

*Посвящается Авроре,
которая родилась в этом году,
а также всем взрослым,
которые когда-то были детьми.*

Прежде всего хорошо изучите ваших воспитанников, ибо вы решительно их не знаете.

Жан-Жак Руссо, «Эмил, или О воспитании» (1762)

Странный и удивительный факт: мы изучили каждый сантиметр человеческого тела, составили каталог всех животных, населяющих нашу планету, дали описание и придумали название каждой травинке, но веками довольствовались эмпирическим подходом к психологии, как будто она менее важна, чем искусство лекаря, животновода или фермера.

Жан Пиаже, «Современная педагогика» (1949)

Если мы не знаем, как мы учимся, откуда нам знать, как преподавать?

Л. Рафаэль Райф, ректор Массачусетского технологического института (23 марта 2017)

Содержание

Введение	11
Часть I	
ЧТО ТАКОЕ НАУЧЕНИЕ?	29
ГЛАВА 1. Семь определений научения	32
ГЛАВА 2. Почему наш мозг учится лучше, чем существующие машины	55
Часть II	
КАК УЧИТСЯ НАШ МОЗГ	77
ГЛАВА 3. Невидимые знания младенцев	81
ГЛАВА 4. Рождение мозга	97
ГЛАВА 5. Роль окружающей среды	111
ГЛАВА 6. Нейронный рециклинг	148
ЧАСТЬ III	
ЧЕТЫРЕ СТОЛПА НАУЧЕНИЯ	173
ГЛАВА 7. Внимание	177
ГЛАВА 8. Активное вовлечение	208
ГЛАВА 9. Обратная связь	229

ГЛАВА 10. Консолидация	252
ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Нейробиология в образовании	267
Благодарности	275
Библиография	277
Перечень иллюстраций	315
Примечания	321
Алфавитный указатель	339

ВВЕДЕНИЕ

В СЕНТЯБРЕ 2009 ГОДА Я ПОЗНАКОМИЛСЯ С ОДНИМ УДИВИТЕЛЬНЫМ РЕБЕНКОМ.

Именно он заставил меня в корне пересмотреть мои представления о научении. Я был в огромном белом здании, вдохновленном архитектурой Оскара Нимейера*, — Неврологическом реабилитационном центре имени Сары Кубичек в Бразилии, с которым моя лаборатория сотрудничала уже около десяти лет. Директор, Лючия Брага, отвела меня к одному из пациентов — семилетнему мальчику Фелипе, который пролежал на больничной койке больше половины своей жизни. В возрасте четырех лет его ранили на улице — к сожалению, это не такое уж редкое событие в Бразилии. Шальная пуля повредила спинной мозг и уничтожила зрительные центры в головном мозге. В результате малыш полностью утратил подвижность и ослеп. Чтобы ему было легче дышать, врачи проделали в его трахее — у самого основания шеи — небольшое отверстие. Вот уже три года Фелипе жил в больничной палате, запертый в тюрьме собственного неподвижного тела.

Помню, как, идя по коридору, я мысленно приготовился увидеть несчастного, искалеченного ребенка. А потом я увидел... Фелипе, такого же очаровательного маленького мальчика, как и все семилетние дети: разговорчивого, жизнерадостного и любознательного. Он свободно говорил на английском языке и задал мне несколько каверзных вопросов о французских словах. Оказывается, ему всегда нравились языки, и он никогда

* Оскар Рибейру ди Алмейда ди Нимейер Суарис Филью (1907–2012) — латиноамериканский архитектор XX века, один из основателей современной школы бразильской архитектуры. (Прим. перев.)

не упускал возможности пополнить свой словарный запас (малыш владел тремя языками: португальским, английским и испанским). Хотя Фелипе был слеп и прикован к постели, он нашел спасение в воображении и сочинял чудесные истории. Персонал больницы активно поддерживал его увлечение и всячески старался ему помочь. Через несколько месяцев Фелипе научился диктовать свои рассказы помощнику, а позже стал записывать их самостоятельно — с помощью специальной клавиатуры, подключенной к компьютеру и звуковой карте. Педиатры и логопеды по очереди дежурили у детской кроватки, превращая его сочинения в настоящие тактильные книги с рельефными иллюстрациями. Я видел, как он гордо перелистывает их пальчиками, используя те крохи осязания, которые у него остались. Его истории повествуют о героях и героинях, горах и озерах, которые он никогда не увидит, но о которых мечтает, как любой маленький мальчик.

