

Искусственный интеллект как объект статистического изучения

Олег Павлович Рыбак
г. Москва, Россия

Статья посвящена вопросам организации статистического изучения одного из самых динамичных секторов экономики, основанного на применении технологий искусственного интеллекта. Учитывая новизну и фундаментальность проблемы, в работе делается акцент на усилении внимания на предметной стороне искусственного интеллекта, понимании его сущностных аспектов, экономической природы, движущих мотивах развития, с тем чтобы иметь четкие ориентиры их отражения в действующем статистическом учете и отчетности. В работе показываются противоречия в развитии искусственного интеллекта, дуализм и вариативность построения моделей сильного и слабого интеллекта.

Методологическую основу статистического изучения искусственного интеллекта составляют базовые положения ОЭСР, реализованные применительно к таким большим технологиям, как биотехнологии, нанотехнологии, информационно-коммуникационные технологии. В частности, в статье достаточно подробно проработаны вопросы науки и исследований, технологий и технологического базиса, а также приведена эскизная зарисовка основных методических вопросов статистического наблюдения: базового и списочных определений искусственного интеллекта; выявлены особенности подлежащих статистическому учету предприятий и организаций, включая стартапы; обозначены специальные статистические показатели; показаны драйверы и сегменты роста рынка искусственного интеллекта.

В статье акцентируется внимание на вопросах междисциплинарности; в особом порядке сделан краткий исторический экскурс в проблему зарождения понятия искусственного интеллекта, природу слабого и сильного интеллекта, а также показаны основные тренды мировоззренческих трансформаций. Более детально рассматриваются вопросы формирования исследовательского потенциала универсального (сильного) искусственного интеллекта.

Особое внимание автором уделяется технологическим аспектам прогресса искусственного интеллекта, целесообразности его анализа с позиций комплекса «больших» технологий, анализируются основные контуры взаимодействия различных фундаментальных и прикладных технологий при формировании единой технологической платформы создания и исследования искусственного интеллекта.

С привлечением конкретных статистических материалов показывается особенность организации мирового и внутрироссийского рынка технологий искусственного интеллекта, определяются основные драйверы роста.

Ключевые слова: искусственный интеллект (ИИ), когнитивные технологии, междисциплинарность наук, нейронные сети, мониторинг развития технологий ИИ, списочное определение технологий.

JEL: C80, C82, D80.

doi: <https://doi.org/10.34023/2313-6383-2020-27-2-34-47>.

Для цитирования: Рыбак О.П. Искусственный интеллект как объект статистического изучения. Вопросы статистики. 2020;27(2):34-47.

Artificial Intelligence as an Object of Statistical Study

Oleg P. Rybak
Moscow, Russia

The article addresses the questions regarding organizing a statistical study of one of the most dynamic sectors of the economy, based on the use of artificial intelligence AI. Given the novelty and fundamental nature of the topic, the paper focuses on the subject of artificial intelligence, understanding its essential aspects, economic nature, and its driving force for development in order to have clear guidelines for their reflection in current statistical accounting and reporting. The article demonstrates the contradictions of AI development, duality, and the variability of building strong and weak AI models.

The methodological basis for the statistical study of artificial intelligence is provided by the basic OECD Guidelines for big technologies such as biotechnology, nanotechnology, information, and communication technologies. To be specific, the paper elaborates on science and research, technology and technology base. The author outlines the main technical questions related to statistical observation: basic and list-based definitions of artificial intelligence, identifies characteristics of enterprises and organizations that are subject to statistical accounting, including start-ups. Specific statistical indicators are indicated; are shown drivers and growth segments of the AI market.

Specific attention is aimed at the topic of interdisciplinarity. Particularly the author touches upon brief historical background of the origin of the AI concept, nature of weak and strong artificial intelligence, and also shows major trends in worldview transformations. The paper examines areas of concern for the formation of the research potential of universal (strong) artificial intelligence.

The author describes the technological aspects of the progress in artificial intelligence, the relevance of its analysis from the perspective of a complex of big technologies, the basic contours of interaction between various fundamental and applied technologies in building the single technology platform for the creation and study of artificial intelligence.

With the use of specific statistical materials, the article presents forms of the global and Russian market of artificial intelligence technologies and demonstrates its key growth drivers.

Keywords: artificial intelligence (AI), cognitive technologies, interdisciplinarity of sciences, artificial neural networks, monitoring the development of AI technologies, list-based definition of technology.

JEL: C80, C82, D80.

doi: <https://doi.org/10.34023/2313-6383-2020-27-2-34-47>.

