

Блестящий путеводитель по грядущему миру искусственного интеллекта.

*Джанет Уинтерсон*

Интересное, доступное рассмотрение того, до какой степени компьютерам присуще творчество.

*Choice*

В то время как машины обгоняют нас во все большем числе сфер, мы можем утешить себя тем, что хотя бы одна область останется священной и не поддающейся вычислениям: человеческое творчество. Или все-таки не можем?.. В своем увлекательном исследовании природы творчества Маркус дю Сотой ставит под сомнение многие из подобных предположений. Оксфордский математик, который так же искусен в объяснении сложных теорий в книгах, как и в своих выступлениях на телевидении, утверждает, что многое из того, что мы считаем творчеством, основано на синтезе, осуществляемом сверхразумом, а не порождено вспышкой вдохновения.

*Financial Times*

Алгоритмы часто рассматриваются как до конца не ясные и опасные силы, и это подпитывает наши страхи перед «духом машин». Но если искусство — это система раннего предупреждения, а художники — непревзойденные мастера в том, чтобы делать видимым невидимое, то Маркус дю Сотой в своем выдающемся обзоре возможностей ИИ и тех ограничений, которыми связан последний, проливает свет не только на работу программистов и творцов, но и на математику хаоса, лежащую в основе искусства.

*Ханс Ульрих Обрист,  
директор лондонской галереи «Серпентайн»*

Эта книга — лишь отчасти об искусстве в его связи с искусственным интеллектом. Как ИИ думает и как он занимается математикой — особый предмет дю Сотоя, который он освещает, как обычно, вдумчиво и глубоко.

*Sunday Times*

Если все переживания, надежды, мечты, видения, желания, проявления любви и ненависти, которые формируют человеческое воображение, сводятся не более чем к «коду», то рано или поздно машина его взломает. Дю Сотой собрал разнородный массив данных, показывающих, как это происходит уже сейчас.

*The Times*

Обнадеживающие выводы о том, что истинное творчество принадлежит человечеству... Компьютер может превзойти любого из нас в вычислениях, но ему не хватает того фрагмента «человеческого кода», благодаря которому мы способны понять, что идея не просто нова, а значима.

*New York Times Book Review*

Далеко идущие рассуждения о значении творчества и мышления.

*Wall Street Journal*

Насыщенный фактами обзор современных приложений искусственного интеллекта в математике и искусстве.

*The Guardian*

В своей классической статье 1950 года Алан Тьюринг задается вопросом: «Могут ли машины думать?» Вопрос, который ставит д-р Сотоу, звучит несколько по-иному, но не менее сложен: могут ли машины быть по-настоящему творческими? Интерес, как и для Тьюринга, заключается не столько в том, чтобы дать исчерпывающий ответ, сколько в глубоком анализе самого вопроса.

*Prospect*

Захватывающе... Красноречиво и познавательно.

*Nature*

Алгоритмы, которые не только дублируют человеческие навыки, но и учатся на их ошибках, — вот что определяет искусственный интеллект. Но д-р Сотоу рассматривает возможность достижения другой стадии: машинного творчества, технологии, которая сама по себе способна к инновациям.

*Inside Higher Ed*

МАРКУС ДЮ СОТОЙ

# НЕЙРОСЕТЬ РАЗУМНАЯ

Как искусственный интеллект  
осваивает человеческие навыки,  
творит, думает и учится



УДК 004.8  
ББК 32.813  
С67

Marcus du Sautoy  
THE CREATIVITY CODE  
How AI is learning to write, paint and think

*Перевод с английского* Дмитрия Прокофьева

Сотой М.

С67 Нейросеть разумная: Как искусственный интеллект осваивает человеческие навыки, творит, думает и учится / Маркус дю Сотой ; [пер. с англ. Д. А. Прокофьева]. — М. : Колибри, Азбука-Аттикус, 2024. — 384 с. : ил.

ISBN 978-5-389-24991-2

Наш биологический вид обладает необычайной способностью создавать произведения искусства, которые возвышают, расширяют и преобразуют самую суть человека. Эти произведения — проявления того, что Маркус дю Сотой называет «кодом творчества». Однако последние достижения в области искусственного интеллекта и машинного обучения того и гляди позволят машинам узнать, что значит быть человеком — расшифровать наш «код». Откроют ли перед нами новые средства ИИ другие возможности для творчества? Не приведет ли эта новая технология к тому, что произведения искусства будут создаваться не только людьми?

