Будущее разума

Автор:
Митио Каку

Будущее разума

Митио Каку

Прямое мысленное общение с компьютером, телекинез, имплантация новых навыков непосредственно в мозг, видеозапись образов, воспоминаний и снов, телепатия, аватары и суррогаты как помощники человечества, экзоскелеты, управляемые мыслью, и искусственный интеллект. Это все наше недалекое будущее. В ближайшие десятилетия мы научимся форсировать свой интеллект при помощи генной терапии, лекарств и магнитных приборов. Наука в этом направлении развивается стремительно. Изменится характер работы и общения в социальных сетях, процесс обучения и в целом человеческое развитие. Будут побеждены многие неизлечимые болезни, мы станем другими. Готов ли наш разум к будущему? Что там его ждет? На эти вопросы, опираясь на последние исследования в области нейробиологии и физики, отвечает Митио Каку, футуролог, популяризатор науки и автор научно-популярных бестселлеров.

Митио Каку

Будущее разума

Переводчик Наталья Лисова

Научный редактор Константин Томс

Руководитель проекта И. Серёгина

Корректоры М. Миловидова, М. Савина

Компьютерная верстка А. Фоминов

Дизайн обложки Ю. Буга

Иллюстрации Jeffrey L. Ward

© Michio Kaku, 2014

© Издание на русском языке, перевод, оформление. ООО «Альпина нон-фикшн», 2015

* * *

Книга посвящается моей любящей жене Сицзуэ и моим дочерям Мишель и Элисон

Введение

Две величайшие загадки природы – разум и Вселенная. С помощью современной техники мы можем фотографировать галактики, находящиеся за миллиарды световых лет от Солнечной системы, манипулировать генами, которые полностью определяют жизнь, и зондировать глубины атома, но разум и Вселенная по-прежнему не даются, ускользают и дразнят нас. Это самые загадочные и захватывающие из всех известных науке рубежей.

Чтобы оценить и почувствовать величие Вселенной, просто выйдите ночью на улицу и обратите взор к небесам, сияющим мириадами звезд. С того мгновения,

когда кто-то из наших предков обратил внимание на великолепие звездного неба, мы не устаем искать ответы на вечные вопросы: откуда это все взялось? Что это все значит?

Чтобы обратиться к загадке разума, человеку достаточно посмотреть в зеркало и спросить себя: что там, в моей голове? Дальше возникают новые вопросы: есть ли у людей душа? Что происходит с нами после смерти? Вообще, что такое это «Я», откуда оно берется? А это приводит нас к самому главному, самому важному вопросу: какое место человек занимает в великом космическом порядке вещей? Как сказал однажды знаменитый биолог Викторианской эпохи Томас Гексли: «Вопрос вопросов для человечества, загадка, лежащая в основе всех остальных и более интересная, чем любая другая, – это вопрос определения места человека в Природе и его отношения к Космосу».

В нашей Галактике 100 млрд звезд, и примерно столько же нейронов в головном мозге человека. Чтобы отыскать объект настолько же сложный[1 - Чтобы убедиться в этом, определим «сложность» через общее количество хранимой информации. Ближайшим соперником нашего мозга может считаться ДНК, т. е. информация, в ней содержащаяся. В нашей ДНК три миллиарда пар оснований, причем каждая из них содержит один из четырех нуклеотидов (обозначаемых как A, T, C, G). Таким образом, полное количество информации, которое может содержаться в ДНК человека, равно четырем в степени три миллиарда. Но мозг с его 100 млрд нейронов, каждый из которых может либо сработать, либо нет, вмещает гораздо больше информации. Следовательно, у мозга существует два в степени 100 млрд возможных начальных состояний. Но ДНК статична, а состояние мозга меняется каждые несколько миллисекунд. Простая мысль может включать в себя около 100 поколений нейронных срабатываний. Следовательно, два в степени 100 млрд нужно возвести еще в сотую степень (число последовательных срабатываний в одной мысли). Но нейроны мозга работают постоянно, днем и ночью, так что количество мыслей, способных уместиться в N поколений, составляет два в степени 100 млрд в степени N – поистине астрономическое число. Таким образом, количество информации, которую может вместить человеческий мозг, намного превышает количество информации, содержащееся в ДНК. Более того, наш мозг – самое емкое вместилище информации в Солнечной системе и, возможно, в нашем секторе Галактики. – Прим. авт.], как тот, что находится у нас на плечах, придется преодолеть 40 трлн км до ближайшей звезды за пределами Солнечной системы. Разум и Вселенная представляют собой величайший научный вызов, но этого мало: их связывают странные отношения. Можно сказать, что эти понятия строго противоположны. Вселенная соотносится с бесконечностью внешнего

пространства, где есть черные дыры, взрывающиеся звезды и сталкивающиеся галактики. А разум – с внутренним пространством души, где таятся наши надежды и сокровенные желания. Он находится от нас на расстоянии наших мыслей, но мы часто теряемся и не в состоянии описать и объяснить его.

Но, несмотря на такую противоположность, у них много общего. В том числе и то, что с незапамятных времен с ними связаны различные суеверия. Астрологи и френологи[2 - Френолог – специалист по френологии – науке, согласно которой характер и способности человека обусловлены строением его черепа. – Прим. ред.] утверждают, что видят смысл в каждом зодиакальном созвездии и в каждой шишке на черепе человека. Телепатов и провидцев то превозносят до небес, то очерняют и втаптывают в грязь.

Вселенная и разум постоянно пересекаются, не в последнюю очередь благодаря шокирующей информации, которую преподносит нам научная фантастика. Ребенком я нередко представлял себя слэном – членом расы телепатов, созданной воображением Альфреда Ван Вогта. Меня поражало, как мутант по имени Мул при помощи мощного внушения чуть не захватил власть в Галактической империи из трилогии Айзека Азимова «Основание». А в фильме «Запретная планета» цивилизация, по развитию на миллионы лет обогнавшая нашу, сумела направить громадные силы телекинеза и телепатии на преобразование внешнего мира в соответствии с своими желаниями и прихотями.

Когда мне было лет десять, на телеэкранах появился «Удивительный Дуннингер», завораживавший аудиторию магическими трюками. Его девизом было: «Тем, кто верит, объяснения не нужны; тем, кто не верит, объяснять бесполезно». Однажды он заявил, что передаст свою мысль миллионам людей по всей стране. Он закрыл глаза и сконцентрировался, пояснив предварительно, что назовет одного из президентов США. А затем попросил зрителей записать имя, пришедшее им в голову, на открытке и прислать ему. На следующей неделе он торжественно объявил о получении тысяч открыток со словом «Рузвельт» – тем самым, которое он «транслировал» в эфир.

На меня это не произвело впечатления. В те годы имя Рузвельта было популярно у жителей США, переживших Великую депрессию и Вторую мировую войну, о нем вспоминали почти по любому поводу, так что ничего удивительного в полученном результате не было. (Я тогда еще подумал, что подобный опыт был бы по-настоящему интересен, если бы он задумал имя Милларда Филлмора[3 -

Тринадцатый президент США. – Прим. ред.]).

Тем не менее выступления Дуннингера распалили мое воображение, и я начал экспериментировать. Я пытался читать чужие мысли; закрыв глаза и сосредоточившись изо всех сил, «вслушивался» в мысли людей или пытался силой мысли двигать предметы по комнате.

У меня ничего не получилось.

Я решил, что если где-то на земле и существуют телепаты, то я к ним определенно не принадлежу. Кроме того, я начал понимать, что чудеса, демонстрируемые телепатами, скорее всего, не могут быть реализованы, по крайней мере без посторонней помощи. Мало того. В последовавшие за этим годы я постепенно усвоил еще один урок: чтобы проникать в величайшие тайны Вселенной, не обязательно обладать телепатическими или сверхъестественными способностями. Нужно всего лишь иметь открытый, упорный и любознательный ум. В частности, чтобы разобраться, можно ли воплотить в реальности замечательные устройства, описанные в фантастических романах, нужно глубоко изучать физику. Чтобы уяснить, в какой момент возможное становится невозможным, нужно уважать и понимать законы природы.

Именно эти две страсти подхлестывали всю жизнь мое воображение: мне хотелось понять фундаментальные законы природы и представить, как изменится в будущем жизнь людей под влиянием науки. Чтобы проиллюстрировать то и другое и поделиться радостью познания, я написал книги «Гиперпространство», «После Эйнштейна» и «Параллельные миры». А мой горячий интерес к будущему выразился в книгах «Прогнозы», «Физика невозможного» и «Физика будущего». В ходе работы над ними я постоянно сталкивался с тем фактом, что разум человека по-прежнему является одной из величайших загадок нашего мира.

В самом деле, на протяжении большей части истории мира люди были не в состоянии понять, что такое мозг и как он устроен. Так, древние египтяне, при всем великолепии их достижений в искусствах и науках, считали мозг бесполезным органом и попросту выбрасывали его при бальзамировании умерших. Аристотель был убежден, что душа обитает в сердце, а не в мозгу, и единственная функция мозга – обеспечивать охлаждение сердечно-сосудистой системы. Другие, в том числе и Декарт, считали, что душа проникает в тело

через крохотную шишковидную железу в мозгу (эпифиз). Однако при отсутствии каких бы то ни было достоверных данных доказать ни одну из этих теорий было невозможно.

Невежество в этой области сохранялось не одну тысячу лет, и не без причины. Человеческий мозг весит около полутора килограммов, и тем не менее это самый сложный объект в Солнечной системе. Составляя около 2 % веса тела, мозг обладает невероятным аппетитом и потребляет не менее 20 % нашей энергии (у новорожденных этот показатель достигает 65 %); при этом не менее 80 % наших генов содержат информацию о мозге и для мозга. Согласно оценкам, наш мозг содержит 100 млрд нейронов и соответствующее количество нервных связей и проводящих путей.

В 1977 г. астроном Карл Саган написал книгу «Драконы Эдема», удостоенную Пулитцеровской премии, в которую было включено все, что на тот момент было известно о мозге. Книга отражала современное состояние нейробиологии – науки, которая в то время опиралась, по существу, на три основных источника. Первым источником было сравнение человеческого мозга с мозгом животных – трудоемкая и утомительная работа, предусматривавшая препарирование мозга тысяч различных тел. Вторым источником был косвенный метод: анализ последствий травм и болезней, в результате которых люди часто демонстрируют необычное поведение. При этом только в ходе вскрытия после смерти можно было выявить, какая именно часть мозга была повреждена. И наконец, третий источник – зондирование мозга при помощи электродов, позволявшее ученым потихоньку (очень медленно и болезненно) разбираться, какая часть мозга за что отвечает.

Ни один из инструментов нейробиологии не позволял исследовать мозг систематически. Невозможно было заказать жертву несчастного случая с повреждениями в конкретной области мозга, которую вам хотелось исследовать. Мозг – живая динамичная система, и посмертное вскрытие часто не позволяет узнать самое интересное – как различные области мозга взаимодействуют между собой, не говоря уж о том, как в них рождаются мысли и такие чувства, как любовь, ненависть, ревность и любопытство.

Революции-близнецы

Четыреста лет назад был изобретен телескоп, и буквально на следующий день этот новый чудесный инструмент позволил ученым заглянуть в сердце небесных тел. Его можно назвать одним из наиболее революционных инструментов всех времен. С его помощью люди на деле убедились в ошибочности мифов и догм прошлого – они улетучились, как утренний туман. Луна, вместо того чтобы служить совершенным образцом божественной мудрости, явила изрезанную кратерами поверхность; Юпитер оказался обладателем собственных лун; у Венеры обнаружились фазы, а у Сатурна – кольца. За 15 лет после изобретения телескопа человек узнал о Вселенной больше, чем за всю предыдущую историю человечества.

Подобно изобретению телескопа, появление в середине 1990–2000-х гг. аппаратов МРТ и еще нескольких методов сканирования мозга полностью преобразило нейробиологию. За те же 15 лет мы и о мозге узнали больше, чем за все наше существование, и разум, прежде считавшийся непознаваемым, наконец выходит на авансцену.

Нобелевский лауреат Эрик Кандел из Института Макса Планка в Тюбингене (Германия) пишет: «Самые ценные озарения, связанные с проникновением в человеческое сознание, в этот период времени исходят отнюдь не из тех дисциплин, которые традиционно занимались сознанием, – философии, психологии или психоанализа. Нет, они исходят из соединения этих дисциплин с биологией мозга…»

Решающую роль в этих достижениях сыграли физики; именно они обеспечили ученых целым набором новых инструментов, получивших названия МРТ (магнитно-резонансная томография), ЭЭГ (электроэнцефалография), ПЭТ (позитронно-эмиссионная томография), КТ (компьютерная томография), ГСМ (глубокая стимуляция мозга), ТЭС (транскраниальное электромагнитное сканирование), нейростимуляция и др., которые кардинально изменили процесс исследования мозга. Внезапно мы получили возможность видеть при помощи этих аппаратов движение мыслей в живом работающем мозге. Как заметил нейробиолог Вилейанур Рамачандран из Калифорнийского университета в Сан-Диего, «все то, чем философы занимались на протяжении тысячелетий, мы, ученые, можем теперь исследовать напрямую, сканируя мозг, изучая пациентов и задавая нужные вопросы».

Оглядываясь назад, могу сказать, что уже первые робкие мои путешествия в мир физики пересекались с теми технологиями, которые сегодня позволяют

исследовать разум. В старших классах школы, к примеру, я познакомился с новой для себя формой вещества, известной как антивещество, и решил провести небольшой эксперимент. Поскольку речь шла об одном из самых экзотических элементов на земле, то за получением крохотного количества натрия-22 – вещества, испускающего положительно заряженные электроны (позитроны), мне пришлось обратиться в Комиссию по атомной энергии. Получив на руки небольшой образец, я смог построить камеру Вильсона и поместить ее в мощное магнитное поле, что позволило мне сфотографировать следы конденсированного пара, оставленные частицами антивещества. Тогда я этого не знал, но прошло немного времени, и натрий-22 нашел применение в новой технологии, получившей название ПЭТ (позитронно-эмиссионная томография) и позволившей ученым узнать поразительные вещи о процессе мышления.

Еще одной технологией, с которой я экспериментировал в школьные годы, был магнитный резонанс. Я присутствовал на лекции Феликса Блоха из Стэнфордского университета, получившего в 1952 г. вместе с Эдвардом Пёрселлом Нобелевскую премию по физике за открытие ядерного магнитного резонанса. Доктор Блох объяснил нам, школьникам, что в мощном магнитном поле атомы выстраиваются по силовым линиям, как стрелки компаса. Направив на них радиоимпульс определенной (резонансной) частоты, можно заставить их повернуться в конкретном направлении; а потом, разворачиваясь обратно, они выдадут импульс, напоминающий эхо, что позволит исследователям идентифицировать эти атомы. (Позже я использовал принцип магнитного резонанса при сооружении в мамином гараже ускорителя частиц на 2,3 МэВ.)

Года два спустя на младших курсах Гарвардского университета я имел честь изучать электродинамику под руководством доктора Пёрселла. Примерно в тот же период мне повезло устроиться на лето в лабораторию к доктору Ричарду Эрнсту, который пытался обобщить работы Блоха и Пёрселла по магнитному резонансу. Результаты оказались весьма впечатляющими, и много позже, в 1991 г., Эрнст получил Нобелевскую премию по физике за то, что заложил основы МРТ (магнитно-резонансной томографии). Этот метод позволил сделать фотографии живого мозга, еще более детальные, чем ПЭТ-сканирование.

Повышая возможности разума

Время шло, я стал профессором теоретической физики, но не утратил горячего интереса к разуму и сознанию. Удивительно наблюдать, как всего за одно десятилетие открытия в физике сделали реальностью некоторые ментальные достижения, так завораживавшие меня в детстве. Сегодня ученые при помощи МРТ-сканера могут отслеживать возникновение мысли в мозгу. Кроме того, они могут вживить в мозг полностью парализованного человека чип и подсоединить его к компьютеру, в результате пациент силой мысли сможет путешествовать по Интернету, читать и писать электронные сообщения, играть в видеоигры, управлять креслом, бытовыми приборами и механическими руками. В принципе, этот пациент может делать все то, что делает обычный человек, но при помощи компьютера.

Ученые идут дальше, подсоединяя мозг к экзоскелету, который такие пациенты могли бы надевать на свои парализованные конечности. Не исключено, что придет время, когда полностью парализованный человек сможет вести почти нормальную жизнь. Кроме того, экзоскелеты, возможно, обеспечат нам сверхспособности, позволяющие выжить в смертельно опасных ситуациях. Может быть, когда-нибудь наши астронавты будут исследовать далекие планеты, мысленно управляя механическими суррогатами и находясь при этом в комфортных земных условиях, чуть ли не у себя дома.

Не исключено, что когда-нибудь мы научимся, как в фильме «Матрица», записывать в мозг воспоминания, осваивая таким образом новые навыки. В экспериментах на животных ученым уже удалось кое-что сделать. Возможно, это лишь вопрос времени, и мы сможем записывать в мозг знания, изучая таким образом науку, знакомясь с новыми местами и осваивая новые увлечения. А если мы научимся записывать в мозг рабочих и ученых технические навыки, это, возможно, скажется и на мировой экономике. Не исключено, что мы сможем даже делиться воспоминаниями друг с другом. Может быть, когда-нибудь ученые создадут «Интернет разума», или мозговую сеть, с помощью которой мысли и эмоции будут рассылаться по всему миру. Даже сны можно будет записывать и затем отсылать «мозгопочтой» по сети.

Не исключено, что техника позволит расширить наши интеллектуальные возможности. Достигнут немалый успех в исследовании мышления гениев, чьи ментальные, артистические и математические способности поистине поразительны. Мало того, ведется секвенирование генов, отличающих нас от человекообразных обезьян; результат даст нам возможность заглянуть в историю эволюции мозга. У животных уже выделены гены, способные улучшить

память и повысить интеллектуальные возможности.

Интерес к открытиям и перспективы нейробиологии на-столько громадны, что привлекают уже внимание политиков. Более того, наука о мозге неожиданно стала источником трансатлантического соревнования величайших экономических гигантов планеты. В январе 2013 г. президент США Обама и Европейский союз объявили о старте двух независимых проектов инженерного реконструирования мозга, которые со временем могут получить многомиллиардное финансирование. Расшифровка сложнейшей нейронной сети мозга, совершенно недоступная, как когда-то считалось, на современном уровне науки, стала целью двух глобальных проектов, сравнимых с проектом расшифровки генома человека и способных, подобно ему, кардинально изменить науку и медицину. В случае успеха эти работы не только дадут нам возможность заглянуть в глубины мозга, но и послужат толчком для создания новых отраслей промышленности, подхлестнут экономическую активность и откроют новые горизонты в нейробиологии.

Мне представляется, что, когда нейронные связи мозга будут наконец расшифрованы, станут понятны истоки психических заболеваний, и, может быть, человечеству удастся найти лекарство от этих древних недугов. Кроме того, такая расшифровка откроет возможности для копирования разума, что, безусловно, поставит перед нами новые философские и этические вопросы. Кто мы, если наше сознание можно загрузить в компьютер? Можно будет также поиграть с концепцией бессмертия. Тело человека со временем стареет и умирает, но не может ли сознание жить вечно?

Кто знает, может быть, в отдаленном будущем разум освободится от телесных оков и научится путешествовать среди звезд, как считают некоторые ученые. Например, через несколько столетий появится возможность скопировать нейронный образ человека и отправить его по лазерному лучу в дальний космос; не исключено, что это окажется наиболее эффективным способом исследования Галактики.

В настоящее время открываются небывалые возможности для научных исследований, способных изменить судьбу человечества. Начинается золотой век нейробиологии.

Делая подобные предсказания, я заручился бесценной помощью ученых, которые любезно согласились беседовать со мной, разрешили брать у них

интервью, рассказывать об их идеях по радио и даже приводить съемочную группу прямо в лаборатории. Именно эти ученые закладывают сегодня фундамент будущего развития разума. Для включения их идей в книгу у меня было всего два условия: (1) их предсказания не должны противоречить законам природы и (2) для всех идей должны существовать прототипы, доказывающие принципиальную возможность их реализации.

Затронутые душевной болезнью

Я когда-то написал биографию Альберта Эйнштейна, назвав ее «Космос Эйнштейна». В ходе работы над книгой мне, естественно, пришлось познакомиться с подробностями его личной жизни. Я и ранее знал, что младший сын Эйнштейна страдал шизофренией, но не понимал, какую огромную эмоциональную нагрузку это накладывало на великого ученого. Самого Эйнштейна проблемы с психикой тоже коснулась, но иначе. Жизнь одного из ближайших коллег Эйнштейна – физика Пауля Эренфеста, помогавшего ему в работе над общей теорией относительности, – закончилась трагически: после нескольких приступов депрессии Эренфест убил собственного сына (мальчик страдал синдромом Дауна) и покончил с собой. С годами я обнаружил, что многие из моих коллег и друзей тоже вынуждены были как-то справляться с психическими расстройствами в своих семьях.

Психическое заболевание глубоко повлияло и на мою жизнь. Несколько лет назад после долгой и безуспешной борьбы с болезнью Альцгеймера умерла моя мама. Видеть, как постепенно уходят из ее памяти воспоминания о близких, смотреть в родные глаза и понимать, что она не осознает, кто перед ней, было невероятно тяжело. На протяжении нескольких лет я наблюдал, как постепенно гаснет огонек разума в маминых глазах. Всю жизнь она тяжко трудилась, поднимая детей, а в конце, вместо того чтобы наслаждаться заслуженным отдыхом, была, по существу, ограблена и лишена всех дорогих воспоминаний.

Дети беби-бума стареют, и грустные переживания, выпавшие на долю многих, повторяются и будут повторяться. Мне бы очень хотелось, чтобы стремительное развитие нейробиологии когда-нибудь облегчило страдания всех, кого так или иначе коснулись болезни психики и слабоумие.

В чем движущая сила этой революции?

Сегодня данные, собранные в ходе исследования мозга, потихоньку расшифровываются и систематизируются, и достижения поразительны. Несколько раз в год газетные заголовки разносят по миру весть об очередном революционном открытии. От изобретения телескопа до начала космической эры прошло 350 лет, а вот от появления МРТ и других технологий сканирования мозга до непосредственного активного соединения мозга с внешним миром – всего пятнадцать. Почему так быстро и что будет дальше?

Отчасти этот стремительный прогресс объясняется тем, что физики сегодня неплохо понимают электромагнетизм, который управляет передающимися по нейронам электрическими сигналами. Краеугольным камнем МРТ-технологий являются математические уравнения Максвелла, используемые для физических расчетов антенн, радаров и радиоприемников. Потребовались столетия, чтобы окончательно разрешить все вопросы электромагнетизма, но сегодня нейробиология может в полной мере пользоваться плодами этого великого достижения. В книге I я расскажу об истории мозга и объясню, как плеяда новых инструментов вышла из физических лабораторий и подарила нам цветные картинки, отражающие работу мысли. Поскольку сознание играет в любом обсуждении разума центральную роль, я приведу также точку зрения физика и предложу определение сознания, относящееся, в частности, и к другим представителям животного мира. По сути, я проведу классификацию и покажу, как можно численно охарактеризовать различные типы сознания.

Но если мы хотим получить полный ответ на вопрос о том, как будет дальше развиваться эта технология, нам придется привлечь еще и закон Мура, который утверждает, что мощность компьютеров удваивается каждые два года. Я часто удивляю собеседников одним простым фактом: сегодня средний сотовый телефон располагает бо?льшими компьютерными возможностями, чем всё NASA в 1969 г., когда американские астронавты высадились на Луну. В настоящее время компьютеры обладают достаточной мощностью, чтобы записать испускаемые мозгом электрические сигналы и частично расшифровать их, переведя на привычный цифровой язык. Таким образом, мозг получает возможность напрямую взаимодействовать с компьютерами и контролировать любые объекты. Эта быстро растущая область исследований получила название нейрокомпьютерного интерфейса (НКИ), и ключевым элементом в ней является

компьютер. В книге II я расскажу об этой новой технологии, которая делает возможными запись воспоминаний, чтение мыслей, видеозапись снов и телекинез.

В книге III я исследую альтернативные формы сознания – от снов, наркотиков и психических расстройств до роботов и космических пришельцев. Речь пойдет и о потенциальных возможностях управления мозгом в борьбе с такими заболеваниями, как депрессия, болезнь Паркинсона, синдром Альцгеймера и др. Я расскажу подробнее о проекте BRAIN (Brain Research through Advancing Innovating Neurotechnologies), объявленном президентом Обамой, и о проекте Human Brain Project Европейского союза, в ходе которых, вероятно, миллиарды долларов будут потрачены на изучение того, как работает мозг на самых разных уровнях вплоть до нейронного. Эти две программы, несомненно, представят нам совершенно новые области исследования, раскроют глубочайшие тайны сознания и обеспечат нас новыми способами лечения психических заболеваний.