For citation: Rybak O.P. Artificial Intelligence as an Object of Statistical Study. *Voprosy Statistiki*. 2020;27(2):34-47. (In Russ.)

Введение

Искусственный интеллект (ИИ) представляет собой одну из немногих технологий, которая прочно вошла в нашу обыденную жизнь безо всякого пафоса. Обыденно. Автомобиль без водителя, GPS-навигаторы, виртуальные помощники в наших гаджетах стали неотъемлемой частью нашего повседневного быта.

На предприятиях и организациях промышленности, строительства, транспорта, оптовой торговли осуществляется активный пересмотр систем организации, управления, планирования и анализа воспроизводственных циклов на предмет внедрения технологий искусственного интеллекта.

Искусственный интеллект, основывающийся на подобию и программах, способных обучаться и самообучаться, достиг в своем развитии такого уровня, что может создавать авторские техники исполнения литературных и художественных произведений.

Спрос на технологии искусственного интеллекта поддерживается практически неограниченными возможностями его применения для увеличения эффективности производства: искусственный интеллект находит свое применение в случаях замены умственного труда овеществленным; замены рутинных действующих управленческих компетенций на более производительные с использованием искусственного интеллекта; а также в решении сложных, ранее не разрабатывавшихся проблем. Из вспомогательных функций повышения эффективности управления производства в целом искусственный интеллект в ряде отраслей обретает базовые функции преобразования экономического потенциала на основе

создания и реализации принципиально нового класса экономических активов и управленческих систем с интеллектуальной составляющей.

Конечно же, восторженные ожидания высочайших результатов от внедрения технологических новинок всегда соседствуют с осторожностью и даже нигилистическими оценками возможностей практически всех новых технологий мегауровня. Это вполне допустимо и является неотъемлемой чертой всего нового.

В основе ИИ находится *искусственная нейронная сеть (ИНС)*, которая представляет программное или аппаратное воплощение математической модели, построенной по принципу движения информации (сигналов) в биологических нейронных сетях. Ученые моделируют то, о чем в системном виде мало что знают. Человеческий мозг состоит из 100 млрд нейронов, в процессе мыслительной деятельности нейроны вступают во взаимодействие, дают триллионы соединений на уровне нейросетей. Если собрать все вместе компьютеры земного шара, то суммарно они не смогут приблизиться к «мощности» человеческого мозга. Сожмите руки в кулаки, соедините их вместе и получите некую пространственную модель своего мозга. Мысленно сопоставьте их с уходящими за горизонт виртуальными компьютерными футбольными полями и, вероятно, в первом приближении сможете получить ответ о возможности искусственного интеллекта постичь человеческий разум, способность мыслить и испытывать различные эмоции и чувства, по крайней мере на этом этапе развития нашей цивилизации.

По мере развития исследовательских технологий в познании мыслительной деятельности вектор прогресса неизменно будет связан с изучением таинств человеческого мозга; способностью

человека постичь самого себя; стремлением через новые знания обеспечить себе более совершенную среду обитания; заменить свой физический труд овеществленным; найти помощника или полную замену в сфере интеллектуальной деятельности.

Естественно, самые высокие ожидания прогресса технологий искусственного интеллекта связаны с введением постоянного мониторинга за развитием этих технологий. В настоящее время на национальном рынке технологий искусственного интеллекта сложилась практика проведения единовременных разнообразных обследований, осуществляемых, например, РАЭК и НИУ ВШЭ при поддержке Microsoft, опросы ВЦИОМ, структурные исследования немецкой компанией в сфере программного обеспечения SAP SE, целевой мониторинг других компаний. Организована прекрасная в информационном отношении работа сайта TADVISER. Бизнес в сфере технологий хорошо структурирован и имеет организационное оформление в виде разного рода ассоциаций, корпораций и холдингов. Недостатком развивающейся инфраструктуры является отсутствие регулярного статистического наблюдения (мониторинга) развития экономического потенциала технологий искусственного интеллекта.

Несмотря на рукотворность искусственного интеллекта, его природа носит двуединый характер: является результатом познания умственной деятельности человека, обособившегося в самостоятельное научное направление развития, и способом или инструментом познания. Такое положение искусственного интеллекта дает основание рассматривать его как составную часть *когнитивных технологий* (КТ), которые совместно с информационными компьютерными технологиями (ИКТ), биотехнологиями (БТ) и нанотехнологиями (НТ) образуют так называемый пул Больших технологий, предопределяющих производственно-технологические уклады развития нашей цивилизации [1]. В ОЭСР, ряде национальных статистических служб, включая Росстат, ведомствах и организациях (Роснано) уже накоплены достаточно стандартизированные методологические подходы к организации постоянных мониторингов развития соответствующих больших технологий. Этот опыт с коррекцией на специфику реализации технологий искусственного интеллекта может быть использован при построении системы статистического наблюдения.