Встреча с Фелипе глубоко тронула меня, а также убедила внимательнее присмотреться к тому, что, вероятно, следует считать величайшим талантом нашего мозга: способности учиться. Фелипе — ребенок, само существование которого бросает вызов нейронауке. Как когнитивные способности нашего мозга умудряются противостоять столь радикальному изменению среды? Почему мы с Фелипе можем мыслить схожим образом, хотя наш сенсорный опыт в корне различен? Как разные люди приходят к одним и тем же понятиям, почти независимо от того, как и когда происходит их усвоение?

Многие нейробиологи — убежденные эмпирики: вслед за английским философом эпохи Просвещения Джоном Локком (1632–1704) они настаивают, что мозг черпает все свои знания из внешнего мира. С этой точки зрения главным свойством корковых нейронных сетей* должна быть пластичность, возможность адаптироваться к входным сигналам. И действительно, нервные клетки обладают поразительной способностью регулировать свои синапсы в ответ на поступающие импульсы. Однако будь это главным драйвером работы мозга, мой маленький Фелипе, лишенный постоянного притока зрительных и моторных сигналов, неизбежно стал

* В современной переводной литературе английский термин *circuit* переводится по-разному — «сеть», «цепь», «связь», «ансамбль», «контур», «комплекс», «система», «путь» и пр., хотя для всех этих структур в английском языке существуют свои термины. В настоящей книге мы будем использовать вариант «нейронная сеть», понимая под ней совокупность живых нейронов, соединенных друг с другом через синапсы и выполняющих общую функцию. (Прим. перев.)

бы весьма ограниченной личностью. Каким же чудом ему удалось развить совершенно нормальные когнитивные способности?

Случай Фелипе отнюдь не уникален. Всем известна история Хелен Келлер (1880–1968) и Мари Эртен (1885–1921): первая потеряла зрение и слух в младенчестве, вторая родилась глухой и слепой. Тем не менее спустя годы мучительной социальной изоляции обе освоили язык жестов и в конце концов стали блестящими мыслителями и писательницами¹. На страницах этой книги мы познакомимся со многими людьми, которые, я надеюсь, радикально изменят и ваши взгляды на научение. Один из них — выдающийся математик Эммануэль Жиру, потерявший зрение в одиннадцать лет. Перефразируя слова Лиса из «Маленького принца» Антуана де Сент-Экзюпери (1943), Жиру уверенно заявляет: «В геометрии самого главного глазами не увидишь. Зорек один лишь разум». Но как этот слепой человек вообще ориентируется в абстрактных пространствах алгебраической геометрии и так легко манипулирует плоскостями, сферами и объемами, хотя даже не видит их? В ходе исследований мы выясним, что Эммануэль использует те же самые нейронные сети, что и другие математики, но его зрительная кора, вместо того чтобы оставаться неактивной, переквалифицировалась на решение задач.

Я также познакомлю вас с Нико — молодым художником, который, посетив музей Мармоттан в Париже, создал отличную копию знаменитой картины Моне «Впечатление. Восходящее солнце» (см. цветную иллюстрацию 1). Что же в этом такого исключительного, спросите вы. Ничего, лишь тот факт, что у Нико всего одно полушарие, левое, — правое было почти целиком удалено в возрасте трех лет! В итоге мозг Нико втиснул все свои таланты в оставшуюся половину: не только речь, письмо и чтение, как у обычных людей, но и рисование, которое обычно считается функцией правого полушария, а также компьютерные науки и даже фехтование на инвалидных колясках — вид спорта, в котором Нико получил звание чемпиона Испании. Забудьте все, что вам говорили о разделении обязанностей между полушариями: жизнь Нико доказывает, что любой человек без правого полушария может стать креативным и талантливым художником! Нейропластичность воистину творит чудеса.

Мы посетим печально известные детские дома Бухареста, где дети с рождения не получали практически никакого внимания — однако же годы спустя школьный опыт некоторых из них (преимущественно усыновленных до года или двух) оказался близок к нормальному.