В своей книге знаменитый британский математик и популяризатор науки Маркус дю Сотой рассматривает, к чему могут привести подобные инновации как в художественном творчестве, так и в его собственной области, математике. От теста Тьюринга до алгоритма AlphaGo — на разнообразном материале автор исследует, существуют ли пределы тому, чего могут добиться алгоритмы, или же они способны на неотличимое подражание творчеству человека.

«Искусственный интеллект потрясает самые основы нашего существования, демонстрируя, сколь многое из того, чем занимаются люди, машины могут делать не хуже, а то и лучше их. Но эта книга посвящена не столько будущему с беспилотными машинами и компьютеризованной медициной, сколько вопросу о том, смогут ли алгоритмы состязаться с могуществом человеческого кода». (Маркус дю Сотой)

Ранее книга выходила на русском языке под названием «Код креативности. Как искусственный интеллект учится писать, рисовать и думать»

© Marcus du Sautoy, 2019

© Прокофьев Д. А., перевод на русский язык, 2020

© Издание на русском языке, оформление.

ООО «Издательская Группа «Азбука-Аттикус», 2024

Колибри®

# СОДЕРЖАНИЕ

1. Тест Лавлейс .....	9
2. Сотворение творчества .....	19
3. На старт, внимание... го! .....	31
4. Алгоритмы — секрет современной жизни .....	62
5. От нисходящего к восходящему .....	87
6. Алгоритмическая эволюция .....	104
7. Раскрашивание по клеточкам .....	126
8. Учеба у мастеров .....	156
9. Искусство математики .....	187
10. Телескоп математика .....	209
11. Музыка как звучащая математика .....	228
12. Формула-песенник .....	259
13. Деер-математика .....	283
14. Языковые игры .....	307
15. Послушайте рассказ ИИ .....	332
16. Зачем мы творим: встреча разумов .....	359
Иллюстрации .....	370
Рекомендуемая литература и материалы .....	372
Выражение благодарности .....	382

*Посвящается Шани  
с благодарностью за всю ее любовь и поддержку,  
творчество и интеллект*

## ТЕСТ ЛАВЛЕЙС

Произведения искусства создают правила, но правила не создают произведений искусства<sup>1</sup>.

*Клод Дебюсси*

Машина была прекрасна. На стержни, приводившиеся во вращение поворотом рукоятки, были насажены целые башни шестерней с цифрами на зубцах. Семнадцатилетняя Ада Байрон замороженно вращала рукоятку машины Чарльза Бэббиджа, наблюдая, как та производит расчеты, вычисляет квадраты и даже квадратные корни чисел. Байрон всегда увлекалась машинами, и этот интерес поощряли ее учителя, которых с удовольствием нанимала для нее мать.

Несколько лет спустя, когда Ада, став к тому времени женой графа Лавлейса, изучала планы аналитической машины Бэббиджа, ей пришло в голову, что это устройство — не просто счетный прибор. Она начала составлять перечень потенциальных возможностей этой машины. «Аналитическая машина не имеет ничего общего с обычными “счетными устройствами”. Она занимает совершенно особое место и наводит на более интересные по своей природе соображения».

---

<sup>1</sup> Цит. по: Большая книга мудрости. М.: Эксмо, 2015.

Заметки Ады Лавлейс считаются теперь первой попыткой создания программного кода. Эта зачаточная идея, развитая революционными достижениями таких людей, как Алан Тьюринг, Марвин Мински и Дональд Мичи, породила ту революцию искусственного интеллекта (ИИ), которая шагает сейчас по всему миру. Однако Лавлейс считала, что возможности любой машины не безграничны: «Желательно предостеречь против преувеличения возможностей аналитической машины. Аналитическая машина не претендует на то, чтобы создавать что-то *действительно новое*. Машина может *выполнить все то, что мы умеем ей предписать*»<sup>1</sup>. В конечном итоге, считала она, способности машины ограничены: от нее нельзя получить больше, чем в нее вложено.