При всей вариативности экономического содержания понятия технологий следует отметить, что они всегда представляют способ соединения рабочей силы с финансовыми и нефинансовыми активами (средствами производства, финансовыми ресурсами и инструментами). В больших технологиях с их глобальной преобразующей инновационностью содержательная сторона технологий отражает также способ соединения науки и технологий. Каждая из компонент больших технологий (наука, труд, материальные и финансовые активы, способ соединения ресурсов в единую исследовательскую и производственную систему, организационные аспекты) имеет как узкую предметную, так и расширительную трактовку, учет которых при организации статистического изучения чрезвычайно важен, прежде всего для определения сущностных категорий учета и организации статистического наблюдения.

Краткий экскурс в историю исследования проблем искусственного интеллекта

Теория и практика искусственного интеллекта по историческим меркам фундаментальных наук имеют сравнительно небольшой период своего развития. Даже краткий экскурс в историю научных исследований свидетельствует о торжестве идеи познания мыслительных процессов и стремлении к моделированию человеческого мозга, о междисциплинарности науки в вопросах постановки проблем и их решении во благо всего человечества.

Практически уже в 1930-1940-е годы стало формироваться обособленное направление развития искусственного интеллекта в виде создания моделей из простых логических элементов с нейроподобными свойствами. Становление искусственного интеллекта связывают с работами У. Маккалока и У. Питтса, заложивших фундаментальную основу последующего развития нейротехнологий, машинного интеллекта и математического моделирования человеческого мозга. Они доказали, что их сеть, состоящая из электронных «нейронов», теоретически может выполнять числовые или логические операции любой сложности.

Сороковые годы примечательны для истории искусственного интеллекта не только своей консолидацией результатов различных научных дисциплин, перехода количества научных идей в новое качество,

но и созданием реальной платформы принципиально новых научных дисциплин: кибернетики и информатики, которые становились драйверами развития искусственного интеллекта.

В 1948 г. была опубликована книга Норберта Винера о кибернетике, в которой была предпринята попытка представления сложных биологических процессов математическими моделями. Ну а во второй половине 1948 г. Клод Шеннон в развитие идей Найквиста и Хартли публикует в журнале американской телефонной компании «Bell System» статью под названием «Математическая теория связи», положившую основу формулировки и построения теории информации.

Исследование и понимание физической сущности информации, создание научных и организационных основ кибернетики и информатики сделали сороковые годы в прямом смысле звездными для формирования научного фундамента развития искусственного интеллекта и перехода к практическим изысканиям [2]. Уже в 1949 г. Дональд Олдинг Хебб, канадский физиолог и нейропсихолог, один из создателей теории искусственных нейронных сетей, предложил первый работающий алгоритм обучения искусственных нейронных сетей.

Поэтому совершенно неслучайно, что именно 1950-е годы были сопряжены со становлением практических основ искусственного интеллекта. В фундаментальной работе Эшби «Конструкция мозга» были сформулированы основы анализа замкнутых систем (1952).

Летом 1956 г. в Университете Дартмута в США прошла первая тематическая конференция по искусственному интеллекту, на которой обсуждали возможности реализации проектов, и появился сам термин *artificial intelligence* - искусственный интеллект. В этой конференции приняли участие такие выдающиеся ученые, как Маккарти, Минский, Шеннон, Тьюринг. Впоследствии они были названы основателями сферы искусственного разума. Интересно, что осенью этого же года в Массачусетском технологическом институте прошло заседание специальной группы Института электрической и электронной инженерии, на котором было положено начало *когнитивным* фундаментальным изменениям в психологии. Среди участников исторического заседания был звездный состав ученых: Джордж Миллер, Герберт Саймон, Ньюэлл Аллен, Ноам Хомски, Дэвид Грин и Джон Свитс. Проблема искусственного интеллекта все очевиднее стала приобретать дуалистические контуры своего решения.

Середина 1956 г. стала знаковой для развития идеи создания искусственного интеллекта - на независимой основе было организационно сформировано два основных взаимодополняемых фундаментальных направления: кибернетическое (ИИ - на базе кибернетики и информатики) и когнитивное, в составе которого рассматривался и искусственный интеллект. Позднее это найдет свое отражение в обособлении понятий слабого и сильного интеллекта, что весьма важно иметь в виду при организации статистического мониторинга искусственного интеллекта. В каждом из этих направлений в дальнейшем были достигнуты феноменальные открытия.

