Посвящается моей матери Шейле

RULE OF THE ROBOTS

How Artificial Intelligence Will Transform Everything

Martin Ford

BASIC BOOKS
New York

Мартин Форд

ВЛАСТЬ РОБОТОВ

Как подготовиться к неизбежному

Перевод с английского

Москва
2022

АНО
АЛЬПИНА НОН-ФИКШН

УДК 004.8
ББК 16.6
Ф79

В книге упоминаются социальные сети Instagram и/или Facebook, принадлежащие компании Meta Platforms Inc., деятельность которой по реализации соответствующих продуктов на территории Российской Федерации запрещена.

Переводчик Наталья Колпакова
Научный редактор Александр Каплан, д-р биол. наук
Редактор Вячеслав Ионов

Форд М.

Ф79 Власть роботов: Как подготовиться к неизбежному / Мартин Форд ; Пер. с англ. — М. : Альпина нон-фикшн, 2022. — 326 с.

ISBN 978-5-00139-568-3

Искусственный интеллект (ИИ) уже прочно вошел в нашу жизнь, однако Мартин Форд утверждает, что настоящая революция еще впереди. В этой книге он очерчивает свое представление о будущем ИИ. С одной стороны, эта технология видится ему как мощный общедоступный ресурс, что-то вроде нового электрического тока, который в конечном счете преобразит практически все области экономики, общественной жизни и культуры. С другой, ИИ несет с собой реальные опасности как для отдельных людей, так и для общества в целом. Он делает возможным появление дипфейков, способных ввергнуть в хаос общество, порождает беспрецедентные механизмы социального контроля и может быть совершенно необъективным. Такую технологию нельзя принимать слепо и бездумно, и эта книга должна помочь человечеству подготовиться к грядущему — верно понять происходящее, отделить сенсации от реальности и найти оптимальные способы обеспечения процветания каждого из нас и всего общества в целом.

УДК 004.8
ББК 16.6

Все права защищены. Никакая часть этой книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами, включая размещение в сети интернет и в корпоративных сетях, а также запись в память ЭВМ для частного или публичного использования, без письменного разрешения владельца авторских прав. По вопросу организации доступа к электронной библиотеке издательства обращайтесь по адресу mylib@alpina.ru

ISBN 978-5-00139-568-3 (рус.)
ISBN 978-1-5416-7473-8 (англ.)

© Martin Ford, 2021
© Издание на русском языке, перевод, оформление. ООО «Альпина нон-фикшн», 2022

Оглавление

Глава 1 Подрывное изменение близко..... 7

Глава 2 ИИ как новое электричество 19

Глава 3 Отделяем хайп: реалистичный взгляд на искусственный интеллект как на общедоступный ресурс 41

Глава 4 В поисках путей создания интеллектуальных машин 107

Глава 5 Глубокое обучение и будущее искусственного интеллекта 125

Глава 6 Ликвидация рабочих мест и экономические последствия внедрения ИИ 179

Глава 7 Китай и появление государства тотального ИИ-надзора 221

Глава 8 Риски, сопутствующие ИИ..... 255

Заключение. ИИ: два варианта будущего.....289

Благодарности 295
Примечания.....296
Предметно-именной указатель.....320
Об авторе 324

ГЛАВА 1

Подрывное изменение близко

Тридцатого ноября 2020 года лондонская компания DeepMind, специализирующаяся в области искусственного интеллекта, — она принадлежит холдингу Alphabet, в который входит Google, — объявила об ошеломляющем, возможно эпохальном, прорыве. Речь шла об инновации в области вычислительной биологии, которая способна полностью преобразить сферу естественных наук и медицины. Компании удалось с помощью глубокой нейронной сети предсказать конечную структуру синтезируемой в живой клетке молекулы белка, исходя из генетического кода. Это событие стало итогом полувекового научного поиска и ознаменовало появление технологии, которая сулит нам беспрецедентное проникновение в тайны жизни, а также наступление новой эпохи инноваций в области медицины и фармакологии[1].

Молекулы белка — это длинные цепочки, звеньями которых являются 20 аминокислот. Гены, участки ДНК, задают точную последовательность аминокислот, составляющих молекулу белка, фактически рецепт ее изготовления. Однако этот генетический рецепт не оговаривает форму молекулы, которая имеет решающее значение для ее функционирова-

ния. Форма является результатом автоматического сворачивания молекулы в чрезвычайно сложную трехмерную структуру в течение нескольких миллисекунд после ее синтеза в клетке[2].

Предсказание трехмерной конфигурации, которую примет молекула белка, — одна из самых грандиозных научных проблем. Число возможных вариантов структуры практически бесконечно. Ученые посвящали решению этой задачи всю свою профессиональную жизнь, но результаты их совместных усилий были скромными. DeepMind использует технологию ИИ, впервые примененную компанией в системах AlphaGo и AlphaZero, известных триумфальными победами над людьми — лучшими в мире игроками в такие настольные игры, как го и шахматы. Очевидно, однако, что эпоха, когда ИИ ассоциировался главным образом с играми, близится к концу. Способность AlphaFold предсказывать структуру белков с точностью, не уступающей дорогостоящим и кропотливым лабораторным измерениям с использованием таких методов, как рентгеноструктурный анализ, — неоспоримое свидетельство того, что исследования в сфере искусственного интеллекта привели к появлению научного инструмента, способного преобразовать мир.

