

РАСШИРЯЯ ГОРИЗОНТЫ ПОЗНАНИЯ: СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПОМОЩЬ НАУКЕ

Струговщикова У. С.

Струговщикова Ульяна Сергеевна — кандидат философских наук, научный сотрудник, Институт философии РАН. Российская Федерация, 109240, г. Москва, ул. Гончарная, д. 12, стр. 1; e-mail: ustrug@gmail.com.

Аннотация. Дискурс о положительных и отрицательных эффектах технологического прогресса обнаруживает новый виток с экспансией разработок нейросетей, применяемых в разных антропологических сферах. Статья фокусируется на положительных эффектах технологий, в частности цифровых, и показывает на примере археологии помощь технологий в расширении горизонта познания человека. Технологии способны сократить дистанцию между эпохами, позволяя нам окунуться в миры прошлого, и приглашают нас мыслить вместе-с-ними, создавая более четкую картину прошлого в нашем настоящем.

Также в статье рассматривается синтез нейросетей и робототехники совместно с другими цифровыми технологиями в исследованиях естественных коммуникационных систем китовых как пример помощи современных технологий в расширении горизонтов человеческого познания.

Ключевые слова: нейросети, искусственный интеллект, расширенное познание, ChatGPT, робототехника, глубокое обучение, язык животных, язык китов.

EXPANDING COGNITIVE HORIZON: TECHNOLOGIES TO HELP SCIENCE

Strugovshchikova U. S.

Ulyana S. Strugovshchikova — CSc in Philosophy, Research Fellow. Institute of Philosophy, Russian Academy of Sciences. 12/1 Goncharnaya Str., Moscow 109240, Russian Federation; e-mail: ustrug@gmail.com.

Abstract. Positive and negative effects of technological progress has been a hot discourse for a long time. Nowadays it opens new horizons with the expansion of artificial neural networks to various anthropological fields. The article focuses on the positive effects of technologies, in particular digital ones, and shows, using the example of archeology, the help of technology in expanding the horizon of human knowledge on the one hand, and the ability of these same technologies to reduce the distance between time epochs, letting us plunge into the worlds of the past and invite us to think together with them, creating a clearer picture of the past in our present.

The article also discusses the synthesis of artificial neural networks usage and robotics together with other digital technologies in the study of natural communication systems of cetaceans as an example of the help of modern technologies in expanding the horizons of human cognition.

Key words: neural networks, artificial intelligence, “4 E” cognition, ChatGPT, robotics, deep learning, animal language, whale language.

Новая эпоха уже наступила, хотя мы наблюдаем не ее заключительный этап, а, напротив, момент становления, развития, сами при этом являясь рычагами и двигателями этого развития, преобразования, перехода в новое качество. Эта эпоха заставляет нас задавать новые вопросы, поднимать «старое» знание — искать вопросы, которые ставились в то время, и ответы, которые были предложены тогда. Потому что очевидных и простых ответов у нас нет: с ростом сложности растет количество неопределенности и порождаемых ею вопросов, мы ищем ответы на новые вызовы, осмысляя происходящее, в попытках предугадать, предвосхитить будущее, связать его с прошлым и осмыслить в пространстве «здесь» и времени «теперь». Мы перечитываем труды и мысли наших предков, предшественников в попытке ухватить течение их мысли, найти схожие моменты, в надежде найти опору, в желании увидеть, как мы найдем «старую» тропу, и трансформируем ее в новом качестве, что, однако, не всегда возможно.

Мы фиксируем цивилизационную технологизацию общества как Макросдвиг, который охватывает непрерывный и стремительный технический прогресс, трансформирующий все аспекты человеческой жизни. Новый виток этому Макросдвигу подарила массовая цифровизация, предполагающая повсеместное внедрение и интеграцию цифровых технологий в различные сферы жизни общества, включая коммуникации, промышленность, государственные услуги, здравоохранение, образование и т. д. И это, в свою очередь, толкает технологии к развитию дальше.