Уже год спустя после исторических саммитов, в 1957 г. произошло важное событие для создания и развития теоретических и прикладных основ искусственного интеллекта: Фрэнком Розенблатом была разработана математическая, или компьютерная модель восприятия информации мозгом (кибернетическая модель мозга), вошедшая в научный обиход как «Перцептрон», или «персептрон» (англ. *perceptron* от лат. *perceptio* - восприятие). Эта модель была впервые реализована на первом в истории нейрокомпьютере «Марк-1» в 1960 г.

Однако, как это свойственно науке, безоблачного взлета модельных представлений на основе перцептрона к построению полноценного искусственного интеллекта в 1960-е годы не произошло. К моменту изобретения перцептрона завершилось расхождение теоретических работ Маккалока с «кибернетикой» Винера; Маккалок и его последователи вышли из состава «Кибернетического клуба».

Относительное угасание интереса к перцептронам в 1960-е годы способствовало поиску полноценных научных альтернатив в последующие периоды. В 1972 г. Т. Кохонен и Дж. Андерсон независимо предлагают новый тип нейронных сетей, способных функционировать в качестве памяти.

Лишь к концу 1970-х годов например в СССР научное направление «искусственный интеллект» начинает утверждаться как раздел информатики. При этом родилась и сама информатика, подчинив себе «кибернетику», от которой она и отпочковывалась ранее как самостоятельное научное направление.

Тем и прекрасна наука, что поиск альтернатив практически всегда способствует расширению направлений исследований, приводит к обогащению знаниями всех, кто участвует в конкурентной исследовательской гонке, равно и тех, кто готовил

научный фундамент новым направлениям науки. В 1980-е годы вновь активизируется научный интерес к нейросетям, уточняются научные определения искусственного интеллекта. В начале 1980-х годов специалисты в области теории вычислений Барр и Файгенбаум закрепляют искусственный интеллект за информатикой и дают следующее определение искусственного интеллекта: «Искусственный интеллект - это область информатики, которая занимается разработкой интеллектуальных компьютерных систем, то есть систем, обладающих возможностями, которые мы традиционно связываем с человеческим разумом, - понимание языка, обучение, способность рассуждать, решать проблемы и т. д.»¹. В 1980 г. ведущим специалистом по философии искусственного интеллекта Джоном Серлом был введен термин «сильный ИИ». Начиная с 1980-х годов, фундаментальные открытия в области алгоритмов нейронных сетей последовали едва ли не в геометрической прогрессии, интерес к нейросетям был реанимирован и вышел на новый активный уровень практической реализации.

Для исследователей искусственный интеллект превратился, можно сказать, в космос, воистину одаривший неограниченными щедротами новых знаний своих создателей.

Все вместе (приверженцы научных направлений исследований, школ и течений; фантазеры идей и смелых научных предположений по созданию новых технологий, основанных на использовании искусственного интеллекта, включая компьютерное зрение, обработку естественного языка, распознавание и синтез речи, интеллектуальную поддержку принятия решений; разработчики перспективных методов его развития) постигают истину, последовательно создают интеллект, адекватный человеческому.

Исследовательский потенциал создания универсального сильного искусственного интеллекта

Введение границ между технологиями искусственного интеллекта и сильным интеллектом в первом приближении носит достаточно условный характер. Ведь получившие широкое и разнообразное применение технологии искусственного

интеллекта можно представить как результат декомпозиции интеллекта живых систем на отдельные конкретные задачи, решаемые посредством интеллектуальных компьютерных систем. По мере прогресса простых технологий будет происходить приближение к набору функций или задач, которые по отдельности выполняются в нашей повседневной жизни. И не более того. Возможности универсализма компьютерных технологий остаются недостижимыми для прогресса наших дней, равно как достижение компьютерными программами реализации эмоциональной компоненты, чувств, сознания, общения и т. д.

Возникнув вначале как философская гипотеза, предполагающая, что при сильном искусственном интеллекте компьютеры могут приобрести способность мыслить и осознавать себя как отдельную личность, сильный искусственный интеллект в дальнейшем трансформировался во вполне определенную параметрическую категорию. В современных исследованиях сильный искусственный интеллект ассоциируется со способностью компьютера самостоятельно осуществлять принятие решений и действий в условиях неопределенности; представлять знания, включая общее представление о реальности; планировать; проводить обучение; общаться на естественном языке; консолидировать свои интеллектуальные и физические способности для достижения поставленных целей. Практически все перечисленные аспекты сильного искусственного интеллекта в полной мере относятся к когнитивным (познавательным) свойствам, проявляющимся в процессе мозговой и умственной деятельности человека, то есть являются вмененными свойствами живых систем [3]. В этой связи прогресс в становлении сильного искусственного интеллекта будет в полной мере связан с уровнем развития системы когнитивных наук, их способностью формировать свои научные представления о сильном искусственном интеллекте (или о суперсильном), который, согласно определению Оксфордского философа Ника Бострома, представляет: «...любой интеллект, который значительно превосходит когнитивные способности человека практически во всех областях»².