Этот прорыв произошел в то время, когда на Земле практически не осталось людей, не видевших изображения печально известной белковой молекулы, функция которой предопределяется ее трехмерной структурой. Речь идет о спайковом белке коронавируса, своего рода стыковочном механизме, посредством которого вирус прикрепляется к клетке и заражает ее. Научный прорыв DeepMind дарит надежду, что к следующей пандемии мы будем подготовлены значительно лучше. Одно из возможных применений системы — быстрый перебор существующих лекарственных средств в поисках наиболее эффективных против нового вируса. Благодаря этому действенное лечение будет доступно на самых ранних ста-

диях вспышки заболевания. Помимо прочего, технология DeepMind открывает перед нами целый ряд возможностей, среди которых разработка новейших лекарств и более глубокое понимание причин появления ошибок при формировании структуры белка — сбоев, связанных с такими недугами, как диабет, болезнь Альцгеймера и болезнь Паркинсона. Когда-нибудь эта технология найдет применение и в других сферах, например, поможет создать микробов, способных разлагать отходы вроде пластика или нефти[3]. Иными словами, эта инновация способна ускорить прогресс практически в любой области биохимии и медицины.

За последнее десятилетие разработчики искусственного интеллекта добились революционного прорыва и стали предлагать все больше практических решений, преобразующих мир вокруг нас. Главным ускорителем прогресса является «глубокое обучение» — метод машинного обучения на основе использования многослойных нейронных сетей наподобие той, что применила DeepMind. Базовые принципы работы глубоких нейронных сетей известны уже не одно десятилетие, но последние поразительные достижения обусловлены сочетанием двух тенденций в развитии информационных технологий. Во-первых, это появление несоизмеримо более мощных компьютеров, которые впервые позволили превратить нейронные сети в действительно эффективные инструменты. Во-вторых, это накопление колоссальных массивов данных в сегодняшней информационной экономике, которые критически важны для обучения нейронных сетей выполнению полезных задач. Действительно, доступность данных в масштабе прежде немыслимом — это, пожалуй, определяющий фактор нынешнего колоссального прогресса. Глубокие нейронные сети вбирают в себя и используют данные во многом так же, как синий кит, который питается крилем: он заглатывает огромное количество организмов в отдельности незначительных, но в сумме дающих энергию для поддержания жизни огромного организма.

По мере того как искусственный интеллект успешно проникает во все новые сферы, становится очевидным его превращение в технологию уникальной значимости. Например, в некоторых областях медицины приложения для диагностики на основе ИИ уже не уступают в точности лучшим докторам или даже превосходят их. Подлинный потенциал подобной инновации не сводится к ее способности переиграть какое-нибудь мировое светило, он, скорее, связан с легкостью масштабирования интеллекта, заключенного в этой технологии. В скором времени знания высококлассных врачей-диагностов будут за скромную плату распространяться через интернет по всему миру и станут доступными даже в регионах, где люди практически лишены возможности обратиться к обычному врачу, не говоря уже о лучших в мире специалистах.

Представьте теперь, что мы возьмем какую-нибудь чрезвычайно специфическую инновацию — скажем, диагностическую систему на основе ИИ или подрывную технологию DeepMind по моделированию белковой структуры — и умножим ее на практически неограниченное число приложений в других областях, от медицины до естествознания, промышленности, транспорта, энергетики, управления и любой другой сферы человеческой деятельности. В результате мы получим новый, уникальный по своим возможностям общедоступный ресурс — по сути, «интеллектуальное электричество». Гибкий ресурс, способный одним щелчком переключателя направить интеллектуальный потенциал практически на любую стоящую перед нами проблему! В конечном счете он научится не только анализировать данные и принимать решения, но и решать сложные задачи и даже проявлять креативность.

Цель этой книги — изучение будущего развития искусственного интеллекта, рассматривая его не как инновацию, а как обладающую уникальной масштабируемостью и потен-

циально подрывную технологию — мощный новый общедоступный ресурс, готовый совершить трансформацию, в перспективе более значимую, чем овладение электричеством. Аргументы и объяснения, которые я буду приводить на этих страницах, опираются по большей части на три составляющие моего профессионального опыта.

Во-первых, после выхода в 2015 году в свет моей книги «Роботы наступают: Развитие технологий и будущее без работы»* я выступил с докладом о последствиях появления искусственного интеллекта и роботов на десятках технологических конференций, региональных собраний, а также корпоративных и академических мероприятий. Я побывал более чем в 30 странах и имел возможность посещать исследовательские лаборатории, присутствовать на демонстрации революционных технологий и участвовать в дебатах о перспективах разворачивающейся революции искусственного интеллекта с техническими экспертами, экономистами, руководителями предприятий, инвесторами и политиками, а также неспециалистами, которые видят происходящие изменения и начинают из-за них беспокоиться.