После того как мы дадим определение сознания, мы сможем использовать его при рассмотрении различных типов нечеловеческого разума (к примеру, роботов). Насколько продвинутыми могут стать роботы? Могут ли у них появиться эмоции? Будут ли они представлять опасность? Можно будет поговорить и о сознании инопланетных пришельцев, цели которых, вполне вероятно, в корне отличны от наших.

В приложении я предлагаю обсудить самую странную, может быть, из научных идей: концепцию, которая берет начало в квантовой физике и согласно которой сознание, возможно, представляет собой основу реальности.

Предположений в этой области высказано вполне достаточно. Только время покажет, какие из них можно считать наркотическим бредом, порожденным перегретым воображением писателей-фантастов, а какие показывают реальные направления будущих научных исследований. Прогресс в нейробиологии движется семимильными шагами, а ключевым фактором здесь выступает современная физика – именно она позволяет в полную силу использовать электромагнитные и ядерные силы для исследования великих тайн, скрытых до поры в нашем мозгу.

Мне хотелось бы лишний раз напомнить читателям, что я не нейробиолог. Я – физик-теоретик, давно интересующийся вопросами сознания. Мне кажется, позиция физика дает дополнительные преимущества, помогает обогатить наши

знания и представить свежий взгляд на самый известный и в то же время самый загадочный объект во Вселенной: наш разум.

Однако, учитывая головокружительные темпы появления и развития радикально новых концепций, очень важно иметь твердое представление о том, как устроен мозг.

Поэтому давайте для начала поговорим об истоках современной нейробиологии, которая, по мнению некоторых историков, возникла в тот момент, когда железный штырь насквозь пронзил мозг некоего Финеаса Гейджа. Это судьбоносное событие запустило настоящую цепную реакцию и помогло открыть мозг для серьезных научных исследований. Для самого мистера Гейджа это событие было, конечно, весьма прискорбным, но современная наука однозначно выиграла.

Книга I

Разум и сознание

Мой фундаментальный посыл в отношении мозга состоит в том, что его работа – все то, что мы иногда называем разумом – обусловлена его анатомией и физиологией и ничем иным.

Карл Саган

1. Раскрытие разума

В 1848 г. Финеас Гейдж работал бригадиром на железнодорожной станции в штате Вермонт, когда с ним произошел несчастный случай. При случайном взрыве динамита железный штырь длиной более метра полетел ему прямо в лицо, пронзил голову, вышел через макушку и приземлился в 25 м позади. Товарищи Гейджа, потрясенные случившимся (и видом его мозгов), сразу же

послали за врачом. К их изумлению (и к не меньшему изумлению врача), Гейдж не умер на месте.

Несколько недель он пребывал в помутненном сознании, но со временем выздоровел, казалось, полностью. (В 2009 г. в СМИ появилась редкая фотография Гейджа, на которой симпатичный, уверенный в себе мужчина с травмой головы и левого глаза стоит, держа в руке железный стержень.) Однако после несчастного случая товарищи по работе заметили, что его характер и поведение резко изменились. Гейдж, ранее жизнерадостный и доброжелательный человек, стал раздражительным, грубым и эгоистичным. Женщинам лучше было держаться от него подальше. Доктор Джон Харлоу – тот самый врач, которого пригласили к Гейджу сразу после несчастного случая – отмечал, что Гейдж был «капризным и нерешительным, постоянно строил планы и, не успев начать, тут же бросал их ради других проектов. Он был ребенком в своих интеллектуальных возможностях и проявлениях, но обладал животными страстями сильного мужчины». Доктор Харлоу отметил, что Гейдж «радикально изменился» и что товарищи по работе даже говорили, что «это уже не Гейдж». После смерти Гейджа в 1860 г. доктор Харлоу сохранил и его череп, и пронзивший его штырь. Подробное рентгеновское исследование черепа позже показало, что железный стержень действительно вызвал массивное разрушение части мозга, известной теперь как лобная доля, и в правом, и в левом полушариях.

Этому невероятному случаю суждено было изменить не только жизнь Финеаса Гейджа; ему суждено было изменить ход науки. Прежде в научном сообществе преобладало мнение, что мозг и душа – две независимых сущности, как считалось в дуалистической философии. Но, когда стало ясно, что повреждение фронтальной доли мозга резко изменило личность Гейджа, это, в свою очередь, вызвало сдвиг научной парадигмы. Возможно, решили ученые, конкретные области мозга можно связать с определенными типами поведения.

Мозг Брока

В 1861 г., всего через год после смерти Гейджа, эта точка зрения нашла новое подтверждение в работе парижского врача Пьера Поля Брока. Он описал пациента, который выглядел нормальным во всех отношениях, кроме одного: у

него было серьезное нарушение речи. Этот пациент прекрасно понимал и воспринимал речь, но сам мог произнести всего один звук, напоминающий треньканье струны. После смерти пациента доктор провел вскрытие и убедился в том, что у него была поражена левая височная доля мозга – область возле левого уха. Позже доктору Брока удалось наблюдать еще 12 случаев повреждения данной области мозга. Сегодня про пациентов с травмой височной доли мозга, обычно в левом полушарии, говорят, что они страдают от афазии Брока. (Как правило, пациенты с таким расстройством понимают речь, но сами ничего сказать не могут или как минимум теряют при речи слова.)

Вскоре после этого, в 1874 г., немецкий врач Карл Вернике описал пациентов, страдавших противоположным недугом. Они могли внятно говорить, но не понимали ни письменную, ни устную речь. Часто речь таких пациентов была достаточно беглой, с соблюдением правил грамматики и синтаксиса, но произносили они бессмысленные несуществующие слова. Печально, что они, как правило, даже не понимали, что изрекают абсолютную чушь. После нескольких вскрытий Вернике подтвердил, что у этих пациентов была повреждена немного другая часть левой височной доли мозга.

Работы Брока и Вернике стали этапными в нейробиологии и установили четкую связь между поведенческими проблемами, такими как нарушение речи или языковых способностей, и повреждением конкретных областей мозга.

Еще один прорыв произошел в годы войны. На протяжении истории человечества религия неоднократно накладывала вето на анатомирование человеческих тел; понятно, что это сильно тормозило развитие медицины. Однако в военное время, когда на поле боя умирают десятки тысяч истекающих кровью солдат, врачи чувствуют себя обязанными разрабатывать – и как можно быстрее – действенные методы лечения. В 1864 г., во время прусско-датской войны, немецкому врачу Густаву Фричу пришлось лечить множество солдат с открытыми ранениями мозга, и он заметил, что при прикосновении к одному из полушарий мозга часто дергается противоположная сторона тела. Позже Фрич доказал, что при электрической стимуляции мозга правое полушарие управляет левой стороной тела, и наоборот. Это поразительное открытие наглядно продемонстрировало, с одной стороны, что работа мозга имеет электрическую природу, а с другой – что конкретные участки мозга управляют противоположной стороной тела. (Забавно, но первыми воздействовать на мозг электричеством попробовали римляне около 2000 лет назад. Хроники свидетельствуют, что в 43 г. н. э. придворный медик императора Клавдия

прикладывал к голове пациента, страдавшего сильными головными болями, электрического ската.)

Представление о том, что мозг с телом соединяют электрические пути, систематически не исследовалось вплоть до 1930-х гг., когда доктор Уайлдер Пенфилд начал работать с двумя больными эпилепсией, часто страдавшими от изнурительных судорог и приступов, любой из которых мог их погубить. Последним шансом для таких пациентов была операция на головном мозге, при которой удалялись части черепа, а мозг обнажался. (Поскольку мозг лишен болевых рецепторов, человек все это время мог быть в сознании, и доктор Пенфилд использовал во время операции лишь местное обезболивание.)

Доктор Пенфилд обратил внимание, что на стимуляцию определенных частей коры мозга при помощи электрода реагируют различные части тела. И внезапно понял, что может нарисовать приблизительный план соответствия участков коры мозга телу человека (рис. 1). Рисунки у него получились настолько точными, что их до сих пор используют почти в неизменном виде. И на ученое сообщество, и на публику они произвели очень сильное впечатление. На одной из схем можно видеть, какая приблизительно область мозга отвечает за какую функцию и насколько важна для организма эта функция. К примеру, кисти рук и рот для человека жизненно важны, на их управление отводится значительная доля мозга, тогда как нервные рецепторы спины на схеме почти незаметны.

Далее Пенфилд обнаружил, что при стимулировании электричеством височной доли его пациенты неожиданно вспоминают с кристальной ясностью и заново переживают давно забытые эпизоды. Он испытал настоящий шок, когда в ходе операции на мозге пациент вдруг воскликнул: «Я будто… стоял в дверях школы… я слышал, как мама говорит по телефону с тетей и приглашает ее зайти к нам вечером». Пенфилд понял, что прикасается к воспоминаниям, погребенным глубоко внутри мозга. В 1951 г., когда он опубликовал свои результаты, представления о мозге кардинально изменились.

Карта мозга

К 1950–1960-м гг. появилась возможность составить приблизительную карту мозга, разграничив его области и даже определив функции некоторых из них.

На рис. 2 представлен неокортекс, или новая кора, – внешний слой головного мозга, разделенный на четыре доли. Вообще, неокортекс у человека очень развит. Задача всех долей мозга, кроме одной, – принимать и обрабатывать сигналы от органов чувств; исключение составляет лобная доля, расположенная за лобной костью. Префронтальная кора – самая передняя часть лобной доли – является тем местом, где возникают рациональные мысли. Информация, которую вы в настоящий момент получаете из книги, обрабатывается в префронтальной коре. Повреждение этой области может отрицательно повлиять на вашу способность к планированию и обдумыванию будущего, как это произошло с Финеасом Гейджем. Именно в этой области мозга оценивается получаемая информация и планируются действия.

Теменная доля располагается в верхней части мозга. Правое полушарие контролирует чувственное внимание и образ тела; левая – тонкие движения и некоторые аспекты речи. Повреждение этой области может вызвать множество проблем, в том числе и трудности с распознаванием некоторых частей собственного тела. Затылочная доля располагается в самой задней части мозга и обрабатывает полученную от глаз визуальную информацию. Повреждение этой области может вызвать слепоту и зрительные нарушения.

Височная доля отвечает за речь (только слева), а также за визуальное распознавание лиц и некоторые эмоции. Повреждение этой области может лишить человека речи или способности узнавать знакомые лица.

Эволюционирующий мозг

Если взглянуть на другие органы, такие как мышцы, кости и легкие, то можно заметить в их устройстве очевидный порядок. Но структура мозга может

показаться наблюдателю совершенно хаотичной; мозг как бы собран из отдельных независимых частей. Мало того, попытки построить схему мозга иногда называют «картографией для тупых».

Чтобы разобраться в структуре мозга, которая кажется случайной, в 1967 г. доктор Пол Маклин из Национального института психического здоровья попытался рассмотреть эволюцию мозга с позиции теории Чарльза Дарвина. Он разделил мозг на три части. (Дальнейшие исследования показали, что эта модель нуждается в уточнении, но мы используем ее как грубый набросок для приблизительного объяснения общей структуры мозга.) Во-первых, он заметил, что задняя и центральная часть человеческого мозга, включая мозговой ствол, мозжечок и подкорковые узлы, почти идентична по строению мозгу рептилий. Эти структуры, известные как «рептильный мозг», – самые древние структуры мозга, – управляют фундаментальными функциями организма, такими как равновесие, дыхание, пищеварение, сердцебиение и поддержание кровяного давления. Кроме того, они контролируют такие поведенческие схемы, как драка, охота, спаривание и территориальность, необходимые для выживания и воспроизведения себе подобных. Рептильный мозг существует примерно 500 млн лет (рис. 3).

Но по мере того как наши предки эволюционировали от рептилий к млекопитающим, мозг усложнялся, развиваясь и формируя совершенно новые структуры. Так возник мозг млекопитающего, или лимбическая система, которая расположена возле центральной части мозга и окружает структуры рептильного мозга. Лимбическая система развита у животных, живущих социальными группами, в частности у человекообразных обезьян. Кроме того, она содержит структуры, определяющие эмоции. Динамика социальных групп может быть достаточно сложной, и лимбическая система необходима, чтобы различать потенциальных врагов, союзников и соперников.

Среди частей лимбической системы, управляющих жизненно важными для социальных животных поведенческими схемами, можно назвать:

• гиппокамп – это ворота памяти, где кратковременные воспоминания преобразуются в долговременные. Название этой области переводится как «морской конек», что объясняется ее странной формой. Повреждение гиппокампа лишает человека способности сохранять воспоминания. Он навсегда остается пленником настоящего времени;

• мозжечковая миндалина – место, где эмоции, в первую очередь страх, регистрируются и формируются. Название тоже дано по форме;

• таламус – это что-то вроде релейной станции, которая собирает сенсорную информацию от мозгового ствола и направляет ее в разные участки коры. Название означает «внутренняя полость»;

• гипоталамус – этот орган регулирует температуру тела, суточный ритм, голод, жажду и некоторые аспекты размножения и наслаждения. Располагается он под таламусом – отсюда и название.

Наконец, у нас имеется третья, самая молодая область мозга млекопитающих – кора, внешний слой мозга. Самая поздняя в эволюционном отношении структура коры головного мозга – неокортекс (новая кора), который управляет когнитивным поведением. Лучше всего эта структура развита у человека: она составляет 80 % массы мозга, но при этом представляет собой лист толщиной с салфетку. У крыс неокортекс гладкий, а у людей он сильно извит; благодаря этой извитости в черепе человека умещается лист большой площади.

Мозг человека в определенном смысле напоминает музей, в котором хранятся остатки всех стадий эволюции человека на протяжении миллионов лет, когда мозг резко увеличивался по размеру и расширял свою функциональность. (Примерно такой же путь проходит младенец после рождения. Его мозг растет, возможно, имитируя этапы эволюции человека.)

Неокортекс выглядит скромно и не слишком внушительно, но внешность обманчива. Вы можете полюбоваться изысканной архитектурой мозга под микроскопом. Серое вещество состоит из миллиардов крохотных клеток, называемых нейронами. Они, как абоненты гигантской телефонной сети, получают сообщения от других нейронов по дендритам – отросткам, выходящим из одного конца нейрона. Из другого конца нейрона выходит длинное волокно, называемое аксоном. Аксон может через дендриты соединиться примерно с

10 000 нейронов. В точке соединения аксона с дендритом имеется крохотный промежуток – так называемый синапс. Синапсы работают как клапаны, регулируя поток информации в мозгу. Особые химические вещества, так называемые нейромедиаторы, могут проникать в синапс и влиять на ток сигналов. Такие нейромедиаторы, как дофамин, серотонин и норадреналин, помогают управлять потоками информации, движущимися по мириадам нервных путей, и оказывают мощное влияние на настроение, эмоции, мысли и сознание человека (рис. 4).

Это описание мозга примерно отражает состояние науки в 1980-е гг. Однако в 1990-е гг., когда развитие физики привело к появлению новых технологий, механизмы мышления стали изучаться в мельчайших подробностях, а нейробиологию ожидал бум научных открытий. Одной из рабочих лошадок, обеспечивших успех этой революции, стал аппарат МРТ.

МРТ: окно в мозг

Чтобы понять, почему принципиально новая техника помогла расшифровать процессы, происходящие в действующем мозге, нам придется вспомнить некоторые фундаментальные принципы физики.

Радиоволны – один из видов электромагнитного излучения – способны проходить сквозь живую ткань, не причиняя ей вреда. Аппараты МРТ, используя это свойство радиоволн, исследуют нашу черепную коробку. Технология магнитно-резонансного сканирования позволяет получить великолепные фотографии того, что прежде никто не рассчитывал когда-либо увидеть и запечатлеть: внутреннее устройство мозга и его деятельность в процессе работы, при различных эмоциях и при получении информации от органов чувств. Наблюдая танец крохотных огоньков в аппарате МРТ, можно проследить за движением мысли внутри мозга. Мозг при этом напоминает часы с открытым механизмом, где видно, как все устроено, и можно наблюдать за ритмичным движением крохотных рычажков и шестеренок.

Первое, что бросается в глаза при взгляде на аппарат МРТ, – это громадная цилиндрическая магнитная катушка, способная создать магнитное поле, в 20 000–60 000 раз превосходящее по мощности магнитное поле Земли. Именно из-за этого гигантского магнита аппарат МРТ может весить, к примеру, тонну, занимать целую комнату и стоить несколько миллионов долларов. (Аппараты МРТ безопаснее рентгеновских, поскольку не порождают вредных ионов. При компьютерной томографии, которая тоже способна давать трехмерные изображения, организм получает во много раз более серьезную дозу облучения, чем при обычном рентгеновском исследовании, поэтому проведение КТ-исследований нужно тщательно регулировать. Напротив, аппараты МРТ при надлежащей эксплуатации безопасны, проблемы могут возникнуть лишь из-за небрежности работников. В этих аппаратах создается настолько мощное магнитное поле, что при несвоевременном включении оставленные без присмотра металлические инструменты летят с огромной скоростью. Бывало, что люди при этом получали травмы и даже погибали.)

Аппарат МРТ работает следующим образом: пациент ложится на спину, и его на каталке задвигают внутрь цилиндра, в котором располагается две большие катушки, создающие магнитное поле. При включении магнитного поля ядра атомов в теле человека ведут себя примерно как стрелка компаса и выстраиваются вдоль силовых линий поля. Затем подается короткий радиоимпульс, заставляющий некоторые ядра развернуться. Позже, при возвращении в нормальное положение, эти ядра порождают вторичный импульс излучения, который принимается и анализируется аппаратом. Анализ этого слабого «эха» позволяет определить положение и природу излучающих атомов. Если летучая мышь умеет при помощи эха определять положение объектов на своем пути, то аппарат МРТ позволяет улавливать излучение мозга, после чего компьютеры реконструируют положение атомов и строят красивые трехмерные графические изображения.

Вначале, когда аппараты МРТ только появились, они могли показывать структуру мозга лишь в статике и на различных его участках. Однако в середине 1990-х гг. был изобретен новый вид МРТ, получивший название функциональной магниторезонансной томографии, или фМРТ; и теперь аппараты уже различали присутствие кислорода в крови в сосудах мозга. (Иногда ученые обозначают маленькой буквой перед аббревиатурой МРТ тип аппарата, но мы будем использовать аббревиатуру МРТ во всех случаях.) На полученных при помощи МРТ изображениях не виден непосредственно ток электричества в нейронах, но поскольку без кислорода нейроны не получат энергии, насыщенная кислородом кровь косвенно указывает на поток электрической энергии в нейронах и

наглядно показывает, как различные области мозга взаимодействуют между собой.

МРТ-изображения опровергли представление о том, что мышление сосредоточено в едином центре. Напротив, можно видеть, что в процессе мышления электрическая энергия циркулирует по различным частям мозга. Отслеживая путь, который проходят мысли в голове человека, МРТ-аппараты помогли пролить свет на природу болезней Альцгеймера и Паркинсона, шизофрении и других психических заболеваний.

Серьезным преимуществом МРТ-аппаратов является то, что они могут с высокой точностью выделять крохотные, вплоть до десятых долей миллиметра, участки мозга и рассматривать их отдельно. МРТ-изображение – не просто точки на двумерном экране (пикселы), а точки в трехмерном пространстве (вокселы): в результате исследования мы получаем яркое трехмерное изображение мозга, сложенное из десятков тысяч цветных точек.

Различные химические элементы реагируют на разные частоты радиоволн по-разному, поэтому мы можем, изменяя частоту волны, определять, где какие элементы находятся. Как уже отмечалось, при фМРТ в основном отслеживаются атомы кислорода в крови и измеряют кровоток, но вообще-то аппарат МРТ можно настроить на любое вещество. В последнее десятилетие появилась новая разновидность МРТ – диффузионно-тензорная; она отслеживает движение воды в объеме мозга. Вода в мозге следует по нейронным путям, поэтому диффузионно-тензорная томография позволяет получить красивые картинки, напоминающие переплетение растущих в саду лиан. Теперь ученые могут мгновенно определить, как части мозга связаны между собой.

Однако у технологии МРТ есть и недостатки. Пространственное разрешение аппаратов МРТ не имеет себе равных и позволяет довести параметры воксела до размера булавочной головки во всех трех измерениях, а вот временно?е разрешение их подкачало. Чтобы сделать снимок кровотока мозга, требуется почти секунда; может быть, это немного, но если вспомнить, что электрические сигналы проходят сквозь мозг почти мгновенно, то получается, что МРТ может зарегистрировать не все детали мыслительного процесса.

Еще один недостаток – цена, составляющая миллионы долларов; врачам нередко приходится коллективно пользоваться одним аппаратом. Но, как часто бывает, развитие технологии со временем приведет к снижению стоимости аппаратуры.

А пока бешеные цены не остановили активного поиска коммерческих приложений этой технологии. В частности, есть идея использовать аппарат МРТ в качестве детектора лжи; по результатам некоторых исследований с его помощью можно выявить ложь в 95 % случаев. Вообще-то точность пока под вопросом, но основная идея заключается в том, что, когда человек лжет, он одновременно должен знать правду, состряпать ложь и быстро проанализировать, насколько эта ложь согласуется с уже известными фактами. Сегодня некоторые компании утверждают, что, когда человек лжет, на МРТ-изображениях префронтальная кора и теменная доля буквально вспыхивают. Точнее, активизируется орбитофронтальная кора (которая, помимо прочего, может служить «контролером» и предупреждать мозг, если что-то не так). Располагается эта область мозга непосредственно за глазницами, отсюда и название. Согласно теории, орбитофронтальная кора отличает правду от лжи и в результате перевозбуждается. (Когда человек говорит неправду, возбуждаются и другие области мозга, такие как верхнемедиальная и нижнебоковая части префронтальной коры, задействованные в когнитивных процессах.)

На данный момент существует несколько коммерческих фирм, предлагающих детекторы лжи на основе МРТ, и первые результаты их применения уже использовались в качестве доказательств в ходе судебных заседаний. Но важно отметить, что такие МРТ-изображения указывают на повышение активности мозга лишь в некоторых областях. Если результаты расшифровки ДНК иногда достигают точности один к миллиарду или даже выше, то МРТ-изображения не могут быть настолько точными, поскольку в придумывании лжи задействованы многие области мозга, которые отвечают за обработку и совершенно иных мыслей.

Электроэнцефалограмма

Еще один полезный инструмент проникновения в мозг – электроэнцефалограмма (ЭЭГ). Эта методика появилась в 1924 г., но лишь с использованием компьютеров стало возможным разобраться в данных, получаемых с каждого электрода.

При электроэнцефалографическом исследовании пациенту на голову обычно надевают шлем футуристического вида с десятками электродов на внутренней поверхности. (В более продвинутых аппаратах на голову поверх волос надевают

сеточку с закрепленными на ней крохотными электродами.) Электроды регистрируют циркулирующие внутри мозга крохотные электрические сигналы.

Электроэнцефалограмма в некоторых вопросах принципиально отличается от МРТ-изображения. МРТ-аппарат, как мы говорили, «выстреливает» в мозг радиоимпульсами, а затем анализирует полученное «эхо». Таким образом, можно, меняя частоту импульсов, выбирать для исследования разные атомы, что делает методику универсальной и гибкой. ЭЭГ-аппарат совершенно пассивен, т. е. он исследует слабые электромагнитные сигналы, которые излучает сам мозг. ЭЭГ прекрасно регистрирует электромагнитные сигналы, заполняющие мозг; это позволяет ученым измерять общую активность мозга во время сна, в состоянии сосредоточенности или расслабленности, при обдумывании каких-то идей и т. д. Различные состояния сознания излучают на разных частотах. К примеру, глубокий сон соответствует дельта-ритму – колебаниям с частотой 1–4 Гц. Состояние активной мыслительной деятельности, скажем при решении задач, соответствует бета-ритму – колебаниям с частотой 12–30 Гц. Эти колебания позволяют разным областям мозга, даже расположенным на противоположных его концах, делиться информацией и «общаться» друг с другом. И если аппарат МРТ, измеряющий кровоток, может проводить сканирование лишь несколько раз в секунду, то ЭЭГ регистрирует электрическую активность мгновенно.

Но самым серьезным преимуществом процедуры ЭЭГ является ее простота и дешевизна. Даже школьники дома могут экспериментировать с шапочками ЭЭГ.

Главный же недостаток ЭЭГ, многие годы сдерживавший развитие метода, – его низкое пространственное разрешение. Датчики ЭЭГ улавливают электрические сигналы после их рассеяния при прохождении сквозь череп, поэтому зарегистрировать необычную активность, если ее источник располагается глубоко в мозгу, чрезвычайно трудно. Глядя на размытое ЭЭГ-изображение, почти невозможно сказать наверняка, в какой области мозга находится источник того или иного сигнала. Более того, любые движения испытуемого (если он, например, шевельнет пальцем) могут исказить сигнал, а иногда и сделать его совершенно бесполезным.