Для целей изучения, потенциальной организации статистического учета и построения

¹ Barr A., Feigenbaum E.A. (eds) The Handbook of Artificial Intelligence. Vol. 1. Stanford, CA: Heuristech Press; Los Altos, CA: William Kaufmann, Inc.; 1981.

² Искусственный интеллект. Этапы. Угрозы. Стратегии / Ник Бостром пер. с англ. С.Филина. - М.: Манн, Иванов и Фебер, 2016.

отчетности стратегически можно выделить два взаимосвязанных направления моделирования сильного искусственного интеллекта:

Первое направление - алгоритмическая компьютерная имитация биологических систем мыслительной деятельности на основе нейросетей с автономным самообучением и способностью самостоятельной декомпозиций и синтеза решаемых сложных задач. В национальной Стратегии развития искусственного интеллекта на период до 2030 г. (пункт 30) отмечается, что «фундаментальные научные исследования должны быть направлены на создание принципиально новых научных результатов, в том числе на создание универсального (сильного) искусственного интеллекта, и решение иных задач, предусмотренных настоящей Стратегией, включая реализацию следующих приоритетов:

а) алгоритмическая имитация биологических систем принятия решений, в том числе распределенных коллективных систем, таких как пчелиный рой или муравейник;

б) автономное самообучение и развитие адаптивности алгоритмов к новым задачам;

в) автономная декомпозиция сложных задач, поиск и синтез решений»³.

Обеспечит ли предусматриваемая Стратегией консолидация фундаментальных и прикладных исследований создание сильного интеллекта - это вопрос с самой высокой степенью неопределенности ответа. Ведь как мы уже познакомились с краткой историей базовых открытий по проблемам искусственного интеллекта, научная платформа принятых на вооружение Стратегией «фундаментальных» направлений относится к 1980-м годам прошлого столетия, да и то по отношению к простым нейросетевым технологиям. Весьма сомнительно, что количественное увеличение спектра применения и возрастание сложности отдельных простых нейросетевых технологий может привести к искомому новому качеству - созданию сильного искусственного интеллекта.

Второе направление - создание когнитивистских моделей соответствия поведению живых систем в формате когнитивных технологий. В коннектомике (наука о нейрональных связях) и сопряженных когнитивных науках мозг человека может рассматриваться как детерминированный биокомпьютер. Это дает возможность, например,

когнитивной психологии и смежным наукам также выступать разработчиками искусственного интеллекта. Принципиальное отличие когнитивистских подходов состоит в том, что они идут к созданию сильного искусственного интеллекта через понимание сущности нейробиологических основ мышления человека к обеспечению соответствия создаваемой модели посредством имитации физико-химических процессов, происходящих в мозге человека при мыслительной деятельности, а не простого решения алгоритмических задач с использованием нейросетевых принципов построения. Ведь только лишь в 2005 г. удалось смоделировать нейрон (сопоставимо с феноменальными работами по компьютерному моделированию живой клетки «Синтии») и реально подойти к моделированию нейросетей как нейробиологической субстанции, в противовес искусственному интеллекту как математической субстанции с использованием компьютера, алгоритмических программ и принципа построения и движения информации в нейросетях. Очевидно, что при построении системы информационного обеспечения, обосновании дополнений к действующим классификаторам целесообразно будет учитывать оба направления формирования сильного, или универсального искусственного интеллекта.

Несмотря на наличие разных подходов в организации научных исследований и разработок, проблема сильного искусственного интеллекта далека от своего решения. Одна из причин ограниченности возможности создания универсального искусственного интеллекта состоит в том, что, несмотря на гигантский объем потрясающих своим разнообразием накопленных знаний о мозге человека, в действительности этих знаний недостаточно [4]. В равной степени можно вести речь и о возможностях информационно-компьютерных технологий, которые, несмотря на фантастический прогресс, остаются весьма далекими от способности аналогового воспроизводства мыслительных процессов человеческого мозга [5].

