Размышления о сознании;

Математическая модель, имитирующая сознание

Содержание

Предисловие: Что мы хотим понять

Математическая модель сознания

Консервативная природа сознания

Память и сознание

Уменьшение чрезмерного упрощения

Ассоциативное мышление и появление новых идей

Дополнительные замечания о сознании

Заключительные замечания

Приложения

A. Примеры сознания разных живых существ.

Животный мир

Клетки

«Мыслящие» деревья

B. Ссылки на используемые математические идеи

(Это приложение предназначено ТОЛЬКО для математиков)

Дополнение:

Замечания о направлениях связанных с сознанием.

Благодарности

Я бесконечно благодарен

Людмиле Мильман за заботу обо мне и за бесценные советы,

Боазу Кластагу — наша дискуссия об искусственном интеллекте вдохновила меня на размышления о причинах возникновения сознания,

Леониду Пастуру — наша дискуссия о принципе универсальности в физике и автоматическом возникновении порядка в системах с очень большой степенью свободы была для меня очень стимулирующей и полезной,

Рою Вагнеру за предоставленную очень ценную информацию и его советы,

Альдо Лазару за поддержку, который прочитал предварительный текст книги и чьи советы оказались для меня чрезвычайно полезны,

Тане Петровой и Мише Содину за ценную информацию,

Мириам Херцберг, Мишелю Леду, Шахару Мендельсону и другим друзьям и коллегам за советы и поддержку (но также «анти-поощрение») в написании этой книги,

Майклу Сонину за перевод текста этой книги на английский язык,

Тане Премингер, которая напряженно работала, помогая мне создать эту книгу.

Предисловие: Что мы хотим понять.

Сознание поражает многих из нас больше, чем сама жизнь. Мы воспринимаем это как нечто само собой разумеющееся, как нечто, сопровождающее, например, жизнь человека, а для многих – просто жизнь. Это какое-то чудо. Признаюсь, это было и у меня тоже. Во многих философиях и околорелигиозных учениях сознание предшествует жизни: для них вначале существует Сознание, которое конструирует жизнь. Я намеревался приоткрыть завесу чуда с понятия сознательного поведения (однако понятие «жизнь» и существование жизни остается для меня необъяснимым чудом).

Медицина/биология (биомедицина) отличается от точных наук, в том числе и математики, тем, что когда вы думаете, что нашли решение стоящей перед вами проблемы, это еще далеко не конец ее решения.

В точных науках мы формулируем и решаем задачи, которые еще не решены. Нам нужно найти решение — любое решение. Мы будем работать над улучшением этого решения в будущем.

Однако проблемы, которые нам нужно решить в медицине, уже решены Природой/Богом. Наша задача не найти какое-то решение, каким бы красивым и элегантным оно ни было, а найти решение, которое уже создала Природа/Бог. Поэтому, найдя самый изящный подход, нам приходится проводить эксперименты, чтобы проверить, используется ли он природой. И вряд ли это получится с первой попытки. Таким образом, все пойдет в мусор, и работу придется начинать заново. Однако завеса тайны вокруг изучаемого явления уже спадет, даже если найденное решение не будет соответствовать истинному решению, найденному природой. И это именно наша цель.

В этой книге-статье мы собираемся показать, что эквивалент сознания автоматически возникает в структурах, которые зависят от очень большого числа параметров (степеней свободы) и обладают достаточно большой памятью. Однако я еще не сказал, что мы

имеем в виду, когда говорим о «сознании». Поскольку стандартное восприятие сознания связано с человеком или, в более свободной трактовке, с живым существом, сразу отмечу, что я не собираюсь обсуждать в этом тексте, что такое жизнь и как ее следует определять. Мне достаточно понять, что это очень сложная система, которая является самовоспроизводящейся, зависящей от очень большого количества параметров, обладающей памятью и имеющей конечное существование. Никакое точное определение не повлияет на последующие размышления, и мы видим перед собой невероятное количество конкретных примеров. Но мы начнем обсуждение сознания с осознания того, что оно сопровождает по крайней мере некоторые живые системы, а возможно, и все.

Я представлю схематическую модель, основанную на известных (но нетривиальных) математических наблюдениях, которая успешно имитирует некоторые удивительные свойства сознания.

И все же возникает вопрос: что такое сознание? Что я имею в виду, когда говорю это слово?

На самом деле, когда мы говорим слово «сознание», мы часто имеем в виду сознательные действия. И нам нужно определить, что такое сознательное действие. Под сознательным действием я подразумеваю действие, которое влечет за собой ясную заранее установленную цель, которую это действие должно достичь, — план действия задуман заранее, и действие следует этому заранее задуманному плану.

Сознание в моем понимании состоит из всех сознательных действий, которые способно совершить данное живое существо. Естественно, в зависимости от этого множества сознательных действий мы можем говорить о разных уровнях сознания. Но на данный момент меня это не так волнует.

При этом я буду искать в модельной ситуации форму реакции, соответствующую нашему человеческому пониманию сознательного поведения.

Определения сознания, которые мы можем найти в научной литературе или, например, в ChatGPT или Google, работают с самого

“конца”. Это похоже на то, как если бы древние греки начали строить математику на основе алгебраической геометрии или чего-то еще более причудливого. Начинать математику нужно с аксиом элементарной геометрии и, скажем, таких теорем, как теорема Пифагора. Мы ничего не понимаем в сознании, поэтому начинать изучение этого предмета нужно с чего-то совершенно элементарного. Я выбираю одну элементарную составляющую сознания — сознательное действие.

Звучит философски, поэтому начну с примера сознательного действия некой птицы. Я специально выбрал животное — птицу, а не человека — потому что сознание часто связано с деятельностью человека, с нашим человеческим разумом. Я этого не принимаю и хочу привести пример сознания животного, которое будет очень близко к нашему человеческому пониманию сознания.

Этот эпизод я наблюдал пару лет назад. Я сидел в припаркованной машине и ждал свою жену Люду. Посреди дороги было разделяющая полоса с травой и пальмами примерно через каждые 10 метров. На эту траву прилетела небольшая (но не маленькая) птичка с большим куском сухого хлеба, коркой. Это была израильская сорока.

Она сидел на траве, отламывая куски, и ела их. Подлетела еще одна такая же птица. Было похоже, что они знали друг друга. Хозяин корочки делиться явно не собирался. Хозяин позволил второй птице посмотреть, как она ест. Она также держала корку сбоку, не позволяя другой птице встать перед коркой. Постояв некоторое время, вторая птица не предприняла никаких агрессивных шагов. Она внезапно улетела и села за пальмой метрах в пяти. Она начала там усиленно что-то рыть, но делала это так, что первая птица не видела, что она копает, а только хвостом и ногами интенсивно ворочала землю. Первую птицу это явно заинтриговало — она перестала отламывать куски корки и наблюдала, что делает вторая птица. Разобраться не удалось, любопытство взяло верх — бросив корку, она перелетела, чтобы присоединиться к своей подруге за пальмой и посмотреть. Как только она приземлилась туда, роющая птица взлетела, схватила брошенную корку и улетела с ней в другое место (обманула!).

Подводя итог, можно сказать, что мы наблюдали сознательные действия второй птицы. У неё была цель (завладеть корой) и план действий по достижению этой цели. План удался, он сработал.

В книге под названием *Жизнь = Сознание* я описывал различные эпизоды своего знакомства с животным миром, в которых для меня было очевидно, что животные демонстрируют сознательное поведение. Это было все равно, что заглянуть через щель в другую комнату, другой мир, другую цивилизацию. Хотя чаще, гораздо чаще, этот другой мир показывал нам, что он нас понимает и знает, что мы хотим видеть.

С другой стороны, как ни странно, еще дальше я встретил деревья, которые я немного понимаю — деревья, которые, по-видимому, проявляют способность «думать».

Один вид деревьев из джунглей Амазонки умел «ходить» (перемещался за год примерно на пять метров; цель этого перемещения была ясна). Другой вид огромных деревьев построил себя на основе других деревьев, которыми он питался. Это было в Камбодже. Но для чего это было сделано, как и некоторые другие его действия, мне было, скажем так, непонятно. Однако еще более удивительным является недавно обнаруженное поведение клеток

многоклеточного живого существа. Недавно в их жизни открылись чудеса, и не увидеть сознательности в их поведении просто невозможно!

Эти примеры также описаны в книге *Жизнь = Сознание*. Несколько таких примеров я приведу в Приложении А к этому тексту, чтобы познакомить читателя с весьма разнообразными формами сознания, сознательных действий. Я выберу примеры из животного мира, растительного мира и клеточного мира.

Однако здесь нам нужен предупреждающий знак! Я очень уверенно написал о сознательном действии. Однако, возможно, я оцениваю это с точки зрения нашей человеческой цивилизации, тогда как птицы (и другие жизненные системы) видят и воспринимают это совершенно иначе. Этот вопросительный знак должен быть повсюду. Мы могли неправильно понимать цель, приоритеты конкретного животного.

Это был мой вывод, что сознание сопровождает любую жизнь, что любая жизнь должна иметь сознание, что жизнь практически равна сознанию.

Хочу подчеркнуть, что в книге *Жизнь = Сознание*, я не изучал сознание. Я признал его существование и пришел к выводу, что жизнь и сознание находятся в состоянии симбиоза. В другой книге, *Редкие природные явления и необычные совпадения*, в третьей части, я пытался понять, зачем жизни нужно сознание, искал причину, почему симбиоз необходим.

Среди множества причин, которые казались потенциальными кандидатами, осталась только одна. Для всех остальных я нашел в природе контрпримеры, то есть виды, существующие в природе, не обладающие этим свойством. Я определил, что этой единственной характеристикой является инстинкт самосохранения, стремление жить. Без сознания нет причин, по которым жизнь не прекратила бы функционировать (то есть не совершила бы самоубийство) при малейшем затруднении.

Однако мое понимание изменилось. В этом тексте я размышляю о том, что такое сознание, и прихожу к выводу, что сознание возникает

автоматически в каждой очень сложной системе, возможно, имея определенные дополнительные характеристики.

