

В настоящее время газеты, журналы и телевидение полны сообщений о том, что искусственный интеллект решил математическую задачу, одну из 7 "задач тысячелетия". Эти задачи были выделены Институтом Кляэ, и за решение каждой из них учредителями был установлен приз в один миллион

долларов. При этом 25 лауреатов Филдсовской премии (престижной награды, которую иногда сравнивают с Нобелевской) написали открытое письмо, из которого следует, что искусственному интеллекту (ИИ) не место в математических исследованиях. Попробуем разобраться, в чём же дело.

РЕКА МАТЕМАТИКИ

Пифагор (570—490 годы до нашей эры), стоявший у истоков математики, являлся одной из наиболее интересных и загадочных личностей в истории. Он организовал религиозный орден с необычным уставом, в котором, например, значилось: "Не поднимай то, что упало", "Не откусывай от целой булки", "Не прикасайся к белому петуху", "Не смотришь в зеркало около огня". Все достижения учеников приписывались ему. Судя по преданию, когда Пифагор доказал свою теорему ("Пифагоровы штаны во все стороны равны"), в жертву богам было принесено 100 быков. Видно, небедно жил пифагорейский орден.

"Математическое знание казалось определённым, точным, применимым к реальному миру; более того, казалось, что знание получили, исходя из чистого размышления, не прибегая к наблюдению... На основе математики было сделано предположение, что мысль выше чувства, интуиция выше наблюдения", — писал Бертран Рассел. Платон в IV веке до нашей эры полагал, что Бог является геометром, а физик Джеймс Джинс в XX веке считал, что Всевышний занимается арифметикой. Многие истолковывали и истолковывают математические объекты как мысли Бога.

Важнейшей вехой в истории науки и европейской мысли стали "Начала" Евклида, написанные в III веке до нашей эры. Видимо, автора вдохновляла структура законодательства. Сначала идут основные понятия, которые не определяются через другие, потом следуют аксиомы (от греческого — "принятое положение"). Всё, что мы можем доказать, опираясь на них, — теоремы. В евклидовых "Началах" содержится 465 теорем.

Время шло. Философ, математик, дипломат Лейбниц посоветовал Петру I создать Академию наук, а позднее в ней начал работать Леонард Эйлер, с которым связана целая эпоха в истории точных наук. Собрание сочинений этого великого учёного составляет 81 том. Известную нам со школьных времён теорему о том, что три высоты треугольника пересекаются в одной точке, доказал Эйлер. Именно благодаря ему стали общепринятыми обозначения π , i , $\cos$, $\tan$, $f(x)$, которые в мире называют пете́рбургскими символами.

Лейбниц придумал устройство, которое могло делить и умножать числа, и полагал, что будущее за "считающими машинами". Он считал, что эти машины будут настолько информированы, беспристрастны и объективны, что именно они и будут судить людей. Во многом эта утопия (а скорее, антиутопия) воплощается в реальности на наших глазах. Помнитса, Воланд говорил Маргарите: "Будьте осторожны со своими желаниями — они имеют свойство сбываться".

Лейбниц назвал математику "наукой о возможных мирах". Это очень важный момент: физика, химия и биология — это науки о нашем единственном и удивительном мире. Если бы заряд электрона, скорость света, постоянная Планка и соотношение между ними были другими, то реальность оказалась бы иной и, скорее всего, места для нас в ней не было.

Математика имеет дело с другими, абстрактными сущностями. Хорошо, если они отражают наш мир, но могут его и не отражать. Например, Евклид доказал, что количество простых чисел (которые делятся только на единицу и на себя) бесконечно. Но в мире нет бесконечности. Число атомов во Вселенной очень велико, но конечно. Бесконечность — странная, удивительная и очень интересная игра нашего ума.

Правоту Лейбница доказал в 1826 году выдающийся математик Николай Иванович Лобачевский, которого английский математик Уильям Клиффорд назвал "Коперником геометрии". Он прав! Коперник показал, что Земля — одна из

планет, вращающихся вокруг Солнца. Лобачевский установил, что геометрия, основанная на аксиомах Евклида, — лишь одна из возможных. Есть и другие. Евклид опирался на "очевидную" аксиому о том, что через точку, не лежащую на прямой, можно провести только одну прямую, не пересекающуюся с данной. Лобачевский предположил, что их две (а значит, бесконечно много), и это привело к совсем другой, странной и необычной конструкции всей геометрии.

Великие начали проверять, какая из геометрий лучше описывает наш мир, и пришли к выводу, что евклидово творение является отличным приближением для нашего пространства — по крайней мере до ближайших звёзд.