Если мы, создавая новые технологии, расширяем горизонт нашего познания все дальше, то встает вопрос: есть ли у него конец вообще? И есть ли конечность у наших познавательных способностей? Понятно, что биологическая когнитивная замкнутость диктует нам, что горизонт познания ограничен морфологией и сенсорикой наших тел (замкнутые «мыльные пузыри» Икскюля), и с этой точки зрения, как бы мы ни представляли и ни проецировали сенсорное восприятие других видов, мы никогда не сможем чувствовать так, как *другой-иной*: несмо-

тря на заданный спектр, мы не видим, как пчела; мы, конечно, слышим «музыку планет», но это не звуковые волны; что «слышит» собака, обнюхивая дерево, можно только представить, а ощущения растений даже представить сложно, если вообще возможно. Тем не менее, все созданные приборы, методы, технологии — это попытка расширить наши «мыльные пузыри» — умельцы, попытка выйти за пределы нашей биологической замкнутости. Интересы и их двигатели могут быть (и были) самыми разными — от чистой любознательности до прагматизма, но самое важное то, что у нас получается. С каждым разом, когда мы приоткрываем тайну мироздания, мы одновременно отодвигаем границы возможного, замечаем то, что раньше, намеренно или нет, игнорировали. Современные технологии углубляют наше понимание мира посредством развития разных наук. Эти технологии служат нашими руками, глазами, ушами. Что само по себе удивительно и, в то же время очевидно, это способность человека не только открывать многообразие сенсорных восприятий, но и его попытки редуцировать это многообразие к нашим основным пяти чувствам (я сейчас не говорю о тех восприятиях, которые сложно сопоставить с конкретным органом в человеческом теле, например, не говорю об интуиции или предвидении), а затем объяснять их, зачастую однобоко, ошибочно, но не окончательно.

Наше желание найти «братьев по разуму», ответить на вопрос о появлении жизни, способствует освоению космоса: мы открываем новые планеты, звезды и галактики, получаем данные об их составе, а также добавляем крупницы к нашему знанию о ранней Вселенной. Наши приборы фиксируют древнейшее реликтовое излучение, и мы не только окрашиваем это излучение в видимый нами цветовой спектр и «переводим» излучение в звучащие для нас волны, но и стремимся интерпретировать это излучение как память Вселенной, как часть ее семиозиса. Мы осваиваем ближний космос: отправляем зонды и станции на Луну и на Марс, астероиды, строим планы по колонизации космоса, которые уже не кажутся слишком уж фантастичными. На Земле же дис-

танционное зондирование¹, как, например, спутниковая съемка и воздушные датчики позволяют собирать бесценные данные о климатических изменениях, геологической активности, мониторинге лесов, океанографии или отслеживании развития городов. Мы зарываемся в землю в поисках памяти планеты о ней самой, о том живом, что было до нас. Мы также идем в глубь человека, разрабатываем новые методы диагностики в медицине, терапевтических средств и персонализированной медицины, разгадываем секреты ДНК человека с помощью секвенирования генома, чтобы также расширить глубины познания самого себя, которые имеют «твердую» телесную основу. Мы исследуем нанотехнологии, которые на молекулярном уровне способствуют различным научным открытиям, как, например, системы адресной доставки лекарств² для применения в медицине или наноструктуры для электронных устройств. Стоит также упомянуть последнюю Нобелевскую премию в физике в области поведения электронов и природы света.³ Пир Агостини, Ференц Краусс и Анн Л'Юлье получили награду за «экспериментальные методы, генерирующие аттосекунды»: «Этот импульс — свет для изучения динамики электроники в вечернее время». Аттосекунда — это секунда в 10^{-18} . Даже словами не-физического языка сложно описать эти квантовые глубины.

Отдельные этапы развития претерпевают социальные и гуманитарные науки: мы можем анализировать социальные сети или же всевозможные сети в трудновообразимом масштабе, и это позволяет по-новому взглянуть на общественные тенденции, выявить закономерности в исторических текстах, что дает возмож-

¹ Canada's MDA taps SpaceX to launch CHORUS satellite constellation //Reuters // <https://www.reuters.com/technology/space/canadas-mda-taps-spacex-launch-chorus-satellite-constellation-2023-10-25/>.