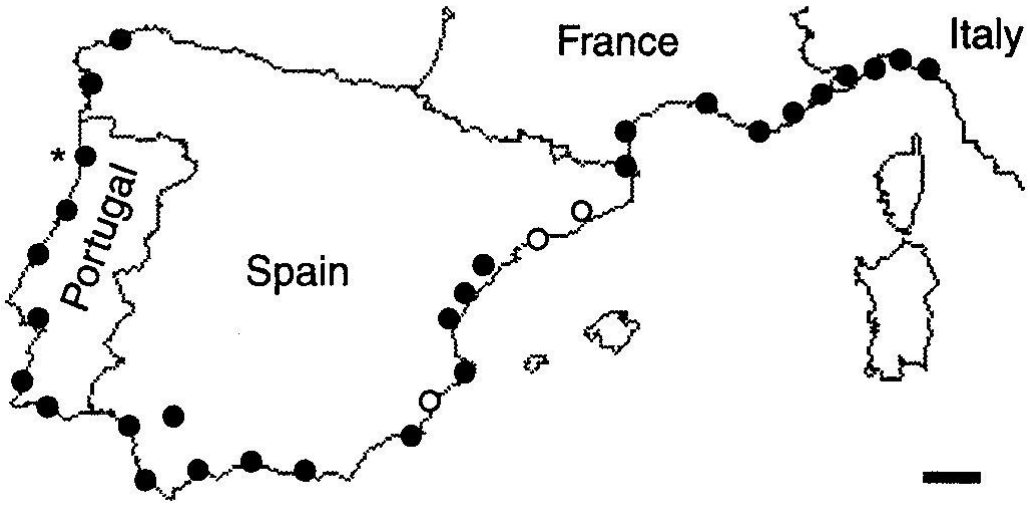
К собственному изумлению, я вспомнил, что на начальном этапе изучения математики до 30 лет основные идеи, к которым я пришел, заключались именно в том, что многие математические системы с огромным количеством параметров имеют автоматические закономерности. Одно из них (и оно теперь называется) я назвал «Феномен концентрации», а другой — «Спектр функций», определенных на некоторых структурах с огромным количеством переменных. В Приложении В я поместил несколько ссылок, где читатель-математик может найти очень краткое объяснение одной из этих идей. Я также предоставляю там необходимые ссылки для математиков для углубленного чтения. Но нематематики (для которых в основном написан этот текст) могут просто проигнорировать это приложение.

Кстати, мы можем наблюдать, как возникает сознание, когда увеличивается количество одинаковых существ — например, от одиночного муравья до муравьиной кучи, от одиночной пчелы до улья. Огромные сообщества представителей одного вида, живущие вместе, создают собственную форму поведения, проявляющую все черты сознания. Возможно, спорно обсуждать это на примерах человеческих сообществ (хотя это ясно видно), но давайте рассмотрим это на примере муравьев.

Небольшое количество муравьев действует хаотично, тогда как большой муравейник действует скоординировано и целенаправленно. Например, они закрывают входы в свою кучу-дом от дождя и даже знают, когда будет дождь. Они закрывают эти входы накануне. Они собирают еду и ведут войну против других колоний и других муравьев. Я наблюдал такие войны между разными видами муравьев. Они очень умны во многих отношениях. Точно то же можно видеть в поведении улья. На уровне человеческого общества нас отвлекают детали (мы слишком хорошо знаем, что происходит), которые затемняют общую картину поведения. В результате распознать черты коллективного сознания в обществе очень сложно.

Кстати, на сегодняшний день обнаружены не просто муравейники, а поселения муравейников, практически «страны». Самая крупная такая муравьиная суперколония простирается на 6000 км вдоль

северной части Италии и французского побережья Средиземного моря, огибает побережье Испании и заканчивается в Португалии.



An ant supercolony in Europe. Credit: Giraud, T., Pedersen.

Конечно, он состоит из огромного количества отдельных муравейников (так сказать), у которых есть свои самки, муравьиные королевы. Эти кучи не воюют друг с другом — они посещают друг друга и даже посылают своих рабочих на помощь соседям, когда это необходимо. Всего на Земле обнаружено около пяти-шести таких невероятных образований длиной в сотни километров.

Возвращаясь к математической интерпретации, сегодня я рассматриваю упомянутые выше математические наблюдения как математические модели — в каком-то смысле самые элементарные модели, стоящие за чрезвычайно сложным явлением, которое мы называем сознанием и которое возникает в невероятно большой (и структурно сложной) системе, которую представляет любая форма жизни.

В следующей главе я собираюсь объяснить в самой элементарной форме, не прибегая формально к математике, эти математические явления, которые приближают нас, хотя и в очень наивной форме, к модели, напоминающей сознание. В отдельном Приложении В я приведу ссылки на математические работы, описывающие соответствующие явления точным математическим языком. Однако

я понимаю, что эти аналогии все же носят скорее философский характер.

Позвольте мне описать мои собственные ощущения от сравнения математических моделей с представленными мной формами сознательного поведения. С одной стороны, мне кажется, я чувствую их достаточно точно. Но, с другой стороны, крайне сложно найти слова, которые отражали бы это понимание. У нас нет подходящего языка. Однако я решил написать это, потому что сознание нужно изучать и нужно с чего-то начинать. То, что мне довелось прочитать по этой теме, не являлось, в моем понимании, даже самым первым шагом в изучении этого сложного и еще очень малопонятного процесса. Таким образом, в каком-то смысле этот текст является лишь черновиком. Но я твердо понимаю, что пока оно не будет завершено, следующий этап не наступит. Это произошло со мной во многих моих профессиональных математических работах. И, следовательно, я открываюсь для критики (ругани) и насмешек.

Я завершу этот раздел «Предисловие» определениями и описаниями Сознания из двух источников: Google и ChatGPT.

Обратите внимание, что эти определения не разбивают сложную концепцию сознания на простые элементы. Они стремятся одним взглядом охватить всю огромную загадку сознания. Это создает путаницу и по сути превращает один набор непонятных слов в другой. Это не объясняет картину, по крайней мере для меня. Кроме того, они ориентированы именно на человека и совершенно не объясняют, что может служить сознанием в других формах жизни, особенно далеких от млекопитающих, таких как деревья или клетки.

Из Google

(Заметим, что перевод с английского – Google, может менять смысл)

Сознание – это (ниже разные формы выражения одного и того же):

1. Состояние бодрствования и осознания своего окружения.

2. Осознание или восприятие чего-либо человеком.

3. Факт осознания разумом себя и мира.

«Сознание возникает в результате деятельности мозга».

И другие примеры (еще из Google):

Сознание — это индивидуальное осознание своих уникальных мыслей, воспоминаний, чувств, ощущений и окружающей среды. По сути, ваше сознание — это ваше осознание себя и мира вокруг вас.

Сознание — необычный феномен для научного изучения. Она определяется как субъективное явление от первого лица, а наука — это объективное усилие от третьего лица.

Кембриджский словарь определяет сознание как «состояние понимания и реализации чего-либо». Оксфордский живой словарь определяет сознание как «состояние осознания и реагирования на свое окружение»; «осознание или восприятие человеком чего-либо»; и «Факт осознания разумом…».

А теперь из ChatGPT:

Сознание — это сложное и многогранное явление, которое относится к состоянию осознания и способности думать о собственном существовании, ощущениях, мыслях и окружении. Оно включает в себя субъективный опыт, самосознание и способность воспринимать и обрабатывать информацию. Существуют различные

теории и взгляды на сознание, и оно остается темой активных исследований и философских изысканий.

Одним из предметов, связанных с сознанием, является уровень сознания. Сознание не является феноменом «все или ничего». Существуют разные уровни сознания: от базового осознания до когнитивных функций более высокого порядка.

Важно отметить, что, хотя в понимании некоторых аспектов сознания достигнут прогресс, полное и общепринятое объяснение остается неуловимым. Изучение сознания включает в себя вклад различных дисциплин, включая нейробиологию, психологию, философию и когнитивную науку.

PS. В тот день, когда я отправил эту книгу форматтеру, я получил комментарии к черновому варианту этой книги от одного из моих очень хороших друзей, профессора философии Цюрихского университета Роя Вагнера. Он рассказал мне о недавней теории сознания, «Интегрированной информационной теории сознания». краткий ИИТ, начатый Тонони, Джулио в 2004 году. (смотрите также книгу Кристофа, Коха и Джулио Тонони, 2013 г., и другие статьи этих авторов). Цитирую источник в Википедии: «там утверждается, что сознание тождественно определенному виду информации, реализация которой требует физической, а не просто функциональной интеграции…». Большинство разработчиков и основных сторонников ИИТ — нейробиологи.

Естественно, их теория вращается вокруг того, как сотрудничество и взаимодействие между нейронами могут создать сознание. Конечно, у меня есть лишь очень предварительное представление об этой теории. Это интересная теория, и я думаю, что ее можно и нужно согласовать с абстрактной математической моделью, которую я представляю в этой книге. Эти теории говорят о совершенно разных вещах по отношению к сознанию. Например, теория представленная в этой книге описывает абстрактную схему сознания не только человека и не только животные, но и другие живые существа, такие как деревья, клетки и так далее. В этой книге начальным блоком является абстрактное сознательное действие. Возможно, их теория сможет быть применена к множеству всех сознательных действий и тем самым расширить на все живые существа. Я оставлю эту фантазию на будущее.

Математическая модель сознания:

Феномен концентрации; Самый простой пример.

В этом и следующем разделах я собираюсь показать, что математическую модель сознания можно представить с помощью феномена концентрации. Но сначала я должен на очень простом примере объяснить, что это за явление.

Я объясню идею так называемого феномена концентрации с помощью одной простой игры, которую я придумал.

Игра представлена двум игрокам А и Б. Каждый из них наугад выбирает 50 чисел, которые мы обозначим

x = [x(1), x(2), …, x(50)] для А и y = [y(1), y(2), …, y(50)] для В.

Эти числа могут быть положительными или отрицательными, но мы требуем, чтобы сумма их квадратов равнялась единице, то есть сумма x(i)^2 (по всем i) и сумма y(i)^2 (по всем i) каждая должна равняться 1. (В математике мы говорим, что точки x и y лежат на сфере S^50; на самом деле я должен писать 49 вместо 50, но мы проигнорируем эту разницу в наших обозначениях.) Затем мы вычисляем следующее число: сумма произведения x(i)y(i) (по всем i). Обозначим эту сумму через Z. То есть Z — функция f(x(1), x(2), ..., x(50), y(1), y(2), …, y(50)}; функцией данного набора чисел в математике называется число, которое получается по заданному правилу из этих заданных чисел.

Теперь, если Z положительно, то выигрывает A, а если Z отрицательно, то выигрывает B. Если Z = 0, то в этом случае я выигрываю. Вы можете подумать, что игра даже слишком честная. Я никогда ничего не получу. Однако компьютер, вычисляющий число Z, не вычисляет его с бесконечной точностью. Он должен остановиться после определенного количества подсчитанных десятичных знаков. Допустим, он останавливается после двух десятичных знаков. То есть, если число, например, 0,438..., компьютер выдаст нам число 0,43.

Возможно, вы наивно думаете, что игра все еще честная и количество моих выигрышей будет очень небольшим. Но вы ошибаетесь. Более четверти всех выигрышей будут моими. А если вместо 50 номеров мы возьмем 10 000 чисел x(i) и y(i) [где i теперь варьируется от одной до десяти тысяч], то мой выигрыш будет абсолютно доминирующим — почти каждая игра будет моей победой. Этот факт совершенно не интуитивный.

Дело в том, что с вероятностью, очень близкой к 1 (т.е. почти наверняка; на нашем жаргоне мы говорим «с очень большой вероятностью»), при выборе чисел x(i) и y(i), i =1, 2, ..., функция Z принимает очень близкие к нулю значения. (Это факт, который является результатом конкретного вычисления; он не является интуитивно очевидным.) Мы говорим, что функция Z концентрируется вокруг нулевого значения. И чем больше параметров задействовано (то есть чем больше чисел x(i) и y(i) мы возьмем, скажем, 10 000 вместо 50), тем больше вероятность того, что результат будет очень близок к нулю. И по мере увеличения количества параметров оно будет становиться всё ближе и ближе к нулю.