Позитронно-эмиссионная томография

Еще один полезный инструмент из мира физики – позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ), при которой по присутствию глюкозы (молекулы сахара, играющей роль топлива и источника энергии для клеток) рассчитывается ток энергии в мозгу. Подобно камере Вильсона, которую я строил в школьные годы, аппарат ПЭТ регистрирует элементарные частицы, излучаемые атомами натрия-22 в молекулах глюкозы. Чтобы провести ПЭТ-исследование, пациенту вводят особый раствор, содержащий слаборадиоактивный сахар, в котором атомы обычного натрия заменены на атомы радиоактивного натрия-22. Распадаясь, каждый атом натрия испускает позитрон, который легко регистрируется датчиками. Отследив путь радиоактивных атомов натрия в сахаре, можно определить и ток энергии внутри мозга.

ПЭТ-исследование обладает большинством преимуществ, характерных для МРТ, но не дает столь же высокого пространственного разрешения. Зато и измеряется здесь не ток крови, который может служить лишь косвенным показателем потребления энергии в организме, а непосредственно потребление энергии, поэтому ПЭТ-исследование точнее отражает нервную деятельность.

Однако у метода ПЭТ тоже есть недостаток. В отличие от МРТ и ЭЭГ, при ПЭТ-исследовании используются радиоактивные вещества, поэтому его нельзя проводить много раз подряд. В среднем человеку разрешается делать ПЭТ-исследования не чаще одного раза в год из-за риска облучения.

Магнетизм в мозгу

В последнее десятилетие в арсенале нейробиологов появилось немало высокотехнологичных методов, в том числе метод транскраниального электромагнитного сканирования (ТЭС), магнитоэнцефалография (МЭГ), спектрография в ближней инфракрасной области спектра и оптогенетика.

В частности, электромагнитное излучение использовалось для систематического отключения отдельных частей мозга без вскрытия. В физическом смысле эти инструменты основаны на том факте, что быстро меняющееся электрическое поле может порождать магнитное поле, и наоборот. МЭГ пассивно измеряет магнитное поле, порождаемое переменным электрическим полем мозга. Это чрезвычайно слабое магнитное поле составляет всего лишь одну миллиардную магнитного поля Земли. Подобно ЭЭГ, МЭГ дает прекрасное временно?е разрешение, вплоть до тысячных долей секунды; однако пространственное разрешение у этого метода низкое – около кубического сантиметра.

В отличие от пассивных измерений МЭГ, ТЭС генерирует мощный электрический импульс, который, в свою очередь, порождает импульс магнитный. Аппарат ТЭС располагается рядом с мозгом, так что магнитный импульс проникает внутрь черепа и порождает в мозгу еще один электрический импульс. Этого вторичного импульса достаточно, чтобы вообще отключить или сильно ослабить активность выбранных областей мозга.

Прежде ученым приходилось полагаться на случай, отключая некоторые части мозга, а, следовательно, прояснить, за что именно эти части отвечают, могли только удар или опухоль. Но теперь с помощью ТЭС можно без труда и вреда для здоровья пациента отключить или приглушить активность любой области мозга по желанию. Направив магнитный импульс в конкретную область мозга, можно определить ее функцию, просто наблюдая за тем, как изменилось поведение пациента. (К примеру, если подействовать на левую височную долю мозга, можно убедиться, что это отрицательно повлияет на речь человека.)

Единственный потенциальный недостаток ТЭС – то, что магнитное поле не проникает глубоко внутрь мозга (поскольку магнитное поле ослабевает с расстоянием намного быстрее, чем электричество, для которого характерна обратно-квадратичная зависимость). При помощи ТЭС можно легко отключать области мозга вблизи стенок черепа, но магнитное поле не в состоянии добраться до важных нервных центров, расположенных в глубине мозга, таких как лимбическая система. Не исключено, впрочем, что следующим поколениям аппаратов ТЭС удастся преодолеть эту техническую проблему; возможно, для этого придется увеличить интенсивность импульса и точность приложения

магнитного поля.

Стимуляция глубинных структур мозга (нейростимуляция)

Еще один инструмент, доказавший необходимость в нейробиологии, – стимуляция глубинных структур мозга. Начиналось все у доктора Пенфилда с довольно грубого зондирования. Сегодня используют электроды не тоньше волоса, да и вводить их в заданную область в глубине мозга научились очень точно. Этот метод не только позволил ученым определить функцию различных участков мозга, но и оказался полезен в лечении психических расстройств, к примеру, болезни Паркинсона, при которой определенные области мозга перевозбуждаются и вызывают неуправляемое дрожание рук.

Не так давно мишенью для электродов стала новая область мозга (известная как поле 25 по Бродману), которая у пациентов в депрессии, не реагирующих на психотерапию и лекарства, часто находится в перевозбужденном состоянии. Нейростимуляция приносит таким пациентам, страдавшим годами, почти волшебное облегчение.

Каждый год для нейростимуляции находят новые сферы применения. Практически все серьезные расстройства мозга сегодня исследуются заново с помощью этой и других технологий сканирования мозга. В результате возникла интереснейшая область исследований по диагностике и даже лечению самых разных заболеваний.

Оптогенетика – включаем мозг

Но самым новым и интересным, может быть, инструментом в арсенале нейробиолога является оптогенетика, когда-то считавшаяся научной фантастикой. Она, как волшебная палочка, позволяет активировать отдельные нервные пути, контролирующие поведение, при помощи направленного на мозг светового луча.

Невероятно, но светочувствительный ген, вызывающий срабатывание клетки, можно вставить с хирургической точностью прямо в нейрон. После операции такой нейрон можно активировать в любой момент, просто осветив его лучом света. Но что еще важнее, эта операция позволяет ученым возбуждать подготовленные таким образом нервные пути в любой момент, т. е. по желанию включать и выключать определенные схемы поведения.

Этой технологии всего десять лет, но оптогенетики уже добились успеха в управлении некоторыми типами поведения у животных. Так, повернув выключатель, можно заставить плодовых мушек дружно взлететь, дождевых червей – прекратить извиваться, а мышей – бегать кругами. Уже начаты исследования на обезьянах и обсуждаются эксперименты на людях. Ученые всерьез надеются, что эта технология найдет непосредственное применение в лечении таких расстройств, как болезнь Паркинсона и депрессия.

Прозрачный мозг

Помимо оптогенетики есть еще один метод исследований, позволяющий сделать мозг полностью прозрачным и открыть все его нервные пути даже невооруженному взгляду. В 2013 г. ученые из Стэнфордского университета объявили, что им удалось сделать прозрачным мозг мыши, а также отдельные части человеческого мозга. Известие было настолько поразительным, что попало на первую страницу New York Times с заголовком «Мозг стал прозрачным, как желе, чтобы ученым было удобнее».

Если перейти на клеточный уровень, то окажется, что каждая клетка сама по себе прозрачна и все ее микроскопические компоненты прекрасно видны. Однако миллиарды клеток, собранные вместе и образующие какой-нибудь орган, например тот же мозг, выглядят иначе. К клеткам добавляются липиды (жиры, масла, парафины и другие химические вещества, не растворимые в воде), что, собственно, и делает орган непрозрачным. Ключевой момент новой технологии исследований – удаление липидов при сохранении нейронов. Исследователи из Стэнфордского университета погрузили мозг в гидрогель (гелеподобную субстанцию, состоящую преимущественно из воды), способный связываться с любыми молекулами мозга, за исключением липидов. Затем мозг положили в мыльный раствор и поместили в электрическое поле; раствор вымыл из мозга

липиды, оставив его прозрачным. Немного краски – и нервные пути становятся видимыми. Можно зафиксировать их и составить карту.

В принципе, получение прозрачных тканей не ново, но создать в точности нужные условия для того, чтобы прозрачным стал весь мозг, очень непросто; процесс потребовал изобретательности. «Я сжег или расплавил больше сотни органов», – признается доктор Кванхунь Чун, один из ведущих исследователей. Новую методику, получившую название CLARITY, можно применять и к другим органам (и даже к органам, много лет хранившимся в формалине или других консервирующих веществах). Доктору Чуну уже удалось получить образцы прозрачной печени, легкого и сердца. Эта методика найдет множество применений во всех областях медицины. Достаточно сказать, что с ее помощью можно будет намного быстрее локализовать и нанести на карту нервные пути мозга, на исследование которых в настоящее время направлены огромные научные и материальные ресурсы.

Четыре фундаментальные силы

Успех, достигнутый первым поколением аппаратов сканирования мозга, нельзя не назвать поразительным. Если до появления подобных аппаратов в строении мозга выделялось около 30 областей, то сегодня только аппарат МРТ способен определить в мозгу две-три сотни областей, что открывает для исследователей мозга новые горизонты. Но возникает вопрос. Если физика всего за 15 лет смогла предложить нейробиологии так много новых технологий сканирования, то, может быть, будут и еще? На этот вопрос следует ответить положительно, но стоит иметь в виду, что эти технологии будут не принципиально новыми изобретениями, а вариантами и улучшениями уже существующих. Дело в том, что есть лишь четыре силы – гравитационная, электромагнитная, слабая и сильная ядерные, – которые управляют Вселенной.

Источником практически всех новых технологий сканирования (за исключением технологии ПЭТ, основанной на слабом ядерном взаимодействии) является электромагнитная сила – результат взаимодействия электрической энергии и магнитного поля, – с помощью которой, в частности, освещаются и наши города. Физики работают с электромагнитной силой уже больше полутора веков и хорошо научились создавать всевозможные электрические и магнитные поля,

поэтому любые технологии сканирования мозга вряд ли окажутся чем-то принципиально новым; скорее всего, это будут новые модификации уже существующих методов. Как обычно и бывает, размеры и стоимость этих устройств со временем сильно уменьшатся, что позволит намного шире использовать эти сложные инструменты. Физики уже прикидывают, нельзя ли встроить аппарат МРТ в сотовый телефон. Но все же главная проблема всех аппаратов сканирования мозга – разрешение, как пространственное, так и временно?е. Пространственное разрешение МРТ повысится, если магнитное поле станет более однородным, а электроника – более чувствительной. В настоящее время аппараты МРТ различают вокселы размером до доли миллиметра. Но каждый такой воксел может содержать сотни тысяч нейронов. Новые технологии сканирования, вероятно, увеличат разрешающую способность приборов. Священным Граалем такого подхода могло бы стать создание МРТ-сканера, способного различать отдельные нейроны и связи между ними.

Временно?е разрешение аппаратов МРТ также ограничено, поскольку они анализируют движение насыщенной кислородом крови в мозгу. Сам аппарат имеет очень хорошее временно?е разрешение, но отслеживание тока крови замедляет работу. В будущем аппараты МРТ научатся отслеживать и другие вещества, непосредственно связанные со срабатыванием нейронов; появится возможность анализировать ментальные процессы в реальном времени. Какими бы впечатляющими ни были успехи нейробиологии за последние 15 лет, это лишь начало. Главное – впереди.

Новые модели мозга

Исторически с каждым новым научным открытием на свет появлялась новая модель мозга. Одной из первых таких моделей было представление о гомункулусе – человечке, который жил в мозгу и принимал все решения. Пользы от такой картинки было немного, поскольку она никак не объясняла, что происходит в мозгу гомункулуса. Может быть, в нем прятался следующий гомункулус.

С появлением простых механических устройств была предложена другая модель мозга: машина, похожая на часы, с механическими колесиками и шестеренками. Этой аналогией пользовались ученые и изобретатели, такие как Леонардо да

Винчи (он даже сконструировал механического человека).

В конце XIX в., когда сила пара создавала мировые империи, родилась новая аналогия – паровая машина, в которой потоки энергии конкурируют друг с другом. Такая гидравлическая модель, считают историки, оказала влияние на картину мозга по Зигмунду Фрейду, где шла бесконечная борьба трех начал: эго (представляющее личность и рациональное мышление), ид (представляющее подавленные желания) и супер-эго (представляющее сознание). В этой модели, если из-за конфликта между этими тремя началами накапливается слишком большое давление, может произойти регрессия эго или общий сбой системы. Модель, конечно, остроумная, но даже сам Фрейд признавал, что для ее окончательной проработки нужны детальные исследования мозга на уровне нейронов, на что уйдет еще лет сто.

С развитием телефонии в начале XX в. появилась другая аналогия – гигантского коммутатора. Мозг был представлен в виде путаницы телефонных проводов, связанных в обширную сеть. Роль сознания играл длинный ряд телефонных барышень перед большой коммутаторной панелью, занятых непрерывным подключением и отключением проводов. К несчастью, эта модель ничего не говорила о том, как все эти сообщения вместе образовывали мозг.

С развитием техники модной стала следующая модель – компьютер. Старомодный коммутатор сменили микросхемы с сотнями миллионов транзисторов. Может быть, разум – это всего лишь программа, работающая на человеческом мозге, как на компьютерном «железе». Эта модель в какой-то мере работает до сих пор, но у нее есть ограничения. Она не в состоянии объяснить, каким образом мозг проводит расчеты, для которых потребовался бы компьютер размером с хороший мегаполис. Плюс в мозгу нет программ, нет операционной системы Windows и процессора Pentium. (Хотя ПК на Pentium работает быстро, у него есть свой недостаток: все расчеты должны проходить через процессор. В мозгу же все наоборот. Каждый нейрон срабатывает относительно медленно, но это с лихвой компенсируется тем фактом, что данные одновременно могут обрабатывать 100 млрд нейронов. Так что медленный параллельный процессор вполне способен превзойти очень быстрый единый процессор.)

Последняя по времени появления аналогия – Интернет, объединяющий миллиарды компьютеров. Сознание в этой модели – системный эффект, возникающий чудесным образом из коллективных действий миллиардов

нейронов. (К сожалению, модель абсолютно ничего не говорит о том, как происходит такое чудо. Всю сложность мозга она проводит по ведомству теории хаоса, и дело с концом.)

Несомненно, в каждой из перечисленных аналогий есть зерно истины, но ни одна из них не в состоянии по-настоящему отразить сложность мозга. Однако мне кажется полезной (хотя и несовершенной) еще одна аналогия: мозг как крупная корпорация. В этой аналогии есть гигантская бюрократия и строгая иерархия, а также потоки информации между различными офисами. Но вся важная информация в конце концов оказывается в центре управления – у генерального директора. Именно там принимаются окончательные решения.

Если сравнение мозга с крупной корпорацией имеет право на существование, оно должно объяснять некоторые интересные свойства мозга:

• Большая часть информации находится в «подсознании», т. е. генеральный директор, на свое счастье, понятия не имеет о полноводных потоках информации, непрерывно циркулирующих по бюрократическим каналам. Более того, лишь крохотная часть информации в конце концов попадает на стол высшего руководителя, которого можно сравнить с префронтальной корой. Генеральный директор знакомится только с теми данными, которые достаточно важны, чтобы заслужить его внимание; в противном случае его деятельность была бы парализована лавиной лишних сведений.

• Вероятно, такая организация работы мозга – побочный результат эволюции, поскольку наши предки в критических условиях не могли позволить себе перегружать мозг поверхностной подсознательной информацией. Мы, к счастью, попросту не замечаем всех тех триллионов операций, которые постоянно проделывает наш мозг. Встретив в лесу тигра, не обязательно думать о том, в каком состоянии в данный момент находится твой желудок, пальцы на ногах, волосы и т. п. Нужно только вспомнить, как бежать побыстрее.

• «Эмоции» – это быстрые решения, рождающиеся самостоятельно на низком уровне. Поскольку на рациональные мысли уходит много времени, а в критической ситуации нет времени на обдумывание, низкоуровневые области мозга должны быстро оценить ситуацию и принять решение (породить эмоцию) без разрешения сверху.

Таким образом, эмоции (страх, гнев, ужас и т. п.) – это мгновенно появляющиеся тревожные флажки, команда на которые отдается на низком уровне и назначение которых – предупредить управляющий центр о потенциально опасной или сложной ситуации. Сознание практически не контролирует эмоции. К примеру, как бы мы ни готовились к публичному выступлению, нервное напряжение никуда не денется.

Рита Картер, автор книги «Как работает мозг» (Mapping the Mind), пишет: «Эмоции – это вовсе не чувства, а набор физиологических механизмов выживания, появившихся в результате эволюции. Их задача – направить нас прочь от опасности, к тому, что может оказаться полезным».

• За внимание руководителя идет постоянная борьба. Но не существует единственного гомункулуса, ЦПУ или процессора Pentium, принимающего решения; вместо этого различные локальные центры в составе руководства постоянно соревнуются друг с другом за внимание директора. Поэтому мысли не идут гладкой непрерывной чередой; всевозможные обратные связи конкурируют между собой, порождая настоящую какофонию. Концепция «Я» как единой цельной сущности, непрерывно принимающей все решения, – лишь иллюзия, порожденная подсознанием.

Сами мы чувствуем, что наше сознание едино, что оно непрерывно и ровно обрабатывает информацию и полностью контролирует все наши решения. Однако сканирование мозга дает совершенно иную, и объективную картину.

Профессор Массачусетского технологического института (МТИ) Марвин Мински, один из отцов-основателей Лаборатории искусственного интеллекта, рассказал, что человеческий разум больше похож на «общество разумов», состоящее из подмодулей, которые постоянно борются между собой.

Во время беседы с психологом Гарвардского университета Стивеном Пинкером я спросил у него, как из всей этой путаницы возникает сознание. Он сказал, что сознание похоже на шторм, бушующий в голове. Подробнее об этом же он писал, что «интуитивное ощущение того, что существует некое руководящее “Я”, которое сидит в центре управления нашего мозга, смотрит на экраны с данными от органов чувств и нажимает на кнопки, передающие команды нашим мышцам, – всего лишь иллюзия. Скорее, сознание представляет собой водоворот событий, распределенных по всему мозгу. Эти события конкурируют за внимание, и, когда одному из них удается перекричать все остальные, мозг

задним числом рационально обосновывает результат и фабрикует впечатление о том, что все происходило под контролем единого центра».

• Окончательные решения принимает генеральный директор в центре управления. Почти вся бюрократия существует для того, чтобы собирать и систематизировать информацию для генерального директора, который встречается только с руководителями подразделений. Он пытается привести к общему знаменателю всю противоречивую информацию, поступающую в командный центр. Все интриги здесь заканчиваются. Генеральному директору, находящемуся в префронтальной коре, приходится принимать окончательное решение. Если у животных большинство решений принимается инстинктивно, человек принимает высокоуровневые решения после тщательного разбора и просеивания информации, поступающей от органов чувств.

• Информационные потоки иерархичны. Поскольку и наверх, в руководящий офис, и вниз, к исполнителям, должно проходить громадное количество информации, эту информацию необходимо организовывать в сложные системы встроенных сетей со множеством ответвлений. Представьте себе ель, где на верхушке располагается руководящий центр, а ниже – пирамида ветвей, ведущих к множеству менее важных центров.

Существует, разумеется, и разница между бюрократической системой и структурой мышления. Известно, что первое правило всякой бюрократии состоит в том, что «она расширяется и заполняет все выделенное пространство». Но пустые траты энергии – роскошь, которую мозг не может себе позволить. Мозг потребляет всего около 20 Вт мощности (как слабая лампа накаливания), но это, вероятно, максимум того, что он может забрать, не лишая остальное тело функциональности. Если тело будет вырабатывать больше тепла, ткани не выдержат. Поэтому мозг постоянно экономит энергию и пользуется для этого всевозможными уловками. По ходу изложения вы узнаете, какие хитроумные способы изобрела эволюция для упрощения различных действий.

Реальна ли в действительности «реальность»?

Всем знакомо выражение «видеть – значит верить», однако многое из того, что мы видим, на самом деле иллюзия. К примеру, если мы видим перед собой

типичный ландшафт, он представляется нам гладкой панорамой, как в кино. На самом же деле в нашем поле зрения есть зияющая дыра, соответствующая месту расположения зрительного нерва на сетчатке. По идее, мы должны видеть это безобразное черное пятно везде, куда бы ни смотрели. Но наш мозг заполняет ее «обоями», усредняя и аппроксимируя окружающее. Иными словами, часть того, что мы видим, на самом деле подделка, состряпанная подсознанием.

Кроме того, по-настоящему четко мы видим только центральную часть поля зрения, приходящуюся на центральную ямку сетчатки (фовеа). Периферические участки видятся немного размыто, так на это уходит меньше энергии. Но центральная ямка на сетчатке очень мала. Поэтому, чтобы получить как можно больше информации, глаз постоянно движется, причем резко и скачками. Такое скачкообразное движение глазных яблок называется саккадой. Все это проделывается подсознательно, на сознательном же уровне все поле зрения кажется нам четким и резким.

Когда я ребенком впервые увидел изображение электромагнитного спектра в его истинном величии, то был поражен. Я даже представить себе не мог, что очень значительная часть спектра (в частности, инфракрасный и ультрафиолетовый свет, рентгеновские и гамма-лучи) совершенно невидима для человеческого глаза. Именно тогда я начал понимать, что все, что вижу вокруг, – лишь крохотная часть того, что есть на самом деле, грубое приближение реальности. (Есть известное высказывание: «Если бы внешность всегда совпадала с сущностью, наука была бы не нужна».) На сетчатке глаза человека есть сенсоры, способные регистрировать только красный, зеленый и синий цвета. Это означает, что ни один человек никогда не видел желтого, коричневого, оранжевого и многих других цветов. Но такие цвета существуют, и мозг способен их аппроксимировать путем смешения красного, зеленого и синего в разных пропорциях. (Нечто подобное происходит на экране старого цветного телевизора, и это можно увидеть, если всмотреться внимательнее. Вместо картинки вы увидите лишь набор красных, зеленых и синих точек. Цветное телевидение – тоже иллюзия.)

Глаза обманывают нас и с объемом. На самом деле сетчатка глаза двумерна, но, поскольку у нас два глаза и располагаются они в нескольких сантиметрах друг от друга, мозг обрабатывает и совмещает получаемые с них изображения, давая нам ложное ощущение трехмерности. Если говорить о более далеких объектах, то мы можем оценивать расстояние до них по тому, как они смещаются, когда мы двигаем головой. Это явление называется параллакс.

(Именно параллаксом объясняются нередкие жалобы детей на то, что «Луна летит за мной». Поскольку мозгу трудно оценить параллакс такого далекого объекта, как Луна, при движении нам кажется, что светило всегда держится на одном и том же расстоянии «позади», но на самом деле это лишь иллюзия, порожденная тем, что мозг старается упростить себе задачу.)

Парадокс разделенного разума

Один из моментов, по которым картина корпоративной иерархии отличается от реальной структуры мозга, можно проиллюстрировать на примере интересных случаев, связанных с разделением мозга. Надо сказать, что мозг отличается одним достаточно необычным свойством: он состоит из двух почти идентичных половинок, или полушарий, – правого и левого. Ученых давно интересовал вопрос, для чего мозгу эта ненужная избыточность – ведь он способен работать даже без одного полушария. Ни одна корпоративная машина не может похвастать подобным качеством. Более того, если каждое полушарие обладает своим сознанием, означает ли это, что у каждого из нас в одном черепе имеется два независимых центра сознания?

Доктор Роджер Сперри из Калифорнийского технологического института получил в 1981 г. Нобелевскую премию за демонстрацию того, что полушария мозга не являются точными зеркальными копиями друг друга, а выполняют самостоятельные и различные функции. Этот результат произвел в неврологии настоящий фурор (и породил волну сомнительных книг категории «помоги себе сам», обещающих привнести в вашу жизнь какие-то специфически лево– или правополушарные качества).

Доктор Сперри занимался лечением больных эпилепсией, страдающих судорожными припадками, которые часто вызываются расстройством обратных связей между двумя полусферами. Иногда из-за положительной обратной связи микрофон выходит из-под контроля и начинает дико верещать в уши; точно так же и подобный припадок может выйти из-под контроля и представлять опасность для жизни. Доктор Сперри начал с того, что рассек мозолистое тело, соединяющее полушария мозга; после этого полушария уже не могли общаться между собой и делиться информацией о левой и правой стороне тела. Как правило, обратная связь при этом исчезала, и припадки прекращались.

Поначалу пациенты с разделенным мозгом казались совершенно нормальными. Они были внимательны и могли поддерживать разговор, как если бы ничего не произошло. Но тщательное обследование показало, что кое в чем они серьезно отличались от остальных людей.