Современный этап познания мозга, организации мыслительной деятельности и процесса познания отличается тем, что исследовательский потенциал формируется на междисциплинарной основе и реализуется с применением новейших фундаментальных исследовательских технологий, направленных на получение принципиально

³ Указ Президента РФ от 10.10.2019 № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации» (вместе с «Национальной стратегией развития искусственного интеллекта на период до 2030 года»).

новых научных результатов, способных обеспечить в том числе и научно-технологическую базу решения вопросов сильного искусственного интеллекта.

Развитие междисциплинарного пула наук базируется на общей идее познания [6]. Выделяется три основные группы научных дисциплин, предопределяющих междисциплинарность в исследовании искусственного интеллекта (рис. 1) как составной части когнитивных процессов:

комплекс нейронаук, являющихся доминантами междисциплинарности (нейропсихология, нейробиология, нейрофизиология, нейроанатомия, нейроинформатика, коннектомика и т. п.); система биологических наук (экспериментальная психология, психопатология, молекулярная биология, генетика и др.); система базовых фундаментальных и прикладных наук (аналитическая философия, кибернетика, информатика, математика, теоретическая лингвистика и др.) [7].

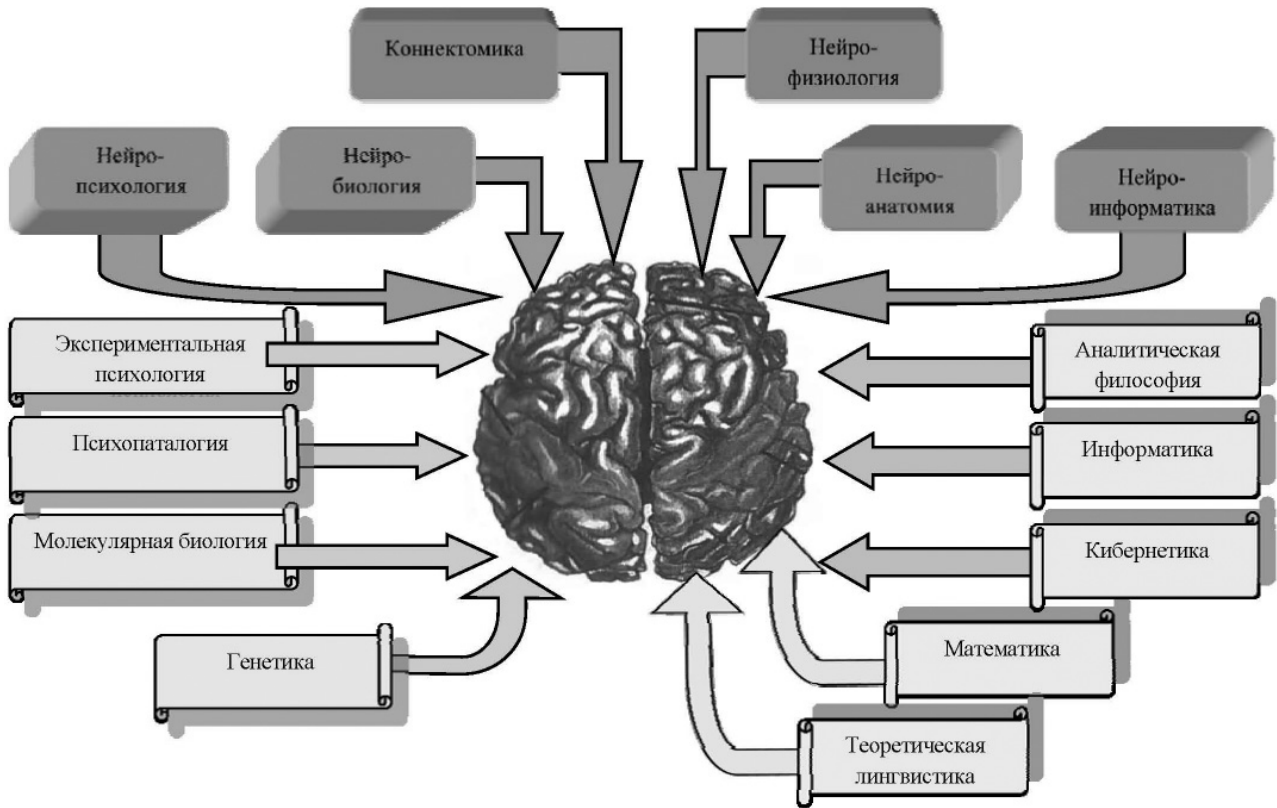


Рис. 1. Междисциплинарный пул наук искусственного интеллекта

Состав научных дисциплин постоянно расширяется. Благодаря наличию общей цели - познание и моделирование «познания», междисциплинарность приводит к научному обогащению сопряженных наук, а также постепенному формированию принципиально новой когнитивной дисциплины со своим специфичным объектом и предметом исследования, методологией и технологией получения результатов, структурой и языком общения.