Именно это и есть явление концентрации функций, зависящих от очень большого числа переменных. Это не было особым свойством функции Z, которую мы обсуждали выше. Важно то, что эта функция была определена на сфере S^n для больших n — в нашем случае я рассматривал n = 50, а затем упомянул n = 10 000. Любая «хорошая» (в определенном смысле) функция на сфере большой размерности с огромной вероятностью будет принимать примерно одно и того же значение.

Если нас не интересуют крайне маловероятные события, то, по сути, эта функция, любая «хорошая» функция, почти постоянна. Такими «хорошими» функциями, которые можно рассматривать, являются, например, функции, которые не сильно колеблются локально. Например, если две точки на сфере находятся друг от друга не более, чем, скажем, на одну единицу, то значения нашей функции должны отличаться, скажем, не более чем на десять единиц. (Здесь я не совсем точен. Такие функции мы называем липшицевыми функциями (сокращенно Lip-функциями) с константой C, а в моем примере выше C=10).

В действительности, гораздо больший класс функций, чем Lip-функции, будет удовлетворять тому же свойству. Более того, свойство концентрации чрезвычайно стабильно. Если рассматриваемая нами функция f, заданная на сфере S^n, с очень большой вероятностью принимает значение около числа, скажем, 5, то изменить это даже с применением достаточно существенных модификаций (возмущений) вообще не представляется возможным. Мы можем взять любую функцию g(x), g(0) = 0 (x — точка на той же сфере S^n), |g| < 100 (например), зависит от не слишком большого количества переменных, то есть, например, g(x(1), x(2), ... x(sqrt(n))), и не зависит от остальных x(i), а возмущенная функция f + g все равно с большой вероятностью будет принимать примерно то же значение 5. Для этого важно лишь, чтобы число параметров n (мы называем его размерностью) было достаточно большим.

Описанное мной явление концентрации и его свойства справедливы не только для сферы, но и для огромного количества объектов и систем (скажем, поведенческих систем), если они зависят от очень большого числа переменных. В Приложении B я даю ссылку на длинный список математических объектов, для которых эти примеры являются доказанными теоремами.

Предположительно каждая поставленная перед определенной системой (живым организмом) задача, может быть описана некоторой, еще не известной нам сегодня функцией, которая зависит, естественно, от очень большого количества параметров. И если модельный пример концентрации справедлив и в этом случае, то мы получим поведение, близкое к фиксированному поведению. Я называю это **сознательной**

реакцией системы. Эта реакция не меняется при изменении небольшого количества параметров. **Сознание должно быть стабильным**. И консервативным. Когда мы возвращаемся примерно к той же ситуации, мы должны продемонстрировать ту же реакцию.
Это свойство сознания (и рассматриваемой нами модели концентрации) трудно переоценить. Повторение реакции позволяет понять (запомнить), какое решение является правильным, и выбрать (запомнить) лучшее решение. Однако полностью одинаковых ситуаций не возникает, и необходимо реализовывать один и тот же план действий в ситуациях близких, но не тождественных. И понятие «близости» не является обычным. Оно полностью игнорирует изменения, даже очень существенные, но в небольшом количестве переменных.
В нашем модельном примере, который я представил в предисловии, многие параметры могли быть другими. Например, размер куска хлеба, препятствие, за которым пряталась одна из птиц, чтобы обмануть другую, погода и так далее, и тому подобное. Но все они были бы несущественны для решения птицы завладеть хлебом. И её план, скорее всего, сработал бы.

Консервативность сознания и одно известное правило казино

Теперь я приведу воображаемый пример консервативного поведения нас, людей.

Человек идет по дороге, которая в одном месте раздваивается, а затем снова сходится. Мужчина может пойти направо или налево. Он решает пойти направо. Через некоторое время он вдруг находит в пыли дороги блестящий бриллиант. Проходит несколько дней, и тот же мужчина снова идет по той же дороге. Мы все уверены, что, подойдя к развилке дорог, он без колебаний повернет направо. Но почему? Того, что он нашел в прошлый раз, уже нет. Напротив, возможно, пойдя налево, он сможет найти что-нибудь ценное.

Такое поведение нашего сознания я хочу сравнить с известным правилом казино — закрытием стола после произошедшего там крупного выигрыша.

Такое решение казино кажется математикам очень странным. Предполагается, что исход каждой игры не зависит от предыдущей игры и не влияет на будущее. Но тогда зачем закрывать стол, где произошел очень крупный выигрыш? С точки зрения наивного обывателя, возможно, было бы наоборот — если выигрыш уже произошел, следующего ждать придётся долго.

Но владельцы казино не глупые и не религиозные люди. Они прагматичны и по своему опыту знают, что продолжать игру за одним столом рискованно, и ее нужно на время закрыть. Я вижу аналогию между поведением человека в предыдущем примере и поведением владельцев казино в этом примере. В игре (или поведении систем с огромным количеством параметров), повторяющейся многократно, **выигрыши**, как и **потери** обладают свойством **стабильности,** и я попытаюсь объяснить это, основываясь на простых правилах концентрации.

Конечно, это будет очень наивное объяснение. Но в этом и состоит цель данного текста — представить некоторые объяснения свойств сознания, которые мы наблюдаем, используя при этом как можно меньше математической терминологии. Ссылка на более серьезное объяснение с использованием математической терминологии будет дана в отдельном Приложении В.

В предыдущей главе для объяснения идеи концентрации мы выбрали сферу большого размера S^n, то есть наше n было большим. Для объяснения стабильности выиграшей (успехов) и потерь (неуспехов) нашей моделью будет колода карт. Обозначим его П от слова перестановка. Действительно, с данным порядком карт мы можем связать одну перестановку исходной колоды карт. Итак, под упорядочением понимается некоторый элемент из П, который мы называем x. Всего в нашей колоде 52 карты, поэтому мы называем ее П_52 (можно рассмотреть перестановки из n разных карт, в этом случае это будет П_n). Мы начинаем игру с некоторым x (неизвестным нам порядком карт) и обозначаем результат игры f(x). Это наш выигрыш (если f(x) > 0) или проигрыш (если f(x) < 0). В этой схеме навыки игрока включены в функцию f.

Честная игра означает, что наша функция находится в «честной ситуации», правильно сбалансированной, что выражается записью |Ef = 0. Это означает, что сумма всех возможных проигрышей и выигрышей равна нулю. То есть сумма, которую вы можете выиграть, также является суммой, которую вы можете потерять. Сейчас я объясню, что это правило не так справедливо, как кажется на первый взгляд. Для этого введем еще одно число Lf, называемое медианой. Это такое число, что количество начальных позиций нашей колоды x с f(x) > Lf равняется количеству позиций, для которых f(x) < Lf. (Опять же, я здесь не совсем точен. В более точном определении мы рассматриваем число Lf такое, что число случаев, в которых f(x) ≥ Lf, больше или равно ½ всех возможных случаев, и то же самое верно для числа случаев, когда f(x) ≤ Lf. Эта корректировка предыдущего простого определения необходима, поскольку может случиться так, что число случаев, когда f(x) = Lf, будет значительным.) Если бы все выигрыши были одинаковы и все потери также одинаковы, то эти два числа |E и Lf будут равны. Но победы имеют разный вес, иногда большой, иногда маленький, как и проигрыши. И поэтому, даже когда одно число равно нулю, другое число Lf может быть положительным или отрицательным. Однако мы знаем, и это математический факт (теорема), что концентрация наших результатов происходит вокруг числа Lf.

Соответственно, если Lf положителен, мы будем чаще выигрывать, а если отрицателен, то чаще будем проигрывать. Следовательно, если Lf > 0, мы можем выигрывать очень часто (но тот самый редкий проигрыш может быть гораздо больше, так что проигрыши компенсируют казино все выигрыши). Более точно эту ситуацию я описал в математической статье, ссылка на которую приведена в приложении B. Здесь закончу лишь общими замечаниями. Однако мы также объясним, почему эти наблюдения могут помочь объяснить возникновение сознания, а также процесс обучения, имеющий решающее значение для формирования сознания.

Повторю, что приведенное выше обсуждение было весьма предварительным и наивным. Я хотел объяснить, что даже небольшой «дисбаланс» функции f может привести к резкой несправедливости из-за высокой размерности и сильной концентрации.

Вопрос: можем ли мы «переиграть» судьбу и с небольшими потерями предсказать, будет ли у нас благоприятная игра или нет?

Оценки концентрации делают это, и при очень небольшом количестве событий (игр) (и даже одного может быть достаточно хорошо) мы можем с высокой вероятностью констатировать, в нашу пользу или нет эта игра. Действительно, если $Lf > 0$ (выгодная игра), т. е. медиана Lf находится внутри положительной области функции $f(x)$ и не слишком мала (скажем, порядка $1/\sqrt{n}$), то уже вероятность первого выигрыша намного превышает 1/2, и после очень небольшого количества событий (игр) мы можем быть уверены с очень большой вероятностью, что эта серия для нас благоприятна. Я хотел бы подчеркнуть, что вывод этой дискуссии противоположен тому, что мы, математики, считаем правильной стратегией. Обычно мы склонны принимать абсолютную, идеальную независимость исхода следующей игры от предыдущей. Так, скажем, три проигрыша подряд не отпугнут нас от следующей попытки (и, возможно, не признаваясь в этом даже себе, мы бы еще больше поверили в удачу в следующей попытке).

Однако идеи, которые мы обсуждали выше, предполагают немедленное прекращение игры этой серии (после трех поражений). Я хотел бы закончить этот раздел, объяснив, что подтолкнуло меня к созданию этой смеси твердой математической концепции с некоторой философией вместо того, чтобы посчитать некоторые точные примеры. Меня всегда удивляли какие-то известные правила казино (как, скажем, закрытие стола, за которым случались крупные выигрыши; но почему?), или некоторые выражения, например, «период удачи» (или, наоборот, «период неудач»). Для моей математической культуры и вкуса это звучало полной чепухой. Сейчас я не столь уверен в этом, принимая во внимание чрезвычайно большое количество параметров, что подразумевает чувствительность функций (результатов) к неизвестным, очень малым возмущениям, которые могут привести к драматическому воздействию на эти функции.

Сейчас я приведу одно экспериментальное подтверждение описанной ситуации. Мой очень хороший знакомый — профессиональный игрок в покер. Он играет на компьютере около тридцати игр в день и много выигрывает. Я решил спросить его, чувствует ли он иногда периоды успеха и, наоборот, периоды

неудач. Его реакция меня поразила. Оказывается, все игроки знают, что это именно так. У них даже есть специальная терминология.

Они называют это «**восходящий поток**" и "**нисходящая полоса**» (“**upstreak**” and “**downstreak**”). Мне даже показывали графики побед и поражений. Это зигзаги (естественно), но они часто демонстрируют значительную продолжительность каждого движения вверх (выигрыши) или вниз (проигрыши). Опять же, умные игроки перестают играть, когда тенденция падает, и через некоторое время возвращаются в игру. По этой причине зигзаг, идущий вверх, часто длиннее, чем зигзаг, идущий вниз. Я считаю это экспериментальным подтверждением изложенных выше рассуждений, так как я задал этот вопрос, чтобы выяснить, так ли это или нет, не ожидая, что они это знают. И ответ был подтверждением.