В обычных условиях мысли свободно путешествуют из полушария в полушарие, а сами они дополняют друг друга. Левое полушарие склонно к логическому анализу. Именно в нем базируются речевые навыки; правое полушарие склонно к холистике[4 - Холистика (от греч. «холос») – цельный, полный, а также здоровье, оздоровление и гармония – философское направление, которое рассматривает тело и дух в безупречной гармонии между собой и окружающей средой. – Прим. ред.] и артистизму. Но, как правило, левое полушарие доминирует и принимает окончательные решения. Команды проходят из левого полушария в правое через мозолистое тело. Но, если эта связь разорвана, правое полушарие освобождается из-под диктата левого. Возможно, правое полушарие может обладать собственной волей, действующей вопреки желаниям доминирующего левого полушария.

Короче говоря, внутри одного черепа могут существовать две отдельные воли, иногда конкурирующие за контроль над телом. Возникает жутковатая ситуация, когда левая рука (под управлением правого полушария) начинает действовать независимо от желаний владельца, как чужая.

В одном случае, к примеру, мужчина собирался обнять жену, но если одна его рука выполнила этот приказ, то у другой оказались совершенно иные намерения. Она нанесла женщине удар в лицо. Еще одна женщина сообщала, что, когда она хочет взять, например, платье, ее вторая рука тянется к какой-то другой вещи. У одного мужчины даже возникла настоящая фобия: он боялся спать по ночам, опасаясь, что непослушная рука задушит его.

Временами людям с разделенным разумом кажется, что они живут внутри мультика, где по сюжету одна рука старается взять под контроль другую. Врачи иногда называют это явление синдромом доктора Стрэнджлава – из-за сцены в старом кинофильме, где руки устраивают целое сражение между собой.

После тщательного исследования пациентов с разделенным мозгом доктор Сперри пришел к выводу, что, действительно, в одном мозге могут существовать два отдельных разума. Он писал, что каждое полушарие «в самом деле, является самостоятельной системой сознания, способной воспринимать внешние

сигналы, думать, вспоминать, рассуждать, хотеть и чувствовать, и все на вполне человеческом уровне, и… оба полушария могут мыслить одновременно, испытывая разные, даже конфликтующие между собой, ментальные переживания, которые развиваются параллельно».

Когда я беседовал с доктором Майклом Газзанигой из Калифорнийского университета в Санта-Барбаре, известнейшим специалистом в области разделенного разума, то задал ему вопрос: как можно проверить эту теорию? Оказалось, что существует несколько способов связываться с каждым полушарием, при которых второе полушарие не получит никакой информации. Можно, к примеру, надеть на испытуемого специальные очки, при помощи которых написанные вопросы можно показывать каждому глазу в отдельности, так что направить вопросы отдельно в каждое полушарие совсем несложно. Гораздо сложнее получить от них независимые ответы. Поскольку правое полушарие не умеет разговаривать (центр речи есть только в левом полушарии), получить ответы от него трудно. Чтобы выяснить, что «думает» правое полушарие, рассказал мне доктор Газзанига, он провел эксперимент, в ходе которого правое (немое) полушарие могло «говорить» при помощи буковок из детской игры.

Для начала он спросил у левого полушария пациента, что тот собирается делать после окончания учебы. Пациент ответил, что хочет стать конструктором. Однако, когда тот же вопрос был задан правому полушарию, все стало намного интереснее. Правое полушарие выложило буковками «автомобильный гонщик». Втайне от доминирующего левого полушария правое вынашивало совершенно другие планы на будущее. Оно в буквальном смысле обладало собственным мнением и сознанием.

Рита Картер пишет: «Возможные последствия этого уму непостижимы. Получается, что каждый из нас, возможно, носит в своем черепе безгласного узника с собственной личностью, амбициями и сознанием, отличными от той сущности, какой мы себя считаем».

Может быть, в известном высказывании о том, что «внутри нас скрывается другая личность, рвущаяся на волю», есть своя правда. Это означало бы, что два полушария могут различаться даже в вопросах веры. Так, невролог Рамачандран описывает одного пациента с разделенным мозгом, который на вопрос о вере отвечал, что он атеист, но правое полушарие заявило, что он верующий. Очевидно, два различных отношения к вере и религии вполне уживаются в

пределах одного мозга. Рамачандран продолжает: «Если этот человек умрет, что с ним будет? Неужели одно полушарие попадет в рай, а другое отправится в ад? Я не знаю, как ответить на этот вопрос».

(Исходя из этого, можно предположить, что человек с расщеплением личности может быть одновременно республиканцем и демократом. Если спросить, за кого он будет голосовать, он назовет кандидата от левого полушария, ведь правое не умеет разговаривать. А вот при заполнении бюллетеня результат, вероятно, будет зависеть от того, какой рукой человек будет писать.)

Кто главный?

Доктор Дэвид Иглмен, нейробиолог из Бэйлорского медицинского колледжа, потратил немало времени и сил на исследования проблемы подсознания. Во время интервью я задал ему вопрос: если большая часть наших мыслительных процессов происходит в подсознании, то почему мы пребываем в неведении относительного этого немаловажного факта? Он привел мне в пример юного короля, который наследует трон и считает, что все в королевстве происходит по его воле, но при этом не имеет понятия о тысячах слуг, солдат и крестьян, необходимых для поддержки трона и обеспечения его устойчивости.

Мы принимаем решения, выбирая политиков, супруга, друзей и будущую профессию, и не замечаем, что в каждом случае выбор обусловлен вещами, которых мы не замечаем на сознательном уровне. (Странно, к примеру, говорит он, что «люди по имени Дэннис или Дениза с непропорционально большой вероятностью становятся дантистами, Лора или Лоренс – юристами[5 - Юрист по-английски lawer (лойер). – Прим. пер.], Георгий или Георгина – геологами».) Это означает, то, что мы считаем «реальностью», – всего лишь аппроксимация, при помощи которой мозг заполняет пробелы. Каждый из нас видит реальность немного иначе, чем окружающие, чуть-чуть по-своему. К примеру, Иглмен указывает, что «по крайней мере 15 % женщин несут в себе генетическую мутацию, которая дает им дополнительный (четвертый) тип цветовых фоторецепторов, и это позволяет им различать цвета, которые всем остальным, т. е. обладателям всего лишь трех типов рецепторов, кажутся одинаковыми».

Очевидно, чем больше мы узнаем о механике мышления, тем больше возникает вопросов. Что происходит в командном центре сознания при конфликте с мятежным теневым центром? Вообще, что мы подразумеваем под «сознанием», если его можно разделить надвое? И в каких отношениях между собой находятся разум, сознание и «Я»?

Если мы сможем ответить на эти и другие сложные вопросы, то, вполне возможно, это станет началом пути к пониманию нечеловеческого сознания, сознания роботов и гипотетических пришельцев-инопланетян, к примеру, которые могут оказаться совершенно не похожими на наше сознание.

Давайте попробуем предложить ясный ответ на этот обманчиво сложный вопрос: что такое сознание?

2. Сознание с точки зрения физика

Разум человека способен на все… потому что все уже есть в нем: и прошлое, и будущее.

Джозеф Конрад

Сознание может даже самого требовательного мыслителя довести до бессвязной болтовни.

Колин Макгинн

Концепция сознания столетиями занимала философов, но упорно не поддавалась – и до сих пор не поддается, надо сказать – простому определению. Философ Дэвид Чалмерс собрал данные более чем о 20 000 работ, посвященных этой теме; ни в одной другой области усилия столь многих ученых не давали на выходе столь мало общего, т. е. принятых всеми утверждений. Философ Готфрид Лейбниц, живший в XVII в., однажды написал: «Если бы можно было раздуть мозг до размеров мельницы, обойти все внутри и осмотреть, то все равно сознания бы там не обнаружилось».

Некоторые сомневаются, что теория сознания вообще имеет право на жизнь. Они утверждают, что сознание невозможно объяснить, поскольку никакой объект не в состоянии понять самого себя; таким образом, нашего запала не хватает даже на решение одного этого трудного вопроса. Психолог из Гарварда Стивен Пинкер пишет: «Мы не можем видеть ультрафиолетовый свет. Мы не можем мысленно повернуть объект в четвертом измерении. Не исключено, что мы не можем также решать ребусы вроде свободы воли или духовной жизни».

Более того, на протяжении большей части XX в. одной из доминирующих психологических теорий был бихевиоризм, вообще отрицавший значение сознания. Бихевиоризм основан на идее о том, что изучения достойно лишь объективное поведение животных и людей, а не субъективные, внутренние состояния разума.

Некоторые ученые отчаялись дать определение сознания и занимаются тем, что пытаются просто описать его. Психиатр Джулио Тонони сказал: «Каждый знает, что такое сознание: это то, что покидает тебя каждую ночь, когда ты засыпаешь без сновидений, и возвращается утром, когда ты просыпаешься».

Природа сознания на протяжении веков являлась предметом обсуждений и споров, но выводов сделано на удивление мало. Помня, что именно физики создали большую часть тех устройств, которые позволили ученым добиться взрывного развития науки о мозге, нам, может быть, стоит последовать примеру физиков и в другом: еще раз рассмотреть этот древний вопрос.

Как физики понимают Вселенную

Когда физик пытается в чем-то разобраться, он первым делом собирает данные, а затем предлагает «модель» – упрощенный вариант изучаемого объекта, отражающий его основные черты. В физике модель описывается набором параметров (к примеру, это могут быть температура, энергия, время). Затем физик при помощи этой модели предсказывает (моделирует) будущее развитие объекта. Крупнейшие суперкомпьютеры мира используются именно для моделирования развития систем, которые могут описывать протоны, ядерные взаимодействия, погодные явления, Большой взрыв и поведение черных дыр. После многочисленных расчетов и экспериментов на модели вы создаете новую,

лучшую модель с более хитроумными параметрами и вновь запускаете процесс моделирования во времени, уже с использованием этой модели.

К примеру, Исаак Ньютон, пытаясь разобраться с движением Луны, создал простую модель, которой со временем суждено было изменить ход человеческой истории: он представил, что бросает яблоко. Чем быстрее движется яблоко, рассуждал он, тем дальше оно улетит. Более того, если бы можно было бросить яблоко достаточно быстро, оно полностью обогнуло земной шар и даже вернулось в ту же точку. Получается, утверждал Ньютон, что эта модель представляет путь Луны; следовательно, силы, управляющие летящим вокруг Земли яблоком, идентичны силам, управляющим движением Луны.

Но сама по себе эта модель оставалась бесполезной. Ключевой рывок был сделан, когда Ньютон сумел при помощи своей теории смоделировать будущее, т. е. научился рассчитывать положение движущихся объектов. Для решения этой сложной задачи ему пришлось придумать совершенно новую область математики, получившую название интегрального исчисления. При помощи этой математики Ньютон смог предсказать будущую траекторию не только Луны, но и кометы Галлея и других планет. С тех пор ученые используют законы Ньютона для расчета траекторий самых разных движущихся предметов – от пушечных ядер, автомобилей и ракет до астероидов и метеоров, а также до звезд и галактик.

Степень достоверности модели зависит от того, насколько точно она воспроизводит основные характеристики оригинальной системы. В данном случае основным параметром было положение яблока и Луны в пространстве и времени. Разрешив этому параметру меняться (т. е. запустив поступательное движение времени), Ньютон смог наблюдать движение тел в развитии, что стало одним из наиболее значительных открытий в истории физики.

Любая модель полезна до тех пор, пока ее не сменит новая, еще более точная модель, лучше отражающая параметры системы. Эйнштейн предложил вместо ньютоновой модели сил, действующих на яблоко и Луну, собственную модель, основанную на новом параметре – кривизне пространства-времени. Яблоко в его модели движется не потому, что Земля действует на него силой притяжения, а потому, что Земля растягивает ткань пространства и времени, а яблоко просто движется вдоль поверхности этого искривленного пространства-времени. Исходя из этого, Эйнштейн моделировал будущее Вселенной. Сегодня ученые, имея в своем распоряжении мощные компьютеры, могут просчитывать эту

модель далеко в будущее и получать величественные картины столкновения черных дыр.

Попробуем включить эту базовую стратегию в новую теорию сознания.

Определение сознания

Я собрал существующие в области неврологии и биологии описания сознания и попытался сформулировать собственное определение. Получилось вот что:

«Сознание есть процесс создания модели мира с использованием множества обратных связей по различным параметрам (к примеру, по температуре, положению в пространстве, времени и отношению к окружающим) с целью достижения определенных целей (к примеру, поиска пары, пищи, убежища)».

Я называю это «пространственно-временно?й теорией сознания», поскольку в данном определении подчеркивается мысль о том, что животные создают модель мира в основном по отношению к пространству и сородичам, тогда как человек идет дальше и разворачивает свою модель мира во времени, причем как вперед, так и назад.

Так, минимальный, самый низкий уровень сознания – уровень 0 – возникает в том случае, когда организм неподвижен или обладает ограниченной подвижностью и создает модель места своего обитания с использованием обратных связей всего по нескольким параметрам (к примеру, по температуре). В качестве примера простейшего уровня сознания можно привести термостат, который автоматически, без посторонней помощи, включает кондиционер или обогреватель, помогающий поддерживать в комнате заданную температуру. Основная его черта – петля обратной связи, которая включает нужный прибор, если в комнате становится слишком жарко или слишком холодно. (Известно, что металлы при нагревании расширяются, так что термостат может что-то включать, если длина некой металлической полоски станет больше определенной величины.)

Каждая петля обратной связи регистрирует «одну единицу сознания». Упомянутый выше термостат имел бы одну единицу сознания нулевого уровня, или уровень 0:1.

Таким способом мы можем описать любое сознание, отталкиваясь от количества и сложности контуров обратной связи, используемых при построении модели мира. В этом случае сознание – уже не туманный набор неопределенных концепций, образующих замкнутый круг, а иерархическая система, которую можно оценить численно. К примеру, у бактерии или цветка намного больше обратных связей, поэтому они обладают более развитым сознанием уровня 0. Так, цветок с десятью обратными связями (реагирующий на температуру, влажность, солнечный свет, тяготение и т. д.) имел бы уровень сознания 0:10.

Подвижные организмы с центральной нервной системой обладают сознанием уровня I. Их сознание включает дополнительный набор параметров, позволяющий отслеживать текущее положение в пространстве. Пример сознания уровня I – пресмыкающиеся. У рептилий так много контуров обратной связи, что для управления им пришлось сформировать центральную нервную систему. Мозг пресмыкающегося содержит ориентировочно сотню или немного больше петель обратной связи (отвечающих за обоняние, равновесие, осязание, слух, зрение, кровяное давление и т. д., причем каждая из них тоже содержит внутренние обратные связи). К примеру, в зрительном восприятии задействовано достаточно много обратных связей – ведь глаз способен распознавать цвет, движение, форму, интенсивность света и тени. Точно так же и другие чувства рептилии, например слух или вкус, нуждаются в дополнительных обратных связях. В совокупности все эти обратные связи формируют ментальную картину мира и положение в нем самой рептилии, а также других животных (к примеру, добычи). Кстати, и у человека сознание уровня I управляется по большей части рептильным мозгом, расположенным в центральной и задней части головы.

Далее мы имеем сознание уровня II, где организм создает модель своего положения не только в пространстве, но и по отношению к сородичам (речь идет о социальных животных, обладающих эмоциями). Число обратных связей в сознании уровня II увеличивается экспоненциально, так что полезно ввести для этого типа сознания новую количественную (численную) классификацию. Поиск союзников, распознавание врагов, служение альфа-самцу и пр. – все это очень сложные поведенческие схемы, для реализации которых необходим весьма развитый мозг. Появление сознания уровня II совпадает с формированием новых

структур мозга в форме лимбической системы. Как уже отмечалось, в лимбическую систему входят гипоталамус (отвечающий за память), мозжечковая миндалина (отвечает за эмоции) и таламус (руководит сенсорной информацией), и везде обрабатываются новые параметры для моделирования отношений с сородичами. Таким образом, число и тип обратных связей изменяются.

Мы определяем развитость сознания уровня II как полное число отдельных обратных связей, необходимых животному для социального взаимодействия с членами своей группы. К несчастью, исследований сознания животных крайне мало, и далеко не все способы социальных коммуникаций в группе известны и учтены. Но для грубой оценки мы можем судить о развитости сознания уровня II, сосчитав число сородичей в группе или племени и добавив к этому полный список способов эмоционального взаимодействия между животными. В этом списке должно присутствовать и распознавание друзей и соперников, и формирование дружеских связей, и оказание взаимных услуг, взаимоподдержка, понимание собственного статуса и социального положения других особей, уважение к статусу особей высокого ранга, демонстрация силы нижестоящим, интриги с целью подняться по социальной лестнице и т. п. (Мы исключаем насекомых из перечня существ с сознанием уровня II, потому что, несмотря на сложную социальную организацию роя или семьи, эмоции у них, насколько мы можем судить, отсутствуют.)

Несмотря на недостаток эмпирических исследований поведения животных, мы можем очень грубо оценить численно сознание уровня II, перечислив эмоции и варианты социального поведения конкретных животных. К примеру, если стая волков состоит из десяти особей и каждый волк взаимодействует с каждым из остальных пятнадцатью различными способами, т. е. с пятнадцатью разными эмоциями и вариантами поведения, то уровень его сознания в первом приближении задается произведением того и другого и равен 150. Иными словами, уровень сознания волка II: 150. Это число учитывает и количество других животных, с которыми волку приходится иметь дело, и количество способов коммуникации, принятых у волков. Итоговое число – всего лишь приближенная оценка полного числа социальных взаимодействий, которые может продемонстрировать данное животное; оно, несомненно, будет меняться по мере того, как мы будем больше узнавать о поведении волков.

(Разумеется, эволюция не бывает четкой, ясной и однозначной, поэтому существуют отклонения, которые нам придется как-то объяснять; к таким загадкам можно отнести, к примеру, уровень сознания у социальных животных,

которые охотятся в одиночку[6 - Сознание уровня II можно определить по числу различных обратных связей при взаимодействии животного с другими животными того же вида. Нужно перемножить число животных в стае (за исключением исследуемого экземпляра) и число различных эмоций или жестов, которыми эти животные пользуются при взаимодействии друг с другом. Это, конечно, всего лишь грубая оценка.Так, дикие кошки – общественные животные, но охотятся в одиночку, поэтому на первый взгляд число животных в стае равно единице. Но это верно только во время охоты. Когда приходит время продолжения рода, кошки начинают сложный ритуал ухаживания, так что при определении уровня сознания это тоже надо учитывать.Более того, после рождения котят, которых нужно кормить и обихаживать, число социальных взаимодействий еще возрастает. Так что даже одинокий охотник не одинок, если разобраться, и число различных обратных связей у него может быть значительным.Точно так же, если, например, число волков в стае уменьшается, то, судя по всему, снижается и уровень сознания (или, по крайней мере, характеризующее его число). Чтобы учесть это, следует ввести понятие среднего числа уровня II для вида, а также индивидуального числа сознания уровня II для отдельного животного.Если стая уменьшится, то среднее число уровня II для всего вида не изменится, но изменятся соответствующие числа для отдельных, входящих в эту стаю животных (поскольку они отражают индивидуальную ментальную деятельность и сознание).В приложении к человеку среднее число уровня II должно учитывать число Данбара, равное 150 и представляющее примерное число людей в той социальной группе, в которой мы вращаемся. Так что число уровня II для человека как вида будет равняться числу различных эмоций и жестов, которые мы используем при общении, умноженному на 150. (У отдельных людей могут быть разные числа сознания уровня II, поскольку круг знакомых и способы общения могут меняться очень значительно.)Следует также отметить, что некоторые организмы уровня I (например, насекомые и пресмыкающиеся) могут демонстрировать социальное поведение. Муравьи обмениваются информацией при помощи запахов, а пчелы танцуют, объясняя другим пчелам, где находятся заросли цветов. У пресмыкающихся даже есть примитивная лимбическая система. Но они, как правило, не проявляют эмоций. – Прим. авт.].)

Сознание уровня III: моделирование будущего

Обозначив таким образом рамки сознания, мы видим, что человечество не уникально. Сознаний множество. Как заметил однажды Чарльз Дарвин, «разница между человеком и высшими животными, хотя и велика, заключается скорее в степени, нежели в характере». Но что отличает человеческое сознание от сознания животных? Человек единственный в царстве животных понимает концепцию «завтра». В отличие от животных, мы постоянно задаемся вопросом «А что, если…?», рассматривая при этом будущее на недели, месяцы и даже годы вперед. Я считаю, что сознание уровня III создает модель своего места в мире, а затем запускает моделирование в будущее, опираясь на более или менее грубые предположения. Коротко об этом можно сказать так:

«Человеческое сознание есть специфическая форма сознания, создающая модель мира и затем моделирующая его поведение во времени, оценивая прошлое и моделируя на его базе будущее. Это требует усреднения и оценки множества обратных связей с целью принятия решения и достижения цели».

Ко времени, когда мы достигаем сознания уровня III, в мозгу возникает так много обратных связей, что нам уже требуется генеральный директор, который просеивал бы информацию, необходимую для моделирования будущего, и принимал окончательное решение. Соответственно, наш мозг отличается от мозга других животных, особенно в плане сильно увеличенной префронтальной коры, которая позволяет нам «видеть» будущее.

Процитируем гарвардского психолога доктора Дэниела Гилберта: «Величайшее достижение человеческого мозга – его способность воображать объекты и эпизоды, не существующие в реальности, и именно эта способность позволяет ему думать о будущем. Как заметил один философ, человеческий мозг представляет собой “машину предвидения”, и “сотворение будущего” – самое важное из того, что он делает».

При помощи методов сканирования мозга мы можем предположить, где именно в мозгу происходит моделирование будущего. Невролог Майкл Газзанига отмечает, что «область 10 (внутренний зернистый слой IV) в боковой части префронтальной коры у человека почти вдвое крупнее, чем у человекообразных обезьян. Область 10 связана с памятью и планированием, когнитивной гибкостью, абстрактным мышлением, активизацией подходящих схем поведения и торможением неподходящих, усвоением правил и выбором нужной

информации из всей массы поступающих от органов чувств данных». (В этой книге мы будем называть эту область, где в основном сосредоточено принятие решений, дорсолатеральной, т. е. верхнебоковой, префронтальной корой, хотя на самом деле это понятие частично захватывает и другие области мозга.)

Хотя некоторые животные, судя по всему, хорошо определяют свое положение в пространстве и отчасти осознают себя в отношениях с сородичами, остается неясным, могут ли они планировать будущее и имеют ли какое-то представление о «завтра». Большинство животных – даже социальных животных с хорошо развитой лимбической системой – реагируют на ситуации (к примеру, на присутствие рядом хищников или потенциальных партнеров), полагаясь в основном на инстинкт, вместо того чтобы планировать свое будущее.

Так, млекопитающие не планируют зимнюю спячку и не готовятся к ней осознанно, но, когда температура начинает падать, просто следуют инстинкту. Их спячка регулируется соответствующей петлей обратной связи, а сознание ориентируется в основном на сообщения органов чувств. Нет никаких свидетельств, что они, готовясь к зиме, систематически перебирают различные схемы и варианты. Хищники, применяющие хитрость и маскировку для охоты, предвидят будущие события, но это планирование ограничивается только инстинктом и временем охоты. Приматы прекрасно интригуют и строят краткосрочные планы (к примеру, по поиску пищи), но нет никаких указаний на то, что они планируют больше чем на несколько часов вперед.

Человек – дело другое. Хотя во многих ситуациях мы полагаемся на инстинкт и эмоции, мы постоянно анализируем и оцениваем информацию, поступающую по множеству петель обратной связи. При этом моделируем будущие события, иногда даже на тысячи лет вперед. Смысл моделирования в том, чтобы оценить варианты и выбрать наилучшее решение для достижения цели. Все это происходит в префронтальной коре головного мозга, которая и позволяет нам моделировать будущее и оценивать свои возможности, чтобы проложить наилучший путь к цели.

Этот навык был выработан в ходе эволюции по нескольким причинам. Во-первых, способность заглянуть в будущее несет с собой громадные эволюционные преимущества, помогает избегать встречи с хищниками, находить пищу и пару. Во-вторых, она позволяет рассмотреть несколько вариантов будущего и выбрать наилучший из них.

В-третьих, число обратных связей с переходом от уровня I к уровням II и III растет экспоненциально (т. е. наблюдается практически взрывной рост), поэтому для оценки всех этих противоречивых конкурирующих посланий нам уже не обойтись без гендиректора. Одного инстинкта для оценки каждой из множества обратных связей недостаточно, нужен единый управляющий центр. Именно он отличает человеческое сознание от сознания животных. При оценке обратных связей мы моделируем их в будущее, изучаем результаты и выбираем лучший. Если бы не единый центр, мы столкнулись бы с сенсорной перегрузкой, а в мозгу воцарился хаос.

Все это можно продемонстрировать при помощи простого эксперимента. Дэвид Иглмен описывает, что произойдет, если взять самца рыбки колюшки и запустить на его территорию самку. Самец не понимает, что происходит: ему хочется и спариться с самкой, и защитить свою территорию. В результате он нападает на самку и одновременно начинает ритуал ухаживания. Самец впадает в неистовство: он пытается разом и поухаживать за самкой, и убить ее.