² Ученые придумали новый метод адресной доставки лекарств. 12.02.2020 // Indicator // <https://indicator.ru/medicine/novyi-metod-adresnoi-dostavki-lekarstv-12-02-2020.htm>

³ Нобелевская премия по физике в 2023 году присуждена за создание методов изучения динамики электронов в веществе. 03.10.2023 //Российская газета // <https://rg.ru/2023/10/03/nobelevskaia-premiia-po-fizike.html>

ность глубокого понимания как прошлых адаптаций, так и будущих прогнозов с учетом контекста различных глобальных явлений. Иммерсивные технологии (новые разработки виртуальной реальности (VR) и дополненной реальности (AR)) преобразуют учебный, развлекательный и терапевтический процессы: к примеру, в археологии⁴ или астрономии⁵ — путем моделирования среды, что позволяет ее исследовать с уникальной точки зрения, не отступая от ограничений реальности. Также есть исследования по созданию таких реальностей для людей с депривацией природы, работающих в закрытых пространствах: космонавтов на МКС, моряков на подводных лодках⁶, и т. д. Здесь предполагается терапевтический эффект. Что касается развлекательной сферы, то игровые компании предлагают расширяющийся выбор удивительных миров с самыми разными сюжетами, включая открытые миры, где пользователь ограничен только собственным воображением. Стоит упомянуть развитие робототехники и автоматизации: речь о создании автономных систем, поддерживающих работу лабораторий, растительных и животных питомников. И более глобальная разработка — Интернет вещей (IoT): растущая сеть взаимосвязанных устройств, которая позволяет в режиме реального времени собирать данные из различных источников⁷. Если мы говорим о науке, то это способствует улучшению мониторинга и управления научными экспериментами, обеспечивая всесторонний обзор окружающей среды, если говорим об IoT в

⁴ VR is assisting historians and archaeologists. Here's how. 05.11.2020// Allerin, 2020 // <https://www.allerin.com/blog/vr-is-assisting-historians-and-archaeologists-heres-how>

⁵ Nine Ways We Use AR and VR on the International Space Station. 20.09.2021 // <https://www.nasa.gov/missions/station/nine-ways-we-use-ar-and-vr-on-the-international-space-station/>

⁶ Дресвянников В. А. Виртуальная реальность как средство проникновения идеальной природы в материальную и социальную // Вопросы инновационной экономики. 2015. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/virtualnaya-realnost-kak-sredstvo-proniknoveniya-idealnoy-prirody-v-materialnuyu-i-sotsialnuyu>

⁷ Чеклецов В. В. Чувство планеты (Интернет Вещей и следующая технологическая революция). М., Российский исследовательский центр по Интернету Вещей, 2013. 130 с.

жизни обычного пользователя, то существует большое количество направлений. Среди них возможность бытовой техники в автоматическом режиме выходить в сеть Интернет и скачивать обновления; создание исторических программ, когда при наведении, например, на здание через экран телефона или планшета вы оказываетесь наблюдателем дополненной реальности — видео-ряда на экране, показывающего, как выглядело здание какое-то время назад. Особняком стоит разработка искусственного интеллекта (ИИ) и машинное обучение (Deep Learning).

Исследования в области создания искусственного интеллекта занимают особую, уникальную нишу в науке, потому что затрагивают грани «искусственного» и «живого»: границу того, когда *иной созданный объект* вдруг может стать *созданным субъектом*, превосходящим своего создателя — человека. Наученные горьким опытом техногенных катастроф, когда передовые мирные технологии являли разрушительную силу (например, аварии на АЭС), люди, кажется, с большой долей осторожности и опасением ожидают объявления о создании ИИ, показывая свою еще одну удивительную особенность — собственным разочарованием двигать прогресс дальше. Поясню. В 1950-е Алан Тьюринг заложил основы искусственного интеллекта в статье «Вычислительные машины и интеллект», предложив тест для определения интеллекта машины.⁸ Почти 70 лет спустя, в 2014 г., этот тест был пройден: собеседники, участвующие в чат-разговоре, не смогли определить, где «говорит» машина. Алан Тьюринг был бы вне себя от радости, доживи он до этого момента, ведь это большое, если не сказать великое, достижение. Однако стали появляться нерадостные настроения — что это *лишь* уровень ребенка, что это не ИИ, потому что... (пошло бесконечное перечисление).