В следующем разделе мы используем стабильность ситуаций выигрыша/проигрыша, чтобы продемонстрировать дополнительную аналогию между сознанием и нашей математической моделью, основанной на свойстве концентрации систем с высокими параметрами.

Память и сознание

Попытаемся теперь объяснить, как предыдущая схема «выигрыш-проигрыш» объясняет некоторые особенности сознания, а также развитие рефлексов.

Но сначала нам следует разработать язык, который можно использовать при обсуждении нашей темы.

В предисловии мы объяснили, что подразумеваем под сознательным действием. В разделе «Феномен концентрации: простейший пример» мы рассматривали пример сферы очень большой размерности, то есть зависящей от очень большого числа переменных. Мы увидели, что достаточно хорошие функции,

которые мы назвали Lip-функциями, с огромной вероятностью принимают (приблизительно) только одно значение (специфическое для каждой из этих функций). Мы предложили называть эту величину **элемент сознания** отражающий эту функцию. (Мы должны рассматривать эту величину как реакцию/действие нашей системы). Там же мы отметили, что это свойство чрезвычайно стабильно. Мы можем изменить нашу функцию, используя не слишком много переменных, и этот элемент сознания не изменится. На примере сферы S^n я сформулирую это точнее.

Пусть нам дана одна такая функция (т.е. Lip-функция) f. Рассмотрим семейство всех функций типа f + g, где g — любая из Lip-функций (определенных на нашей сфере S^n), зависящая от не слишком большого числа переменных, скажем меньше чем sqrt(n), а также ограничено числом, скажем 100. В том же разделе мы отметили, что любая из этих функций будет представлять один и тот же элемент сознания, то есть примерно одно и то же число будет принято этой функцией с вероятностью очень близкой к единице. Поэтому весь этот набор функций, производных от одной функции f, я буду называть ***капсула*** сознания.

Конечно, мы можем начать с другой функции из этого семейства и построить ее капсулу, и она будет примерно та же. Эту концепцию можно изменить таким образом, что капсула будет точно такой же, хотя для нас это не существенно. Вот почему с этого момента я буду говорить о капсулах сознания. Каждая из них представляет собой семейство, очень большое семейство функций, которые также демонстрируют один и тот же **элемент сознания.**

Мы ожидаем увидеть это свойство в нашем понимании сознания, как проявление сознания (одна и та же реакция в сходной, но не обязательно идентичной ситуации). И это свойство мы также видим в модели, основанной на явлении концентрации, уже как результат, в виде теоремы.

Давайте теперь поиграем в воображаемую игру: предмет, назовем его X, включает свет, и тогда с большой вероятностью он получает что-то приятное, назовем это «y». Если X — человек, то достаточно одного эксперимента, а может и двух, и X будет знать, что делать, чтобы получить приятное «y» — у него выработался рефлекс. Но если это животное, скажем, обезьяна или собака, которая сможет

включить этот свет, то она тоже научится его включать, чтобы получить свое заветное «у». Это уровень развития рефлексов. Это следствие памяти. Для этого нужна только память.

Теперь представим себе жизненную ситуацию, когда план получения «у» может оказаться сложным, с очень большим количеством параметров, участвующих в соответствующем действии. Однако мы знаем, что уже два-три эксперимента должны показать нам, работает ли план. Результаты концентрируются вокруг победы или поражения. Если план приводит к победе, то после двух-трех экспериментов (а может быть, и одного) Х узнает, что это хороший план, и план записывается в память. Оно становится частью наших знаний — оно вошло в наше сознание.

На самом деле вся капсула этого плана фиксируется в памяти и эта капсула сознания трансформируется в часть нашего сознания. В дальнейшем в других ситуациях, лишь схожих с той, в которой был разработан план, мы будем «сознательно» выбирать этот план.

Без памяти сознание не может возникнуть. Приобретенный опыт необходимо сохранить. Мы постараемся следовать тому же плану, когда нам понадобится «у».

Еще одно замечание. Однажды в 1999 году, в конце выступления, Громов спросил, у кого из присутствующих есть номер телефона Клинтона (который в то время был президентом США). Прежде чем мы успели изумиться, он продолжил: «Как каждый из вас сразу знает, что у него этого телефона нет?» Действительно, почему мы не начали искать его в своей памяти?

Похоже, мы это знаем сразу, априори. Это замечательное (и загадочное) свойство памяти (и сознания) — иногда сразу осознавать, что мы о чем-то совершенно ничего не знаем. В наших рамках это можно объяснить. Информация о незнании сама по себе является знанием — она трансформируется, становясь частью нашего сознания. Опираясь на несколько ключевых слов вопроса, мы сразу ищем соответствующую капсулу знаний и, когда не находим ее, относим этот недостаток знаний к новому элементу

нашего сознания. Конечно, нужно перебрать все капсулы, но это совсем не проблема.

Например, сегодня в мире существует, возможно, триллион различных телефонных номеров. А когда мы звоним со своего телефона на любой другой, он находится настолько быстро, что мы не замечаем прошедшего времени. Для этого есть алгоритмы. Они используют экспандеры — математическую конструкцию, которая также основана на концентрации.

(Упоминалась конференция «Visions in Mathematics — Towards 2000», которая проходила в Тель-Авивском университете с 25 августа по 3 сентября 1999 года. Все выступления были записаны на видео, и их можно найти на домашней странице the university's School of Mathematics)

Уменьшение чрезмерного упрощения

В предыдущих секциях мы использовали силу метода концентрации не в его полных возможностях. Даже очень заинтересованный читатель, но не математик, я боюсь, не "выдержал" бы использование этого метода в его полную силу и мог не понять центральную идею использования метода концентрации для модели, which mimic сознание. Однако, с другой стороны, именно эта simplification серьёзно уменьшает ощущение соответствия модели сознанию. Наша модель ощущается как нечто намного беднее того, что мы привыкли понимать под сознанием. Я попытаюсь сейчас to slightly reduce this oversimplification, объяснив некоторые дополнительные свойства метода концентрации и введя их в игру.

В разделе «Математическая модель сознания» мы обсуждали явление концентрации функций, зависящих от очень большого числа переменных. Любая «хорошая» функция (в определенном смысле, например Lip-функции) на сфере S^n большой размерности n с огромной вероятностью будет продолжать принимать значения

примерно одного и того же числа. Назовем это число для функции f числом концентрации C(f).

Я замечу теперь, что тот же эффект наблюдался бы если бы мы рассматривали не одну функцию f , а много функций {f_i(x), i = 1,2,...,k} одновременно. В нашем примере сферы S^n , x - точка на сфере, и с вероятностью очень близкой к единице, все f_i(x) при всех i =1,2,...,k, были бы примерно равны соответствующим числам, числам концентрации, C(f_i) в той же точке x. Конечно, я не сказал, как велико может быть число k, как много функций можно взять одновременно. Для сферы это число намного, на порядок, превышает размерность n. Я не буду уточнять это здесь. Лишь отмечу, что это справедливо также для всех примеров, которые мы рассматриваем в математике. Опять-таки, из работ, указанных в аппендикс B, это число очевидно для математика. Мы обозначим это множество функций {f_i} через **f** и назовём **f** вектор-функцией. Соответствующий набор чисел {C(f_i), i=1,2,…,k} мы называем вектором концентрации этого семейства и обозначим C(**f**).

Отметим также, что сфера, которую мы рассматривали в качестве главной модели, является простейшим примером. Возможны множества X такие, что “хорошие” функции на них будут иметь в качестве значений концентрации более одного возможного значения, например два либо более, либо даже некоторое множество значений имеющее определённую структуру.

Например, легко указать такое X, для которого утверждение будет звучать так: любая “хорошая” функция f (то есть, например Lip-function), заданная на X, с вероятностью очень близкой к единице принимает одно из двух значений C_1(f) либо C_2(f).

В разделе «Память и сознание» мы вводим понятие ***капсула*** сознания. Это все семейство функций, полученных из одной функции f «разрешенным» возмущением. Под таким разрешенным возмущением мы рассматриваем семейство всех функций типа f + g, где g — любая из Lip-функций, зависящая от не слишком большого числа переменных, скажем меньше, чем sqrt(n), а также ограниченная число, скажем 100. Любая функция из этого семейства имеет одинаковое число концентрации C(f) и приводит к одному и тому же ответу/действию (нашей системы).

Однако центральную роль в нашей модели должно играть объединение всех капсул, происходящих от функций, отвечающих/описывающих одно определённое направление сознательных действий нашей системы, которое я назову “ суперкапсула ”.

И на самом деле вся суперкапсула плана действий фиксируется в памяти и эта суперкапсула сознания трансформируется в часть нашего сознания.

Ассоциативное мышление и появление новых идей.

Как вдруг в голову приходит идея, как развиваются аналогии? Это трудно “схватить”. Линия нашей мысли, последовательность аналогий, ведущих от одной мысли к другой, вспыхивает очень быстро и тут же забывается. Мы сразу концентрируем свое внимание на результате в конце этой цепочки мыслей, перескакивающих от одного эпизода к другому, а когда, хотя бы через минуту, мы хотим понять, как возникла мысль, весь путь уже «затухает», мозг забыл об этом. На ранних этапах изучения математики мне очень хотелось понять, как это происходит. Уловить порой неожиданные переходы от одной мысли к другой. Лишь несколько раз мне удалось схватить эту цепочку за хвост и распутать ее обратно, прежде чем она исчезла из памяти. Результаты были ошеломляющими.

Разум продвигался от начального эпизода к последнему (результат, который я уловил) через шесть или семь других эпизодов, каждый раз основанных на очень четкой ассоциации. Эти эпизоды похожи на фотографические снимки. Мы, люди, обычно думаем геометрическими образами, и подобный снимок появляется из-за какого-то конкретного изображения в нем. Это единственное изображение связано с предыдущим снимком. Но следующий снимок уже связан с другим субъектом этого снимка. Так происходят скачки из одной ситуации в другую, контекстуально очень далекие друг от друга. Между средними звеньями и концом или началом не было абсолютно никакой связи. При этом зачастую конечная мысль была важна и имела смысл, тогда как промежуточные звенья не были важны (или не нужны)!

Возможно, они происходят в нашей голове постоянно и в большом количестве — такие короткие молниеносные импульсы. Но мы забываем их, если они не несут для нас никакого значения. Однако те, которые имеют значение, остаются в памяти как новые мысли, новые идеи.

Возможно, можно подумать, что описанная мною картина напоминает технику «потока сознания» Джойса. Но я не думаю так. Джойс описывает поток мыслей, что и как мы думаем, когда, скажем, ничего не делаем. Это не исчезающие импульсы - молнии, которые, промелькнув, немедленно исчезают. Я не знаю, знал ли он о них.

В абстрактной схеме капсул сознания некоторая капсула сознания X активируется состоянием системы. Некий представитель этой капсулы, зафиксированный в нашей памяти определенной сценой снимка, смещает акцент с центрального элемента снимка для этой капсулы сознания X на нецентральный элемент, который оказывается центральным для какой-то другой капсулы сознания Y. Сделав несколько шагов, мы можем прийти к капсуле, которой у нас еще нет — новой капсуле, новой идее. Конечно, мы это приняли к сведению, остановились, чтобы изучить, и записали в нашу базу данных капсул сознания — если это имело для нас какое-то значение, если мы искали что-то в этом роде.