Во-вторых, в 2017 году я начал работать с командой из французского банка Société Générale над созданием фондового индекса, который позволил бы инвесторам извлекать непосредственную выгоду из революции в области искусственного интеллекта и робототехники. В качестве эксперта-консультанта я участвовал в выработке стратегии на основе понимания ИИ как нового мощного общедоступного ресурса, создающего стоимость и являющегося источником трансформации бизнеса в широком комплексе отраслей. В результате появился индекс Société Générale Rise of Robots, а потом Lyxor Robotics и AI ETF[4] (биржевой индексный фонд) на основе этого индекса.

---

* Форд М. Роботы наступают: Развитие технологий и будущее без работы. — М.: Альпина нон-фикшн, 2019.

Наконец, на протяжении 2018 года я имел возможность обсудить широкий круг вопросов с 23 ведущими мировыми исследователями ИИ и предпринимателями в области искусственного интеллекта. Это настоящие Эйнштейны в своей сфере — четверо из них удостоились премии Тьюринга, эквивалента Нобелевской премии в области компьютерных наук. Наши беседы, посвященные будущему искусственного интеллекта, а также рискам, сопутствующим прогрессу, собраны в моей книге «Архитекторы интеллекта: Вся правда об искусственном интеллекте от его создателей»*, изданной в США в 2018 году. Я активно использовал эту уникальную возможность, чтобы узнать, о чем думают выдающиеся умы в области ИИ, и содержание этой книги в значительной степени опирается на их идеи и прогнозы.

Представление искусственного интеллекта как нового электричества — хорошая модель для рассуждений о дальнейшем развитии этой технологии, которая в конечном счете затронет практически все области экономики, общественной жизни и культуры. Следует, однако, сделать одну существенную оговорку. Электричество обычно рассматривается как однозначно полезная сила. Пожалуй, трудно отыскать в развитой стране человека — исключая разве что самых убежденных отшельников, — имеющего основания жаловаться на электрификацию. Искусственный интеллект — иное дело: у него есть темная сторона, и ему сопутствуют реальные опасности как для отдельных людей, так и для общества в целом.

Постоянно развивающийся искусственный интеллект способен совершить на рынке труда и в экономике в целом переворот беспрецедентного масштаба. Практически любую работу, рутинную и предсказуемую по своему характеру, иными словами, почти любые профессиональные обязанности,

---

* Форд М. Архитекторы интеллекта: Вся правда об искусственном интеллекте от его создателей. — СПб.: Питер, 2020.

исполнитель которых постоянно решает одни и те же задачи, можно полностью или частично автоматизировать. Исследования показали, что до половины работающих американцев заняты подобной предсказуемой деятельностью и в одних только Соединенных Штатах могут со временем исчезнуть десятки миллионов рабочих мест[5]. Удар будет нанесен не только по низкооплачиваемым неквалифицированным работникам. Многие администраторы и специалисты также выполняют относительно рутинные обязанности. Особенно высок риск автоматизации предсказуемой интеллектуальной деятельности, поскольку ее может выполнять программное обеспечение. В отличие от этого, для ручного труда нужен дорогостоящий робот.

Вопрос влияния автоматизации на трудовые ресурсы остается дискуссионным. Будет ли создано достаточно новых рабочих мест в тех сферах, автоматизация которых невозможна, чтобы поглотить трудящихся, теряющих работу рутинного характера? Если да, то хватит ли у этих трудящихся умений, способностей и личностных качеств, чтобы успешно перейти на вновь созданные рабочие места? Едва ли большинство бывших водителей грузовиков или работников предприятий быстрого питания смогут стать инженерами-робототехниками — или, если уж на то пошло, специалистами по уходу за престарелыми. На мой взгляд, который я изложил в книге «Роботы наступают», значительной доле нашего трудоспособного населения в конечном счете грозит опасность остаться за бортом из-за развития ИИ и робототехники. Кроме того, как мы скоро увидим, есть все основания предполагать, что пандемия коронавируса и связанный с ней экономический спад ускорят воздействие искусственного интеллекта на рынок труда.

Даже если не рассматривать полное исчезновение рабочих мест вследствие автоматизации, то технологии уже влияют на рынок труда в других отношениях, которые должны встрево-

жить нас. Существует опасность того, что на рабочие места, традиционно занимаемые представителями среднего класса, станут требоваться менее квалифицированные исполнители. Низкооплачиваемый работник, слабая подготовка которого компенсируется технологиями, сможет занять должность, которая прежде предполагала более высокий размер оплаты труда. Люди все чаще трудятся под контролем алгоритмов, которые следят за работой или задают ее темп, фактически превращая их в виртуальных роботов. Многие новые рабочие места создаются в гиг-экономике, в условиях которой трудящиеся обычно имеют непредсказуемый режим работы и доходы. Все это усиливает неравенство и в будущем может обернуться унижающими человеческое достоинство условиями труда для все большей доли работников.