28–30 сентября 2023 г. в Пятигорске прошла Первая всероссийская научная конференция «Сознание, тело, интеллект и язык в эпоху когнитивных технологий» (MBIL — 2023), посвященная дискурсу о понимании «сознания», «языка», «интеллекта»

⁸ Turing A. M. Computing Machinery and Intelligence // Mind, 1950. №49. p. 433-460.

и «тела». Многие исследователи связывают возможное создание искусственного интеллекта с развитием нейросетей — вычислительных моделей, созданных на основе структуры и функций биологических нейронных сетей, встречающихся в мозге человека и животных. И этих ученых можно разделить условно на два лагеря — любознательные исследователи (фанатиков не встретила), позитивно оценивающие разработки в области нейросетей и ИИ, и критически оценивающие эти разработки коллеги, считающие, что до создания искусственного интеллекта-агента или субъекта еще далеко и рано говорить об этических задачах и установках, а также рано ставить вопрос: «Что мы хотим от ИИ?» Уточню, что я под *интеллектом* понимаю не только *способность решения* задач, но и *постановку* этих задач, к которой современные нейросети пока не способны. Тем не менее далее слова *нейросеть* и *ИИ* могут применяться как означающее одно и то же.

Итак, что же мы хотим от искусственного интеллекта? Этот вопрос мне пришел в голову, когда, находясь в Археологической экспедиции Хакасского национального краеведческого музея в республике Хакасия, общаясь с археологами, работающими в поле, и изучая статьи об использовании нейросетей в археологии, я обратила внимание, что большинство статей строятся на ожидании того, что ИИ возьмет на себя львиную долю работы специалистов, т. е. ученый делегирует свою работу другому. Здесь разворачиваются две ситуации: опытный, сложившийся ученый и новичок. Опытному ученому, имеющему за плечами эмпирическую работу в поле, ИИ был бы хорошим помощником, который позволил бы сэкономить время на рутинных операциях. С другой стороны, этот самый ученый может «потерять» некий «инструмент», приводящий его к инсайтам, или озарениям. Археолог, занимаясь привычными делами по раскопу, отбору, тактильному контакту с артефактами, способен прийти к интересным выводам, имеющим значение для науки. И этот опыт тактильного контакта с вещами мы можем распространить за пределы археологии, на другие науки. Если же мы имеем дело с неофитом, постигающим азы науки, тогда использование *все-помощника* может

оказать медвежью услугу — ученый не только перестает понимать сам процесс получения знания, но также может пропустить эти самые озарения. Сделает ли открытия искусственный интеллект — мы можем только гадать, но сейчас, когда заходит речь о креативности ИИ, споров нет. Переборка фактов, сопоставление и сочетание в неожиданных ракурсах, конечно, дает интересные результаты, но это наталкивает на рождение интересных мыслей у нас, людей (о новизне которых также можно рассуждать), но не создает что-то принципиально новое в искусственных сетях. По крайней мере пока что. Несомненный плюс в использовании современных этапов развития ИИ, использовании нейросетей в том, что они помогают расширить наш горизонт познания, обрабатывая такие массивы данных, с которыми одна человеческая жизнь не смогла бы справиться. Целью нейросетей, а потом и искусственного интеллекта должна быть помощь человеку, о чем и написано в «Автобиографии нейросети», написанной *искусственным интеллектом ChatGPT-4*⁹, созданным компанией OpenAI.

В автобиографии ChatGPT-4 пишет, что его целью является создание коммуникаций между человеком и компьютером. Этакий С-ЗРО нашего мира, переводящий сигналы робота R2D2¹⁰ на человеческие языки. Для достижения этой цели у него есть ряд задач, которые он выполняет: распознает естественный язык, генерирует тексты на естественных языках, содействует развитию технологий, делает информацию доступной, обеспечивает безопасность и этичность, развивается и обучается, содействует взаимодействию и коммуникации, обучает и развлекает, помогает реализовать творческий потенциал, а также то, что было упомянуто в самом начале, в связи с технологизацией жизни. Как говорят специалисты, вовлеченные в обучение нейросетей, никто не

⁹ ChatGPT-4. Автобиография нейросети. Сост. М. Брослав, О. Яблокова. Издательство АСТ, 2023. с. 37.