Сегодня, 60 лет спустя, я не помню каких-либо конкретных примеров, которые я испытал. Однако я очень хорошо помню те ощущения, которые они вызывали, их стиль. Так что теперь я буду придумывать пример, который по духу будет точно идентично тому, что я действительно наблюдал. Это необходимо, потому что представить реальность очень сложно, но ее надо увидеть и почувствовать, чтобы понять наше сознание.

Кстати, мне ни разу не удалось «захватить» цепочку длиннее семи звеньев, что, как я понял спустя десятилетия, имеет смысл. Во втором томе книги «Visions in Mathematics: Towards 2000» (GAFA 2000) эта тема рассматривается в разделе «Дискуссии на Мертвом море» в дискурсе «Математика в реальном мире».

В своём выступлении в этом опубликованном обсуждении, я указал на один известный факт. Наш мозг не в состоянии одновременно контролировать и держать в памяти более семи разных событий - мыслей. Кстати это (кажется) возможно, если события сужены до очень узкого направления, и человек специально натренирован в этом направлении. Например, для распознавания разных запахов. Поскольку большинство явлений вокруг нас зависит от намного большего числа параметров, чем семь, для того, чтобы справиться с этой проблемой, создана и создаётся математика. Это цель математики, дать нашему мозгу возможность обозревать намного большее число событий, чем только семь. Это цель абстрактного мышления. Я не вхожу здесь в обсуждение этого богатого вопроса. Кстати, это число может быть разным для разных систем, обладающих сознанием. Например, специалисты сказали мне, что у собак это число равно четырем. Опять же, есть объяснение как числам семь, а точнее, скорее всего, восемь (просто одно из них оказывается лишним — пустое множество в системе), так и числу четыре. В двоичной системе одно из них имеет две цифры- digits, а другое — три.

Однако это интересно и удивительно, что это последнее наблюдение соответствует свойству нашего мозга, которое

мы обсуждали ранее - количество эпизодов в одном импульсе. Возможно их может быть намного больше, но наш мозг “не в состоянии сообщить” нам об этом.

Итак, пример одного импульса, который я обещал привести.

Начальная ситуация: Я на конференции и утром в отеле иду завтракать. Я вижу нарезанные ананасы.

1. Первый эпизод: я на войне в Ливане, 82 год.

(Причина возникновения этого эпизода: я был солдатом в Ливане, и очень не любил готовить сам себе еду. Поэтому, открывая продовольственный пакет, рассчитанный человек на 10 и больше чем на один день, выбирал в нем большую банку консервированных ананасов, открывал, пил сок и закусывал ананасами. Теперь, когда бы я не видел ананас, это ассоциируется с войной в Ливане).

2. Второй эпизод (аналогия очевидна): Ливан, Я лежу под машиной (единственное место тени, температура воздуха выше 40°), и слушаю классический концерт по радио. Играет мой друг того времени замечательный пианист Борис Берман.
3. Третий эпизод: мысль перескакивает к Piatetsky-Shapiro, наш общий друг первых лет эмиграции в Израиль и замечательнейший математик. Мы часто обсуждали с Борисом его успехи и взлёт, поскольку Борис очень хотел скопировать это же в музыке.
4. Piatetsky-Shapiro знакомит меня с другим замечательным математиком из Princeton, Elias Stein.
5. Теперь Принстон, мысль уходит на Jean Bourgain, гениальный, рано ушедший от нас математик, с которым у меня очень много совместных работ.
6. Теперь Jean Bourgain; какой-то разговор где-то и о чём-то. Не помню.

7. Но мысль ловит какую-то математику и всё, теперь я в ней.

Импульс закончен и я думаю о новой возникшей мысли. Все семь промежуточных эпизодов уже забыты. Кстати, все эпизоды происходили в совершенно разные времена. Вообще течение времени не пресутствует в нашей памяти и, я думаю, также в нашем сознании. (Я думаю, читатель удивлен. Это как-то мало известно. Только если даты приписаны к каким-то событиям, либо есть другая очевидная ассоциация, мы можем сказать, какое из них было раньше другого. Например, мы помним события с одним ребёнком, когда другого ребёнка ещё не было. Значит, мы знаем, какой старше).

Я хочу объяснить, почему я решил в придуманном примере ввести также войну в Ливане. Дело в том, что единственный photographic snapshots, который я запомнил из моих студенческих опытов, был следующий. Это застывшая фотография ужасного эпизода, когда одна из наших студенток в присутствии нескольких из нас пыталась покончить жизнь самоубийством. У неё в руках была ампула с цианистым калием, и от напряжения, она её случайно раздавила. К счастью, она не порезалась и всё обошлось. Всё закончилось благополучно. Никто из замешанных в этот эпизод людей никак не был связан ни с предыдущим photographic snapshots, и не с последующим. Какой-то элемент в этой фотографии связывал с прошлым и какой-то другой с будущим эпизодом, но этого я уже не помню. Так что война в Ливане показалась мне наиболее близкой к тому эпизоду из всего, что происходило со мной в последующей жизни.

Дополнительные замечания о сознании

Дополнительные замечания в этой секции касаются уже только нашего сознания, сознания людей.

Ранее я отмечал, что в начале своих научных занятий я проводил над собой несколько экспериментов, чтобы проверить, как работает мой мозг. Конечно, это тоже можно рассматривать как опыт сознания. Одним из примеров, который я считаю интересным, является следующий. Я заметил, что работа по 10–12 часов без перерыва с вечера до утра приводит мозг в совершенно новое состояние. Видимо, как и при беге на длинные дистанции, появляется «второе дыхание», и мозг переключается в другой режим. Кто этого не пробовал и не испытал на себе этот режим, тот не знает силы своего мозга, не осознает, каким мощным инструментом он наделен. Я сталкивался с этим нечасто, и к 30 годам я уже был физически не способен работать в столь интенсивном режиме. Мне трудно сегодня описать это состояние души, так как прошло слишком много лет.

Почему это происходит? Возможно, в состоянии усиленного умственного напряжения резко увеличивается количество импульсов сознания, о которых я говорил в предыдущей секции. А также значительно расширяется поиск и анализ подходящих аналогий. Я должен отметить, что решение проблем, над которыми я думал в таких условиях, приходят. Но всегда утром, после отдыха, оказываются неправильными. Но это и не так важно, потому что приходит новое понимание. Границы неизвестного сдвигаются. И так было каждый раз.

Это наблюдение перекликается с подобным наблюдением, которое я читал у Владимира Арнольда. Но он, если это было зимой, брал лыжи и уходил в долгий длинный забег (днём). Арнольд (1937-2010), кто был одним из самых выдающихся математиков нашего времени, был морж (то

есть мог окунаться в ледяную воду зимой), и на лыжах шёл без верхней одежды. Он тоже писал, что в таком забеге проблему вроде бы решал, но тоже был уверен, что есть ошибка, которую находил отдохнув. Однако что-то понял, и границы неизвестного сдвигались.

Я наблюдал и другие методы, как вызывать максимальное умственное напряжение и интенсификацию своего сознания. Например Громов “окунался” в тишину, абсолютную тишину. Я описал это в моём эссе о нём в книге “Encounters with Mathematicians”.

Есть ещё одно удивительное наблюдение которое Я приведу здесь. Я беру его из другой моей книги “My Non-Mathematical Biography”, the chapter “Observations on How Our Brain Works”.

Это были странные ощущения, которые у меня возникли в течение одного очень интенсивного и успешного учебного года ближе к весне.

Я начал чувствовать приближение решения проблем, над которыми работал. Еще до того, как я узнал решение, у меня появилось учащенное сердцебиение и какое-то странное ощущение внутри: вот-вот оно уже почти здесь, только подтолкни — где-то в подсознании все уже было ясно, и теперь мне просто нужно было «принять» это, не позволить этому ускользнуть. И я не ошибался — решения проблем приходили. Я считаю, что каждые две недели в том году мною решалась новая, нетривиальная и часто известная проблема.

У меня нет выбора и здесь мы сделаем отступление, чтобы описать наше, израильское, состояние ума во время и сразу после войны в Персидском заливе 1991 года, когда ракеты «Скад», запущенные Саддамом Хусейном, правителем Ирака, падали на Израиль. Определенное сходство в ощущениях есть, но то душевное состояние, которое мы испытывали во время войны, понятно и его легче описать.

Когда звучала сирена, у нас было около 90 секунд, чтобы подготовиться к падению ракет. Все вскакивали (обычно это происходило ночью) и быстро выполняли свои задания, в том числе и наши дети, еще совсем маленькие в то время: мы отключали газ и электричество, герметизировали единственную комнату, в которой мы находились (все боялись химической атаки), надевали противогазы и накрывали голову матрасом (при очень близком ударе на голову могли упасть осколки стекла и предметы с потолка и стен). Конечно, в кровь выбросывалось огромное количество адреналина, но мы этого не чувствовали — адреналин делал свое дело. Вскоре рефлексы настолько отточились, что сирена скорой помощи (или полицейской машины) где-то в течение дня и совершенно не связанная с нападением вызывала такую же реакцию и огромный выброс адреналина в кровь. Однако в данном случае в этом уже не было необходимости, и мы это сразу понимали. И была реакция на неиспользованный адреналин, очень неприятная и сильная: сердце колотилось, а внутри все как будто падало и замирало. Это ужасное ощущение, и требуется время, чтобы прийти в себя. В Израиле в это время теле- и радиопрограммы заглушали звук, когда в эфире звучала сирена. Машины скорой помощи также старались избегать их использования.

Возвращаясь к теме, ощущения, которые я испытывал, когда решение проблемы «покинуло» подсознание и перешло в мое сознание, были в чем-то похожими. Но вместо ощущения чего-то падающего внутрь было ощущение тоски, сопровождающееся учащенным сердцебиением. Возможно, в кровь были выброшены какие-то другие химические вещества (или меньшая доза того же адреналина) и способствовали как этому состоянию, так и процессу перехода из подсознания в сознание. К концу лета мне стало страшно. Я боялся, что мое сердце не выдержит, но не мог остановить наступление этих ощущений. Моя жена Людмила вспоминает, как я начал уговаривать себя, что мне больше не хочется доказывать теоремы, мне не нужны эти ощущения — мне хочется отдохнуть от них. И, к моему сожалению, через пару месяцев они прекратились.

Через несколько лет, когда новая математика того года уже была «переварена», я очень и очень старался вызвать внутри себя те же самые ощущения, возобновить «контакт» со своим подсознанием

(шучу,но кто его знает), но это не сработало. Лишь 20 лет спустя, в середине десятилетия, начиная с 2000 года, я несколько раз чувствовал, что очень близок к этому, но за эти минуты ничего не было доказано, и событие не завершилось. (Так оно и есть — мы всегда хотим того, чего у нас нет, а когда оно у нас есть, мы пугаемся.)

У меня есть еще один пример связи подсознания и «химии» тела. Этот пример принадлежит одному из самых талантливых математиков нашего времени Оферу Габберу (IHES). К сожалению, он был абсолютным перфекционистом, из-за чего Габбер почти не публиковал свои работы и поэтому известен только в кругу алгебраистов. Но в этом кругу к нему относятся почти с религиозным рвением. Он часто отвечает на вопросы о проблемах, которые годами ускользали от лучших умов, и делает это «с ходу», во время лекций и семинаров, и вся алгебраическая геометрия развивалась в 1980-е и 1990-е годы под его влиянием. Меня интересует здесь только одна история.