Все эти примеры иллюстрируют необычайную гибкость человеческого мозга: даже такие тяжелые травмы, как слепота, потеря полушария и социальная изоляция, не могут лишить нас возможности учиться. Речь, чтение, математика, художественное творчество — все эти уникальные таланты человека, которыми не обладает ни один другой примат, успешно противостоят обширным повреждениям, включая удаление целого полушария, потерю зрения или утрату двигательных навыков. Поскольку научение — жизненно важный процесс, человеческий мозг наделен невероятной пластичностью — способностью к самоизменению, приспособлению. Тем не менее в некоторых случаях процесс научения буквально останавливается и не приводит к позитивным изменениям. Возьмем чистую алексию, неспособность прочесть ни единого слова. Я лично обследовал нескольких таких взрослых: все они прекрасно умели читать, но после инсульта, затронувшего крошечную область их мозга, утратили способность расшифровывать даже такие простые слова, как «дом» или «кот». Помню, среди них была умнейшая женщина — преданная поклонница французской газеты *Le Monde*. Она говорила на трех языках и была глубоко опечалена тем фактом, что отныне для нее любая газетная страница выглядит как китайская грамота. Несмотря на последствия перенесенного инсульта, женщина решила во что бы то ни стало научиться читать заново. И все же спустя два года усиленных тренировок ее навыки чтения по-прежнему остались на уровне детского сада: ей требовалось несколько секунд, чтобы прочесть одно слово, буква за буквой, и она спотыкалась на каждом слове. Почему она не могла научиться? И почему некоторые дети, страдающие дислексией, дискалькулией или диспраксией, не в состоянии овладеть навыками чтения, счета или письма, хотя другим они даются так легко?

Пластичность мозга капризна. Иногда она действительно позволяет преодолеть огромные трудности. А иногда дети и взрослые — умные и в высшей степени мотивированные — сохраняют мучительные нарушения на всю жизнь. Зависит ли это от конкретных нейронных сетей? Снижается ли пластичность с возрастом? Можно ли ее восстановить? Какие законы ею управляют? Чем обусловлена поразительная эффективность мозга с рождения и на протяжении всего детства? Какие алгоритмы позволяют нашим нейронным сетям формировать представления о мире? Поможет ли понимание принципов их действия учиться

быстрее и лучше? Могут ли они вдохновить нас на создание более «умных» машин, искусственного интеллекта, который будет имитировать работу человеческого мозга или даже превзойдет его? На эти и другие вопросы я попытаюсь дать ответ в данной книге. В ее основу положен междисциплинарный подход: во всех наших рассуждениях мы прежде всего будем опираться на последние научные открытия в самых разных областях знаний: в когнитивистике, нейробиологии, в сфере искусственного интеллекта и педагогики.

ЗАЧЕМ УЧИТЬСЯ?

Почему мы вообще должны учиться? Сам факт того, что мы наделены способностью получать знания, вызывает вопросы. Разве не было бы лучше, если бы дети могли говорить и думать с самого первого дня, подобно Афине, которая, согласно легенде, появилась на свет из головы Зевса уже взрослой, в полном вооружении и, едва «роды» закончились, испустила боевой клич? Почему мы не рождаемся уже подготовленными, с предварительно загруженными поведенческими программами и знаниями, необходимыми для выживания? Разве в дарвиновской борьбе за жизнь у животного, которое рождается зрелым и обладает более обширными знаниями, чем другие, не больше шансов победить и распространить свои гены? Зачем эволюции понадобилось изобретать научение?

Я отвечу так: предварительное программирование мозга и невозможно, и нежелательно. Невозможно? Но почему? Хотя бы потому, что для подробного кодирования всех наших знаний человеческой ДНК просто не хватило бы емкости. Наши двадцать три пары хромосом содержат три миллиарда пар «букв» А, С, G, Т — молекул аденина, цитозина, гуанина и тимина. Сколько информации они несут? Информация измеряется в битах, которые могут иметь два значения: 1 или 0. Поскольку каждая из четырех букв генома кодирует два бита (мы можем записать их как 00, 01, 10 и 11), наша ДНК содержит в общей сложности шесть миллиардов битов. Однако, как вы помните, в современных компьютерах мы считаем информацию байтами — последовательностями из восьми битов. Следовательно, человеческий геном можно свести примерно к 750 мегабайтам. Это емкость старомодного компакт-диска или небольшого USB-накопителя! И это при том, что в своих расчетах мы не учитывали многочисленные повторения, которыми изобилует наша ДНК.