То же работает и с мышами. Поставим электрод перед кусочком сыра. Если мышь подойдет слишком близко к сыру, ее ударит током. Один контур обратной связи командует мыши съесть сыр, а другой рекомендует держаться подальше, чтобы избежать удара током. Отрегулировав положение электрода, можно добиться того, чтобы мышь металась из стороны в сторону, разрываясь между двумя противоречивыми командами, поступающими от различных обратных связей. Там, где у человека в мозгу включается гендиректор, способный в каждой ситуации оценить все за и против, мышь, управляемая двумя конфликтующими сигналами, мечется взад-вперед. (Получается как в притче о Буридановом осле, который умер от голода между двумя одинаковыми кормушками.)

Но как именно мозг моделирует будущее? На человеческий мозг постоянно обрушивается лавина сенсорной и эмоциональной информации. Но главное здесь – смоделировать будущее, установив причинно-следственные связи между событиями, т. е., если произойдет A, произойдет и B. А если произойдет B, то могут случиться C и D. Любое решение запускает целую цепочку событий, постепенно выстраивая дерево возможных вариантов будущего со множеством ветвей. Гендиректор в префронтальной коре оценивает результат каждого варианта и выбирает лучший, чтобы принять окончательное решение.

Предположим, вы хотите ограбить банк. Сколько реалистичных вариантов события вы сможете придумать? Для этого придется перебрать всевозможные причинно-следственные цепочки с участием полиции, уличных зевак, систем сигнализации, просчитать отношения с подельниками, дорожные условия, вмешательство прокуратуры и т. п. Чтобы успешно смоделировать ограбление, вам придется оценить, возможно, несколько сотен причинно-следственных связей.

Этот уровень сознания тоже можно оценить численно. Скажем, человеку показывают серию различных ситуаций вроде вышеописанной и просят смоделировать будущее каждой из них. Суммарное число причинно-следственных связей, которые он сумеет установить во всех представленных ситуациях, можно подсчитать и занести в таблицу. (Единственная проблема – то, что для некоторых ситуаций человек может придумать неограниченное число причинно-следственных связей. Чтобы обойти эту сложность, разделим это число на среднее число связей, полученных от большой контрольной группы, и, как при подсчете результатов теста на интеллект, умножим на 100. Таким образом получим, что данный человек обладает сознанием уровня III: 100; это будет означать, что он способен моделировать будущие события в точности как средний представитель человечества.)

Обобщим рассмотренные уровни сознания:

Пространственно-временная теория сознания. Мы определяем сознание как процесс создания модели мира с использованием множественных обратных связей по различным параметрам (к примеру, по положению в пространстве, времени, отношениям с сородичами) ради достижения цели. Человеческое сознание – особый тип, предусматривающий посредничество между обратными связями при помощи оценки прошлого и моделирования будущего.

(Обратите внимание на то, что перечисленные категории совпадают с примерными этапами эволюции в природе: к примеру, с рептилиями, млекопитающими и людьми. Но есть и серые зоны – животные, обладающие, возможно, отдельными признаками разных уровней сознания; животные, у

которых наблюдается некоторое рудиментарное планирование; или даже одноклеточные организмы, способные общаться друг с другом. Эта таблица призвана всего лишь дать более широкую картину того, как организовано сознание в животном мире.)

Что такое юмор? Зачем нам эмоции?

Каждая уважающая себя теория должна быть фальсифицируемой. В случае пространственно-временной теории сознания сложность заключается в том, чтобы объяснить с этой позиции все аспекты человеческого сознания. Критик мог бы сказать, что чувство юмора слишком умозрительно и эфемерно и не поддается подобному объяснению. Мы тратим много времени на веселье с друзьями, смеемся над комедиями, и юмор, кажется, не имеет никакого отношения к моделированию будущего. Но подумайте вот о чем. Чаще всего смысл шутки или, к примеру, анекдота полностью зависит от последней фразы.

Слыша шутку, мы невольно моделируем описанную в ней ситуацию в будущее и мысленно завершаем историю (даже если сами этого не сознаем). Мы достаточно много знаем о физическом и социальном мире, чтобы предсказать концовку, и потому радостно смеемся, когда последняя фраза меняет ситуацию и предлагает совершенно неожиданное завершение. Нам смешно, когда наша модель будущего внезапно рушится и оборачивается чем-то иным. (Это сыграло важную роль в эволюции, поскольку успех отчасти зависит от нашей способности правильно моделировать будущие события. Жизнь в джунглях полна неожиданностей, поэтому всякий, кто может предвидеть нестандартный оборот событий, имеет бо?льшие шансы на выживание. Таким образом, развитое чувство юмора может служить еще одним указанием на то, что мы умны и обладаем сознанием уровня III, т. е. способны моделировать будущее.)

Представим, к примеру, ситуацию, когда человек на вопрос «Как жизнь?» отвечает: «Бьет ключом. И все по голове». Смысл шутки заключается в том, что слушатель мысленно моделирует ситуацию, определяемую фразой «бьет ключом» (т. е. представляет радостное оживление), а отвечающий имеет в виду другую ситуацию, где ключ (вполне материальный, видимо) выступает скорее как ударный инструмент. (Конечно, если разложить все «по полочкам», любая шутка потеряет свой шарм, поскольку мы успеем смоделировать не один, а

несколько вариантов.)

Этим, кстати, объясняется правило, известное любому юмористу: ключ к юмору – точный расчет времени. Если ударную реплику произнести слишком рано, то мозг не успеет смоделировать будущее и ощущения неожиданности не возникнет. Если произнести ее слишком поздно, то мозг успеет просчитать несколько вариантов и эффект неожиданности снова пропадет.

(Разумеется, у юмора есть и другие функции, такие как чувство единения с сородичами. Мало того, при помощи чувства юмора мы проводим своего рода оценку характера окружающих, что, в свою очередь, важно для определения нашего статуса в обществе. Так что смех, помимо всего, помогает определить положение человека в обществе ему подобных, т. е. здесь действует сознание уровня II.)

Почему мы сплетничаем и балуемся?

С этой позиции необходимо объяснить все, даже такие тривиальные на первый взгляд занятия, как сплетни или валяние дурака с приятелями. (Если бы какой-нибудь марсианин, оказавшись случайно на Земле, взял бы на себя труд познакомиться с громадным разнообразием желтой прессы, он, вероятно, пришел бы к выводу, что основное занятие землян – сплетни. И это наблюдение, кстати говоря, было бы не слишком далеко от истины.)

Сплетни необходимы для выживания, поскольку сложная структура социальных взаимоотношений постоянно меняется и нам приходится следить за событиями, чтобы быть в курсе дел и не оторваться от жизни. Социальный ландшафт слишком изменчив, и работает здесь сознание уровня II. Но стоит услышать какую-нибудь занятную сплетню, как мы начинаем строить модели и пытаемся определить, как данное событие повлияет на наше положение в сообществе, т. е. инициативу перехватывает сознание уровня III. Более того, в древности сплетни и слухи были единственным способом получения жизненно важной информации о своем племени. Нередко сама жизнь зависела от того, знает ли человек последние слухи.

Такое поверхностное занятие, как игра, тоже является важной чертой сознания. Если спросить у детей, почему им нравится играть, они, скорее всего, ответят: «Потому что это интересно». Но возникает следующий вопрос: что значит интересно? На самом деле дети, играя, часто пытаются воспроизводить в упрощенной форме человеческие отношения. Человеческое общество чрезвычайно сложно устроено и слишком запутано для формирующегося детского ума, поэтому дети пользуются упрощенными моделями взрослого общества и играют во врачей, в школу, в полицейских и воров. Всякая игра – модель, позволяющая детям экспериментировать с крохотным сегментом взрослого общества и поведения; в игре они учатся моделировать будущее. (Так же и взрослые, садясь играть, к примеру, в покер, создают в мозгу модель распределения карт по игрокам и пытаются продолжить эту модель в будущее, добавляя в нее свои знания о личности человека, в частности о его способности или неумении блефовать. Игра в шахматы или карты, как и другие азартные игры, требует способности моделировать будущее. Животные, живущие почти исключительно в настоящем, играют значительно хуже людей, особенно если в игре требуется какое-либо планирование. Детеныши млекопитающих любят играть, но делают это больше для физического развития или пробы сил; они тренируются перед будущими схватками и заранее выясняют, кому принадлежит первенство, а не моделируют будущее.)

Моя пространственно-временная теория сознания могла бы пролить свет еще на одну весьма противоречивую тему: тему разума. Говорят, что IQ-тесты позволяют измерить интеллект, но, если разобраться, ни один IQ-тест не говорит о том, что такое интеллект. Циник мог бы сказать (и был бы отчасти прав), что коэффициент интеллекта – это мера того, «насколько хорошо ты справился с IQ-тестом». Возникает замкнутый круг. Кроме того, тесты на интеллект много критиковали за то, что они слишком плотно вписаны в культурный контекст. Однако в нашей новой парадигме интеллект следует определять по сложности и полноте доступного индивиду моделирования будущего. Поэтому опытный преступник, не закончивший школу, может в определенных вещах дать фору полиции. Чтобы перехитрить полицию, ему достаточно в каких-то обстоятельствах уметь точнее моделировать будущее.

Уровень I: поток сознания

Человек – вероятно, единственный из обитателей нашей планеты, кто способен действовать на всех уровнях сознания. Аппараты МРТ помогут разобраться, какие структуры мозга задействованы на каждом уровне.

Для нас поток сознания уровня I представляет собой в основном обмен сигналами между префронтальной корой и таламусом. Прогуливаясь не спеша в парке, мы обращаем внимание на аромат растений, ощущение легкого ветерка на коже, блеск солнца на воде и т. п. Наши органы чувств посылают сигналы в спинной мозг, в мозговой ствол и далее в таламус, который исполняет роль коммутатора и ретранслятора, сортируя раздражители и рассылая их различным отделам коры. Визуальные образы парка, к примеру, направляются в затылочную область коры головного мозга, а тактильные ощущения от ветерка – в теменную долю. После обработки в соответствующих отделах коры сигналы направляются в префронтальную кору, где мы, наконец, осознаем все эти ощущения.

Рисунок 7 иллюстрирует сказанное.

Уровень II: определяем свое место в обществе

Если сознание на уровне I строит модель нашего положения в пространстве на основе физических ощущений, то сознание уровня II создает модель нашего места в обществе.

Представим, что мы направляемся на важную вечеринку, где будут люди, с которым нам необходимо поддерживать хорошие отношения. Пока мы осматриваемся, пытаясь отыскать коллег, между гиппокампом (где обрабатывается память), мозжечковой миндалиной (где обрабатываются эмоции) и префронтальной корой (которая собирает информацию воедино) происходит интенсивный обмен информацией.

К каждому зрительному образу мозг автоматически прикрепляет какую-нибудь эмоцию – радость, страх, гнев или ревность – и обрабатывает эту эмоцию в мозжечковой миндалине.

Если вы увидите в толпе своего врага, от которого ожидаете ножа в спину, то новая эмоция – страх – будет обработана в мозжечковой миндалине, которая пошлет срочное сообщение в префронтальную кору, предупреждая о возможной опасности. Одновременно с этим эндокринной системе будет направлена команда начать подачу в кровь адреналина и других гормонов, повышая таким образом частоту сердечных сокращений и подготавливая вас к возможной реакции типа «дерись или беги».

Рисунок 8 иллюстрирует сказанное.

Но помимо умения узнавать других людей мозг обладает загадочной способностью угадывать, о чем эти люди думают. Эту способность реконструировать мысли сородичей доктор Дэвид Примак из Пенсильванского университета предложил назвать теорией разума[7 - В нашей литературе принят термин «модель психического состояния человека». – Прим. ред.], хотя правильнее, вероятно, говорить об этом явлении как о понимании чужого сознания. В любом сложном сообществе всякий, кто обладает способностью верно угадывать намерения, мотивы и планы других его членов, имеет громадное преимущество в плане выживания перед теми, кто такой способности не имеет. Понимание чужого сознания позволяет человеку формировать союзы с другими людьми, изолировать врагов и скреплять дружбу, что сильно повышает его возможности и шансы на жизнь и продолжение рода. Некоторые антропологи даже считают, что овладение способностью понимать чужое сознание стало одним из важнейших этапов эволюции мозга.

Но как реализуется понимание чужого сознания? Первое указание на механизм этого явления появилось в 1996 г., когда три доктора – Джакомо Риззолатти, Леонардо Фогасси и Витторио Галлезе – открыли так называемые зеркальные нейроны. Эти нейроны срабатывают не только тогда, когда вы выполняете определенное действие, но и когда это же действие выполняет кто-то другой. (Зеркальные нейроны реагируют как на физические действия, так и на эмоции. Они срабатывают, например, если вы испытываете какое-то чувство и считаете, что другой человек тоже испытывает это чувство.)

Зеркальные нейроны необходимы для мимикрии, а также для эмпатии, поскольку дают возможность не только копировать сложные действия другого человека, но и испытывать эмоции, которые, судя по всему, в данный момент испытывает этот человек. Зеркальные нейроны, вероятно, сыграли принципиально важную роль в эволюции человека, поскольку для сплочения племени необходимо сотрудничество.

Впервые зеркальные нейроны были обнаружены в премоторной зоне коры головного мозга обезьян. Но с тех пор они найдены и во многих других местах, в частности в префронтальной коре мозга человека. Доктор Рамачандран высказывает уверенность, что без зеркальных нейронов человек не обрел бы самосознания, и делает вывод: «Я предсказываю, что зеркальные нейроны сделают для психологии то же, что ДНК сделала для биологии: обеспечат общие рамки и помогут объяснить самые разные ментальные способности, которые прежде оставались загадкой и не поддавались экспериментальной проверке». (Следует указать, однако, что любые научные результаты следует проверять и перепроверять. Нет сомнений, что некоторые нейроны выполняют зеркальную функцию, без которой невозможны ни эмпатия, ни мимикрия, ни другие подобные явления, но пока не существует единого мнения о том, что представляют собой эти нейроны. К примеру, некоторые критики утверждают, что такое поведение может быть характерно для многих нейронов и что не существует единого класса нейронов, занятых подобными вещами.)

Уровень III: моделируя будущее

Высший уровень сознания, характерный в первую очередь для представителей вида Homo sapiens, – это уровень III, на котором мы формируем собственную модель окружающего мира и продолжаем ее в будущее. С этой целью анализируем свои воспоминания и моделируем будущее, сводя множество причинно-следственных связей в одно «причинно-следственное» дерево. Глядя на лица людей на пресловутой вечеринке, мы начинаем задавать себе простые вопросы: как может этот человек помочь мне? Чем могут повредить мне летающие по залу слухи? Не открыл ли кто-нибудь на меня «охоту»?

Представьте, что вы только что потеряли работу и отчаянно ищете новую. В этом случае, пока вы беседуете на вечеринке с гостями, ваш разум лихорадочно моделирует будущее с каждым из них. Подспудно вы рассчитываете: как произвести на этого человека хорошее впечатление? Какие темы следует затронуть, чтобы проявить себя с лучшей стороны? Может ли он предложить мне работу?

Недавние исследования при помощи аппаратов сканирования мозга отчасти прояснили, как именно мозг моделирует будущее. Моделирование происходит преимущественно в дорсолатеральной зоне префронтальной коры с использованием знания о прошлом. С одной стороны, моделирование будущего может привести к желательным и приятным результатам, и тогда в мозгу возбуждаются центры удовольствия (в прилежащем ядре и гипоталамусе). С другой стороны, результаты могут оказаться небезупречными, и тогда в игру вступает орбитофронтальная зона коры, которая спешит предупредить нас о возможных опасностях. Таким образом, по поводу будущего, которое может принести как успех, так и неудачу, идет борьба между различными частями мозга. Роль посредника между ними берет на себя дорсолатеральная зона префронтальной коры, и там же принимается окончательное решение (рис. 9). (Некоторые неврологи указывают на то, что эта борьба немного напоминает процессы, идущие, по Фрейду, между эго, ид и супер-эго.)

Загадка самосознания

Если пространственно-временная теория сознания верна, то она, помимо прочего, дает нам строгое определение самосознания. Вместо неопределенных отсылок, образующих замкнутый круг, мы можем дать определение, которое будет проверяемым и полезным:

Самосознание – создание модели окружающего мира и моделирование будущего, в котором присутствуете и вы сами.

Из этого следует, что у животных тоже есть некоторое самосознание, поскольку любое животное, чтобы выжить и продолжить род, должно представлять, где находится, но самосознание животных в значительной мере ограничено инстинктом.

Большинство животных, оказавшись перед зеркалом, либо не обращает на него внимания, либо пытается напасть, не понимая, что это всего лишь отражение их самих. (Такое испытание называется «зеркальным тестом» и восходит еще к Дарвину.) Однако такие животные, как слоны, высшие приматы, дельфины-афалины, касатки, и даже обыкновенные сороки способны понять, что изображение в зеркале – это они сами.

Человек по отношению к животным сделал гигантский шаг вперед и непрерывно моделирует в голове будущее, главным действующим лицом в котором является он сам. Мы постоянно представляем себя в различных ситуациях – на свидании, на собеседовании, на другой работе, – ни одна из которых не регулируется инстинктом. Чрезвычайно сложно заставить мозг прекратить моделирование будущего, хотя для этого придумано немало хитрых методов (к примеру, медитация).

Такое «витание в облаках» представляет в основном мысленное проигрывание различных вариантов будущего, которые могут возникнуть при движении к цели. Все мы гордимся тем, что хорошо знаем собственные сильные и слабые стороны, поэтому нам не трудно поместить себя внутрь модели и нажать кнопку «play»; мы, как актеры виртуальной пьесы, раз за разом репетируем различные варианты сценария.

Где искать «Я»?

Существует, вероятно, особая часть мозга, задача которой – объединять сигналы от двух полушарий и формировать единое, цельное ощущение самости. Психолог Тодд Хизертон из Дартмутского колледжа считает, что эта область располагается в префронтальной коре – в средней, или медиальной, ее части. По мнению биолога Карла Циммера, «медиальная префронтальная кора, возможно, играет для самости ту же роль, что гиппокамп для памяти… может быть, именно

она непрерывно поддерживает в нас ощущение того, кто мы есть». Иными словами, она может служить ключом к концепции «Я», той центральной зоне мозга, которая сплавляет воедино, объединяет и фабрикует единую историю о том, кто мы такие. (Это не означает, правда, что медиальная префронтальная кора – это пресловутый гомункулус, который сидит в мозгу и всем управляет.)

Если эта теория верна, то получается, что отдыхающий мозг, бесцельно витающий в облаках и размышляющий лениво о наших друзьях и о нас самих, должен быть более активным, чем мозг в нормальном состоянии, даже если остальные сенсорные области мозга спокойны. Надо сказать, что исследования это подтверждают. Доктор Хизертон делает вывод: «Большую часть времени мы витаем в облаках – думаем о том, что с нами произошло, или о других людях. И все это не обходится без саморефлексии».

Пространственно-временная теория утверждает, что сознание сшивается «на живую нитку» из многих отделов мозга, каждый из которых конкурирует с остальными за создание модели окружающего мира; при этом, однако, мы ощущаем сознание как нечто цельное и непрерывное. Как такое может быть, если каждый из нас чувствует, что его «Я» никогда не прерывается и всегда контролирует ситуацию?

В предыдущей главе мы говорили о трудностях, с которыми сталкивается пациент после расщепления мозга; напомню: иногда ему приходится сражаться с собственной рукой, которая внезапно становится чужой и в буквальном смысле обзаводится собственным разумом. Судя по всему, внутри одного мозга действительно скрывается два центра сознания. Как же из всего этого возникает знакомое каждому из нас чувство единого цельного «Я»?

Я задал такой вопрос человеку, знающему об этом больше других, – доктору Майклу Газзаниге, посвятившему изучению поведения пациентов с расщепленным мозгом не одно десятилетие. Он заметил, что левое полушарие мозга таких пациентов, столкнувшись с тем, что в одном черепе внезапно появляется два независимых центра сознания, начинает просто придумывать непонятным фактам объяснения. Он рассказал, как мозг, заметив очевидный парадокс, начинает фантазировать и выдумывает ответ, который объясняет неудобные факты. Доктор Газзанига считает, что это дает нам ложное чувство единства и цельности. Он называет левое полушарие «интерпретатором», который постоянно что-то придумывает, чтобы замаскировать несообразности и пробелы в нашем сознании.

К примеру, в одном из экспериментов он показал на мгновение слово «красный» одной только левой половине мозга пациента, а слово «банан» – только правой его половине. (Обратите внимание: доминантное левое полушарие ничего не знает о банане.) Затем испытуемого попросили взять ручку левой рукой (которой управляет правая половина мозга) и что-нибудь нарисовать. Естественно, он нарисовал банан. Напомним, что правая половина мозга была в состоянии это сделать, потому что видела слово «банан», но левое полушарие ничего не знало о том, что показали правому.

Затем испытуемого спросили, почему он нарисовал банан. Поскольку речью владеет только левое полушарие, которое ничего не знало о банане, пациенту следовало бы ответить: «Не знаю». Вместо этого он сказал: «Его проще всего нарисовать этой рукой, потому что эта рука легче рисует длинные линии». Доктор Газзанига отметил, что мозг пытался найти какое-то оправдание неудобному и непонятному факту, хотя на самом деле его хозяин понятия не имел, почему правая рука нарисовала банан.

Газзанига делает вывод: «Левое полушарие отвечает за стремление человека отыскать порядок в хаосе, сложить все факты в связную непротиворечивую историю, а историю вставить в контекст. Похоже, левое полушарие пытается строить гипотезы о структуре мира даже тогда, когда все свидетельствует о том, что никакой структуры у него нет».

Вот откуда берет начало наше чувство единого «Я»! Несмотря на то что сознание представляет собой лоскутное одеяло из конкурирующих между собой и часто противоречивых тенденций, левая половина мозга не обращает внимания на нестыковки и маскирует очевидные прорехи, чтобы обеспечить нам чувство собственного цельного «Я». Иными словами, левое полушарие постоянно выдумывает оправдания, иногда глупые и абсурдные, чтобы разобраться в окружающем мире. Оно постоянно задается вопросом «Почему?» и тут же придумывает ответы, даже если их в принципе не существует.

(Вероятно, существует эволюционная причина, по которой у человека развился мозг из двух полушарий. Опытный гендиректор часто рекомендует своим помощникам принимать разные стороны в споре, чтобы стимулировать вдумчивые и подробные дебаты. Зачастую истина рождается в активном противоборстве неверных идей. Точно так же и две половины мозга дополняют одна другую, предлагая пессимистический/оптимистический или

аналитический/холистический взгляд на одни и те же проблемы. Две половины мозга играют в одной команде. В самом деле, нарушение взаимодействия между этими половинами может, как мы увидим, вызывать некоторые формы психических расстройств.)

Теперь, когда у нас есть рабочая теория сознания, пришло время воспользоваться ею и попытаться понять, как будет развиваться в будущем нейробиология. В настоящее время проводится немало масштабных и очень интересных экспериментов, которые вполне могут кардинально изменить научный ландшафт в этой области. Ученые получили возможность зондировать при помощи электромагнитных сил человеческие мысли, посылать телепатические сообщения, телекинетически управлять окружающими объектами, записывать воспоминания и, может быть, даже улучшать умственные способности.

Возможно, самым близким и реальным практическим приложением этой новой технологии станет то, что прежде считалось абсолютно невозможным: телепатия.

Книга II

Сознание превыше материи

Мозг – машина, нравится вам это или нет. Ученые пришли к такому выводу не потому, что все они механистические зануды, а потому, что у них набралось достаточно свидетельств, что любой аспект сознания можно напрямую связать с мозгом.

Стивен Пинкер

3. Телепатия. Скажи мне, что ты думаешь

По мнению некоторых историков, Гарри Гудини был величайшим в истории человечества магом. Его захватывающие дух побеги из запертых и опечатанных комнат, его головоломные трюки заставляли зрителей в изумлении раскрывать рты. Он мог заставить человека исчезнуть, а затем вновь появиться в самом неожиданном месте. А еще он умел читать чужие мысли.

По крайней мере так это выглядело со стороны.

Сам Гудини никогда не забывал объяснить, что все, что он делает, – лишь иллюзия, ловкость рук и серия искусных трюков. Настоящее чтение мыслей, говорил он зрителям, невозможно. Он не терпел мошенничества и считал, что с беспринципными «магами», стремящимися втереться в доверие к богатому покровителю и качать из него деньги, устраивая дешевые фокусы и спиритические сеансы, необходимо бороться. Сам он ездил по стране и разоблачал подобных шарлатанов; он заранее объявил, что может повторить любой их трюк с чтением мыслей. Он даже вошел в комитет, организованный журналом Scientific American и обещавший щедрое вознаграждение всякому, кто сможет доказать, что обладает реальной психической силой. (Этот приз так никому и не достался.)