Делинь, один из величайших алгебраистов нашего времени, написал большую статью (около 200 страниц), которая должна была стать совместной работой с Габбером, а Габбер должен был прочитать текст и высказать свое мнение и комментарии. Его перфекционизм задерживал публикацию очень важных результатов, поэтому Делинь забеспокоился и попросил меня помочь. У меня был разговор с Офером. Его позиция заключалась в том, что в разных местах статьи были ошибки, и поэтому он не мог согласиться на ее публикацию. «Но это невозможно», — сказал я. «Я не могу поверить, что вы указали Делинь на ошибки, а он отказался их исправлять». «Это не так просто», — ответил Офер. «Они (история затянулась на годы и статья приобрела других соавторов) хотят представить все на уровне абстракции, где многие детали теории так и не были должным образом проверены и записаны. Я не могу указать, где что-то не совсем так, как написано, но когда я читаю неточное или ошибочное утверждение, у меня болит живот, а когда я читаю этот текст, у меня все время болит живот!»

У меня не было на это ответа. Статья, фактически превратившаяся в книгу объемом около 350 страниц, была опубликована без соавторства Габбера, хотя в самом первом абзаце введения было

написано, что авторы считают Габбера одним из соавторов этой статьи, который , не будучи простым смертным, не мог взять на себя груз потенциальных ошибок.

Таким образом, и здесь мы имеем сигнал подсознания – «боль в животе» или, что более вероятно, неприятные ощущения внутри тела.

Я знаю и был свидетелем похожих реакций со стороны Габбера, когда, не указывая на подробности, он восклицал: «Стоп! Здесь есть ошибка». И он был бы прав. Однажды в моем присутствии Громов (один из лучших геометров мира, если не лучший) трижды пытался объяснить ему некую геометрическую идею (Габбер был алгебраистом, а не геометром), и каждый раз был остановлен Габбером, заявлявшим, что с определенного момента он ничего не понял. Это была первая встреча Громова с Габбером, и это произошло, когда Громов попросил меня пригласить его пообедать вместе. Во время этого разговора я видел, как Громов злится, и чувствовал, как он думает про себя: «Какого идиота Виталий привёл ко мне?» Но на третий раз Громов понял, что он, Громов, ошибся! Он также не мог понять, как продолжать дальше с того же момента.

Заключительные замечания

В начале я хочу перечислить некоторые выводы, к которым, я думаю, приводит нас этот текст, а затем обсудить возможные продолжения. Разные уровни сознания сопутствуют и сопровождают любую жизнь, не только человека. Сознание - это автоматическая функция жизни. Однако более того, любая система, зависящая от очень большого числа переменных, автоматически обладает некими свойствами напоминающими функцию сознания. Математическая модель этого свойства соответствует свойству концентрации, которое мы наблюдаем на любых системах огромного числа измерений (с достаточно богатыми симметриями). Сходство это состоит в том, что при повторении определённой жизненной ситуации,

сознание помогает нам выбрать ответ - реакцию (то есть форму поведения) даже если ситуация отличается от уже однажды проверенной, но не слишком значительно отличается. И это соответствует свойству концентрации в математических моделях. Я не стану развивать здесь очевидное замечание, что это повторение реакции помогает отобрать полезное знание от неполезного (“дарвинизм”, но на уровне отбора особей с полезным, “правильным” сознанием). Уровень мышления должен быть также типичен как и форма поведения.

Мы в основном обсуждали не сознание как целое, а его элементарную единицу - сознательное действие. Сознание как целое - это объединение огромного числа сознательных действий, которым обладает данный объект (живое существо).

Сознание постепенно возникает при увеличении количества параметров, от которых данная система зависит.

Однако стартовой точкой может быть отдельное существо, например муравей или пчела, и при увеличении их числа медленно и постепенно возникает сознание соответствующих обществ, состоящих из очень большого числа индивидуальных членов. Это, конечно, можно отнести и к людям. Я использую термин “хамула” (взято из арабского языка) для определения очень большой группы объектов, объединённых определённой близостью, но ещё не слишком большой для возникновения полноценного сознания. Так сказать, предварительный этап. Скажем, болельщики какого-либо очень модного футбольного клуба - это уже хамула с некоторым набором хорошо определённой сознательной формой поведения. Однако, разрастаясь, хамула может перейти в стадию супер-хамулы, уже нового организма с его собственным стабилизированным сознанием. Это ситуация, когда

существование (и жизнь) индивидуального члена полностью подчиняется общему сознанию и индивидуально уже невозможна (опять таки, муравьи или пчелы).

Предположим теперь, что эти индивидуальные члены подчинялись определённым правилам поведения, либо нЕкоему, скажем, назовём его, Создателю. Это было их индивидуальное сознание. Но теперь, когда они переросли в супер хамулу, все эти правила исчезли. Они подчиняются теперь новому сознанию, которое, кстати, и не контролируют.

Это может оказаться чрезвычайно опасно для создателя этой суперсистемы.

Я думаю, поэтому, строя так называемые думающие машины, суперкомпьютеры, мы должны иметь тесты на возникновение “сознания”, и немедленно уничтожать систему при положительных тестах. Честно говоря, мне становится страшно в эту минуту. Не перешли ли мы, человечество, в такую суперсистему с другим сознанием, и не подвергаем ли мы себя опасности уничтожения из-за возникновения этого сознания.

Приложение А. Примеры сознания у разных живых существ.

Мир животных.

Я сейчас расскажу об очень умной птице, и мы снова подошли к сороке, на этот раз австралийской сороке. Мы снимали небольшой дом на окраине Канберры. На небольшой площадке перед входом

всегда были птицы. Конечно, наши дети, девятилетняя Анат и 11-летний Эмануэль, немного подкармливали птиц. В паре метров от входа на земле была даже какая-то маленькая кормушка. Мы там уже какое-то время жили, и птицы тоже к нам привыкли, хотя и разбегались, когда мы проходили мимо них.

Однажды довольно рано утром в дверь постучали. Мы все уже были внизу, недалеко от входа. Люда пошла открывать дверь. Наша входная дверь вела в прихожую размером примерно два на два метра, которая через открытый коридор вела в гостиную. Люда открыла дверь и никого не увидела. Затем она посмотрела вниз и увидела птицу, стоящую у входа! Это птица постучала в дверь! Мы все были рядом, но стояли в гостиной. Люда отодвинулась. И птица медленно, не спеша вошла и сделала круг по прихожей. Было видно, что птица ужасно нервничала.

Australian Magpie

От страха она даже немного обмочилась на пол. Но она совершила этот путь и вернулась на крыльцо. Никто из нас не пошевелился. Птица вздохнула с облегчением (это была моя интерпретация, но она была очевидна). Затем он снова взглянула на нас и спрыгнула с крыльца. Подвиг был окончен. Она пошла к кормушке. И мы поняли, что она показывала всем птицам, наблюдавшим со всех сторон, что теперь это её место. Птица заявила об этом и стала теперь

хозяином. И с этого момента все остальные птицы ждали, пока она доест и отойдет от кормушки. И тогда другие птицы тоже смогут есть.

Мы вновь видим четко поставленную цель, сложный и рискованный план и его неукоснительное выполнение. Что мы можем узнать из этой истории об этой цивилизации, цивилизации австралийских сорок?

Клетки

Одним из самых невероятных открытий около 25–30 лет назад стало открытие АПОПТОЗА. Все мои знания по этой теме получены из наших бесед с профессором Еленой Владимирской (Леной). Короче говоря, апоптоз — это программа внутри клетки, которая активируется, чтобы убить ее. То есть клетка может получить приказ умереть! Это, конечно, необходимость, основанная на «инстинктах» выживания многоклеточного организма, например, защита от быстрой смерти, связанной с раком, которая, скорее всего, произойдет, если клеткам будет позволено подвергнуться неконтролируемому делению. Фактически, регулирование гибели клетки должно быть очень строгим. Удивительно то, что такая программа на самом деле постоянно активна в клетке и всегда готова к действию. Единственный способ для клетки продолжать жить — это выполнять определенную функцию, которую она призвана продолжать выполнять. Затем действие апоптоза задерживается до тех пор, пока клетка не начнет выполнять что-то еще.

Кстати, существует два типа гибели клеток. Одним из них является давно известный некроз. В случае такой гибели мембрана разрушается на самой ранней стадии процесса, и смерть всегда связана с внешней стимуляцией. Обычно в этот процесс одновременно вовлекается большое количество клеток (в этом случае мы наблюдаем гной).

Второй тип смерти – апоптоз. При этом мембрана разрушается в самом конце процесса, когда все ее содержимое как бы

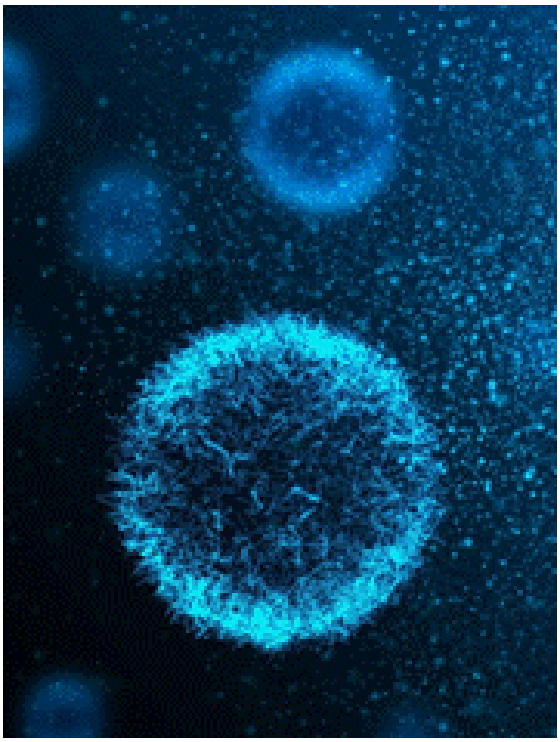
упаковывается в так называемые апоптотические тельца, не раздражающие окружающую среду. Чаще всего процесс генетически детерминирован, хотя может быть спровоцирован какой-либо опасностью извне — например, если клетка не хочет впускать в себя вирус, который размножался бы внутри нее и представлял бы смертельную опасность для других клеток.

Теперь я проиллюстрирую насколько умна клетка, продемонстрировав некоторые ее действия. Конечно, я упрощу реальность. Мои извинения за это. На поверхности клетки имеется множество рецепторов — их количество, вероятно, исчисляется сотнями тысяч, но может быть и меньше сотни. Чтобы нам было проще увидеть картину, давайте представим себе ячейку, увеличенную до размеров небольшого городка, такого как Рамат ха-Шарон (где я недавно жил). Тогда рецепторами будут какие-то конструкции размером примерно в три-пять этажей на его боковой поверхности. (Давайте вспомним, что клетки трехмерны, как шар, а не двухмерны, как мы можем воспринимать город на поверхности Земли.) Теперь представим себе приближающуюся к клетке молекулу. Он содержит некоторую информацию, которая может быть приказом ячейке выполнить определенное действие. Он может проникнуть в клетку ТОЛЬКО через эти рецепторные структуры (будь то физическое вторжение или доставка какого-либо сообщения). Относительный размер молекулы в выбранном масштабе будет равен размеру человека.