Долгие годы эта идея оставалась мантрой информатики. Именно она позволяет нам не бояться, что мы создадим и приведем в действие нечто такое, чем мы не сможем управлять. Некоторые считают, что для создания программы, которая дала бы машине искусственный интеллект, необходимо сначала понять интеллект человеческий.

То, что происходит в наших головах, остается тайной, но в последние годы появилась новая точка зрения на компьютерный код: переход от концепции программирования «нисходящего», идущего от общего к частному, к попыткам идти от частного к общему, по «восходящему» принципу, предполагающему, что компьютер должен сам находить свою дорогу. Оказывается, решения загадки интеллекта не требуется. Можно позволить алгоритмам свободно бродить по цифровому ландшафту и учиться — так же, как учится ребенок. Современные коды, созданные методом машинного обучения, делают совершенно неожиданные вещи — например, они замечают не обнаруженные человеком детали на медицинских изображениях или создают хитроумные инвестиционные

---

<sup>1</sup> Цит. по: Гутер Р.С., Полунов Ю.Л. Августа Ада Лавлейс и возникновение программирования // Кибернетика и логика. М., 1978. С. 93, 94 (курсив сохранен).

стратегии для фондового рынка. Как считают программисты нынешнего поколения, это наконец позволит доказать, что Ада Лавлейс ошибалась: от машины можно получить больше, чем вложено в нее программой.

Тем не менее мы по-прежнему считаем, что одна область человеческой деятельности никогда не станет доступна машинам, — речь идет о творчестве. Мы обладаем необыкновенной способностью воображать, изобретать и создавать произведения искусства, которые возвышают, расширяют и преобразуют самую сущность человека. Эти произведения порождаются тем, что я называю «человеческим кодом».

Мы считаем, что этот код присущ только человеку, потому что он является отражением самой сути человека. «Реквием» Моцарта позволяет нам задуматься о нашей собственной смертности. Когда мы смотрим постановку «Отелло», это дает нам возможность исследовать свой собственный эмоциональный мир, царство любви и ревности. Нам кажется, что портрет работы Рембрандта показывает гораздо больше, чем просто внешность модели художника. Можно ли представить себе, что машина когда-нибудь сумеет заменить нам Моцарта, Шекспира или Рембрандта или хотя бы состязаться с ними?

С самого начала я должен подчеркнуть, что по большей части ссылаюсь на примеры художественных произведений западной культуры. Именно это изобразительное искусство я знаю, именно на этой музыке я вырос, именно эту литературу я в основном читал и читаю. Было бы интересно узнать, не окажутся ли машины лучше приспособлены для создания произведений искусства в духе других культур, но я подозреваю, что проблемы, о которых тут идет речь, универсальны и не сводятся к межкультурным различиям. Поэтому, хотя я до некоторой степени готов принести извинения за ограниченность своего кругозора, сосредоточенного на западной цивилизации, я полагаю, что все же смогу дать достаточно общую оценку творческих возможностей наших цифровых конкурентов.

Разумеется, творчество человека не сводится лишь к искусству в традиционном смысле этого слова: к творчеству относятся также и молекулярная гастрономия удостоенного мишленовских звезд повара Хестона Блюменталя, и футбольные трюки голландского нападающего Йохана Кройфа, и изогнутые здания Захи Хадид, и знаменитый кубик, изобретенный венгерским инженером Эрнё Рубиком. Даже разработку программного кода для компьютерных игр вроде «Майнкрафт» следует считать частью величайших достижений человеческого творчества.

Несколько менее очевидно то обстоятельство, что творчество играет важную роль и в моем собственном мире — мире математики. Один из факторов, побуждающих меня проводить многие часы за письменным столом, вызывая к жизни уравнения и излагая доказательства, — это привлекательность создания чего-то нового. Моим величайшим творческим достижением, к которому я возвращаюсь снова и снова, была пришедшая мне идея нового симметричного объекта. Никто не знал, что такой объект может существовать. Однако после многих лет упорной работы и одного краткого мига раскаленного добела вдохновения я смог набросать в своем желтом блокноте схему этой невиданной ранее формы. Сама эта волнующая дрожь и есть главный привлекательный момент творчества.

Но что мы на самом деле обозначаем этим изменчивым словом? Те, кто пытается точно определить его значение, обычно отталкиваются от трех основных идей: творчество — это процесс создания чего-то нового, неожиданного и ценного.