Гудини был уверен, что телепатия невозможна. Но сегодня наука доказывает обратное.

Телепатия в наши дни стала объектом интенсивных исследований университетов всего мира, и ученым уже удалось при помощи новейших датчиков прочесть в мозгу человека отдельные слова, образы и мысли. В будущем это может помочь нам находить общий язык с людьми, которые после инсульта или несчастного случая могут общаться с окружающими только посредством движения глаз. Но это всего лишь начало. Телепатия может кардинально изменить способы общения человека с компьютером и окружающим миром.

В самом деле, в недавнем прогнозе «5 за 5», где традиционно называются пять революционных открытий, ожидаемые в ближайшие пять лет, специалисты IBM заявили, что мы сможем мысленно общаться с компьютерами, и такое общение, возможно, заменит и мышку, и голосовые команды. Это означает, что при помощи силы мысли можно будет звонить по телефону, оплачивать счета, водить машину, назначать встречи, создавать прекрасные симфонии, рисовать картины и т. п. Открываются поистине безграничные возможности, и все вокруг

– от компьютерных гигантов, работников образования, компаний, выпускающих видеоигры, и музыкальных студий до Пентагона – собираются ими воспользоваться.

Истинная телепатия, так часто встречающаяся в научной и ненаучной фантастике, невозможна без внешней помощи. Но мы-то знаем, что работа мозга – это электрические сигналы. Известно, опять же, что движение электрона порождает электромагнитное излучение. То же можно сказать и об электронах, которые колеблются внутри мозга: они тоже излучают. Но эти сигналы слишком слабы, чтобы их могли улавливать другие люди; даже если бы нам это удалось, мы вряд ли смогли бы их понять. Эволюция не дала нам способности разобраться в какофонии случайных радиосигналов, но компьютеры-то на это вполне способны. Ученые уже умеют приблизительно расшифровывать мысли человека при помощи ЭЭГ. Во время эксперимента испытуемый должен был надеть на голову шлем с датчиками и сосредоточиться на определенной картинке – скажем, на изображении автомобиля. Затем электромагнитные сигналы мозга, связанные с различными образами, записывали и подвергали обработке; через некоторое время удалось собрать рудиментарный словарик мыслей, где каждому сигналу ЭЭГ соответствует определенный образ. Теперь, когда кому-нибудь показывают картинку с изображением совершенно другой машины, компьютер способен распознать сигнал ЭЭГ, относящийся к автомобилю.

Преимуществами ЭЭГ являются простота использования и быстрота операции. Достаточно надеть на голову шлем с множеством электродов, и аппарат сможет регистрировать сигналы, которые меняются каждую миллисекунду. Но мы уже видели, что у метода ЭЭГ есть серьезная проблема: электромагнитные волны искажаются при прохождении сквозь череп, поэтому очень трудно точно определить их источник. При помощи этого метода можно понять, думаете ли вы об автомобиле или о здании, но образ автомобиля восстановить невозможно. Но именно в этом помогает работа доктора Джека Галланта.

Видеозаписи разума

Центром значительной части этих исследований является Калифорнийский университет в Беркли, где я много лет назад получил степень доктора в области

теоретической физики. Мне повезло побывать в лаборатории доктора Галланта, группа которого добилась, казалось бы, невозможного: им удалось записать мысли людей на видео. «Это серьезный шаг к полному распознаванию внутренних образов. Мы открываем окно в кинозал нашего рассудка», – говорит Галлант.

Когда я попал в лабораторию, мне сразу же бросилась в глаза команда энтузиастов – аспирантов и молодых ученых. Они не отрывались от компьютерных экранов и внимательно вглядывались в видеоизображения, восстановленные по результатам сканирования чьего-то мозга. Вообще, разговаривая с сотрудниками Галланта, ощущаешь себя свидетелем научной истории.

Галлант объяснил, что сначала испытуемого на каталке медленно ввозят в громадный современный МРТ-аппарат, стоимость которого превышает $3 млн. Затем ему показывают несколько видеоклипов (таких, как трейлеры к фильмам, которые несложно найти на YouTube). Чтобы собрать достаточно данных, испытуемому приходится часами сидеть неподвижно и смотреть эти клипы – довольно непростая задача. Я спросил у одного из исследователей, доктора Синдзи Нисимото, как им удалось найти добровольцев, готовых лежать неподвижно по несколько часов и смотреть видеоклипы. Он сказал, что сами участники группы вызвались быть подопытными свинками в собственных исследованиях.

Пока испытуемый смотрит кино, аппарат МРТ создает трехмерное изображение тока крови у него в мозгу. Оно представляет собой набор из 30 000 точек, или вокселов. Каждый воксел представляет энергию в конкретной точке, а его цвет соответствует интенсивности сигнала и, соответственно, кровотока. Красные точки отражают высокую нервную активность, белые – меньшую. (Окончательное изображение очень похоже на гирлянду из тысяч новогодних огоньков в форме мозга. Очевидно, что во время просмотра видеозаписей большая часть ментальной энергии мозга сосредоточена в зрительной зоне коры, расположенной в задней части мозга.)

МРТ-аппарат Галланта настолько мощный, что способен различать две-три сотни отдельных участков мозга; в среднем на снимках на каждый участок приходится по сто точек. (Одна из целей дальнейшего усовершенствования технологии МРТ состоит в достижении еще более высокого разрешения и увеличении числа точек, приходящихся на каждый участок мозга.)

Поначалу трехмерная коллекция цветных точек выглядит полной бессмыслицей, но несколько лет исследований позволили доктору Галланту и его коллегам разработать математическую формулу, которая ищет связи между определенными характеристиками изображения (линиями, текстурами, яркостью и т. п.) и вокселами МРТ-изображения. К примеру, если рассматривать границу, разделяющую более светлые и более темные области, то становится ясно, что грань образует определенную закономерность в расположении вокселов. Заставляя каждого испытуемого просматривать последовательно всю огромную коллекцию видеоклипов, исследователи совершенствовали и перестраивали математическую формулу; компьютер сам анализировал, как те или иные изображения превращаются в МРТ-вокселы. Со временем ученые смогли установить непосредственную корреляцию между определенными паттернами МРТ-вокселов и особенностями просматриваемого изображения.

В конце испытуемым показывают еще один видеоклип. Компьютер анализирует вокселы, полученные при его просмотре, и воссоздает в грубом приближении первоначальное изображение. (Компьютер выбирает изображения из сотни видеороликов, наиболее близких к только что просмотренному, а затем смешивает изображения, чтобы получить максимальное сходство.) Таким образом компьютер получает возможность сконструировать нечеткое видео тех визуальных образов, которые проходят чередой перед мысленным взором. Математическая формула доктора Галланта настолько универсальна, что можно взять набор МРТ-вокселов и превратить его в картинку, а можно сделать и наоборот – взять картинку и пересчитать ее в МРТ-вокселы.

У меня была возможность посмотреть видеозапись, созданную группой доктора Галланта, и она произвела на меня очень сильное впечатление. Лица, животные, уличные сценки – словно ролик смотришь сквозь темные очки. Разглядеть подробности на лицах или фасадах зданий невозможно, но характер объекта угадывается легко.

Но эта программа способна расшифровать не только то, что вы реально видите, но и то, что вы зрительно себе представляете. Например, вас попросили представить «Мону Лизу». Из МРТ-сканов мы знаем, что, хотя перед глазами в этот момент нет картины, зрительная кора вашего мозга включается. Пока вы думаете о «Моне Лизе», программа доктора Галланта сканирует ваш мозг и проводит поиск по своей базе данных, пытаясь отыскать наиболее близкое соответствие. В одном из экспериментов, свидетелем которых я был, компьютер в качестве ближайшего соответствия «Моне Лизе» выбрал фотографию актрисы

Сальмы Хайек. Разумеется, средний человек легко распознает сотни различных лиц, но сам факт того, что компьютер проанализировал образ в голове человека и выбрал фотографию из миллионов случайных изображений, имеющихся в его распоряжении, впечатляет.

Цель этой работы – создать точный словарь, который позволил бы быстро находить соответствие между объектами окружающего мира и МРТ-паттерном, считанным с человеческого мозга. Очевидно, что установить подробное и точное соответствие чрезвычайно трудно и на эту работу, скорее всего, уйдет не один год. Однако некоторые категории изображений распознаются достаточно легко, для этого достаточно просто провести поиск по готовой базе изображений. К примеру, когда доктор Станислас Деэн из парижского Коллеж де Франс работал с МРТ-сканами теменной доли головного мозга, где происходит распознавание чисел, один из его помощников небрежно заметил, что может определить по виду МРТ-снимка, на какое число смотрит испытуемый. И правда, оказалось, что определенные числа порождают на МРТ-снимках вполне распознаваемые паттерны. Доктор Деэн отмечает: «Если взять 200 вокселов, относящихся к этой области, и посмотреть, какие из них активны, а какие нет, то можно построить самообучающееся устройство, способное читать числа, которые в данный момент удерживаются в памяти».

Остается открытым вопрос о том, когда мы сможем получить качественную видеозапись наших мыслей (и сможем ли вообще). Увы, при визуализации образа часть информации теряется, и исследования мозга это подтверждают. Если сравнить МРТ-снимок мозга, сделанный, когда человек смотрит на цветок, с МРТ-снимком, сделанным, когда он всего лишь думает о цветке, разница будет очевидна: на втором снимке информативных точек будет меньше, чем на первом. Так что эта технология, хотя и улучшится кардинально в ближайшие годы, никогда не достигнет совершенства. (Я когда-то читал рассказ, в котором дух предлагает человеку выполнить три его желания – создать все, что этот человек сможет вообразить. Герой рассказа просит шикарный автомобиль, самолет и миллион долларов. Какое-то время после этого он счастлив. Но стоит ему взглянуть на волшебные вещи поближе, как выясняется, что в машине и в самолете нет двигателей, а изображение на долларовых бумажках нечетко и размыто. Все ненастоящее, ведь наши воспоминания о вещах лишь приблизительно отражают реальность.)

Однако, учитывая скорость, с которой ученые начали расшифровку МРТ-снимков мозга, можно задаться вопросом: а не получим ли мы в самое ближайшее время

реальную возможность считывать слова и мысли непосредственно из головы человека?

Чтение мыслей

Надо сказать, что в соседнем с лабораторией Галланта здании другой доктор – Брайан Парсли – с коллегами буквально читает человеческие мысли, по крайней мере в принципе. Одна из его помощниц, доктор Сара Щепански, объяснила мне, каким образом им удается распознать слова в сознании человека.

Исследователи воспользовались технологией электрокортикографии (ЭКоГ), которая позволяет получить на порядок более чистый и сильный сигнал, чем традиционная ЭКГ. ЭКоГ выдает беспрецедентные по точности и разрешению данные, поскольку сигналы считываются непосредственно с поверхности мозга и не проходят сквозь череп. Неприятная особенность этого метода заключается в том, что для его применения необходимо удалить часть черепа и поместить тонкую сетку с 64 электродами в узлах решетки 8?8 мм непосредственно на обнаженный мозг.

К счастью, им удалось получить разрешение на эксперименты с ЭКоГ-сканированием больных эпилепсией, страдавших изнурительными припадками. Сетка помещалась на мозг пациента во время операции на открытом мозге, проводившейся врачами Калифорнийского университета в Сан-Франциско.

Пациент слышит слова, и сигналы из его мозга регистрируются электродами, поступают в прибор и записываются. Со временем формируется словарь, где каждому слову ставится в соответствие сигнал, полученный с электродов. Позже, когда это слово произносится еще раз, на аппарате появляется уже знакомый электрический сигнал. Это означает, что, если человек произнесет слово мысленно, компьютер подхватит характерный сигнал и сможет распознать его.

Такая технология позволяет вести разговор полностью телепатически. Кроме того, не исключено, что полностью парализованные жертвы инсульта смогут «говорить» при помощи синтезатора речи, который будет распознавать электрические паттерны отдельных слов.

Неудивительно, что ММИ (мозго-машинный интерфейс) превратился в одну из самых «горячих» областей исследования, и научные группы по всей Америке объявляют о крупных открытиях. Аналогичные результаты были получены учеными Университета Юты в 2011 г. Они поместили сетку с 16 электродами на участок коры мозга, отвечающий за движение лицевых мышц (он управляет движениями рта, губ, языка и лица), и область Вернике, которая обрабатывает информацию, связанную с речью.

Затем человека просили произнести десять самых обычных слов, таких как «да» и «нет», «горячо» и «холодно», «есть» и «пить», «привет» и «пока», «больше» и «меньше». Записав сигналы, испускаемые мозгом при произнесении этих слов, ученые составили приблизительный словарь соответствия между произносимыми словами и сигналами мозга. Позже, когда пациент произносил какие-то из этих слов, они могли определить их по записям с точностью от 76 до 90 %. В качестве следующего шага планируется использовать сетку со 121 электродом для лучшего разрешения.

В будущем подобная процедура может оказаться полезной для тех, кто пострадал от инсульта или другого парализующего заболевания, например бокового амиотрофического склероза; такие пациенты смогут научиться говорить при помощи технологии ММИ.

Печатать силой мысли

В клинике Мейо (штат Миннесота) доктор Джерри Ши снабдил больных эпилепсией датчиками ЭКоГ, чтобы они могли научиться печатать силой мысли. Все, что необходимо для работы такого устройства, – это простая калибровка. Сначала пациенту показывают серию букв и просят сосредоточиться мысленно на каждой из них. Пока испытуемый рассматривает очередную букву, компьютер записывает излучаемые мозгом сигналы. Как и в других подобных экспериментах, если удается составить словарь, то после этого испытуемому достаточно просто подумать о букве, чтобы она появилась на экране. Таким образом, человек получает возможность печатать силой мысли.

Руководитель этого проекта доктор Ши утверждает, что точность его аппарата достигает почти 100 %. Он надеется, что в будущем ему удастся создать машину для записи не только слов, но и образов, которые рождаются у пациента в мозгу. Такой аппарат мог бы пригодиться художникам и архитекторам, но, как мы уже говорили, у технологии ЭКоГ есть существенный недостаток: электродам необходимо обеспечить непосредственный контакт с мозгом.

А пока пишущие машинки на основе ЭЭГ – они неинвазивны – потихоньку выходят на рынок. Хотя печатают они не настолько точно, как машинки на основе ЭКоГ, но зато их можно продавать первому встречному и для их использования не нужно вскрывать собственный череп. Австрийская компания Guger Technologies недавно продемонстрировала такую машинку на торговой выставке. По словам представителей компании, научиться пользоваться ею может любой примерно за десять минут; после этого можно печатать со скоростью 30–50 знаков в минуту.

Телепатическая диктовка и сочинение музыки

Следующим шагом могла бы стать передача целых разговоров, что резко ускорило бы развитие телепатических средств связи. Проблема, однако, заключается в том, что для этого потребовалось бы составить точный словарь на несколько тысяч слов и соответствующих им ЭЭГ-, МРТ– или ЭКоГ-сигналов. Но если можно распознать по электрическим сигналам несколько сотен специально отобранных слов, вероятно, можно и быстро передавать слова обычного разговора. Это означает, что человек будет думать целыми предложениями и абзацами, а компьютер будет их распечатывать.

Такая технология могла бы пригодиться журналистам, писателям и поэтам, которым оставалось бы просто думать, а компьютер принимал бы их мысленную диктовку. Кроме того, компьютер мог бы выполнять обязанности ментального секретаря. Вы давали бы такому роботу-секретарю указания по поводу обеда, направления и даты поездки, планов на отпуск, а он сам бы все бронировал и организовывал.

Но записывать таким образом можно не только речь, но и музыку. Музыкантам было бы достаточно просто напеть мысленно несколько мелодий, и компьютер

распечатал бы их в нотной записи. Для этого предварительно нужно напеть мысленно серию нот и записать в компьютер соответствующие электрические сигналы. В результате получится словарь, и в следующий раз, когда вы подумаете о какой-то музыкальной ноте, компьютер будет готов записать ее в музыкальной нотации.

В научной фантастике телепаты часто общаются между собой, невзирая на языковые барьеры, поскольку считается, что мысли универсальны. Однако вполне возможно, что это не так. Чувства и эмоции действительно могут быть невербальными и универсальными, так что их, вероятно, можно телепатически посылать кому угодно, а вот рациональные мысли очень тесно связаны с языком. Сложные мысли вряд ли преодолеют языковой барьер. Слова даже телепатически будут передаваться на том же языке, на котором мы говорим.

Телепатические шлемы

В научной фантастике также часто встречаются телепатические шлемы. Надеваешь такой, и – готово! – можешь читать чужие мысли. Армия США, надо сказать, проявляет большой интерес к этой технологии. В реальном бою, когда вокруг гремят взрывы, а над головой свистят пули, телепатический шлем может оказаться спасением, поскольку в боевых условиях трудно обеспечить передачу команд и сообщений. (Это я могу подтвердить лично. Много лет назад, во время Вьетнамской войны, я нес службу в пехоте в форте Беннинг, недалеко от Атланты (штат Джорджия). Во время стрельб взрывы ручных гранат и автоматные очереди звучали оглушительно; шум был настолько сильным, что расслышать что-нибудь поверх него было попросту невозможно. Три дня после этого у меня звенело в ушах.) С телепатическим шлемом солдат мог бы, несмотря на шум и грохот, мысленно общаться с другими солдатами своего взвода.

Не так давно армия выдала грант $6,3 млн доктору Гервину Шалку из Медицинского колледжа в Олбани (штат Нью-Йорк), но все понимают, что разработка настоящего телепатического шлема – дело не одного года. Пока доктор Шалк экспериментирует с технологией ЭКоГ, которая требует размещения сетки с электродами непосредственно на поверхности мозга. В этом случае компьютер уже способен распознавать гласные и 36 отдельных слов в

действующем мозге. В некоторых экспериментах ученому удается достичь почти 100 %-ной точности. Пока, однако, эта технология не годится для армии США, поскольку для ее применения требуется удалить часть черепной коробки в чистых, стерильных условиях операционной. К тому же распознавание гласных и 36 слов – далеко не то же самое, что пересылка срочных сообщений в штаб в пылу сражения. Но эксперименты с ЭКоГ демонстрируют, что мысленное общение на поле боя возможно.

Еще один метод изучает в настоящее время доктор Дэвид Пеппел из Нью-Йоркского университета. Вместо того чтобы вскрывать черепа испытуемых, он использует технологию магнитоэнцефалографии (МЭГ), т. е. создает электрические заряды в мозгу при помощи крохотных импульсов магнитной энергии, а не электродов. Преимуществом этой технологии, помимо неинвазивности, является то, что аппарат МЭГ, в отличие от более медленных аппаратов МРТ, способен точно измерить мгновенные изменения в нейронах. Пеппел в ходе экспериментов сумел записать электрическую активность слухового центра коры в момент, когда человек мысленно произносит определенное слово. Но у его метода тоже есть недостатки: запись такого рода производится при помощи больших, размером с письменный стол, аппаратов для генерации магнитных импульсов.

Очевидно, многим хочется создать прибор для чтения и передачи мыслей, который был бы неинвазивным, портативным и точным. Доктор Пеппел надеется, что его работа с МЭГ-технологией дополнит те исследования, которые проводятся с использованием ЭЭГ-датчиков. Но появления настоящих телепатических шлемов нам, вероятно, придется ждать еще много лет, потому что аппараты МЭГ и ЭЭГ не отличаются точностью.

МРТ в сотовом телефоне

В настоящее время нас сдерживает также относительная примитивность существующих инструментов. Но со временем будут появляться все более совершенные инструменты, при помощи которых мы сможем зондировать мозг все лучше и лучше. Следующим серьезным прорывом может стать портативный МРТ-аппарат.

Причина, по которой аппарат МРТ в настоящее время обязан быть таким огромным, заключается в том, что для его работы необходимо создать однородное магнитное поле, поскольку чем поле однороднее, тем выше разрешение прибора. Чем больше будет магнит, тем более однородным получится поле и тем точнее будут снимки. Однако физикам известны точные математические характеристики магнитных полей (их установил Джеймс Клерк Максвелл еще в 1860-е гг.). В 1993 г. в Германии доктор Бернхард Блюмих с коллегами сконструировал самый маленький в мире аппарат МРТ, который по размерам был не больше дипломата. Такой аппарат использует слабое и не слишком однородное магнитное поле, но суперкомпьютер вполне способен проанализировать магнитное поле и соответствующим образом скорректировать полученные снимки, так что в результате получается реалистичное трехмерное изображение. А поскольку мощность компьютеров удваивается примерно каждые два года, современные компьютеры уже обладают достаточной вычислительной мощностью, чтобы проанализировать магнитное поле, созданное аппаратом размером с кейс, и компенсировать его искажения.

В 2006 г. доктор Блюмих и его коллеги продемонстрировали возможности своей машины, сделав МРТ-снимки мумии древнего человека Эци, замерзшего во льдах примерно 5300 лет назад, в конце последнего ледникового периода. Поскольку замерз Эци в неловкой позе с разведенными в стороны руками, запихнуть его тело в традиционный аппарат МРТ было довольно проблематично, но портативный аппарат доктора Блюмиха без труда справился с задачей и получил снимки.

Физики считают, что с ростом мощности компьютеров МРТ-аппарат будущего может быть не больше сотового телефона. Данные с такого устройства можно будет сразу же переправить на суперкомпьютер, который обработает информацию и построит трехмерное изображение. (В этом случае слабость магнитного поля компенсируется увеличением вычислительных мощностей.) Тогда исследования многократно ускорятся. «Возможно, создание прибора, подобного фантастическому трикордеру из фильма “Звездный путь”, уже не за горами», – считает доктор Блюмих. (Трикордер – небольшой ручной сканирующий прибор, способный мгновенно диагностировать любую болезнь.) В будущем у вас в домашней аптечке, возможно, будет стоять более мощный компьютер, чем тот, которым на сегодняшний день может похвастаться крупная университетская клиника. И вам не придется ждать от клиники или университета разрешения воспользоваться дорогущим МРТ-устройством; вы сможете сами, не выходя из гостиной, собрать всю необходимую информацию (для этого достаточно будет провести над телом портативной МРТ-машинкой) и

отправить ее по электронной почте в лабораторию для анализа.

Это, кстати, может означать, что когда-нибудь появится возможность сделать телепатический шлем на основе МРТ, ведь разрешение при использовании этого метода намного лучше, чем при ЭЭГ-сканировании. Вот что, вероятно, нас ждет в будущем. Внутри шлема будет располагаться электромагнитная катушка для генерации слабого магнитного поля и радиоимпульсов, зондирующих мозг. Во время боя необработанные МРТ-сигналы станут отправляться на карманный компьютер на поясе солдата. После этого информация будет передана по радио на сервер, расположенный далеко от поля сражения. Окончательная обработка данных будет проводиться на суперкомпьютере в далеком городе. После обработки сообщение будет передано по радио обратно к солдатам на поле сражения. Бойцы либо услышат сообщение через наушники, либо получат его через электроды, помещенные на слуховую зону коры мозга.

DARPA и человеческий фактор

Учитывая стоимость исследований, мы имеем право спросить: кто за них платит? Частные компании лишь недавно проявили интерес к этой передовой технологии, но и сейчас многие из них не спешат вкладывать деньги в исследования, которые еще неизвестно когда окупятся, да и окупятся ли. Пока основным спонсором этих исследований является принадлежащее Пентагону Агентство по перспективным оборонным научно-исследовательским разработкам США (DARPA), инициировавшее в свое время исследования некоторых важнейших технологий XX в.

Агентство DARPA было образовано президентом Дуайтом Эйзенхауэром после того, как русские в 1957 г. запустили первый спутник на орбиту Земли, шокировав тем самым западный мир. Осознав, что Соединенные Штаты могут легко проиграть Советам гонку за новые технологии, Эйзенхауэр основал Агентство, чтобы страна могла и дальше конкурировать с русскими. С годами некоторые проекты, начатые по инициативе Агентства, настолько разрослись, что стали независимыми. Одним из первых отпрысков DARPA стало NASA.

Стратегия Агентства читается как научная фантастика: его «единственным ориентиром являются радикальные инновации». Единственный смысл его

существования – «ускорение наступления будущего». Ученые DARPA постоянно раздвигают границы физически возможного. Как сказал один из бывших руководителей Агентства Майкл Голдблатт, они стараются не нарушать законов физики, «или по крайней мере не нарушать сознательно. Или по крайней мере не больше одного в каждой программе».