Не каждый рецептор готов принять каждую молекулу-мессенджер — рецепторы специфичны для каждой молекулы. А для некоторых молекул на данной клетке может вообще не быть рецепторов. Эти молекулы не допускаются внутрь и, следовательно, не несут никакой информации, доставляемой в эту клетку. Но давайте предположим, что рецептор есть, и пришла молекула, подходящая для этого рецептора. Теперь рецептору необходимо принять решение, впускать его (молекулу или информацию) или нет.

This is the corona virus; It is 100 times smaller than a cell,

But its receptors are about the same size as those found on cells.



It is a cell, and numerous receptors are visible on its surface.

Остановиться! Не так быстро. Один-единственный рецептор НИКОГДА не примет решение. Он либо вызовет аналогичный

рецептор, расположенный поблизости, чтобы этот рецептор мог переместиться к исходному рецептору, либо создаст поблизости идентичный рецептор (дублирует себя). Эти два рецептора затем совместно примут решение.

Опять стоп! Не так быстро. Эта схема применима к некоторым «простым» решениям. Если молекула несет в себе такой важный приказ, как запуск апоптоза, то два рецептора не будут считаться достаточными. В зависимости от формы апоптоза потребуется как минимум три рецептора, а возможно и шесть.

Грубо говоря, существует два типа апоптоза: медленный, который длится много часов и может быть остановлен и обращен вспять в ходе своего развития, и очень быстрый, немедленный апоптоз, который невозможно остановить после того, как он начался. Первый, медленный, инициируется внутри клетки. Это именно так — приказ умереть внутри клетки, совершить самоубийство из-за того, что внутри клетки что-то пошло не так (риск неконтролируемого деления — наибольшая опасность для организма, неотъемлемой частью которого является эта клетка) . Это очень интересный процесс, который я объясню еще раз очень упрощенно.

В клетке есть определенный ген, который «наблюдает» за происходящим. Если он замечает, что что-то не так, он немедленно останавливает всю активность клетки, позволяя ей восстановить систему, чтобы вернуться к нормальному состоянию. Если этого не происходит в течение определенного периода, то этот ген («ночной сторож», как его называют специалисты) активирует семейство генов (которое я назову «присяжным», так как он выполняет эту роль). Всего таких генов 16 , из которых 10 всегда за апоптоз (обозначим их знаком «+»), а шесть — против апоптоза (обозначу их знаком «-»). Эти гены производят некоторые молекулы, которые участвуют в определенных действиях, в результате которых эти молекулы объединяются в пары. Могут быть пары типа (+,+), (+,-) или (-,-), хотя некоторые могут оставаться одиночными. Далее происходит подсчет «голосов», при котором «одинокие» (неспаренные) молекулы не учитываются (они «не пришли голосовать»), а также «нерешительные» (+,-) пары (воздержались); тогда как пары (+,+) считаются «голосами» за, а пары (-,-) — против апоптоза.

Большинство решает судьбу клетки. (Если вы спросите меня, что произойдет, если голоса разделятся поровну — ну, я не знаю! Но подозреваю, что это то же самое, что и голосование против апоптоза). Можно заметить и более существенную проблему: *a priori* бОльшее число молекул за апоптоз, и вы можете подумать, что преобладание молекул, способствующих апоптозу, подразумевает заранее определенное решение, способствующее апоптозу. Однако здесь задействован еще один параметр. Эти гены (16 генов «присяжных») производят молекулы с различной способностью присоединяться к другой молекуле из этого семейства. В каждом из них есть участки, отвечающие за способность присоединяться к другой молекуле. Среди шести молекул антиапоптоза (знак «-») четыре имеют четыре таких участка, а оставшиеся две — три участка. Однако среди 10 молекул, способствующих апоптозу (знак «+»), только три имеют три участка (ни одна молекула не имеет четырех участков!), одна — два таких участка, а остальные шесть — только по одному такому участку!! Таким образом, у них очень слабая способность к объединению. И это создает баланс!

Обратите внимание: поскольку количество молекул «+», то есть проапоптозных молекул (они представляют собой белковые молекулы), больше, то если все 16 молекул соединятся в пары, то ответ всегда будет в пользу апоптоза. Но надзирающий ген, которого я называю судьей, а эксперты – «ночным сторожем», через определенное время подсчитывает голоса. Этот ген-судья выбирает время. Таким образом, время, которое дает белковым молекулам собраться вместе, ограничено, и это еще один параметр процесса. Теперь я выскажу предположение. Я нигде не читал о том, о чем сейчас напишу, но мне это кажется абсолютно естественным и чем-то просто непроверенным. Все молекулы, выступающие против апоптоза, имеют очень высокую вероятность соединения, поскольку у них очень много мест, где они могут соединяться с другими молекулами. В то же время молекулы, выступающие за апоптоз, с гораздо меньшей вероятностью будут сочетаться с любыми другими молекулами, выступающими за или против апоптоза. Допустим, четыре из них все еще имеют более или менее разумную вероятность подключения, а вот остальные шесть имеют очень небольшую вероятность. Поэтому, если ген-судья дает небольшой срок для принятия решения, то, скорее всего, решение будет против

апоптоза. Но если давать очень долго, то почти наверняка решение будет в пользу апоптоза.

Так как же генный судья выбирает время? Доподлинно это неизвестно, но я вернусь к этому вопросу через несколько строк.

Если выбран апоптоз, активируется другой ген, и начинается очень интересный следующий шаг: активируется настоящий ген-убийца, который выполняет свою работу (тоже очень интересную). Однако (!!) существуют белки, которые могут блокировать действие убийцы. Для всего организма клеток это очень плохой знак, так как в этом случае «высвободившаяся» клетка начнет неконтролируемое деление (рак). Я сейчас оставлю эту часть. Но что произойдет, если будет принято решение против апоптоза? Тогда клетка продолжает выполнять свою работу, ту, которую она должна была делать и делала, когда ее остановили, и все выглядит нормально. Однако наш главный «судья», «ночной сторож», может возобновить процесс и снова призвать вышеописанную семью из 16 человек провести еще одно «голосование», если ее все еще что-то беспокоит.

Возвращаюсь к вопросу о времени, выбранном судьей для подсчета голосов. Конечно, возможно, что какое-то химическое вещество выбрасывается в пространство, где происходит активность — танец молекул. Я называю это ароматом. И этот аромат влияет на период времени, выбранный геном-судьей. Но на самом деле эта гипотеза не нужна для решения рассматриваемой проблемы. Судья может начать с короткого периода времени, и поэтому решение будет против апоптоза. Однако мы только что объяснили, что если судью все еще что-то беспокоит, он повторит процесс. И тогда, во второй раз, время танца молекул будет больше, и вероятность принятия решения об апоптозе будет выше. Наконец, если решение против апоптоза все же принято, и после возвращения клетки к нормальной работе ген-судья снова забеспокоится, то он снова запустит процесс, и в третий раз выбранный геном интервал времени будет уже очень долгим, и будет принято решение об апоптозе.

Согласитесь ли вы, что клетки действуют гораздо умнее, чем мы, люди?

Думаю, мне следовало бы пожалеть вас, если вы до сих пор не признаете «сознательности» в таком поведении.

Прошу прощения за такое примитивное объяснение. Но объяснить это точнее и подробнее в коротком ненаучном эссе невозможно. Я просто хотел указать на то, насколько аргументированы (сознательны) действия клетки.

«Мыслящие» деревья

Теперь мне хотелось бы изменить «масштаб» нашего обсуждения и обсудить «сознание»/«мышление» некоторых огромных живых объектов. Я буду говорить о деревьях. Конечно, вообще-то деревья как вид настолько различны, что мы не можем распознать в них следы «мышления» или «сознания». Но есть два совершенно разных вида деревьев, и оба имеют признаки сознания, которые мы можем распознать. Мне лично довелось наблюдать оба этих вида: один в джунглях Амазонки, другой в Камбодже. Возможно, их гораздо больше, но я наблюдал только эти два.

Одним из таких видов является «ходячее дерево». Это деревья, которые передвигаются (ходят) по поверхности Земли. Не быстро — скажем, около пяти метров в год. Кто этого не знал и не верит мне, поищите в Гугле «ходящее дерево» и увидите сотни картинок, в том числе и тех, на которых показан сам процесс этой «прогулки». Кстати, это очень большие деревья, с большими стволами, уходящим высоко в небо. Примерно в двух метрах от земли такой ствол разделяется на множество идущих вниз «ветвей». Их можно представить как корни, свисающие на пару метров над уровнем земли. Чтобы двигаться в определенном направлении, дерево посылает из своего ствола над землей новые корни в выбранном направлении, и когда эти корни прочно оседают в почве, некоторые корни на противоположной стороне, те, которые уже не нужны, отмирают, а значит, и весь ствол (и, следовательно, дерево) смещается в этом направлении.

Подумайте, какая координация должна быть для того, чтобы туловище оставалось устойчивым и «глядело вверх», а не падало! И где тот «мозг», который это регулирует? Таким образом, наше убеждение в том, что мозг абсолютно необходим для «вычислений» и принятия решений о том, как выполнить какое-то умное действие, ошибочно. Это можно сделать и без мозга. Выбор направления движения может быть проще объяснить.

Я читал, что, возможно, дереву нужно больше солнца. Эти деревья обитают в тропических джунглях Южной Америки. По крайней мере, здесь я их видел, и направление, в котором дерево решило двигаться, было очевидно. Судя по тому, что я видел, было похоже, что дерево пыталось спастись от падения в глубокий овраг, возможно, из-за недавнего сезона дождей.

Вторым видом «думающих деревьев», с которым мы столкнулись в Камбодже, были так называемые гигантские инжиры-душители. Это огромные, чрезвычайно большие деревья, живущие около тысячи лет и более, которые полностью покрыли, полностью разрушили старые города Камбоджи. Люди здесь верят, что без всякой войны целые цитадели и резиденции очень могущественных королей внезапно были заброшены, и народ уходил, чтобы строить новые цитадели где-нибудь в другом месте.

Эти деревья «поедают» другие деревья. Я был свидетелем этого. Процесс начинается с того, что что-то вроде безобидных лиан использует стволы других деревьев в качестве опоры и карабкается вокруг них ввысь. Когда такая «лиана» прочно обвивает ствол поедаеиого дерева, она начинает объединяться с другими «лианами», превращаясь в единое образование, которое становится

еще одним стволом вокруг ствола «обеденного дерева». Через некоторое время для «обеденного дерева» все кончено: его душат и съедают. Я думаю, что на предыдущих этапах своего роста он получал питание от дерева, на которое вторгся. У меня есть фотографии всех этапов этого процесса. Но эти гигантские деревья также разрушали здания и огромные сооружения посредством более сложного процесса. Однако мне трудно объяснить это письменно (см. фотографии: на левом верхнем фото внутри ствола видно еще одно съеденное дерево).