А дальше — больше. В XX веке огромные усилия были вложены в то, чтобы строго обосновать саму математику. Возникло несколько аль-

обеспечения работы межконтинентальных баллистических ракет и космических аппаратов.

Создание нового оружия — вещь сложная и дорогая. Прежде чем за дело возьмутся инженеры, конструкторы и предприятия, нужно очень точно представлять, что и как должно работать и что мы хотим получить. Институт прикладной математики, в котором я имею честь работать, сыграл очень важную роль в реализации советских проектов — атомного и космического.

Если считать биосферу первой природой, техносферу — второй, то у нас на глазах сформировалась третья природа — информационно-телекоммуникационное пространство.

В развитии технологий — своя логика: ни одна технология не развивалась в таком темпе, как компьютерная, которую правильно было бы

ЗЕРКАЛО РЕАЛЬНОСТИ

Математика в эпоху ИИ

тернативных подходов. Они по-разному решают возникшие парадоксы и не сводятся один к другому. Простейший из них — парадокс лжеца. "Я лжец", — говорит человек. Он действительно лжец, который всегда обманывает, или тот, кто говорит правду? Оба ответа парадоксальны.

Огромная полноводная река математики дошла до своего устья, разбилась в дельте на множество рукавов и...

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ И ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА

В XIX веке река математики разделилась на два больших направления — теоретическое и прикладное. Бытует такая шутка: теоретическая математика делает то, что можно, так, как нужно, а прикладная делает то, что нужно, так, как можно.

Галилей считал, что "книга природы написана языком математики" и полагал, что "следует измерять то, что измеримо, и делать измеримым то, что таковым не является". Для того чтобы обращаться с результатами измерений, моделировать, открывать новые свойства природы, общества и человека, нужны математические инструменты. Их созданием и занимается прикладная математика.

Не всё происходит так, как хотелось бы. Эйлер консультировал короля Пруссии Фридриха относительно строительства фонтанов в летнем дворце Сан-Суси. Строительство началось в 1748 году. Эйлер предложил свою модель течения жидкости (ныне называемую уравнением Эйлера), но фонтаны так и не начали работать. О причинах можно спорить, но важный вопрос о том, как описывать движение жидкости, продолжал волновать учёных. В 1822 году французский инженер Клод-Луи Навье обобщил модель Эйлера и ввёл в неё члены, описывающие вязкость. В 1845 году британский математик Габриель Стокс дополнил модель, учтя сохранение массы и импульса для исследуемой жидкости.

Работа в прикладной математике очень интересна. С одной стороны, нужны "предметники" — люди, понимающие, что и почему надо моделировать. С другой стороны, нужны математики, их взаимодействие с другими учёными и совместная творческая работа.

Ключевым изобретением, изменившим прикладную математику и весь мир, стали компьютеры, созданные изначально для решения военных задач. В Британии — для дешифровки сообщений противника, в США — для моделирования ядерных и термоядерных ударов, в СССР — для

назвать математической отраслью. За 70 с лишним лет вычислительная мощность компьютеров выросла в 10¹⁸ раз по сравнению с первыми вычислительными машинами. Компьютеров сейчас в мире более 6,2 млрд, и они заменили почту, газеты, журналы, кино, телефоны, пишущие машинки, проигрыватели, книги, тренажёров, уроки по множеству предметов и ещё очень-очень многое. По данным на июнь 2026 года, пять самых больших компаний мира по капитализации относятся к математической отрасли. Это "Энвидиа" — 4,8 трлн долл.; "Эппл" — 4,3 трлн долл.; "Альфабет" — 4,2 трлн долл.; "Майкрософт" — 2,8 трлн долл.; "Бродком" — 1,8 трлн долл.