Помимо негативного влияния на рынок труда и экономику, развитие искусственного интеллекта повлечет за собой множество других неприятных последствий. Наиболее явная из них — угроза нашей безопасности в целом. Имеются в виду кибератаки с использованием ИИ на физическую инфраструктуру и важнейшие системы, которые все в большей степени становятся взаимосвязанными, а также угрозы демократическому процессу и общественному устройству. Приписываемое России вмешательство в президентские выборы 2016 года является относительно безобидной демонстрацией того, что может ждать нас в будущем. Искусственный интеллект со временем способен стать источником еще более совершенных «фейковых новостей», поскольку позволяет фабриковать фотографии, аудио- и видеозаписи, практически неотличимые от настоящих, а армии по-настоящему продвинутых ботов когда-нибудь оккупируют социальные сети, будут сеять смуту и, потенциально, формировать общественное мнение.

В мире — особенно в Китае — системы слежения, использующие распознавание лиц и другие технологии на основе ИИ, применяются для колоссального увеличения власти и влияния

авторитарных правителей и уничтожения неприкосновенности частной жизни. В Соединенных Штатах были случаи, когда системы распознавания лиц демонстрировали предвзятость по расовому или гендерному признаку, как и алгоритмы, использующиеся для отбора резюме и даже предоставления рекомендаций судьям в системе уголовного правосудия.

Пожалуй, самая пугающая и близкая угроза — это разработка полностью автономного оружия, способного убивать без обязательного участия человека, санкционирующего его применение. Такое оружие в принципе может применяться против целых народов, и от него будет крайне трудно защититься, особенно если оно попадет в руки террористов. Многие представители сообщества исследователей ИИ являются убежденными противниками такого развития событий, и в ООН выдвинута инициатива по запрету подобных систем вооружений.

Не исключено, что в дальнейшем мы столкнемся с еще более серьезной опасностью. Может ли искусственный интеллект представлять экзистенциальную угрозу для человечества? Не создадим ли мы однажды «суперинтеллектуальную» машину — нечто, настолько превосходящее нас, что оно сможет — намеренно или случайно — нанести нам вред? Это, конечно, довольно умозрительное опасение, и данная проблема встанет лишь в случае, если нам когда-нибудь удастся создать действительно разумную машину. Пока это тема научной фантастики. Тем не менее реальный искусственный интеллект человеческого уровня — заветная мечта разработчиков, и немало очень умных людей относятся к этой опасности со всей серьезностью. Такие выдающиеся люди, как Илон Маск и покойный Стивен Хокинг, предупреждали об угрозе выхода ИИ из-под контроля. Маск, например, наделал немало шума в СМИ своим заявлением, что исследования в области искусственного интеллекта — это попытки «вызвать демона» и что «ИИ опаснее ядерного оружия»[6].

С учетом этих обстоятельств возникает вопрос, стоит ли нам открывать ящик Пандоры. Как бы то ни было, человечество не может позволить себе отказаться от искусственного интеллекта. Многократно расширяя наши умственные и творческие возможности, ИИ способствует инновациям практически в каждой области человеческой деятельности. Он позволяет нам ожидать появления новых лекарств и методов лечения, более эффективных источников чистой энергии и множества других важных прорывов. Безусловно, ИИ уничтожит рабочие места, но в то же время сделает более доступными (в ценовом и физическом отношениях) товары и услуги, которые производятся в экономике. По прогнозу консалтинговой фирмы PwC, к 2030 году ИИ добавит в мировую экономику около $15,7 трлн, что особенно необходимо сейчас, когда мы надеемся на восстановление после масштабного экономического кризиса, вызванного пандемией коронавируса[7]. Что, пожалуй, самое важное — искусственный интеллект превратится в незаменимый инструмент, имеющий ключевое значение для решения наших самых сложных проблем, включая изменение климата и деградацию окружающей среды, неизбежную новую пандемию, нехватку энергии и чистой воды, нищету и недоступность образования.

Следует в полной мере использовать потенциал искусственного интеллекта в интересах прогресса — но с открытыми глазами. Риски необходимо устранять. Требуется правовое регулирование и в некоторых случаях запрет определенных видов использования ИИ. Все это должно происходить уже сегодня, потому что будущее наступит значительно раньше, чем мы к нему подготовимся.

Было бы преувеличением утверждать, что эта книга предлагает «дорожную карту» для движения в будущее искусственного интеллекта. Никто не знает, насколько быстро будет развиваться ИИ и как именно использоваться, какие новые компании и отрасли появятся или какие угрозы окажутся

наиболее серьезными. Будущее искусственного интеллекта непредсказуемо, поскольку это подрывная технология. «Дорожной карты» не существует. Нам придется действовать по ситуации. Надеюсь, эта книга поможет подготовиться к грядущему — верно понять происходящую на наших глазах революцию, отделить хайп и погоню за сенсациями от реальности и найти наилучшие способы обеспечения процветания каждому человеку и обществу в целом в будущем, которое мы создаем.