Я был поражен тем, как размножаются эти деревья. Конечно, они могут прорастать и из упавших в землю семян. Но этот процесс роста займет много лет, возможно, десятилетий. Но какая разница для деревьев, которым предстоит жить около 1000 лет? Так в чем же причина их предпочтительного, как мы видим, метода размножения?

Когда его семена попадают на другое дерево, а может быть, и на камни замков и крепостей, они прорастают и обвиваются вокруг дерева, как безобидные лианы. Они питаются этим деревом и, обвившись вокруг него довольно плотно, сливаются в единый ствол! Их корни опускаются, достигают земли и входят в почву. И сразу у вас есть большое дерево. Этот процесс длится не более года. Теперь он прорастет, вырастет и станет великаном.

Stones start cracking in the grip of giant roots of Strangler Fig trees – look at the grip of the root. Photo:Indrani Ghose.

Почему это может быть необходимо? Если, например, по каким-то причинам дерево должно появиться очень быстро. Если бы рост происходил просто из почвы, дереву потребовались бы десятилетия, чтобы достичь этого состояния. Кстати, семена могут прикрепляться и к камням, из которых в Камбодже строят цитадели. Одним из

факторов, который способствовал росту фиговых деревьев-душителей на стенах зданий, является уникальное свойство камней, используемых для строительства храмов. Храмы Ангкора построены из песчаника/латерита, который по своей природе пористый. Это позволяет корням извлекать воду из камней.

Эти деревья начинаются как эпифиты (растения, растущие на других растениях).

И еще пример:

New roots wedge through the gaps of the building blocks. Photo:Indrani Ghose.

Мы также видели эти деревья в лесу, вдали от рукотворных сооружений. Это были большие деревья, но они были большими в «нормальном» смысле. Однако, чтобы разрушить здания и крепости, они превращаются в великанов, которых вы видите на фотографиях. Единственная мысль, которая приходит в голову, это то, что эти деревья – защитники леса. Человеческие поселения уничтожают лес, и когда это происходит, эти деревья уничтожают поселения. Мы

знаем, что древние народы Центральной Америки через определенное количество лет покидали свои развитые поселения и уходили, чтобы строить новые. Причины этого науке неизвестны. Возможно, они увидели признаки того, что лес начал их отгонять.

Appendix B. References to Some Mathematical Background

I will provide references here to some mathematical papers where one can read at the professional level about some of the ideas used in the main text.

For this book, the following reference is of primary importance (Section 4 of the paper):

V.D. Milman, Simplicity v/s Complexity in the Framework of Geometric Asymptotic Analysis and Some New Applications of the Concentration Phenomenon, Milan j. Math. 74 (2006), 199–211.

The text of this paper is published on my Home Page.

In addition, to understand the stability of our model, which we discuss at the end of the section The Mathematical Model of Consciousness, the following article by Shiri Artstein-Avidan is important:

Artstein, Shiri, Proportional Concentration Phenomena on the Sphere. *Israel J. Math.* 132 (2002), 337–358.

This paper provides computation of the measure on the unit sphere in very high dimension of small-dimensional subspheres, as sections of the original sphere. It is based on her computations that in our discussions we could consider subspaces even of dimension o(n) instead of sqrt(n), and, in any case, changes of our function on such subspaces would not have essential influence on the averaging value of the original function.

The idea of Concentration Phenomenon as a general method was put forward in the paper

Milman, V. D. A new proof of A. Dvoretzky's theorem on cross-sections of convex bodies. (Russian) *Funkcional. Anal. i Priložen.* **5** (1971), No. 4, 28–37

and was continued in two articles in *Dokl. Akad. Nauk SSSR* [Proceedings of the USSR Academy of Sciences] (translated into English in the Soviet Mathematics—Doklady translation journal).

Here is one of them:

Milman, V.D. Asymptotic properties of functions of several variables that are defined on homogeneous spaces. *Soviet Mathematics—Doklady* **12** (1971), 1277–1281.

A comprehensive discussion on this subject can be found in:

M. Ledoux, The concentration of measure phenomenon. Mathematical Surveys and Monographs, 89, American Mathematical Society, Providence, RI, 2001.

Historical remarks, known methods for detecting the concentration phenomenon (as of the year of publication of the article), and numerous examples of the application of this method in mathematics are presented in:

V.D. Milman, The heritage of P. Levy in geometrical functional analysis. Colloque Paul Levy sur les Processus Stochastiques (Palaiseau, 1987). Asterisque No. 157–158 (1988), 273–301.

The following review article may also be useful for sensing mathematical objects in very high dimensions:

V.D. Milman, Phenomena that occur in high dimensions. (Russian) Uspekhi Mat. Nauk 59 (2004), No. 1(355), 157–168; translation in Russian Mathematical Surveys 59 (2004), No. 1, 159–169.

Side Story

Примечание о направлениях, связанных с сознанием.

Исследуя человеческое сознание, было бы чрезвычайно интересно изучить его развитие, прогресс нашего сознания, а также то, в какой степени оно влияет на наше поведение, как оно «опутывает» нас, когда речь идет о нашей свободе выбора. Это совсем другой вопрос, независимый от того, который мы рассматривали в основном тексте. Это не зависит от того, что такое сознание и как оно возникает. Ниже я обрисую три области, в которых прогресс представляется возможным. Это всего лишь несколько тривиальных наблюдений, но серьезные исследования в этих областях могут оказаться крайне нетривиальными и увлекательными.

“Археология” сознания.

Было бы очень интересно получить информацию об эволюции и прогрессе в развитии сознания. Априори это кажется совершенно невозможным, поскольку физических следов сознания людей прошлого нет. Однако это не так, поскольку мы видим и наблюдаем развитие языка, а оно отражает развитие сознания. Приведу один небольшой, но, как мне кажется, весьма яркий пример.

Я рассмотрю этимологию кардинальных и порядковых числительных на нескольких языках.

Английский:

One, two, three, four…

(Количественные числительные)

First, second, third, fourth…

(порядковые номера)

Обратите внимание на совершенно разные корни в первых двух числах и появление закономерности, начиная с третьего числа.

Русский:

Один, два, три, четыре...

(Количественные числительные)

Первый, второй, третий, четвёртый....

(порядковые номера)

Мы наблюдаем то же явление — разные корни в первых двух числах и появление закономерности, начиная с третьего числа.

Та же картинка на **иврите**:

ehad (1), shtaim (2), shalosh (3), arba (4), hamesh (5)…

(Количественные числительные)

ришон, шени, шлиши, ревии, хамеши…

(порядковые номера).

Из-за правил чтения на иврите можно подумать, что арба (четыре) и ревии (четвертый) имеют разные корни. Но это не так. Просто одна и та же буква может читаться как «б», так и как «в».

Можно сделать вывод, что существует огромный разрыв во времени и интерпретации между числами 1 и 2 и последующими — 3, 4 и так далее. Для двух чисел существует простая система интерпретации: да и нет; либо что-то существует, либо его нет. И по этой причине их использование для обозначения количества и последовательного порядка было совершенно иным. Однако оказывается, что следующая после них ступенька, число три, уже представляла собой такую абстракцию, что произошел скачок сознания, и все названия последующих чисел уже создавались по фиксированному шаблону, связывающему число как величину. и его последовательный порядок. Я думаю, что знатоки языка могли бы привести множество замечательных примеров и тем самым обозначить этапы развития сознания.

Существует ли свобода выбора (свобода воли)?

Этот вопрос не так прост, как может показаться, и он тесно связан с нашим сознанием. Ведь в нашем сознании, в наших мыслях, в наших мечтах мы имеем неограниченную свободу выбора. Но нам нужно понимать, что есть разница между тем, что мы умеем делать, и тем, что мы могли бы сделать. Вот пример, объясняющий, что я имею в виду. Естественно, я умею раздеваться. Я каждый день ложусь спать, принимаю душ и каждый раз раздеваюсь. Означает ли это, что я могу раздеться и пойти голой где-нибудь на улице или на какой-нибудь площади? Нет, абсолютно нет. Я бы не смог этого сделать. Существует разница между тем, что мы умеем делать, и тем, что мы можем сделать. Таким образом, у меня нет свободы выбора раздеваться на улице, хотя я умею это делать.

Мы редко занимаемся анализом того, что мы могли бы сделать из того, что умеем делать. И даже принимая очень серьезные решения,

мы не всегда анализируем ограничения, которым мы подвергаемся, как извне, так и внутри нас. Но мы запутались в этих ограничениях и не осознаем, до какой степени.

Опять же, где-то в ранние годы, где-то до тридцати лет, я мысленно прогуливался по своей жизни и пытался оценить, была ли у меня свобода воли принять решение, отличное от того, которое я принял. Что меня действительно поразило, так это то, что раз за разом ответ был «Нет». Я просто не мог принять другое решение. Помню сегодня, что был только один единственный случай, когда я не мог вспомнить все, что происходило вокруг меня, чтобы понять, был ли у меня другой выбор или нет. Таким образом, не более одного раза, а скорее всего, ни разу не случалось, чтобы я имел свободу выбора и мог принять другое решение.

(Конечно, я говорю о серьезных решениях, влияющих на нашу жизнь, а не о чем-то тривиальном, типа, обойти круглый стол слева или справа, если оба пути возможны и решение ни на что не повлияет в дальнейшем.)

Таким образом, существование свободы выбора остается для меня вопросом. Возможно, наше сознание управляет всем однозначно предопределенным образом.

Монозиготные близнецы (идентичные близнецы)

Какое отношение однояйцевые близнецы имеют к дискуссии о сознании? Естественно, возникает вопрос: в какой степени сознание передается по наследству? Исследования однояйцевых близнецов показывают, что хотя влияние и есть, оно не кажется слишком значительным. Однако не только чисто генетический материал определяет в дальнейшем развитие как ребенка, так и личности. Начальная ячейка несет в себе много дополнительной информации. И даже для однояйцевых близнецов эта информация оказывается

не идентичной. Таким образом, вопрос о том, насколько наше сознание определяется той исходной клеткой, из которой мы произошли, остается несколько неоднозначным.

Я думаю, что чем более похожи внешне идентичные близнецы, тем более идентичными должны были быть исходные клетки, из которых они произошли. Вот почему мне хотелось бы увидеть уровень корреляции между физическим сходством уже выросших взрослых особей и формой их сознания.

Во время Второй мировой войны и последовавших за ней очень трудных времен было немало случаев, когда однояйцевых близнецов практически сразу после рождения отдавали в разные семьи. Спустя десятилетия многие из них нашли друг друга, поэтому появилась возможность сравнить их привычки и биографии. Было много поразительного сходства. Я приведу один случай, ставший классическим, хотя этот конкретный случай меня мало волнует. Я думаю, что не установив корреляцию, о которой я говорил выше, невозможно сделать вывод о том, насколько сильно генетика влияет на сознание.

Классический случай, который я упомянул, — это история Джима Льюиса и Джима Спрингера, известных как «Близнецы Jim». Их разлучили при рождении и усыновили разные семьи, которые не знали о существовании другого близнеца. Несмотря на то, что оба Джима выросли в разных условиях, у них были поразительно схожие жизненные пути. Сходство их жизненных путей поразительно, и даже один такой случай говорит о многом. Однако я не знаю, насколько схожим было их сознание. Исследователей больше интересовала история и сходство их жизненных путей, чем изучение сходства их мышления и сознания.