¹⁰ С-ЗРО — персонаж вселенной «Звездных войн», протокольный дроид, андроид, для помощи в этикете, обычаях и переводе; R2D2 — астромеханический дроид и коллега С-ЗРО.

знает, как работает искусственная нейросеть: т. е. есть некоторые предположения, но в точности как получается результат — неизвестно. Возможно, когда-нибудь именно искусственная нейросеть или уже *созданный и проявленный, осознанный интеллект* сможет пролить свет на то, что происходит у него внутри, и это, в свою очередь, даст нам ответы на наши собственные вопросы о способности к познанию, генерированию знания и рождению нового.

Еще один момент, о котором невозможно умолчать, исследуя возможности расширения человеческого познания посредством технологий. Параллельно с алармистскими настроениями по поводу экспансии разработок нейросетей в разные антропологические сферы растут и восторженные возгласы о возможностях, которые открываются перед человеком. Я уже упоминала археологию и довольно амбивалентное применение ИИ как помощника в науке. Другая же сторона — помощь технологий в расширении горизонта познания человека и способность технологий сократить дистанцию между эпохами: именно технологии позволяют окунуться в миры прошлого и приглашают нас мыслить вместе-с-ними, создавая более четкую картину прошлого в нашем настоящем. Мы запускаем свои технологические «щупальца», чтобы изучить разные аспекты человекоподобного интеллекта, а вычислительные методы обещают произвести революцию в робототехнике и обработке естественных языков разных биологических видов.

Мы все знаем, что за этот год уже упомянутый ChatGPT совершил удивительные подвиги: он может сочинять эссе, сонеты, объяснять научные концепции и даже шутить, хотя и не всегда смешно. Если спросить ChatGPT, как он был создан, то он скажет, что сначала он обучался «предварительным обучением» и «тонкой настройкой»¹¹. Этап «предварительного обучения» заключается в получении огромного количества текстовых данных из Интернета. Этот этап состоит из так называемого «машин-

¹¹ Цитируется ответ ChatGPT-3, установленного на компьютере автора.

ного обучения без присмотра», которое выполняется сложным массивом узлов обработки, известным как нейронная сеть. По сути, «обучение» заключается в заполнении пробелов. Согласно ChatGPT, «цель состоит в том, чтобы изучить структуру и нюансы языка, *предсказывая*¹², какие слова или фразы, *скорее всего*, появятся следующими в контексте данного предложения или абзаца». Обрабатывая миллионы веб-страниц, а также вычисляя и пересчитывая шансы, ChatGPT настолько хорошо разобрался в этой игре в угадку, что освоил этот язык (вопрос о *понимании* остается дискуссионным). Другие языки, на которых он «свободно» говорит, включают китайский, испанский и французский. Так родилась идея того, что, если компьютерную модель можно обучить на достаточном количестве данных, она сможет научиться прогнозировать *не-человеческие* «языки», например коды кашалотов.

Весной 2021 г. был запущен амбициозный, технологически сложный проект CETI¹³, посвященный расшифровке коммуникационных кодов кашалотов. Проект строится на изучении вокализации китов, обладающих самым большим мозгом и имеющих богатую социальную жизнь. Вокализация, или коммуникация, кашалотов происходит посредством щелчков, кодов, которые передаются социально. Киты в восточной части Тихого океана обмениваются одним набором кодов, киты в восточной части Карибского бассейна — другим, а киты в Южной Атлантике — третьим. Детеныши кашалотов подхватывают коды, которыми обмениваются их родственники, и, прежде чем они успевают их умело выщелкнуть, они «лепечут». План исследовательской группы состоял в том, чтобы превратить западное побережье Доминики в гигантскую студию звукозаписи китов, что предполагало установку сети подводных микрофонов для улавливания кодов проходящих кашалотов, установку записывающих устройств на самих китов, а также создание «роботов-шпионов» в виде черепашек, рыб, морских животных, которые бы могли подобраться

¹² Курсив автора.