В условиях междисциплинарного подхода на самых ранних этапах экспериментов осуществляется совместное обсуждение целей и задач будущих исследований и разработок, прорабатывается предполагаемый технологический арсенал

исследований, ожидаемые результаты и возможные технологические корректировки проведения научных разработок. Относительно научных дисциплин, участвующих в разработках, могут предусматриваться разные функциональные роли. Они могут составлять доминантную основу проводимых исследований или вспомогательную. Практически во всех крупных проектах по исследованию мозга и мыслительной деятельности неизменно участвуют математики, программисты и компьютерные технологи.

Одна из основных особенностей проявления междисциплинарности состоит в том, что она активно вовлекает в сферу научных исследований разнообразные технологии, заимствованные

из системы разработок фундаментальных наук, существенно обогащая и расширяя исследовательский технологический потенциал в познании мозга и процессов мыслительной деятельности человека.

В глобальном формате искусственный интеллект, будучи составной частью когнитивных технологий, предопределяется воздействием больших технологий мегауровня - нанотехнологий, биотехнологий и информационно-коммуникационных технологий.

В общей системе, обеспечивающих процесс познания структуры мозга и мыслительной деятельности можно отнести технологии второго уровня:

- картирование мозга (трехмерная карта мозга, генетическое картирование всех геномов мозга и др.) [8, 9];

- технологии визуализации исследований (МРТ, электронная микроскопия, микроэндоскопия, оптохимия, оптогенетика, квантовая оптика, квантовая биология, квантовая механика, нейрорадиология, генетический синтез и др.) [10].

Технологии целевого уровня по созданию виртуальной модели человеческого мозга могут быть представлены моделями соответствия интеллекту живых систем и нейросетевыми алгоритмическими моделями.

Гигантский объем новых знаний о структуре мозга и его деятельности создает прекрасную возможность для упорядочения информации и ее использования для построения компьютерных аналогов мозга, создание которых позволило бы решить массу проблем, стоящих перед человечеством. Основные из них: диагностика заболеваний и коррекция работы нейронов, гуманное тестирование лекарственных средств, использование уникальных свойств мозга для создания поколений машин с искусственным интеллектом и др.

Использование компьютерных технологий для моделирования биологических процессов в настоящее время представляет одно из фундаментальных исследовательских направлений. В сфере биотехнологий, например с использованием ИКТ, была синтезирована искусственная клетка с заданными свойствами («Синтия»), что открыло колоссальные возможности репродуцирования живой материи. Применительно к когнитивным технологиям, созданию искусственного интеллекта в процессе использования ИКТ предстоит решить уникальную задачу по созданию ком-

пьютерной модели человеческого мозга, а также осуществить моделирование физиологических, электрохимических и других процессов, определяющих мозговую и умственную деятельность человека.

Создание виртуальной модели человеческого мозга, основывающейся на математически точном описании и моделировании, важно не только для целей познания, но и для решения конкретных прикладных задач по научному экспериментированию. Виртуальный мозг откроет возможности для построения последующих моделей для тестирования и поиска методов лечения ряда тяжелых заболеваний, таких как болезни Паркинсона, Альцгеймера, депрессии. Математическая и модельная формализация процессов, происходящих на уровне нейронных сетей, позволит осмысленно использовать эти принципы при разработке компьютеров и разнообразных устройств с искусственным интеллектом.

В Институте мозга и мышления Федеральной политехнической школы Лозанны был запущен проект The Blue Brain Project, в рамках которого были начаты работы по созданию объединенной компьютерной модели головного мозга. Для этого были обобщены рабочие гипотезы о структурах мозга, систематизированы знания и выделены проблемные сферы, нуждающиеся в дополнительной научной проработке.

Для создания цифровой модели человеческого мозга (только его статической модели) предстоит смоделировать порядка 90 млрд нейронов и 100 трлн синапсов (соединений нейронов), что непосильно действующим суперкомпьютерам. Поэтому решение проблемы раскладывается на составные части [10]. В 2005 г. в рамках трехлетнего проекта был осуществлен комплекс работ по моделированию одного нейрона. Затем перешли к моделированию более сложных структур мозга - нейронных колонок, которые представляют срез коры головного мозга (неокортекса) в виде цилиндра с диаметром 0,5 мм и высотой 1,5 мм. Нейронные колонки проходят через 6 верхних слоев коры головного мозга и имеют специфическую форму организации нейронов внутри каждого слоя. С помощью компьютера Blue Gene, созданного IBM, удалось обобщить информацию о системе взаимосвязей нейронов в каждом слое неокортекса, а также смоделировать виды соединений между виртуальными нейронами по аналогии с их реальным взаимодействием. Про-

граммное обеспечение, на разработку которого ушло почти три года, позволило приблизиться исследователям к созданию первой виртуальной модели колонки неокортекса.