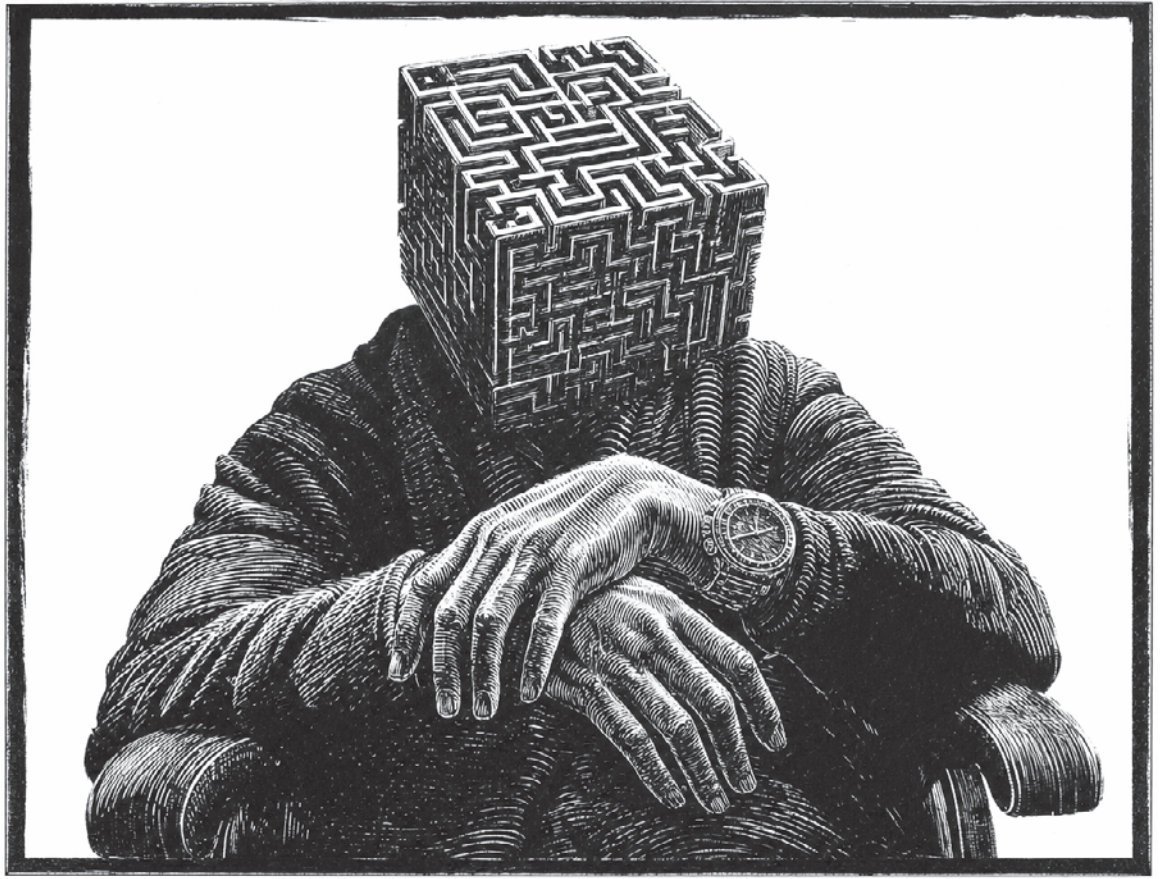
Не обошли компьютеры своим вниманием и мошенники. По нынешним оценкам, доходы киберпреступников в 2026 году составят 12 трлн долл. Это больше, чем валовой внутренний продукт всех стран, кроме США и Китая. Прикладная математика сформировала другую реальность.

Однако эта сфера едина, и в этом её обаяние. Многие поколения исследователей готовы решать задачи или доказывать, что они решения не имеют, не думая о каких-либо приложениях своих результатов. Например, в школе нас учат, как с помощью циркуля и линейки можно разделить угол на два одинаковых. А на три? Математики пытались ответить на этот "вопрос 22 века" и в конце концов выяснили, что эта задача неразрешима. Но на пути к этому ответу были развиты многие представления алгебры. И ещё через столетие с лишним эти результаты нашли множество приложений. В частности, без них не работали бы наши мобильные телефоны.

Вот ещё одна задача, удивительно простая с виду. Её поставил в 1742 году немецкий математик Христиан Гольдбах в письме к Леонарду Эйлеру. Гипотеза, которую следует подтвердить или опровергнуть, такова: любое чётное число, большее 2, можно представить в виде суммы двух простых чисел. Компьютер для всех чисел, с которыми может справиться, подтверждает эту гипотезу. Но доказательства у нас, как и у Эйлера, пока нет.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ СОЗНАНИЯ

В 1950 году выдающийся британский математик и криптограф Алан Тьюринг написал статью "Вычислительные машины и разум". Разбирая множество аргументов и не находя среди них убедительных, он пришёл к выводу, что на этот вопрос можно будет дать положительный ответ, если машина



будет выигрывать у людей в игру "Имитация".

Уже тогда людям хотелось, чтобы машина рисовала картины и писала музыку, знала сотни языков, была хорошим собеседником и отличным библиотекарем, "знающим" десятки миллионов книг, помогала ставить диагнозы. Иными словами, делала всё то, что мы сейчас связываем с искусственным интеллектом.