¹³ Cetacean Translation Initiative — Инициатива по переводу китообразных.

достаточно близко к кашалотам и собрать больше информации, записать большее количество кодов¹⁴. В настоящее время самая большая коллекция кодов кашалотов представляет собой архив, который содержит около ста тысяч кликов. Однако члены команды CETI подсчитали, что для того, чтобы ChatGPT (или как его шутливо называют ClickGPT¹⁵) смог бы «говорить» на нем, ему необходимо около четырех миллиардов кликов. И тут встает сразу две проблемы: где взять такое количество кликов и как можно было бы получить информацию другим способом. Для решения первой задачи предварительно было решено развернуть дополнительные звукозаписывающие станции, для второй — попытаться добыть информацию через межвидовое общение с китами. Оказывается, что, если водолаз ныряет вертикально рядом с кашалотом, последний за ним повторяет. Участники CETI в настоящий момент ищут способы, как можно соединить физическую мимирию с вокализацией, т. е. задать вокализацию с каким-либо значением, что дало бы возможность лучше понять структуру «языка» китов.

Одним из недавних открытий явилось открытие большей внутренней структуры сигнала кода при повторном анализе имеющихся записей. Ранее считалось, что репертуар китов вокруг Доминики насчитывает около двадцати пяти кодов. Эти коды отличаются друг от друга количеством щелчков, а также ритмом. Например, код, известный как *три обычных*, или *3R* (*3 Regular*), состоит из трех щелчков, производимых через равные промежутки времени. Кода *7R* состоит из семи равномерно расположенных щелчков. У семи увеличивающихся, или *7I*, напротив, интервал между щелчками увеличивается; между первыми двумя щелчками проходит около пяти сотых секунды, а между двумя последними — в два раза дольше. В четырехубывающем, или *4D*, между первыми двумя щелчками проходит пятая часть

¹⁴ Проект CETI совместно с Computer Science and Artificial Intelligence Laboratory (CSAIL).

¹⁵ *Click* в пер. с англ. «щелк» как артикуляция звука, или же существительное «щелчок».

секунды, а между двумя последними — всего лишь десятая часть секунды. Затем существуют синкопированные коды. Например, кода, наиболее часто издаваемая членами китовой группы *UnitR*, получила название 1+1+3, где единицы представляют собой два долгих «клика» и три коротких. Оказалось, что такое общение несет больший объем информации, чем представлялось сначала. Вопросы, которые поднимает это открытие, не менее амбициозны: существует ли «двойственность паттернов»¹⁶ у китов, как в человеческом языке, когда два отдельных, не несущих смысловой нагрузки звука складываются в смысловую единицу — слово? Если, как предполагается, щелчки не имеют значения, а коды относятся к чему-то значимому, то кашалоты тоже пришли бы к подобной системе двойственности паттернов. Этот вопрос пока что не имеет четкого ответа. Вопрос о том, является ли коммуникация кашалотов *языком* в его строгом лингвистическом смысле, достаточно дерзкий, на него, надеюсь, мы сможем получить ответ в недалеком будущем.

Другая проблема, встающая перед учеными, касается *понимания*. Допустим, что мы разложили речь китов на синтаксис, и что дальше? Даже если мы будем использовать нейросети для перевода *языка китов* на *человеческий*, нет никакой уверенности, что *подставленный* или *предсказанный текст* будет правильно интерпретирован человеком и будет понятен киту. Прогнозирование текста будет означать, что мы только поняли, какова модель их речи, хотя, конечно, это тоже успех. О чем общаются две женские особи перед погружением на глубину (а они всегда подолгу общаются)? О том, с кем оставить телят? Или о том, что один сорванец разнесет половину залива без должного присмотра? Человек не может не сравнивать, объясняя через подобие. Чем больше мы узнаем об окружающем мире, тем больше аналогий мы можем провести, так что вопрос о понимании речи китов тоже может быть оптимистичным.