ГЛАВА 2

ИИ как новое электричество

Электричество, которое некогда воспринималось как занимательное явление, пригодное разве что для фокусов и экспериментов на потеху толпы, бесспорно, сформировало современную цивилизацию и обусловило саму возможность ее существования. В мире, где гарантированный доступ к электроснабжению часто воспринимается как данность, легко забыть, каким долгим и трудным было восхождение электричества к своему господствующему положению. Лишь в 1879 году — через 127 лет после знаменитого эксперимента Бенджамина Франклина с воздушным змеем в 1752 году — Томас Эдисон наконец довел до ума свою лампу накаливания. После этого развитие событий ускорилось. В том же году в Великобритании был принят Закон об электрическом освещении Ливерпуля, заложивший основы для устройства первого в стране уличного электрического освещения, а через три года введены в действие электростанции Pearl Street Power Plant в Нью-Йорке и Edison Electric Light Station в Лондоне. Однако к 1925 году была электрифицирована лишь половина домов в Соединенных Штатах. Потребовалось еще несколько десятилетий и принятие Франклином Рузвельтом Закона об электрификации сельских районов, чтобы электричество превратилось в привычное нам общедоступное удобство.

Для тех из нас, кто живет в развитом мире, практически все вокруг так или иначе связано с электричеством или вообще возможно лишь благодаря ему. Электричество является, пожалуй, лучшим — и, безусловно, самым долгоиграющим — примером технологии общего назначения: иначе говоря, инновацией, которая повсеместно масштабируется в экономике и обществе, трансформируя все их аспекты. К технологиям общего назначения относится также паросиловая установка, положившая начало промышленной революции, но сейчас имеющая сильно ограниченное применение, в частности на атомных электростанциях. Двигатель внутреннего сгорания также сыграл преобразующую роль, но сегодня нетрудно представить себе будущее без бензиновых и дизельных моторов, на смену которым придут электродвигатели. Если не разразится какая-нибудь апокалиптическая катастрофа, практически невозможно вообразить будущее без электричества.

Таким образом, было бы чрезвычайно самонадеянно утверждать, что искусственный интеллект превратится в технологию общего назначения, сопоставимую по масштабу и возможностям с электричеством. Тем не менее есть веские причины полагать, что именно к этому мы идем: ИИ во многом так же, как электричество, со временем затронет и преобразует практически все.

Искусственный интеллект уже оказывает влияние на все отрасли экономики, в том числе на сельское хозяйство, промышленное производство, здравоохранение, финансовый сектор и розничную торговлю. Эта технология проникает даже в области, которые мы считаем наиболее человеческими. Чат-боты на основе ИИ обеспечивают круглосуточный доступ к услуге психологического консультирования. Технология глубокого обучения приводит к появлению новых форм графического искусства и музыки. Удивляться тут нечему. В конце концов, практически все ценное, что

было создано людьми, является продуктом нашего интеллекта — способности учиться, изобретать, творчески решать проблемы. Усиливая, дополняя или заменяя наш собственный интеллект, ИИ неизбежно превратится в самую могущественную и наиболее широко применяемую технологию. Возможно, он однажды станет одним из самых эффективных инструментов, который поможет нам выйти из кризиса, вызванного коронавирусом.

Более того, высоки шансы, что искусственный интеллект превратится в господствующую технологию намного быстрее, чем это было в случае электричества. Дело в том, что значительная часть инфраструктуры, необходимой для развертывания ИИ, — включая компьютеры, интернет, мобильные службы передачи данных и особенно мощнейшие ресурсы для облачных вычислений, поддерживаемые такими компаниями, как Amazon, Microsoft и Google, — уже имеется. Представьте, как быстро произошла бы электрификация, если бы бóльшая часть электростанций и линий электропередачи уже была построена к тому времени, когда Эдисон изобрел лампу накаливания. Искусственный интеллект готов преобразовать наш мир — и это может случиться намного раньше, чем мы предполагаем.

ИНТЕЛЛЕКТ КАК ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

Аналогия с электричеством уместна, постольку-поскольку она отражает будущую повсеместность и общедоступность искусственного интеллекта и тот факт, что он в конечном счете затронет и преобразует практически все стороны нашей жизни. Однако между этими двумя технологиями имеются принципиальные различия. Электричество — однородный товар широкого потребления, не изменяющийся как в пространстве, так и во времени. Где бы ни находились вы или компания — поставщик электроэнергии, ресурс, к которому

вы получаете доступ через систему электроснабжения, в сущности, один и тот же. Электроэнергия, предлагаемая сегодня потребителям, почти не отличается от той, которую можно было получить в 1950 году. Искусственный интеллект намного менее однороден и неизмеримо более динамичен. Он обеспечит появление бесчисленного множества непрерывно меняющихся возможностей и применений и будет сильно варьировать в зависимости от конкретного поставщика этой технологии. Как будет показано в главе 5, искусственный интеллект продолжит неустанно развиваться, наращивая мощь и все больше приближаясь к интеллекту человека, а когда-нибудь, возможно, превзойдет его.