Как выясняется, создать нечто новое легко. Я могу заставить свой компьютер обчислить бесконечное число предположений о новых симметричных объектах. Труднее создать нечто неожиданное и ценное. В случае моего симметричного произведения то, что я создал, вполне обоснованно удивило меня — как и других математиков. Никто не предполагал существования открытой мною странной новой связи между

этим симметричным объектом и областью теории чисел, не имевшей отношения к моей работе. Именно тот факт, что мой объект позволил получить новое понимание отрасли математики, полной нерешенных задач, определил его ценность.

Все мы привыкаем использовать одни и те же мысленные схемы. Нам кажется, что мы знаем, как будет развиваться сюжет, а потом нас неожиданно уводит в совершенно другом направлении. Этот элемент неожиданности привлекает наше внимание. Возможно, именно поэтому встреча с творческим произведением, будь оно нашим собственным или чьим-то еще, способна так взволновать нас.

Но что именно придает произведению ценность? Идет ли речь попросту о цене? Необходимо ли признание ценности другими? Я могу считать ценными свое стихотворение или свою картину, но маловероятно, чтобы многие другие люди согласились с моей концепцией их ценности. Необычный роман с множеством неожиданных поворотов сюжета может быть сравнительно малоценным. Но новый и удивительный подход к литературе, архитектуре или музыке, постепенно получающий признание у других и изменяющий наше восприятие вещей, как правило, признается ценным. Именно это Кант называет «образцовой оригинальностью»<sup>1</sup>, оригинальным деянием, которое становится источником вдохновения для других. Долго считалось, что эта форма творчества присуща только человеку.

Однако на некотором уровне все эти выражения творческого начала — результат нейронных и химических процессов. Они и образуют человеческий код, который в течение миллионов лет оттачивала в нашем мозгу эволюция. Если начать подробно разбирать творческие произведения рода человеческого, можно постепенно увидеть, что в сердце творческого процесса лежат некие правила. Может ли быть так,

---

<sup>1</sup> См.: *Кант И.* Критика способности суждения / Пер. с нем. М. И. Левиной // Собр. соч.: В 8 т. М.: Чоро, 1994. Т. 5. С. 159.

что творчество основано на алгоритмах и правилах в большей степени, чем нам хотелось бы думать?

Цель этой книги — довести новые модели искусственного интеллекта до пределов их возможностей, чтобы узнать, смогут ли они когда-нибудь создать нечто сравнимое с чудесами нашего человеческого кода или даже превосходящее их. Способна ли машина заниматься живописью, сочинять музыку, писать романы? Возможно, она не станет соперником Моцарта, Шекспира или Пикассо, но сможет ли ее творчество сравниться с творчеством наших детей, пишущих рассказы или рисующих сценки? Сможет ли машина научиться творчеству, взаимодействуя с произведениями искусства, трогающими нас, и выясняя, что именно отличает их от всего приземленного и невыразительного? Более того, сможет ли она раздвинуть границы наших собственных творческих возможностей, показав нам возможности, которых мы не замечаем?

«Творчество» — слово изворотливое и в разных обстоятельствах означает множество разных вещей. Я в основном буду говорить о проблеме творчества в искусстве, но это вовсе не означает, что это единственный возможный род творчества. Мои дочери занимаются творчеством, когда строят замки из LEGO. Когда мой сын приводит к победе свою футбольную команду, его называют творческим полузащитником. Мы можем творчески решать задачи повседневной жизни или творчески управлять работой организаций. И, как я покажу, математика — область гораздо более творческая, чем думают многие, и творчество в этой сфере имеет много общего с творчеством в искусстве.

Творческие импульсы составляют важную часть того, что отличает человека от других животных, и тем не менее мы часто позволяем им застаиваться внутри нас, становимся, сами того не сознавая, рабами установившегося распорядка жизни, рутины. Для творчества необходим толчок, который увел бы нас в сторону от наезженной колеи, которой мы следуем изо дня в день, все более углубляя ее. И тут нам может

помочь машина: возможно, она сможет дать нам такой толчок, предложить нам новые возможности, увести нас от простого ежедневного повторения одного и того же алгоритма. В конечном счете машины могут помочь человеку стать менее похожим на машину.