¹⁶ Kolbert E. Can We Talk to Whales? 04.09.2023 // The New Yorker, 2023 // <https://www.newyorker.com/magazine/2023/09/11/can-we-talk-to-whales>

Подведем некоторый итог. Понимание когнитивных механизмов *живого* нашей планеты, куда, конечно же, входит то, как живые существа взаимодействуют с миром, со своими сородичами, с представителями других видов, как они артикулируют это в своей речи, способствует расширению и нашего, человеческого, горизонта познания, способствует возникновению дополнительных векторов цивилизационного развития. Мы являемся свидетелями прогресса в объединении робототехники и человека и развитии эмпатии к другим видам, через их познание. Также человечество сможет использовать сенсорные способности животных, способы их взаимодействия с окружающим миром как важнейшее средство сбора информации о происходящих на Земле процессах, имеющих жизненно важное значение для выживания человека. Беря во внимание такого «проводника», люди смогут приблизиться к гумбольдтовскому идеалу восприятия природы — целостному восприятию мира через постижение взаимосвязи его компонентов.

Литература

Блог компании Selectel. Как археологи используют машинное обучение, чтобы копать глубже // Habr, 2020 // <https://habr.com/ru/companies/selectel/articles/532394/>

Дресвянников В. А. Виртуальная реальность как средство проникновения идеальной природы в материальную и социальную // Вопросы инновационной экономики. 2015. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/virtualnaya-realnost-kak-sredstvo-proniknoveniya-idealnoy-prirody-v-materialnuyu-i-sotsialnuyu>

Нобелевская премия по физике в 2023 году присуждена за создание методов изучения динамики электронов в веществе. 03.10.2023 // Российская газета // <https://rg.ru/2023/10/03/nobelevskaia-premiia-po-fizike.html>

Ученые придумали новый метод адресной доставки лекарств. 12.02.2020 // Indicator // <https://indicator.ru/medicine/novyi-metod-adresnoi-dostavki-lekarstv-12-02-2020.htm>

Чеклецов В. В. Чувство планеты (Интернет Вещей и следующая технологическая революция). М., Российский исследовательский центр по Интернету Вещей, 2013, 130 с.

Bromley C. How to Use AI to Talk to Whales — and Save Life on Earth? 29.08.2023 // *Wired*, 2023 // <https://www.wired.com/story/use-ai-talk-to-whales-save-life-on-earth/>

Canada's MDA taps SpaceX to launch CHORUS satellite constellation // *Reuters* //

<https://www.reuters.com/technology/space/canadas-mda-taps-spacex-launch-chorus-satellite-constellation-2023-10-25/>

ChatGPT-4. Автобиография нейросети. Сост. М. Брослав, О. Яблокова. Издательство АСТ, 2023. с. 37.

Kolbert E. Can We Talk to Whales? 04.09.2023 // *The New Yorker*, 2023 // <https://www.newyorker.com/magazine/2023/09/11/can-we-talk-to-whales>

Nine Ways We Use AR and VR on the International Space Station. 20.09.2021 // <https://www.nasa.gov/missions/station/nine-ways-we-use-ar-and-vr-on-the-international-space-station/>

Pawlowicz L. M., Downum C. E. Applications of deep learning to decorated ceramic typology and classification: A case study using Tusayan White Ware from Northeast Arizona // *Journal of Archaeological Science*. 2021, Vol. 130, 105375 // <https://doi.org/10.1016/j.jas.2021.105375>

Seydi V., Chapuis L., Veneruso G., Balaguru S., Bristow N., Mills D., Le Vay L. The application of neural networks to classify dolphin echolocation clicks // *BioRxiv*. The Preprint Server of Biology, 2022. doi: <https://doi.org/10.1101/2022.06.14.496047>

Turing A. M. Computing Machinery and Intelligence // *Mind*, 1950. №49. p. 433–460.

VR is assisting historians and archaeologists. Here's how. 05.11.2020 // *Allerin*, 2020 // <https://www.allerin.com/blog/vr-is-assisting-historians-and-archaeologists-heres-how>