Если электричество дает энергию, обеспечивающую функционирование других инноваций, то ИИ предоставляет доступ к интеллекту, включая способность решать задачи, принимать решения, а когда-нибудь, по всей видимости, и умение мыслить, изобретать и выдвигать новые идеи. Электричество может питать машину, снижающую трудозатраты, а ИИ сам по себе является трудосберегающей технологией. Его распространение в экономике окажет колоссальное воздействие на трудовые ресурсы и на структуру компаний и организаций.

Постепенно превращаясь в универсальный общедоступный ресурс, искусственный интеллект сформирует будущее во многом так же, как электричество заложило фундамент современной цивилизации. Подобно тому как здания и другие инфраструктурные объекты проектируются и строятся в привязке к существующей сети электроснабжения, перспективная инфраструктура изначально будет разрабатываться с расчетом на использование возможностей ИИ. Этот принцип не ограничится физическими структурами и преобразует практически все аспекты экономики и общества. Новые фирмы и организации с момента своего создания будут ориентированы на использование возможностей ИИ. Искусственный

интеллект станет важнейшим компонентом любой будущей бизнес-модели. Наши политические и социальные институты также изменятся с тем, чтобы встроить в себя этот универсальный ресурс и опираться на него.

Из всего этого следует, что ИИ в конечном счете станет таким же распространенным, как и электричество, но никогда не будет обладать той же стабильностью или предсказуемостью. Он всегда будет несоизмеримо более динамичной и подрывной силой, способной перевернуть все, чего коснется. В конце концов, интеллект — это основополагающий ресурс, фундаментальная способность, стоящая за всем, когда-либо созданным людьми. Трудно представить себе более значимое изменение, чем превращение этого ресурса в нечто повсеместно доступное в физическом и материальном отношении.

ПРОГРАММНО-АППАРАТНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА ИИ

Как любому общедоступному ресурсу, искусственному интеллекту потребуется базовая инфраструктура, сеть каналов предоставления этой технологии. Она начинается, конечно, с обширной вычислительной инфраструктуры, которая уже существует, включая сотни миллионов портативных и настольных компьютеров, а также серверы мощных дата-центров и быстро растущую вселенную мобильных устройств с еще более впечатляющими возможностями. Эффективность этой распределенной вычислительной платформы как средства доставки ИИ радикально увеличилась с появлением широкого набора аппаратных и программных средств, специально разработанных для оптимизации глубоких нейронных сетей.

Это развитие началось с того момента, когда выяснилось, что определенные графические микропроцессоры, использовавшиеся в первую очередь для поддержки видеоигр, являются мощным ускорителем для приложений, связанных

с глубоким обучением. Графические процессоры изначально создавались с целью ускорения вычислений, необходимых для почти мгновенной визуализации графики высокого разрешения. С 1990-х годов эти специализированные компьютерные чипы играют важную роль в высококачественных игровых приставках, в частности Sony PlayStation и Microsoft Xbox. Графические процессоры оптимизированы для быстрого параллельного выполнения огромного числа вычислений. Если у центрального процессора, обеспечивающего работу вашего ноутбука, может быть два или, возможно, четыре вычислительных «ядра», то современный высококлассный графический процессор, скорее всего, имеет тысячи специализированных ядер, которые способны одновременно выполнять расчеты с высокой скоростью. Когда исследователи обнаружили, что вычисления, необходимые для приложений глубокого обучения, в целом аналогичны тем, что используются для воспроизведения графики, графические процессоры быстро превратились в основную аппаратную платформу искусственного интеллекта.

Этот переход стал ключевым фактором, открывшим дорогу революции в сфере глубокого обучения в 2012 году. В сентябре того года команда исследователей ИИ из Торонтского университета привлекла внимание индустрии информационных технологий к глубокому обучению, продемонстрировав подавляющее превосходство на состязании по распознаванию визуальных образов ImageNet Large Visual Recognition Challenge — ежегодном мероприятии, посвященном машинному зрению. Если бы победившая команда не использовала графические процессоры для ускорения своей глубокой нейронной сети, ее решение вряд ли было бы достаточно эффективным, чтобы обеспечить победу. Мы ближе познакомимся с историей глубокого обучения в главе 4.

Команда из Торонтского университета использовала графические процессоры производства NVIDIA, компании,

основанной в 1993 году и занимающейся исключительно разработкой и выпуском ультрасовременных графических чипов. После состязания ImageNet 2012 года и последовавшего широкого признания мощного синергетического эффекта соединения глубокого обучения и графических процессоров NVIDIA резко изменила траекторию своего движения, превратившись в одну из самых значимых технологических компаний, связанных с развитием искусственного интеллекта. Свидетельством того, что революция в области глубокого обучения свершилась, стала рыночная стоимость компании: с января 2012 года по январь 2020-го акции NVIDIA выросли более чем на 1500%.