Этот термин появился впервые на конференции в Дартмутском колледже в 1956 году в докладе Джона Маккарти. Это не слишком хороший термин. "Интеллект" происходит от латинского intellectus — "понимание, рассудок, познание". Пока это слишком высокая планка для машины. Не является точным и слово "искусственный": компьютер работает с языком — сложной самоорганизующейся системой, которая сложилась и развивается в результате общения и размышлений миллиардов людей. ИИ — не самостоятельная сущность, а скорее пристройка к нашей культуре, своеобразное зеркало реальности, созданной людьми.

В отечественном варианте вся эта деятельность называлась "моделирование элементов сознания". Но раз уж прижился рекламный слоган "искусственный интеллект", то будем пользоваться им, понимая всю его приближительность.

По сути, ИИ родился из простой идеи облегчить работу человека с компьютером, добиться, чтобы она шла быстро, легко и, желательно, без ошибок. Существует два вида ИИ — логический и генеративный. Их можно пояснить с помощью игр, в которых ИИ добился успеха.

В логическом ИИ учёные пытаются разобраться, как действует человек, выясняют алгоритмы решения задачи, а затем программируют их, стараясь использовать главные преимущества машины — огромную память и быстродействие. Трудности здесь две: во-первых, программы получаются огромными, а во-вторых, программист в среднем делает одну ошибку на 1 000 команд, простых чисел. Компьютер для всех чисел, с которыми может справиться, подтверждает эту гипотезу. Но доказательства у нас, как и у Эйлера, пока нет.

Действовать так же с древней игрой го, придуманной 2 500 лет назад в Китае, не удалось. В этой игре 10¹⁷⁰ позиций (напомним, что по нынешним оценкам во Вселенной около 10⁸⁰ атомов). На помощь учёным пришёл генеративный ИИ. Его идея проста: имитировать на компьютере аналоги нервных клеток (нейронов) и механизмы связей между ними, подсказанные нейробиологами. Именно эти связи принципиальны — их формирует наша биология, то, чему мы научились, и наша жизнедеятельность. С ними связаны наши память, воля, фантазии, способность к творчеству.

При этом компьютер не надо программировать: он воспринимает обучающую выборку и действует методом проб и ошибок, меняя связи в случае неудач.

Суперкомпьютер разбил на две части, сообщили каждой из них правила игры в го, не показали ни одной партии,

сыгранной людьми, и дали возможность играть друг с другом, совершенствуя свою стратегию.

На саммите "Будущее го" в Учжэне, в Китае программа "АльфаГо" играла с чемпионом мира Кэ Цзе. Сотни миллионов китайцев смотрели эту игру в режиме реального времени. Проиграв три партии программе, Кэ Цзе сказал: "В прошлом году я думал, что стиль игры "АльфаГо" близок к человеческому. Но сегодня я понял, что она играет как бог игры го". Программа показала новый стиль игры, идущий вразрез с мировой традицией.

В 2025 году исследователи из Калифорнийского университета в Сан-Диего опубликовали результаты эксперимента, в котором модель "Джи-пи-ти" 4.5 от компании "Оупен эй-ай" успешно выдала себя за человека в 73% случаев. Тест Тьюринга пройден. Настало время подумать.

В своё время к нам в институт приходил чемпион мира и выдающийся тренер Михаил Ботвинник. Он призывал научить машину играть в шахматы и обещал свою помощь.

На мой взгляд, этого не следовало делать. "Человеку — человеческое, машине — машинное". Раньше поединки гроссмейстеров были сражениями мудрецов, а сейчас превратились в интеллектуальный стриптиз — зрители в зале смотрят на свои смартфоны и рассуждают о том, догадается ли игрок до хода, который предлагает ИИ. Теперь та же ситуация в го...

Сегодня перед культурой стоит очень серьёзный вызов. Чтобы рисовать так, как это делает ИИ, надо учиться 5–6 лет. Программа же создаёт изображения вмиг, в стиле разных художников, меняя получившееся в соответствии с пожеланиями заказчика. Мои знакомые художники потеряли 2/3 заказов из Европы — их заменил ИИ. Программы позволяют составлять "музыкальные коктейли", например, смешать 30% Моцарта, 30% Бетховена и 40% Гершвина.

ИИ с лёгкостью пишет речи на сотне с лишним языков в защиту или опровержение заданного тезиса. Актёры Голливуда протестуют против ИИ, в той или иной степени заменяющего их. Реалистичную ИИ-модель Тилли Норвуд позиционировали как настоящую актрису. Впечатляют "Мисс ИИ" — 2024" Кенза Лейли, которая круглосуточно общается на 7 языках с более чем двумястами тысячами своих подписчиков. Есть шанс, что век "живых" или, как их называют, "белковых", актёров недолог.