Вы можете спросить, почему именно математик предлагает вам заняться этим исследованием. Простой ответ на этот вопрос заключается в том, что в сердце искусственного интеллекта, машинного обучения, алгоритмов и кодов лежит математика. Чтобы понять, как и почему работают алгоритмы, управляющие современной жизнью, необходимо понять те математические правила, на которых они основаны. Тот, кто их не понимает, оказывается безвольной игрушкой машин.

Искусственный интеллект потрясает самые основы нашего существования, демонстрируя, сколь многое из того, чем занимаются люди, машины могут делать не хуже, а то и лучше их. Но эта книга посвящена не столько будущему с беспилотными машинами и компьютеризованной медициной, сколько вопросу о том, смогут ли алгоритмы состязаться сколько-нибудь существенным образом с могуществом человеческого кода. Способны ли компьютеры к творчеству? Что нужно для творчества? В какой степени эмоциональная реакция на произведения искусства является результатом реакции мозга на определенные рисунки и структуры? Таковы некоторые из тем, которые мы рассмотрим.

Но речь идет не просто об обсуждении интересного с интеллектуальной точки зрения вопроса. Художественные произведения людей позволяют получить некоторую информацию о сложном и запутанном человеческом коде, который управляет нашим мозгом; как мы увидим, произведения искусства, которые создают компьютеры, также оказываются поразительно полезны в изучении механизмов работы кода компьютерного. Одна из проблем, связанных с кодом, который формируется таким образом — снизу вверх, — состоит в том, что сами программисты часто не понимают, как именно работает

этот код. Почему он принимает то или иное решение? Произведения искусства, которые он создает, могут быть мощным инструментом, позволяющим добраться до подсознательных решений такого нового кода. Кроме того, они же могут выявлять присущие процессу создания этого кода ограничения и опасности, которые мы не вполне осознаем.

Кроме того, я хочу заняться этим исследованием и еще по одной, более личной, причине. Я переживаю сейчас глубокий экзистенциальный кризис. Я то и дело задумываюсь о том, смогут ли люди по-прежнему работать математиками в ближайшие десятилетия с учетом бурного развития искусственного интеллекта. В конце концов, математика — это сфера чисел и логики. Разве не к этому лучше всего способны компьютеры?

Отчасти моя защита от компьютеров, стремящихся «проникнуть» на мою кафедру и «занять места за общим столом», опирается на то соображение, что в математике речь идет не только о числах и логике — это в высшей степени творческое занятие, в котором важную роль играют красота и эстетика. В этой книге я хочу показать, что математические достижения, о которых мы докладываем на своих семинарах и пишем в журналах, появляются не просто в результате того, что человек поворачивает некую механическую рукоятку. Хорошему математику важно иметь интуицию и художественное чувство. И уж конечно, эти черты невозможно запрограммировать в машину. Или все же возможно?

Поэтому я как математик внимательно наблюдаю за тем, насколько успешно новые виды искусственного интеллекта внедряются в художественные галереи, концертные залы и издательства всего мира. Великий немецкий математик Карл Вейерштрасс заметил однажды: «...математик, в котором нет ничего от поэта, никогда не будет настоящим математиком»<sup>1</sup>. Как превосходно показывает пример Ады Лавлейс,

---

<sup>1</sup> В письме к Софье Ковалевской от 27 августа 1883 г. — *Здесь и далее, если не указано иное, примеч. перев.*

в математике должна быть не только частица Бэббиджа, но и частица Байрона. Хотя Лавлейс считала, что возможности машин ограничены, она начинала осознавать, что эти механизмы из зубчатых шестерней могут быть способны и к выражению художественных аспектов мышления:

Этот механизм может действовать не только над числами, но и над другими объектами... Предположим, например, что соотношения между высотами звуков в гармонии и музыкальной композиции поддаются такой обработке; тогда машина сможет сочинять искусно составленные музыкальные произведения любой сложности или длительности<sup>1</sup>.

Однако она полагала, что творческое начало будет принадлежать программисту, а не машине. Возможно ли в большей степени переложить эту обязанность на программный код? Программисты нынешнего поколения считают, что это возможно.