После того как проекты, связанные с глубоким обучением, перешли на графические процессоры, исследователи ИИ из ведущих технологических компаний начали разрабатывать программные средства, способные дать толчок созданию глубоких нейронных сетей. Google, Facebook и Baidu выпустили нацеленные на глубокое обучение программы с открытым исходным кодом, которые можно было бесплатно скачивать, использовать и обновлять. Самой широко используемой платформой является TensorFlow компании Google, выпущенная в 2015 году. TensorFlow — это комплексная программная платформа для глубокого обучения, предлагающая как исследователям, так и инженерам, разрабатывающим практические приложения, оптимизированный код для реализации глубоких нейронных сетей, а также разнообразные инструменты, увеличивающие эффективность разработок. Такие пакеты, как TensorFlow и PyTorch, конкурирующая платформа от Facebook, освобождают исследователей от необходимости писать и тестировать программный код, разбираясь в тонкостях, и позволяют сосредоточиться на задачах более высокого уровня при построении систем.

В процессе революции в области глубокого обучения NVIDIA и некоторые ее конкуренты перешли к разработке

еще более мощных микропроцессоров, специально оптимизированных для задач глубокого обучения. Intel, IBM, Apple и Tesla сегодня создают компьютерные чипы, которые ускоряют вычисления, необходимые глубоким нейронным сетям. Чипы для глубокого обучения находят применение в бесчисленных устройствах, включая смартфоны, беспилотные автомобили и роботов, а также высокопроизводительные серверы. В результате появилась постоянно расширяющаяся сеть устройств, разработанных для поддержки искусственного интеллекта. В 2016 году Google объявила о создании собственного чипа, который назвала тензорным процессором. Эти процессоры разработаны специально для оптимизации приложений глубокого обучения, построенных на платформе TensorFlow. Первоначально Google использовала новые чипы в собственных дата-центрах, но с 2018 года их стали встраивать в серверы облачных вычислений компании. В результате клиенты, пользующиеся облачным сервисом Google, получили доступ к самой передовой функции глубокого обучения, что, похоже, и привело к доминированию этого канала распространения искусственного интеллекта.

Конкуренция известных производителей микропроцессоров и новой поросли стартапов за долю быстро растущего рынка искусственного интеллекта вызвала в технологической сфере шквал инноваций и всплеск деловой активности. Некоторые исследователи открывают совершенно новые направления в сфере разработки чипов. Специализированные чипы для глубокого обучения, созданные на основе графических процессоров, оптимизируются с целью ускорения ресурсоемких математических вычислений, выполняемых программами, которые поддерживают глубокие нейронные сети. Новый класс чипов в значительно большей мере имитирует работу мозга, позволяя урезать аппетиты требующего слишком много ресурсов программного слоя и реализовать нейронную сеть на аппаратной основе.

Разрабатываемые «нейроморфные» чипы воплощают аппаратные аналоги нейронов непосредственно в кремнии. IBM и Intel вложили значительные средства в исследования нейроморфных вычислений. Например, экспериментальные чипы Loihi разработки Intel используют 130 000 аппаратных нейронов, каждый из которых может связываться с тысячами других[1]. Одно из важнейших преимуществ ухода от массированных программных вычислений — это энергоэффективность. Человеческий мозг, далеко превосходящий своими возможностями любой существующий компьютер, потребляет лишь около 20 Вт — существенно меньше, чем средняя лампа накаливания. В отличие от него, системы глубокого обучения на основе графических процессоров требуют очень много электричества, и, как будет показано в главе 5, их масштабирование при таком энергопотреблении, скорее всего, невозможно. Нейроморфные чипы, конструкция которых восходит к нейронной сети головного мозга, гораздо менее прожорливы. Intel заявляет, что в некоторых модификациях ее чипы Loihi до 10 000 раз более энергоэффективны, чем традиционные микропроцессоры. После запуска коммерческого производства эти чипы, скорее всего, быстро найдут применение в мобильных и других устройствах, для которых важна энергоэффективность. Ряд специалистов в области ИИ идут намного дальше в своих прогнозах, полагая, что нейроморфные чипы — это будущее искусственного интеллекта. Например, по мнению исследовательской фирмы Gartner, нейроморфные структуры вытеснят графические процессоры в качестве основной аппаратной платформы ИИ к 2025 году[2].

ОБЛАЧНЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ КАК ОСНОВНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА ИИ

Современная индустрия облачных вычислений зародилась в 2006 году с вводом в действие платформы Amazon Web Services, или AWS. Amazon, опираясь на свой опыт создания

и обслуживания гигантских дата-центров для поддержки онлайновой торговли, решила продавать широкому кругу клиентов гибкий доступ к вычислительным ресурсам. В 2018 году AWS обслуживала более 100 дата-центров в девяти странах мира[3]. Рост облачных сервисов Amazon и ее конкурентов поражает воображение. Согласно недавнему исследованию, сегодня 94% организаций, от транснациональных корпораций до мелких и средних фирм, пользуются облачными вычислениями[4]. К 2016 году AWS росла настолько быстро, что новые вычислительные ресурсы, добавляемые Amazon к своей системе *каждый день*, были сопоставимы со всеми возможностями компании на конец 2005 года[5].