Думаю, что людям, связанным с художественной культурой, важно осознать этот серьёзный вызов и предпринять необходимые шаги.

ФИЛОСОФСКИЕ ШАГИ

Математику можно сравнить с океаном. Путешествуя в нём, очень важно разобраться, какие задачи следует решить в первую очередь. В 1900 году Давид Гильберт представил список из 23 проблем, которые должны были определить развитие математики в XX веке; 16 из них считаются решёнными. Работа над ними привела ко многим глубоким и оригинальным моделям.

В 2000 году Институт Кляэ выделил семь сложнейших математических проблем — задач тысячелетия. За решение каждой из них назначена премия в 1 миллион долларов.

Из семи задач одна была решена в 2002—2003 годах Григорием Перельманом — доказана гипотеза Пуанкаре. Шестая задача связана с уравнениями Навье — Стокса, описывающими движение вязкой жидкости или газа. Задача тысячелетия — доказать су-

ществование и гладкость для трёхмерного случая (или привести контрпример). Решение этой задачи сильно продвинуло бы понимание турбулентности. Профессор Калифорнийского университета Теренс Тао пишет: "Эти задачи подобны маякам. Они служат важными ориентирами, притягивающими усилия учёных".

Если целому ряду выдающихся математиков на протяжении многих лет не удаётся доказать существование и единственность решения, то это явный признак того, что мы имеем дело с новыми явлениями, о которых ранее не догадывались. Мой учитель директор Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН С.П. Курдюмов считал, что в этих уравнениях в трёхмерной постановке имеет место режим с обострением, то есть такой режим, при котором одна из величин, характеризующих решение, неограниченно возрастает за ограниченное время. Конечно, такими моделями надо пользоваться с большой осторожностью.

На первый взгляд, ИИ не имеет никакого отношения к теоретической математике, к строгим доказательствам, с которыми люди не могли справиться сотни лет.

Однако это оказалось не так. Одна система ИИ ищет пути от условий к результату (как в шахматах — от исходной позиции к выигрышу). Другая проверяет, насколько корректны формальные переходы в доказательствах. "Математика — это язык", — говорил Гиббс. Важно, чтобы все правила принятой грамматики неукоснительно соблюдались.

Исследователи из корпорации "Оупен эй-ай" заявили, что ИИ смог решить задачу тысячелетия, связанную с уравнением Навье — Стокса. И гипотеза моего учителя оправдалась — действительно возникает вихрь, растущий до бесконечности за конечное время. Доказательства компании пока не опубликовала, но, если там всё в порядке, значит, ИИ взял очень высокую вершину, до которой не дотянулись люди. Естественно, на это событие отреагировало математическое сообщество.

С 1936 года в честь Джона Филдса раз в четыре года вручается премия выдающимся математикам не старше 40 лет. 11 сентября 2026 года 25 лауреатов этой премии опубликовали письмо, отвергающее использование ИИ в математике. Они пишут: "Стремление компаний-разработчиков ИИ решать математические задачи в качестве эталона наносит ущерб науке о математике и математическому сообществу... Самые ценные ресурсы нашей профессии — это студенты и идеи, которые мы развиваем с большой осторожностью... Наши концепции мы распространяем в беседах, частных дискуссиях и выверенных трудах, соединяя их с предыдущими наработками других. ...Решение проблем является лишь инструментом и посредником для достижения основной цели — концептуального понимания и инсайта".

Удивительно — математика без задач, но зато с сохранением своего сообщества. Примерно как в романе Гессе, где была провинция Кастилия для игроков в бисер.

Думаю, дело в логике разных цивилизаций. Когда я поздравлял американских коллег с доказательством теоремы Ферма, которое искали более 350 лет, они меня не понимали. Эти учёные были "в трауре" — ведь они её доказали, а другой теоремы Ферма уже нет...

Но ведь логика должна быть обратной! Наука — это не спорт и не художественное творчество. Новое доказательство, пусть и найденное ИИ, — это общее достижение, новые пути, идеи и горизонты. Стоит порадоваться, когда кому-то удаётся снять звезду с неба и посмотреть, что эта звезда осветит вокруг нас.

"Надо любить науку в себе, а не себя в науке", — часто говорил мой учитель. Думаю, он был прав.

Георгий МАЛИНЕЦКИЙ

