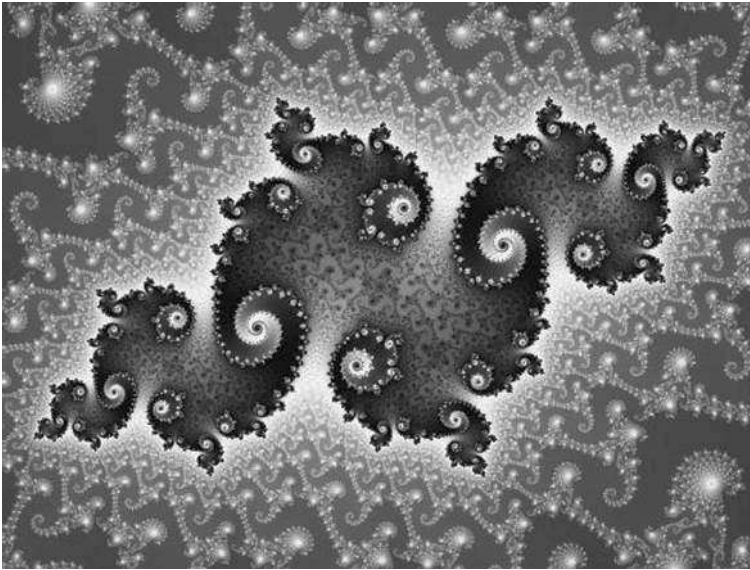
Но такая точка зрения буквально иллюстрирует выражение «не видеть леса за деревьями». Безусловно, все деревья и все ветви различаются, но, чтобы правильно понять принцип устройства леса, следовало бы начать с идентификации повторяющихся рисунков с имеющимися стохастическими (то есть случайными) вариациями. Можно сказать, что принцип устройства леса проще принципа устройства дерева.

То же самое относится и к головному мозгу, для которого характерна такая же невероятная избыточность, особенно в области новой коры. И как я покажу ниже, вполне можно сказать, что один нейрон устроен сложнее, чем вся новая кора.

Моя задача в этой книге заключается не в том, чтобы в миллион первый раз сообщить о сложной структуре мозга, а скорее

в том, чтобы удивить вас мощью его простоты. Я расскажу, как оригинальные базовые механизмы распознавания, запоминания и предсказания, повторяющиеся в новой коре сотни миллионов раз, обеспечивают всю широту наших мыслительных способностей. Как фантастическое разнообразие организмов возникает в результате различных комбинаций букв генетического кода в ядерной и митохондриальной ДНК, так и фантастическое множество идей, мыслей и навыков создается из образов (синаптических связей и потенциалов), распознаваемых специализированными модулями новой коры. Нейробиолог Себастьян Сеунг из Массачусетского технологического института говорит: «Личность определяется не нашими генами, а связями между клетками нашего мозга»⁴.

Нужно понимать разницу между истинной сложностью строения и кажущейся внешней сложностью. Рассмотрим, к примеру, знаменитое множество Мандельброта, которое долгое время считалось символом сложности. Чтобы оценить его кажущуюся сложность, увеличьте его изображение (обратитесь к ссылке, приведенной в комментарии⁵). Вы увидите бесконечное множество рисунков внутри рисунков, и все они различаются между собой. Но строение (формула) множества Мандельброта чрезвычайно просто и описывается последовательностью из знаков: $Z = Z^2 + C$. Не нужно полностью понимать смысл функции Мандельброта, чтобы оценить, насколько она проста. Этот закон реализуется многократно и на всех уровнях иерархии. То же самое справедливо для мозга. Его повторяющаяся структура не так проста, как формула множества Мандельброта, но и далеко не так сложна, как можно заключить на основании миллионов ссылок о строении головного мозга. Основная структура новой коры повторяется вновь и вновь на каждой иерархической ступени. Задачу, которую я попытался решить в данной книге, озвучил Эйнштейн, сказавший: «Любой дурак может увеличить и усложнить проблему... но нужно много храбрости, чтобы сделать наоборот».



Вариант изображения множества Мандельброта — результата многократного повторения простой математической формулы. При приближении к какой-либо точке кажется, что изображение постоянно меняется непредсказуемым образом.

До сих пор я говорил о мозге. Но что можно сказать о разуме? Например, как связана активность новой коры с сознанием? И сколько осознанных мыслей в нашем мозге, когда мы обдумываем ту или иную проблему? Кажется, иногда бывает больше одной.

Еще один важный вопрос о разуме: что такое свобода воли и есть ли она у нас? Некоторые эксперименты показывают, что мы начинаем реализовывать задуманное даже прежде, чем осознаём, что приняли решение. Означает ли это, что свобода воли — лишь иллюзия?

Наконец, какие атрибуты мозга определяют личность? Тот ли я человек, которым был полгода назад? Ясно, что не совсем тот, но сохранил ли я собственную личность?

Посмотрим, как теория мысленного распознавания образов помогает ответить на эти извечные вопросы.