Однако от научной фантастики Агентство отличает впечатляющий список вполне реальных достижений. Одним из самых ранних проектов DARPA 1960-х гг. был ARPANET, представлявший собой военную телекоммуникационную сеть, которая, по мысли разработчиков, должна была обеспечить электронную связь между учеными и чиновниками во время и после третьей мировой войны. В 1989 г. Национальный научный фонд решил, что в свете развала советского блока нет смысла держать эту разработку в секрете. Эту технологию рассекретили; чертежи и коды были опубликованы, и в результате ARPANET стал Интернетом.

Когда ВВС США потребовалось средство управления баллистическими ракетами в космосе, DARPA запустило Project 57 – совершенно секретный проект, целью которого было направить в случае ядерной войны водородные бомбы на защищенные хранилища советских ракет. Позже этот проект лег в основу системы GPS. Сегодня она указывает путь не ядерным ракетам, а заблудившимся автомобилистам.

Агентство DARPA было ключевым действующим лицом в целой серии изобретений, изменивших облик XX и XXI вв., включая сотовые телефоны, очки ночного видения, новейшие средства связи и метеорологические спутники. Мне посчастливилось несколько раз общаться с учеными и администраторами этой организации. Однажды, встретившись с одним из бывших директоров Агентства на приеме, где присутствовало множество ученых и футуристов, я задал ему давно интересовавший меня вопрос: почему багаж в аэропортах на присутствие взрывчатых веществ до сих пор обнюхивают собаки? Неужели у нас нет достаточно чувствительных датчиков, которые могли бы улавливать в воздухе следы взрывчатых химических веществ? Он ответил, что DARPA активно занималось этим вопросом, но столкнулось с серьезными техническими проблемами. Обонятельные рецепторы собаки, сказал он, развивались в течение миллионов лет и способны почувствовать присутствие в воздухе даже нескольких молекул вещества. Добиться такой же чувствительности от технических устройств, даже самых продвинутых и тонко настроенных, чрезвычайно трудно. Скорее всего, нам и дальше придется полагаться на

четвероногих помощников, и в обозримом будущем ситуация не изменится.

В другой раз группа физиков и инженеров DARPA присутствовала на моем семинаре, посвященном будущему техники. После заседания я спросил, что больше всего беспокоит их самих. Единственный повод для тревоги, ответили они, – это имидж их организации в глазах общественности. Большинство никогда не слышали о DARPA, а кое-кто даже связывает Агентство с темными злодейскими кознями правительства – от вранья по поводу НЛО, Зоны 51[8 - Зона 51 – удаленное подразделение военно-воздушной базы Эдвардс, где, согласно официальным данным, разрабатываются экспериментальные летательные аппараты и системы вооружения. – Прим. ред.] и Розуэлла[9 - Около г. Розуэлл в штате Нью-Мексико в июле 1947 г. произошло, как предполагают, крушение НЛО. Согласно официальной версии, обнаруженный объект был метеозондом. – Прим. ред.] до метеорологического оружия и т. п. Они вздыхали и говорили об этом с грустью. Если бы все эти слухи были правдивы, то они, конечно, с удовольствием воспользовались бы инопланетными технологиями. Вот было бы здорово! Вот был бы толчок реальным проектам!

Сегодня DARPA, бюджет которого составляет $3 млрд, нацелилось на создание мозго-машинного интерфейса. Обсуждая области его возможного применения, Майкл Голдблатт предлагает раздвинуть границы воображения. Он говорит: «Представьте, что было бы, если бы солдаты могли связываться друг с другом посредством одной только мысли… Представьте, что опасность биологического нападения сошла бы на нет. И представьте на мгновение мир, в котором учиться не сложнее, чем есть, а замена поврежденных частей тела организована не менее удобно, чем кафе, обслуживающее клиентов прямо в автомобиле. Какими бы невероятными ни казались эти картины и сложными задачи, все это – повседневная работа Отдела оборонной науки [подразделения DARPA]».

Голдблатт считает, что в будущем историки придут к выводу, что в долгосрочной перспективе результаты работы DARPA послужили улучшению природы человека (он говорит о «нашей будущей исторической силе»). И отмечает, что известный армейский лозунг «Будь всем, чем можешь» обретает новый смысл, если применить его к улучшению природы человека. Возможно, Майкл Голдблатт не случайно с таким жаром продвигает в Агентстве идею улучшения природы человека. Его дочь страдает церебральным параличом и всю жизнь прикована к инвалидному креслу. Болезнь, конечно, очень мешает жить (ведь она ежедневно и ежечасно нуждается в посторонней помощи), но девушка не сдается и преодолевает невзгоды. Она учится в колледже и мечтает

основать собственную компанию. Голдблатт не скрывает, что его вдохновляет сила воли дочери. Редактор Washington Post Джоэл Гарро заметил: «Он занят тем, что тратит многие миллионы долларов на создание того, что вполне может стать следующим шагом в эволюции человека. И все же он не забывает и о том, что технология, в создании которой он участвует, когда-нибудь, возможно, позволит его дочери не только пойти, но и преодолеть болезнь».

Вопросы частной жизни

Впервые услышав об аппаратах чтения мыслей, люди, как правило, высказывают опасения по поводу сохранения прав человека на частную жизнь. Идея о том, что где-то может быть спрятана машина, без разрешения читающая самые потаенные наши мысли, нервирует любого. Сознание человека, как мы подчеркивали, невозможно без постоянного моделирования будущего. Чтобы это моделирование было точным, нам иногда приходится забредать в своем воображении на территории аморальности или беззакония, но в любом случае – не важно, реализуем мы подобные сценарии в действительности или нет – мы предпочитаем держать эти мысли при себе.

Жизнь ученых была бы намного проще, если бы они умели читать мысли на расстоянии при помощи портативных устройств (а не с помощью неуклюжих шлемов или хирургического вскрытия черепа), но законы физики делают этот процесс чрезвычайно сложным.

Когда я задал доктору Нисимото, сотруднику лаборатории доктора Галланта в Беркли, вопрос о частной жизни, он улыбнулся и ответил, что вне мозга радиосигналы стремительно ослабевают, и уже на расстоянии 2 м от человека они слишком слабы, чтобы в них можно было что-нибудь разобрать. (В школе все изучали законы Ньютона, поэтому, наверное, вы помните, что сила притяжения ослабевает пропорционально квадрату расстояния между объектами, и когда вы удвоите расстояние до звезды, действующая на вас сила ее притяжения ослабнет вчетверо. Но магнитные поля слабеют гораздо быстрее. Большинство сигналов обратно пропорциональны кубу или четвертой степени расстояния, так что, если увеличить дистанцию вдвое, магнитное поле ослабнет в восемь раз или больше.)

Более того, в эфире всегда присутствуют внешние помехи, которые маскируют и без того слабые сигналы, исходящие от мозга. Это одна из причин, по которым ученые свои эксперименты не могут проводить вне лабораторных стен. Причем даже в этих условиях им удается извлечь из работающего человеческого мозга лишь отдельные буквы, слова или образы. Пока что техника не способна записать всю ту лавину мыслей, что заполняет наш мозг, когда мы рассматриваем одновременно несколько букв, слов, фраз или обрабатываем другую информацию, так что использование этих устройств для чтения мыслей «как в кино» сегодня невозможно и останется таковым еще не один десяток лет.

В обозримом будущем для сканирования мозга по-прежнему будет требоваться непосредственный доступ к человеческому мозгу в лабораторных условиях. Но даже в том маловероятном случае, если кто-то все же отыщет способ читать мысли на расстоянии, вы всегда сможете этому противодействовать. Чтобы скрыть от посторонних самые заветные мысли, можно воспользоваться экраном и блокировать излучение мозга, чтобы оно ни в коем случае не попало не в те руки. Это легко сделать при помощи так называемой клетки Фарадея, которую великий британский физик Майкл Фарадей изобрел в 1836 г., хотя подобный эффект первым наблюдал еще Бенджамин Франклин. Принцип такого экранирования заключается в том, что электричество очень быстро рассеивается вокруг металлической клетки, так что электрическое поле внутри клетки получается равным нулю. Для демонстрации эффекта физики (включая и меня) предлагают войти в металлическую клетку, в которую затем направляют мощные электрические разряды. Человек при этом остается целым и невредимым. Именно поэтому самолеты выдерживают удар молнии, а кабели покрывают металлической оплеткой. Точно так же телепатические сигналы можно экранировать при помощи наложенной на мозг тонкой металлической фольги.

Телепатия при помощи нанозондов

Существует еще один способ частично решить вопрос приватности, а также помещения датчиков ЭКоГ в мозг. В будущем мы, возможно, научимся реально пользоваться нанотехнологиями, т. е. сможем манипулировать отдельными атомами. Не исключено, что это позволит нам ввести сетку нанозондов в мозг и подключиться таким образом к вашим мыслям. Может быть, такие нанозонды будут строиться из углеродных нанотрубок, которые проводят электричество и

при этом тонки настолько, насколько позволяют законы природы. Нанотрубки состоят из отдельных атомов углерода, объединенных в трубку с толщиной стенок в несколько молекул. (В настоящее время такие трубки привлекают очень серьезное внимание ученых. Ожидается, что в ближайшие десятилетия они полностью изменят методики зондирования мозга.)

Нанозонды можно будет точно помещать в области мозга, ответственные за определенную деятельность. Так, для передачи речи и языка их нужно будет поместить в левую височную долю, для обработки визуальных образов – в таламус и зрительный центр коры. Эмоции можно пересылать через нанозонды в мозжечковой миндалине и лимбической системе. Сигналы от нанозондов будут передаваться на небольшой компьютер, который их обработает и перешлет на сервер, а затем отправит в Интернет.

Вопросы приватности будут частично решены, поскольку вы будете полностью контролировать процесс и определять, когда посылать мысли. Радиосигналы может принять любой случайный прохожий с приемником, но посылаемые по проводам электрические сигналы практически недоступны. Кроме того, решится и проблема вскрытия черепа и помещения внутрь него сетки ЭКоГ, поскольку нанозонды можно вводить, используя методы микрохирургии.

Некоторые писатели-фантасты предполагают, что в будущем при рождении ребенка ему будут безболезненно вводить наноэлектроды и телепатия станет образом жизни. К примеру, в сериале «Звездный путь» детям расы боргов при рождении вводят специальные импланты, чтобы они могли телепатически общаться между собой. Эти дети не могут представить мир без телепатии и воспринимают ее как норму.

Понятно, что нанозонды очень малы по размеру, поэтому внешне они будут совершенно незаметны, следовательно, социального остракизма не возникнет. Может быть, обществу и не понравится идея вживлять в мозг электрические проводники, но писатели-фантасты считают, что в конце концов люди привыкнут к этой мысли: ведь нанозонды невероятно удобны и полезны. Привыкли же мы к детям «из пробирки», хотя поначалу экстракорпоральное оплодотворение вызывало много вопросов и протестов.

Вопросы законности

В обозримом будущем встанет вопрос не о том, сможет ли кто-то тайком издалека читать наши мысли при помощи скрытого устройства, а о том, позволим ли мы регистрировать и записывать наши мысли. Что произойдет, если, к примеру, разрешим, а потом кто-то незаконно получит к этим записям доступ? Встает серьезный вопрос об этике – ведь мы не хотим, чтобы наши мысли читали против нашей воли. Доктор Брайан Пасли говорит: «Существуют этические проблемы не с текущими исследованиями, но с их возможным продолжением. Должно соблюдаться равновесие. Если мы каким-то образом научимся мгновенно расшифровывать чьи-то мысли, это может принести громадную пользу тысячам серьезно больных людей, которые сейчас не в состоянии общаться с окружающими. С другой стороны, есть большие опасения, что метод может быть применен к тем людям, которые этого не хотят».

Как только появится техническая возможность читать и записывать мысли человека, возникнет множество этических и юридических вопросов. Так всегда бывает при появлении новых технологий. Из истории ясно, что на разработку законодательства, полностью охватывающего все варианты развития событий, часто уходят годы.

К примеру, законы об авторском праве, возможно, придется переписывать. Что будет, если кто-то прочитает ваши мысли и украдет ваше изобретение? Можно ли будет патентовать мысли? Кому вообще по закону принадлежит идея?

Еще одна проблема возникает, если в дело вмешивается правительство. Джон Перри Барлоу, поэт и автор песен группы Grateful Dead, однажды сказал: «Полагаться на правительство в деле охраны частной жизни – все равно что поручить установку жалюзи на окнах человеку, который больше всего на свете любит в эти окна заглядывать». Получит ли полиция право читать на допросе ваши мысли? Уже сегодня суды рассматривают иски по случаям, когда подозреваемый отказывается предоставить свой биологический материал для анализа ДНК. Получат ли в будущем власти право читать ваши мысли без вашего согласия, и если да, то будут ли подобные доказательства приниматься в суде? Насколько надежными будут такие свидетельства? Не стоит забывать, что детекторы лжи на базе МРТ регистрируют только повышение мозговой активности, и важно отметить, что мысли о преступлении и реальное преступление – далеко не одно и то же. Защитник во время перекрестного допроса сможет заявить, что эти мысли – лишь случайные фантазии и ничего более.

Еще одна проблемная область связана с правами парализованных. Достаточно ли данных, получаемых при сканировании мозга, для составления завещания или другого юридического документа? Представьте, что полностью парализованный человек обладает тем не менее острым и живым умом и захочет подписать какой-нибудь контракт или самостоятельно управлять собственными деньгами. Законны ли такие документы, если технология, возможно, еще не до конца отработана?

Ни один закон природы не поможет решить подобные этические вопросы. В конце концов, по мере совершенствования технологии, подобные вопросы придется решать в суде.

Одновременно правительствам и корпорациям, возможно, придется изобретать новые способы противодействия ментальному шпионажу. Промышленный шпионаж уже сегодня представляет собой многомиллионную индустрию, а правительства и корпорации сооружают дорогостоящие «безопасные комнаты», которые приходится постоянно проверять на наличие подслушивающих устройств. В будущем (предполагая, что будет создан метод подслушивания мозговых сигналов на расстоянии) безопасные комнаты придется проектировать так, чтобы сигналы мозга оттуда даже случайно не могли просочиться во внешний мир. Эти комнаты придется окружать металлическими стенами, которые будут экранировать их от внешнего мира.

Каждый раз, когда физики начинают работать с новым видом излучения, шпионы пытаются использовать его в собственных целях, и электрическое излучение мозга, вероятно, не станет исключением. В самой знаменитой истории такого рода фигурирует крохотное микроволновое устройство, спрятанное в гербе Соединенных Штатов, который висел в посольстве США в Москве. С 1945 по 1952 г. это устройство передавало Советам секреты американских дипломатов. Даже во время Берлинского кризиса 1948 г. и корейской войны Советы при помощи этого жучка получали доступ к планам США. Может быть, этот жучок и до сего дня продолжал бы выдавать государственные секреты и холодная война, а заодно и мировая история изменили бы курс, если бы он не был случайно обнаружен британским инженером, который услышал секретные переговоры на открытой радиоволне. Разобравшие жучок американские инженеры были поражены: оказалось, что много лет его не могли обнаружить потому, что жучок был пассивным и не требовал никакого источника энергии. (Его практически невозможно было обнаружить, потому что питание он получал извне по микроволновому лучу.) Не исключено, что будущие шпионские

устройства будут перехватывать и мозговое излучение.

Хотя на данный момент эта технология находится в зародышевом состоянии, но телепатия потихоньку входит в нашу жизнь. В будущем, возможно, мы станем взаимодействовать с окружающим миром силой разума. Но ученые не хотят ограничиваться только чтением мыслей, т. е. пассивным процессом. Они хотят играть активную роль – двигать объекты силой мысли. Способность к телекинезу обычно приписывают богам. Только божественной силе дано по желанию формировать реальность. Это высшее выражение мыслей и желаний.

Скоро и мы получим такую возможность.

4. Телекинез. Сознание управляет материей

Будущее по природе своей опасно… Максимальное продвижение цивилизации обеспечивалось процессами, едва не погубившими те общества, в которых происходили.

Альфред Норт Уайтхед

Кэти Хатчинсон живет в плену собственного тела.

Ее парализовало 14 лет назад после инсульта. У нее, как и у тысяч других «плененных» пациентов, потерявших контроль над большей частью мышц и функций собственного тела, не работает ни одна конечность. Большую часть дня Кэти беспомощно лежит, нуждаясь в постоянной посторонней заботе, но разум ее ясен. Она – пленник собственного тела.

Однако в мае 2012 г. ее судьба резко переменилась. Ученые из Университета Брауна поместили на поверхность ее мозга крохотный чип, который они назвали Braingate. Этот чип тонкими проводками соединен с компьютером. Сигналы из мозга Кэти передаются через компьютер механическому манипулятору – роботизированной руке. Сегодня она постепенно учится управлять рукой, заставляя ее силой мысли, к примеру, взять бутылку с питьем и поднести ко рту. Впервые за долгое время женщина получила возможность хоть как-то влиять на

окружающий мир.

Будучи парализованной и не имея возможности говорить, она может лишь двигать глазами, выражая свое возбуждение и радость. Специальное устройство отслеживает движения ее глаз и переводит их в письменную речь. Когда Кэти спросили, как она чувствует себя после стольких лет неподвижности и плена в раковине собственного тела, ответ был краток: «Экстаз!» Она с нетерпением ждет дня, когда к ее мозгу подключат и другие конечности. «Я очень хотела бы получить роботизированные ноги», – говорит она. До инсульта женщина любила готовить и с удовольствием ухаживала за садом. «Я знаю, что когда-нибудь снова смогу это делать». Учитывая скорость, с которой развивается киберпротезирование, это может произойти в самом ближайшем будущем.

Профессор Джон Донохью и его коллеги из Университета Брауна и Университета Юты создали крохотный датчик, который может играть роль моста между внешним миром и человеком, который потерял способность общаться. В беседе со мной профессор Донохью рассказал: «Мы взяли маленький датчик размером 4 мм, приблизительно с таблетку детского аспирина, и имплантировали его в мозг. Благодаря 96 крохотным “волоскам”, или электродам, которые улавливают импульсы мозга, он может принимать сигналы о вашем намерении двинуть рукой. Мы выбрали для начала именно руку, потому что для человека это очень важно». Поскольку за десятки лет исследований двигательная кора прекрасно изучена, можно поместить чип непосредственно на нейроны, управляющие нужной конечностью.

Ключевой момент в работе Braingate – перевод нервных сигналов от микросхемы в осмысленные команды, позволяющие передвигать предметы реального мира, начиная с курсора на компьютерном экране. Донохью рассказал, что для этого он просит пациента представить, что курсор движется по экрану определенным образом, к примеру, направо. Достаточно нескольких минут, чтобы записать мозговые сигналы, соответствующие этой задаче. Таким образом компьютер усваивает, что всякий раз, получая от мозга подобный сигнал, он должен сдвинуть курсор вправо.

После этого, стоит человеку подумать о движении курсора вправо, как он действительно начинает двигаться вправо. Возникает таблица соответствия воображаемых пациентом действий и реальных действий компьютера. Как правило, у пациента получается управлять движением курсора практически с первой попытки.

Braingate открывает целый новый мир нейропротезирования, позволяющего парализованному пациенту силой мысли управлять искусственными конечностями. К тому же нейропротезирование позволяет человеку непосредственно общаться с родными и близкими. Первая версия микросхемы, испытанная в 2004 г., предназначалась для общения с ноутбуком. Уже тогда пациенты очень быстро начинали бродить по Интернету, читать и писать электронные письма, управлять своими креслами.

Недавно у космолога Стивена Хокинга появился нейропротез, прикрепляемый к очкам. Подобно любому ЭЭГ-датчику, он может передавать его мысли в компьютер, чтобы ученый мог поддерживать хотя бы какую-то связь с внешним миром. Это достаточно примитивное устройство, но со временем подобные приборы станут намного более чувствительными и совершенными, получат больше каналов.

Все это, рассказал доктор Донохью, может кардинально изменить жизнь таких пациентов: «Польза еще и в том, что этот компьютер можно подключить к любому устройству – тостеру, кофемашине, кондиционеру, выключателю или пишущей машинке. Сегодня это совсем не сложно и очень недорого. Даже полностью парализованный человек, совершенно не способный двигаться, сможет самостоятельно переключать каналы телевизора, включать свет и делать многое другое; для этого не нужно будет, чтобы пришел кто-то и помог». Когда-нибудь они смогут при помощи компьютера делать все то, что делают нормальные люди.

Лечение травм спинного мозга

В настоящее время к этим исследованиям присоединяются и другие группы ученых. Еще одним прорывом мы обязаны ученым из Северо-Западного университета, сумевшим связать мозг обезьяны с ее рукой напрямую, в обход поврежденного спинного мозга. В 1995 г. произошла грустная история. Актер Кристофер Рив, сыгравший Супермена в одноименном фильме, в результате травмы позвоночника оказался полностью парализованным. Он упал с лошади головой вниз, и его спинной мозг оказался поврежден у самой головы. Если бы он прожил немного дольше, то мог бы увидеть усилия ученых, которые стремятся заменить поврежденный спинной мозг компьютером. Только в США от

последствий травм спинного мозга страдают более 200 000 человек. В прежние времена такие люди в большинстве своем, вероятно, умирали вскоре после травмы, но сегодня благодаря успехам травматологии число выживших неуклонно растет. Кроме того, нам не дают покоя образы раненых воинов, пострадавших от мин в Ираке и Афганистане. А если добавить сюда же пациентов, парализованных в результате инсульта или другого заболевания (к примеру, бокового амиотрофического склероза), то число потенциальных пациентов вырастет до двух миллионов.

Ученые из Северо-Западного университета поместили микросхему с сотней электродов непосредственно на поверхность мозга обезьяны. Затем обезьяне показали, что нужно взять мячик, поднять его и опустить в трубу; при этом сигналы ее мозга тщательно записывались, а поскольку каждое действие соответствует срабатыванию конкретных нейронов, ученые смогли постепенно расшифровать эти сигналы.

Когда обезьяна хотела двинуть рукой, компьютер обрабатывал сигналы в соответствии с этим шифром и, вместо того чтобы направлять механическую руку, направлял их непосредственно к нервам настоящей обезьяньей руки. «Мы записываем естественные электрические сигналы мозга, посылающего приказ руке и кисти двигаться определенным образом, и передаем эти сигналы непосредственно в мышцы», – говорит доктор Ли Миллер.

Методом проб и ошибок обезьяна научилась координировать движения мышц руки. «Это процесс моторного обучения, очень похожий на то, что делает человек, осваивая новый прибор, компьютерную мышь или нестандартную теннисную ракетку», – добавляет доктор Миллер.

(Удивительно, кстати, как много движений сумела освоить обезьяна, учитывая, что чип у нее в мозгу имел всего лишь сто электродов. Доктор Миллер указывает, что в управлении движениями руки задействованы миллионы нейронов. Но если сотни электродов хватает для разумной аппроксимации результата действия миллионов нейронов, то только потому, что микросхема контактирует с выходными нейронами уже после того, как мозг провел сложную обработку и подготовку данных. Сложнейший анализ идет как обычно, поэтому остается за скобками, а задача ста электродов – только передать готовые сигналы мозга руке.)

Это устройство – одно из нескольких разработанных в Северо-Западном университете, их задача – заменить поврежденный участок спинного мозга. Другой нейронный протез позволяет человеку управлять рукой при помощи движений плеча. Поднять плечо означает сжать пальцы, опустить – разжать. Кроме того, пациент получает возможность взять пальцами объект вроде чашки или открыть дверь ключом, зажав его между большим и указательным пальцами протеза.

Доктор Миллер поясняет: «Не исключено, что прямая связь между мозгом и мышцами когда-нибудь поможет пациентам, парализованным в результате спинномозговой травмы, заниматься повседневными делами, и тогда они смогут стать более независимыми».

Революция в протезировании

Значительная доля финансирования всех этих замечательных достижений поступает из программы DARPA под названием «Революция в протезировании» (начиная с 2006 г. на эти цели было выделено $150 млн). Один из тех, кто продвигает этот проект, – полковник армии США Джеффри Линг, невролог, на счету которого несколько боевых командировок в Ирак и Афганистан. Его до глубины души поразили кровопролитие, свидетелем которого он был, и увечья, вызванные взрывами мин. Во время прежних войн солдаты с такими ранениями большей частью погибали на месте. Но сегодня, когда раненых вывозят вертолетами и существует развитая инфраструктура медицинской помощи, многие из них выживают, но остаются калеками. Более 1300 военнослужащих потеряли конечности в боевых действиях на Ближнем Востоке.

Доктор Линг задался вопросом, может ли наука найти, чем заменить потерянные конечности. Заручившись финансовой поддержкой Пентагона, он попросил своих сотрудников разработать конкретные рекомендации и предложить варианты решений, которые можно реализовать в течение пяти лет. Его вопрос был встречен очень скептически. Линг вспоминает: «Они решили, что мы сошли с ума. Но безумие в том, что подобные вещи происходят».