На заре развития искусственного интеллекта Алан Тьюринг предложил свой знаменитый тест для измерения разумности компьютера<sup>2</sup>. Я хотел бы предложить новый тест — тест Лавлейс. Чтобы пройти тест Лавлейс, алгоритм должен создать оригинальное произведение искусства, причем этот

---

<sup>1</sup> Цит. по: Гутер Р.С., Полунов Ю.Л. Августа Ада Лавлейс и возникновение программирования // Кибернетика и логика. М., 1978. С. 81.

<sup>2</sup> Речь идет о статье Тьюринга *Computing Machines and Intelligence* («Вычислительные машины и разум»), опубликованной в 1950 г. в журнале *Mind* и перепечатанной в 1956 г. в четвертом томе сборника «Мир математики» (*The World of Mathematics*) под редакцией Джеймса Р. Ньюмана под названием *Can the Machine Think?* («Может ли машина мыслить?»). Русское издание — «Может ли машина мыслить?» — вышло в 1960 г. в переводе Ю.А. Данилова.

В стандартной интерпретации тест Тьюринга формулируется следующим образом: человек взаимодействует с одним компьютером и одним человеком. По ответам, которые он получает от них на свои вопросы, он должен определить, с кем он разговаривает: с человеком или компьютерной программой. Если он приходит к неверному выводу или не может отличить компьютер от человека, считается, что программа прошла тест.

процесс должен быть повторяемым (то есть не быть результатом случайной аппаратной ошибки), а программист должен быть не способен объяснить, как именно алгоритм пришел к этому результату. Именно такое испытание мы предлагаем машинам — проверку на способность создать нечто новое, неожиданное и ценное. Но для признания наличия у машины подлинно творческих способностей требуется еще одно: произведение машины не должно быть простым выражением творческих способностей автора кода или создателя массива данных. Ада Лавлейс считала эту задачу неразрешимой.

## 2

# СОТВОРЕНИЕ ТВОРЧЕСТВА

Главный враг творчества — здравый смысл.

*Пабло Пикассо*

В связи с тем, как высоко в наше время ценится творчество, самые разные писатели и мыслители пытаются сформулировать, что это такое, как его стимулировать и в чем его значение. Именно во время работы в комитете Королевского общества<sup>1</sup>, созванного для оценки вероятного влияния машинного обучения на общество в ближайшие десятилетия, я впервые познакомился с теориями когнитивиста Маргарет Боден. Ее взгляды на творчество показались мне в высшей степени ценными в контексте проблемы оценки творчества машин.

Боден отличается нестандартным мышлением. За десятилетия своей работы она сумела освоить множество разных дисциплин: она философ, психолог, врач, специалист по искусственному интеллекту и когнитивист. В свои восемьдесят с небольшим Маргарет, с развевающимися сверкающе белыми волосами, по-прежнему активно работает и с удовольствием занимается изучением возможностей этих «жестянок», как она называет компьютеры. Для этого она выделила три разных типа творчества.

---

<sup>1</sup> Королевское общество (Royal Society) — британский аналог Академии наук, существует с 1660 г.

Творчество *исследовательское* подразумевает рассмотрение уже существующего и изучение его внешних границ, расширение пределов возможного при соблюдении прежних правил. Музыка Баха стала кульминацией того пути, который прошли композиторы эпохи барокко в исследовании тональности, сплетая в единое целое разные голоса. Его прелюдии и фуги раздвигают границы возможного еще до коренной перестройки жанров и наступления эпохи классицизма Моцарта и Бетховена. Ренуар и Писсарро пересмотрели методы изображения природы и окружающего нас мира, но по-настоящему раздвинул границы Клод Моне, снова и снова писавший свои кувшинки, пока цветковые блики не растворились в новую форму абстракции.

Этим типом творчества упивается математика. Классификация конечных простых групп — настоящий шедевр исследовательского творчества. Начав с простого определения группы симметрий — структуры, определенной четырьмя простыми аксиомами, — математики в течение 150 лет составляли перечень всех элементов групп симметрий, какие только можно вообразить, и кульминацией этого процесса стало открытие «группы-монстра» *M*, которая содержит больше симметрий, чем содержится атомов в составе Земли, но при этом не соответствует никаким шаблонам других групп. Этот вид математического творчества предполагает расширение границ и в то же время соблюдение установленных правил. Занимающегося им математика можно уподобить путешественнику-исследователю, который продвигается все дальше в неизведанные области, но при этом ограничен пределами планеты.