До появления облачных провайдеров фирмам и организациям приходилось покупать и обслуживать собственные серверы и программное обеспечение и иметь команду высокооплачиваемых специалистов для поддержки и апгрейда систем. Благодаря облачным вычислениям значительная часть этих задач отдается на аутсорсинг таким провайдерам, как Amazon, способным обеспечить эффективность благодаря эффекту масштаба. Облачные серверы обычно располагаются в огромных зданиях площадью сотни тысяч квадратных метров, стоимостью больше миллиарда долларов. Доступ к облачным сервисам часто предоставляется по запросу, когда клиент пользуется вычислительными мощностями, хранением данных и приложениями столько, сколько нужно, и платит только за потребленные ресурсы.

Несмотря на огромный физический размер зданий для размещения облачных серверов, все там настолько автоматизировано, что нередко обслуживается поразительно малочисленным персоналом. Сложные алгоритмы, управляющие практически всеми процессами, обеспечивают уровень точности, недостижимый при непосредственном контроле человека. Даже потребление электроэнергии — оно огромно — и отвод большого количества тепла, выделяемого десятками

тысяч серверов, во многих случаях оптимизируются непрерывно. Одной из первых практических реализаций разработок компании DeepMind в области ИИ стала система глубокого обучения, способная оптимизировать работу систем охлаждения в дата-центрах Google. DeepMind заявляет, что ее нейронная сеть, которая обучалась на массиве данных от сенсоров, размещенных во всех помещениях дата-центра Google, смогла почти на 40% сократить расход энергии на охлаждение[6]. Алгоритмическое управление дает реальный выигрыш. Как показало исследование, отчет о котором был опубликован в феврале 2020 года, «если объем вычислений, выполняемых дата-центрами, вырос с 2010 по 2018 год примерно на 550%, то потребление энергии увеличилось за тот же период лишь на 6%»[7]. Разумеется, автоматизация влияет на потребность в персонале. Переход к облачным вычислениям и последовавшее за ним исчезновение огромного числа рабочих мест для технических специалистов, когда-то обслуживавших вычислительные ресурсы в тысячах организаций, вероятно, внесли существенный вклад в прекращение стремительного роста занятости в технологической сфере, наблюдавшегося в конце 1990-х годов.

Бизнес-модель на основе облачных вычислений очень прибыльна, и между основными провайдерами идет острая конкуренция. AWS — самое прибыльное направление деятельности Amazon: прибыли от него намного превосходят все, что компания зарабатывает на электронной торговле. В 2019 году прибыль от AWS выросла на 37%, достигнув $8,2 млрд, а в целом на облачный сервис приходится около 13% прибыли компании[8]. Платформа AWS доминирует на рынке, занимая около трети глобального объема облачных вычислений. Azure, служба Microsoft, созданная в 2008 году, и Google Cloud Platform, введенная в действие в 2010 году, также занимают значительные доли на рынке. IBM, китайский гигант интернет-торговли Alibaba и Oracle столь же важные игроки.

Правительственные структуры сегодня в той же мере зависят от облачных вычислений, что и предприятия. В 2019 году сложности и подковерная борьба, неизбежные в этой сфере, оказались в центре всеобщего внимания из-за неожиданной политизации проекта Пентагона JEDI. JEDI, что расшифровывается как «Объединенная оборонная инфраструктура» (Joint Enterprise Defense Infrastructure), — это десятилетний контракт стоимостью $10 млрд на хранение огромных объемов информации и предоставление программных ресурсов и возможностей ИИ Министерству обороны США. Первый скандал разразился в Google, когда ее сотрудники, большинство которых имеют взгляды, весьма близкие к крайне левому полюсу политического спектра, воспротивились планам компании участвовать в тендере по оборонному контракту. Из-за протестов собственных работников корпорации пришлось сойти с дистанции — Google выбыла из конкурса всего за три дня до подачи заявок на участие в создании JEDI[9].

В конце концов Пентагон отдал проект Microsoft Azure, но Amazon, считавшаяся наиболее вероятным претендентом на победу вследствие лидирующего положения в этой области, немедленно заявила, что это решение политически мотивировано. В декабре 2019 года Amazon подала иск, в котором охарактеризовала это решение как необъективное и продиктованное явной враждебностью президента Дональда Трампа к генеральному директору Amazon Джеффу Безосу. Безосу также принадлежит *The Washington Post*, критически относившаяся к администрации Трампа. В феврале 2020 года федеральный судья наложил судебный запрет, временно заблокировавший передачу контракта Microsoft[10]. Спустя месяц Министерство обороны объявило, что заново обдумает свое решение[11].

Все это ясно показывает, насколько яростной и в некоторых случаях политизированной будет дальнейшая битва за рынок облачных вычислений. В центре конкурентной борьбы