Безграничный энтузиазм доктора Линга оказался заразительным, и сотрудники его лаборатории получили поистине впечатляющие результаты. К примеру,

программа «Революция в протезировании» профинансировала ученых из Лаборатории прикладной физики Университета Джона Хопкинса, которые создали самую совершенную механическую руку на земле, способную выполнять почти все тонкие движения пальцев, кисти и руки в трех измерениях. По размерам, силе и подвижности эта рука полностью соответствует реальной человеческой руке. Она сделана из стали, но, если покрыть ее пластиком телесного цвета, будет почти неотличима от настоящей.

Эта рука была испытана Йен Шерман, у которой в результате генетического заболевания нарушилась связь между мозгом и телом; ее тело полностью парализовано от шеи вниз. Ученые Питсбургского университета разместили электроды непосредственно на поверхности мозга Йен, а затем подсоединили их к компьютеру, а компьютер – к механической руке. Через пять месяцев после операции женщина появилась на национальном телевидении в передаче «60 минут». На глазах всей страны она активно пользовалась своей новой рукой: махала ей, приветствовала ведущего, пожимала ему руку. Она даже ударила его в шутку кулаком, чтобы показать, как много может механическая рука.

Доктор Линг говорит: «Я мечтаю о том, чтобы мы смогли находить такое решение при лечении любых пациентов – после инсульта, с церебральным параличом, пожилых».

Телекинез в вашей жизни

Мозго-машинный интерфейс интересует не только ученых, но и антрепренеров, которые ждут его с нетерпением. Специалистам шоу-бизнеса хотелось бы включить эти блестящие изобретения в свои бизнес-планы на постоянной основе. ММИ уже проник на молодежный рынок в форме видеоигр и игрушек, в которых можно при помощи ЭЭГ-датчиков управлять различными объектами как в виртуальном мире, так и в реальности. Первую такую игрушку – Mindflex – выпустила в 2009 г. фирма NeuroSky; в ней при помощи ЭЭГ-датчиков нужно было крутить вентилятор и двигать шарик над игровым полем. Чем сильнее вы сконцентрируетесь на задаче (разумеется, надев на голову специальную гарнитуру), тем быстрее будут вращаться лопасти вентилятора и тем выше поднимется легкий шарик.

Активно развиваются также видеоигры с мысленным управлением. В связке с NeuroSky работают 1700 разработчиков программного обеспечения, причем многие из них – над усовершенствованием гарнитуры Mindwave Mobile, обошедшейся в $129 млн. В видеоиграх фирмы используется небольшой портативный ЭЭГ-датчик, который крепится на лоб и позволяет мысленно управлять действиями своего персонажа в виртуальной реальности. Двигая свой аватар по экрану, вы можете стрелять из оружия, убегать от врагов, проходить уровни, набирать очки и т. д., как в обычной видеоигре; единственная разница в том, что все это делается «без рук», одной только силой мысли.

«Рождается целая экосистема новых игроков, NeuroSky сейчас в прекрасном положении и может стать чем-то вроде Intel в этой новой индустрии», – считает Алваро Фернандес из маркетинговой фирмы SharpBrain.

Помимо стрельбы из виртуального оружия шлем ЭЭГ способен определить момент, когда ваше внимание начинает ослабевать. NeuroSky уже получает запросы от компаний, обеспокоенных высоким травматизмом работников, которые теряют концентрацию во время работы с опасными механизмами или засыпают за рулем. Технология, о которой идет речь, может спасти немало жизней, вовремя предупредив рабочего или водителя о том, что его внимание рассеивается. В этом случае ЭЭГ-шлем включит тревожный сигнал. (В Японии такой прибор уже завоевал популярность среди посетителей всевозможных клубов. На голове человека датчик ЭЭГ выглядит как забавные кошачьи ушки; если вы внимательны, уши стоят торчком или резко поднимаются, если вас что-то заинтересовало; когда внимание ослабевает, уши опускаются. Получается, что отдыхающие могут выражать романтический интерес друг к другу при помощи мыслей, и вы всегда можете понять, насколько сильное впечатление производите.)

Но самые новаторские, возможно, приложения этой технологии исследует доктор Мигель Николелис из Университета Дьюка. Во время интервью он рассказал, что надеется воспроизвести различные устройства, которые до сих пор можно было найти только в научной фантастике.

Ловкость рук и слияние разумов

Доктор Николелис показал, что мозго-машинный интерфейс можно наладить даже между разными материками. Делает он это так: помещает на «бегущую дорожку» обезьяну, на поверхность мозга которой прикреплен специальный чип, подключенный к Интернету. На другой стороне планеты, в Киото (Япония), сигналы мозга обезьяны используются для управления роботом, который умеет ходить. Гуляя по «бегущей дорожке» в Северной Каролине, обезьяна управляет роботом в Японии, и тот ходит, т. е. выполняет те же самые движения. Воспользовавшись датчиками и предложив обезьяне в качестве вознаграждения печенье, доктор Николелис научил ее управлять гуманоидным роботом по имени CB-1 на другом конце света.

Кроме того, он пытается разрешить одну из главных проблем, связанных с мозго-машинным интерфейсом, – отсутствие чувственной информации. Сегодняшние протезы не дают тактильных ощущений и потому всегда ощущаются как нечто постороннее; из-за отсутствия обратной связи можно при рукопожатии ненароком раздавить кому-нибудь пальцы. Взять искусственной рукой яйцо, не раздавив скорлупу, практически невозможно.

Николелис надеется обойти это препятствие при помощи прямого интерфейса «мозг – мозг». Сообщения должны пересылаться от мозга к механической руке, снабженной датчиками, которые, в свою очередь, посылают информацию обратно, прямо в мозг, минуя мозговой ствол. При помощи такого интерфейса можно было создать механизм четкой и прямой обратной связи, эквивалентный тактильным ощущениям.

Доктор Николелис начал с того, что подсоединил двигательную кору макаки-резуса к механической руке. Эта рука снабжена датчиками, которые посылают сигналы обратно в мозг через электроды, подсоединенные к соматосенсорной коре (именно в ней регистрируются тактильные ощущения). После каждой успешной попытки обезьяны получали награду; чтобы научиться пользоваться этой аппаратурой, им требовалось от четырех до девяти попыток.

Чтобы добиться обратной связи, доктору Николелису пришлось изобрести новый код, который представлял разные в тактильном отношении поверхности (шершавые или гладкие). «Через месяц практики, – сказал он мне, – эта часть мозга осваивает новый код и начинает ассоциировать искусственный код, созданный нами, с различными текстурами. Так что это первая демонстрация того, что мы в состоянии создать сенсорный канал», который будет симулировать тактильные ощущения.

Я заметил, что эта идея очень похожа на голодек из «Звездного пути», при помощи которого вы можете бродить по виртуальному миру и испытывать при этом все ощущения, как если бы этот мир был реален: наткнувшись на виртуальный предмет, вы испытаете боль, как от реального удара. В этой так называемой «гаптической технологии» для имитации тактильных ощущений используются цифровые методы. Николелис ответил: «Да, мне кажется, это первая демонстрация того, что нечто подобное голодеку станет реальностью в ближайшем будущем».

Возможно, голодек будущего станет сочетанием двух технологий. Во-первых, люди в голодеке должны будут носить контактные интернет-линзы, благодаря чему они будут видеть новый виртуальный мир всюду, куда ни посмотрят. Вид в линзах будет меняться в мгновение ока одним нажатием кнопки. А если вы дотронетесь до чего-нибудь в том мире, то сигналы, отправленные в мозг, будут имитировать тактильные ощущения при помощи интерфейса «мозг – машина – мозг». Таким образом, объекты виртуального мира, которые вы увидите в контактных линзах, на ощупь станут достоверно материальными.

Благодаря такому интерфейсу можно реализовать не только гаптическую технологию, но и создать интернет-разум или брейн-нет (мозговую сеть) с прямым контактом мозг – мозг. В 2013 г. доктор Николелис сумел получить еще один эффект, показанный в «Звездном пути», – слияние двух разумов. Для начала он стал работать с двумя группами крыс, одна из которых находилась в Университете Дьюка, а другая – в Натале (Бразилия). Крысы первой группы научились нажимать на рычаг при виде красной лампочки. Крысы второй группы делали то же самое в ответ на сигнал, получаемый мозгом напрямую через имплант. Вознаграждением служил глоток воды. Затем доктор Николелис при помощи тонких проволочек подключил мозг крыс к Интернету и соединил двигательные отделы коры крыс первой и второй групп.

Когда крысы первой группы увидели красный свет, сигнал от их мозга был передан по Интернету в Бразилию крысам второй группы, которые в результате нажали на рычаг. Семь раз из десяти вторая группа крыс правильно отзывалась на сигналы, посланные крысами первой группы. Так впервые ученым удалось продемонстрировать, что сигналы могут быть переданы от мозга к мозгу и, кроме того, правильно поняты. Конечно, еще очень далеко до подлинного слияния разумов, описанного в фантастике, где два разума буквально сливаются в один, – решение еще очень примитивно, а размеры образцов малы. Тем не менее принципиальную возможность существования брейн-нета можно считать

доказанной.

В 2013 г. был сделан следующий важный шаг: вместо исследований на животных была продемонстрирована первая прямая связь «мозг – мозг» между людьми, когда один человеческий мозг переслал по Интернету сообщение другому человеческому мозгу.

Это знаковое событие произошло в Университете Вашингтона, где один ученый послал мозговой сигнал (пошевелить правой рукой) по Интернету другому ученому. Первый из них был в ЭЭГ-шлеме и играл в видеоигру, где для выстрела из пушки требовалось мысленно двигать правой рукой; при этом он тщательно следил, чтобы на деле его рука была неподвижна.

Сигнал от ЭЭГ-шлема пересылался по Интернету другому ученому, сидевшему в это время в транскраниальном магнитном шлеме, размещенном точно над той частью мозга, которая управляет движением правой руки. При получении сигнала шлем посылал в мозг магнитный импульс, вызывавший непроизвольное движение правой руки. Рука двигалась сама по себе, без команды владельца. Таким образом, один человеческий мозг дистанционно подавал команды другому и контролировал движение тела.

Это достижение открывает перед нами широкие возможности: к примеру, таким образом можно обмениваться через Интернет невербальными сообщениями. Не исключено, что когда-нибудь вы сможете разослать свои ощущения, полученные на танцевальном вечере, во время прыжка с парашютом или пребывания на яхте в штормящем море всем приятелям, электронные адреса которых можно найти в вашей записной книжке. По связи «мозг – мозг» можно будет передавать не только мышечные реакции, но и чувства и эмоции.

Николелис предвидит, что наступит день, когда люди по всему миру смогут беседовать в социальных сетях без помощи клавиатуры или мышки, а напрямую силой мысли. Вместо того чтобы писать друг другу по электронной почте, люди при помощи брейн-нета смогут телепатически в реальном времени обмениваться мыслями, эмоциями и идеями. Сегодня телефонный звонок доносит до нас только слова и тон разговора, ничего больше. Видеоконференция в этом отношении чуть лучше, поскольку можно читать еще язык тела твоих собеседников. Но брейн-нет позволит достичь абсолютной коммуникации; с его помощью можно будет поделиться с собеседником всей совокупностью ментальной информации, включая эмоции, нюансы и сомнения. Люди получат

возможность делиться друг с другом самыми интимными, самыми личными мыслями и чувствами.

Игры с полным погружением

Возможно, разработка брейн-нета окажет влияние и на многомиллиардную индустрию развлечений. Технология записи звука на пленку в дополнение к свету была отработана еще в 1920-е гг. Результатом стала серьезная трансформация индустрии развлечений: кино перешло от немого к звуковому. За последние сто лет технология совмещения изображения и звука особо не изменилась. Но в будущем индустрии развлечений предстоит еще один переход – на этот раз к записи информации для всех пяти чувств, включая обоняние, вкус и прикосновение, а также полного спектра эмоций. Телепатические зонды смогут справиться с полным набором чувственных ощущений и эмоций, которые циркулируют в мозгу, и создадут ощущение полного погружения в сюжет. Придя в кинотеатр посмотреть романтическую комедию или приключенческий фильм, мы будем буквально купаться в океане ощущений, как если бы мы на деле участвовали в развитии сюжета и переживали все те приключения и эмоции, которые изображают на экране актеры. Мы ощутим аромат духов героини, почувствуем страх героев триллера, насладимся победой над злодеями.

Подобное погружение, естественно, потребует кардинальных изменений технологии киносъемки. Во-первых, актерам придется учиться играть свои роли с подключенными ЭЭГ– или МРТ-датчиками и нанозондами, записывающими их ощущения и эмоции. (Надо сказать, это наложит на актеров дополнительную нагрузку, ведь им придется в каждой сцене отыгрывать все пять чувств. Известно, что некоторые актеры немого кино не смогли перейти к кино звуковому; вполне вероятно, что и для полноценной съемки фильмов со всеми пятью чувствами появится новое поколение актеров.) Процесс редактирования тоже изменится: недостаточно будет просто резать и склеивать пленку, а нужно будет, вероятно, совмещать в пределах одной сцены записи разных эмоций и ощущений. И наконец, аудитория: зрители в зале должны будут получать все эти сигналы непосредственно в мозг. Вместо трехмерных очков зрители будут надевать перед сеансом какие-то датчики. Кинотеатры, естественно, тоже придется переоборудовать, чтобы они могли получать данные, обрабатывать их и пересылать зрителям в зале.

Создаем брейн-нет

Создание брейн-нета, способного передавать такую информацию, вероятно, будет осуществляться поэтапно. Первым шагом станет вживление нанозондов в важные области мозга, такие как левая височная доля, отвечающая за речь, и затылочная доля, отвечающая за зрение. Затем компьютеры, проанализировав сигналы с этих датчиков, будут их расшифровывать. Эту информацию, в свою очередь, можно будет пересылать куда угодно по оптоволокну.

Сложнее будет ввести эти сигналы в мозг другого человека, где их смогут обработать приемные устройства. До сих пор все успехи в этой области сосредоточены в гиппокампе, но в будущем, вероятно, мы научимся подавать сообщения и в другие части мозга, отвечающие за слух, зрение, тактильные ощущения и т. п. Работы еще много, ученые только начинают картировать участки коры, отвечающие за эти чувства. Когда карты коры будут составлены – как уже существующая карта гиппокампа, о которой мы поговорим в следующей главе, – появится возможность вводить в чужой мозг слова, мысли, воспоминания и переживания.

Доктор Николелис пишет: «Не исключено, что следующие поколения людей в самом деле овладеют навыками, технологиями и этикой, необходимыми для создания функционирующего брейн-нета – среды, посредством которой миллиарды человеческих существ смогут по взаимному согласию устанавливать прямой контакт с другими людьми исключительно мысленным усилием. Каким будет этот колосс коллективного сознания, как он будет выглядеть, ощущаться, что делать, ни я и никто другой в настоящее время не в состоянии ни представить себе, ни описать».

Брейн-нет и цивилизация

Брейн-нет сможет изменить путь развития цивилизации. Каждый раз с появлением новой системы связи необратимо ускорялись изменения в обществе, можно сказать, менялись эры в истории человечества. В доисторические

времена наши предки тысячи лет кочевали небольшими группами, общаясь с сородичами посредством языка тела и невнятными восклицаниями. Появление вербального языка позволило передавать символы и сложные идеи, результатом чего стал переход к оседлости, появление деревень, а со временем и городов. В последние несколько тысяч лет письменный язык позволил собирать знания и культуру и передавать все от поколения к поколению; результат – расцвет науки, искусства, архитектуры и возникновение громадных империй. Появление телефона, радио и телевидения расширило возможности связи на целые материки. Сегодня Интернет делает возможным появление всепланетной цивилизации, которая свяжет воедино народы всего мира. Следующим гигантским шагом может стать планетарная сеть – брейн-нет, – в которой можно будет на глобальном уровне обмениваться полным спектром чувств, эмоций, воспоминаний и мыслей.

«Мы станем частью их операционной системы»

В ходе разговора доктор Николелис рассказал, что интерес к науке возник у него давным-давно, еще в детстве, в родной Бразилии. Он помнит, как смотрел прямую трансляцию высадки на Луну с Apollo, захватившую внимание всего мира. Это было поразительное достижение. А сегодня, сказал он, речь идет о его собственной «лунной миссии» – освоении телекинеза, или способности двигать объекты силой мысли.

Мозг и его тайны заинтересовали юного бразильца еще в школе, когда ему попалась книга Айзека Азимова «Человеческий мозг». Конец книги, правда, разочаровал. Вообще, в ней ничего не говорилось о том, как все эти структуры взаимодействуют между собой и порождают сознание (тогда никто не знал ответа на этот вопрос). В какой-то момент юноша понял, что, возможно, это его судьба – разобраться в тайнах мозга.

Около десяти лет назад он начал всерьез обдумывать планы, связанные с воплощением детской мечты – исследованием мозга. Для начала он использовал мышь, которой передал управление неким механическим устройством. «Мы поместили в череп мыши датчики, задачей которых было считывать с мозга электрические сигналы. Затем передали эти сигналы на небольшое роботизированное устройство, способное поднимать воду из фонтана ко рту

мыши. Так что мыши пришлось, чтобы достать воды, научиться мысленно двигать роботизированным устройством. Так впервые была продемонстрирована возможность подсоединить животное к машине таким образом, чтобы оно могло управлять машиной мысленно, без реальных движений тела», – объяснил он.

Сегодня он может анализировать не пятьдесят, а около тысячи нейронов в мозгу обезьяны; эти нейроны воспроизводят различные движения в разных частях обезьяньего тела. Его обезьяна может управлять различными устройствами, такими как механическая рука или виртуальные образы в киберпространстве. «У нас есть даже аватар обезьяны, и она может управлять им, не двигаясь с места», – рассказал Николелис. Для этого обезьяне показывают видеозапись аватара, представляющего ее тело. После этого обезьяна мысленно приказывает телу двигаться, и аватар на экране выполняет ее движения.

Николелис предвидит, что в ближайшем будущем мы сможем играть в видеоигры, а также управлять компьютерами и другими устройствами силой мысли. «Мы станем частью их операционной системы. Мы погрузимся в них при помощи механизмов, очень похожих на те, что я здесь описываю».

Экзоскелеты

Следующий проект доктора Николелиса называется «Пойти снова». Его цель – не более и не менее чем полный экзоскелет для тела, управляемый мыслью. При первом упоминании слово «экзоскелет» вызывает ассоциации с какими-то штуками из фильмов про Железного человека. На самом же деле это специальный костюм с электромоторами, надеваемый на тело, при помощи которого человек сможет двигаться. Николелис называет такой костюм «носимым роботом» (рис. 10).

По его словам, он ставит перед собой цель помочь парализованным людям научиться «ходить силой мысли». Он планирует использовать беспроводную технологию, «чтобы ничего из головы не торчало… Мы собираемся поручить 20 000–30 000 нейронов управление таким роботизированным костюмом, чтобы человек с помощью мысли мог шагать, как прежде, а также двигаться и брать руками объекты.

Николелис понимает, что, прежде чем экзоскелет станет реальностью, придется преодолеть множество препятствий. Во-первых, необходимо разработать новое поколение микросхем, которые можно будет безопасно устанавливать непосредственно в мозг и оставлять там по крайней мере на несколько лет. Во-вторых, необходимо сконструировать беспроводные датчики, чтобы экзоскелету ничто не мешало двигаться. Сигналы от мозга станут поступать по беспроводной связи в компьютер размером с сотовый телефон, который, вероятно, нужно будет носить на поясе. В-третьих, нужно еще многое сделать для расшифровки и интерпретации сигналов мозга при помощи компьютера. Обезьяне, чтобы управлять механической рукой, достаточно нескольких сотен нейронов. Человеку для управления рукой или ногой потребуется их несколько тысяч. И, в-четвертых, необходимо найти источник энергии, который был бы портативным и притом достаточно мощным, чтобы обеспечивать электропитанием целый экзоскелет.

Николелис ставит перед собой сложную цель: подготовить действующий экзоскелет к чемпионату мира 2014 г. в Бразилии, где парализованный бразилец смог бы нанести первый символический удар по мячу. Он с гордостью сказал мне: «Это наша бразильская лунная программа».

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, купив полную легальную версию (http://www.litres.ru/mitio-kaku/buduschee-razuma/) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.

notes

Сноски

1

Чтобы убедиться в этом, определим «сложность» через общее количество хранимой информации. Ближайшим соперником нашего мозга может считаться ДНК, т. е. информация, в ней содержащаяся. В нашей ДНК три миллиарда пар оснований, причем каждая из них содержит один из четырех нуклеотидов (обозначаемых как A, T, C, G). Таким образом, полное количество информации, которое может содержаться в ДНК человека, равно четырем в степени три миллиарда. Но мозг с его 100 млрд нейронов, каждый из которых может либо сработать, либо нет, вмещает гораздо больше информации. Следовательно, у мозга существует два в степени 100 млрд возможных начальных состояний. Но ДНК статична, а состояние мозга меняется каждые несколько миллисекунд. Простая мысль может включать в себя около 100 поколений нейронных срабатываний. Следовательно, два в степени 100 млрд нужно возвести еще в сотую степень (число последовательных срабатываний в одной мысли). Но нейроны мозга работают постоянно, днем и ночью, так что количество мыслей, способных уместиться в N поколений, составляет два в степени 100 млрд в степени N – поистине астрономическое число. Таким образом, количество информации, которую может вместить человеческий мозг, намного превышает количество информации, содержащееся в ДНК. Более того, наш мозг – самое емкое вместилище информации в Солнечной системе и, возможно, в нашем секторе Галактики. – Прим. авт.

2

Френолог – специалист по френологии – науке, согласно которой характер и способности человека обусловлены строением его черепа. – Прим. ред.

3

Тринадцатый президент США. – Прим. ред.

4

Холистика (от греч. «холос») – цельный, полный, а также здоровье, оздоровление и гармония – философское направление, которое рассматривает тело и дух в безупречной гармонии между собой и окружающей средой. – Прим. ред.

5

Юрист по-английски lawer (лойер). – Прим. пер.

6

Сознание уровня II можно определить по числу различных обратных связей при взаимодействии животного с другими животными того же вида. Нужно перемножить число животных в стае (за исключением исследуемого экземпляра) и число различных эмоций или жестов, которыми эти животные пользуются при взаимодействии друг с другом. Это, конечно, всего лишь грубая оценка.

Так, дикие кошки – общественные животные, но охотятся в одиночку, поэтому на первый взгляд число животных в стае равно единице. Но это верно только во время охоты. Когда приходит время продолжения рода, кошки начинают сложный ритуал ухаживания, так что при определении уровня сознания это

тоже надо учитывать.

Более того, после рождения котят, которых нужно кормить и обихаживать, число социальных взаимодействий еще возрастает. Так что даже одинокий охотник не одинок, если разобраться, и число различных обратных связей у него может быть значительным.

Точно так же, если, например, число волков в стае уменьшается, то, судя по всему, снижается и уровень сознания (или, по крайней мере, характеризующее его число). Чтобы учесть это, следует ввести понятие среднего числа уровня II для вида, а также индивидуального числа сознания уровня II для отдельного животного.

Если стая уменьшится, то среднее число уровня II для всего вида не изменится, но изменятся соответствующие числа для отдельных, входящих в эту стаю животных (поскольку они отражают индивидуальную ментальную деятельность и сознание).

В приложении к человеку среднее число уровня II должно учитывать число Данбара, равное 150 и представляющее примерное число людей в той социальной группе, в которой мы вращаемся. Так что число уровня II для человека как вида будет равняться числу различных эмоций и жестов, которые мы используем при общении, умноженному на 150. (У отдельных людей могут быть разные числа сознания уровня II, поскольку круг знакомых и способы общения могут меняться очень значительно.)

Следует также отметить, что некоторые организмы уровня I (например, насекомые и пресмыкающиеся) могут демонстрировать социальное поведение. Муравьи обмениваются информацией при помощи запахов, а пчелы танцуют, объясняя другим пчелам, где находятся заросли цветов. У пресмыкающихся даже есть примитивная лимбическая система. Но они, как правило, не проявляют эмоций. – Прим. авт.

В нашей литературе принят термин «модель психического состояния человека». – Прим. ред.

8

Зона 51 – удаленное подразделение военно-воздушной базы Эдвардс, где, согласно официальным данным, разрабатываются экспериментальные летательные аппараты и системы вооружения. – Прим. ред.

9

Около г. Розуэлл в штате Нью-Мексико в июле 1947 г. произошло, как предполагают, крушение НЛО. Согласно официальной версии, обнаруженный объект был метеозондом. – Прим. ред.

Купить: https://tellnovel.com/ru/mitio-kaku/buduschee-razuma-kupit

Текст предоставлен ООО «ИТ»
Прочитайте эту книгу целиком, купив полную легальную версию: Купить