Боден считает, что человеческое творчество на 97% состоит из исследования. Компьютеры чрезвычайно способны к творчеству такого рода: доведение некоей схемы или набора правил до предела — прекрасная задача для вычислительного механизма, способного выполнить гораздо больше расчетов, чем человеческий мозг. Но достаточно ли этого? Когда мы

думаем о по-настоящему оригинальном творчестве, мы обычно представляем себе нечто в большей степени совершенно неожиданное.

Творчество второго типа связано с *комбинированием*. Представьте себе художника, который может взять две совершенно разные концепции и попытаться создать из них нечто единое. Правила, действующие в мире одной из них, часто позволяют создать интересное новое обрамление для другой. Комбинирование — чрезвычайно мощный инструмент в царстве творчества математического. Доказательство гипотезы Пуанкаре, которая описывает возможные формы Вселенной, в конце концов было получено благодаря применению очень разных средств для понимания течения по поверхностям. Потребовался творческий гений Григория Перельмана, чтобы осознать, что характер течения жидкости по поверхности неожиданно может помочь в классификации самих возможных поверхностей.

В моих собственных исследованиях средства, относящиеся к теории чисел, применяются для понимания простых чисел и их использования в классификации возможных симметрий. На первый взгляд кажется, что симметрии геометрических объектов не имеют ничего общего с простыми числами. Но применение языка, который помог нам сориентироваться в тайнах простых чисел, и замена простых чисел симметричными объектами дали нам поразительные новые идеи относительно теории симметрии.

Такого рода «перекрестное опыление» принесло огромную пользу и искусству. Филип Гласс взял идеи, о которых он узнал, работая с Рави Шанкаром, и создал на их основе аддитивный процесс, ставший центральным элементом его минималистской музыки. Заха Хадид разработала уникальный стиль искривленных зданий, скомбинировав познания в области архитектуры со своей любовью к чистым формам русского художника Казимира Малевича. В кулинарии склонные к творчеству повара также объединяют кухни разных концов света.

Научно-популярное издание  
Танымал ғылыми басылым

Маркус дю Сотой

# НЕЙРОСЕТЬ РАЗУМНАЯ

Как искусственный интеллект осваивает  
человеческие навыки, творит, думает и учится

Ответственный редактор *Н. Галактионова*

Редактор *С. Левензон*

Художественный редактор *М. Левыкин*

Технический редактор *Л. Синицына*

Корректоры *Е. Туманова, Н. Соколова, О. Левина*

Верстка *Н. Козель*

В оформлении обложки использован слайд

© Gaspar Gomes Costa / Shutterstock.com

Подписано в печать / Баспаға қол қойылды 05.02.2024.

Формат 60×88 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная. Гарнитура «Charter».

Печать офсетная. Усл. печ. л. 23,5.

Тираж 3000 экз. В-СНМ-33978-01-Р. Заказ №

Изготовитель:	Өндіруші:
ООО «Издательская Группа «Азбука-Аттикус» — обладатель товарного знака КоЛибри 115093, Москва, вн. тер. г. муниципальный округ Даниловский, пер. Партийный, д. 1, к. 25	«Издательская Группа «Азбука-Аттикус» ЖШҚ — КоЛибри тауар белгісінің иесі, 115093, Мәскеу, қ. іш. аум. Даниловский муниципалдық округі, Партийный т.ш., 1-үй, к. 25

Филиал ООО «Издательская Группа «Азбука-Аттикус» в г. Санкт-Петербурге 191024, г. Санкт-Петербург, ул. Херсонская, д. 12–14, лит. А	Санкт-Петербург қаласындағы «Азбука-Аттикус» Баспа Тобы» ЖШҚ филиалы 191024, Санкт-Петербург, Херсон көшесі, 12–14 үй, лит. А.
---	--

Техникалық реттеу туралы РФ заңнамасына сай басылымның сәйкестігін  
растау туралы мәліметтері мына адрес бойынша алуға болады:  
<http://atticus-group.ru/certification/>.

Знак информационной продукции (Федеральный закон № 436-ФЗ от 29.12.2010 г.)  
Ақпараттық өнім белгісі (29.12.2010 ж. № 436-ФЗ федералдық заң)