Создание виртуальной модели неокортекса - колоссальный по значимости шаг на пути познания мозговой деятельности, позволивший приоткрыть занавес в таинствах организации связей нейронов. Дальнейшие исследования были направлены на выявление степени соответствия виртуальной модели реальному поведению колонки. В 2008 г. в ходе эксперимента на виртуальную колонку было оказано воздействие электрическим импульсом. Первая реакция - нейроны пришли во взаимодействие, стали «переговариваться». Вот как описывает Г. Маркрам (Henry Markram), руководитель проекта The Blue Brain Project, дальнейший ход эксперимента: «Стали возникать спайки, или потенциалы действия (язык мозга), распространяющиеся по колонке, которая при этом начала вести себя как целостная сеть. Между слоями стали появляться пиковые потенциалы; они вели себя так же, как и в живых срезах мозга. Данное поведение мы заранее в нашу модель не закладывали; оно стало возникать самопроизвольно, благодаря устройству самой нейронной сети, которая продолжала работать даже после того, как стимуляция извне прекратилась, и на короткое время сеть сама, так сказать, «разогналась», нашла какой-то свой способ представления информации» [5, с. 50]. Результат более чем интригующий в контексте понимания природы мыслительных процессов.

Полученные результаты доказывают возможность моделирования головного мозга на условиях идентичности с поведением соответствующей живой материи. Создание моделей нейрона и нейронной колонки содержат необходимые предпосылки для перехода к компьютерному моделированию более сложных систем отдельных функциональных частей мозга, а впоследствии, с развитием технологического базиса исследований, перейти и к созданию аналоговых моделей человеческого мозга в целом.

Подобные модели позволят вплотную подойти к разгадке зарождения и развития интеллекта человека, его эмоций, способности познавать мир, в том числе и с тем, чтобы создать осмысленный аналог искусственного интеллекта, который по

определению всегда будет сильным или супер-сильным. Основной лимитирующий фактор - отставание возможностей вычислительных мощностей от реальных потребностей специалистов.

Например, для успешной реализации того же проекта Blue Brain, который реализовывался в Институте мозга и мышления, одном из подразделений Федеральной политехнической школы Лозанны, фирмой IBM был специально разработан один самых мощных на тот период суперкомпьютер (Blue Gene), состоявший из 8 тыс. процессоров. Однако этих мощностей для современной постановки задач исследования головного мозга явно недостаточно. Суперкомпьютер Blue Gene последнего поколения состоит приблизительно из 300 тыс. процессоров, помещенных в 72 холодильные установки, и осуществляет вычисления, измеряемые уже в петафлопсах (квадриллион операций в секунду). Уровень достаточности вычислительных мощностей этого суперкомпьютера ограничивается возможностью моделирования на клеточном уровне мозга крысы, содержащего 200 млн нейронов. Для моделирования человеческого мозга, состоящего более чем из 90 млрд нейронов, нужны еще более мощные суперкомпьютеры с вычислительной способностью, измеряемой в эксафлопсах (квинтиллион операций в секунду!).

Накопленные знания о человеческом мозге и процессах мышления человека, с одной стороны, и вычислительные способности компьютеров, с другой, всегда будут явлениями относительными, приближением к реальным способностям человеческого мозга [12]. В этой связи исследовательский процесс не может ставиться в зависимость от уровня разработанности проблем с точки зрения уровня научного познания или обеспеченности технологического базиса, в том числе компьютерными мощностями и технологиями мирового уровня. Для организации статистического мониторинга, как нам представляется, важно другое - это комплексный учет реализации обоих направлений создания искусственного интеллекта, так как при реализации когнитивистских подходов построения моделей соответствия не существует понятия слабого интеллекта; понятие сильного интеллекта для алгоритмических нейросетевых моделей также останется чисто философской, практически недостижимой абстракцией.

Методологические подходы к мониторингу технологий искусственного интеллекта

Статистической практикой накоплен определенный опыт организации статистического наблюдения за такими «большими» технологиями, как информационно-коммуникационные, нанотехнологии и биотехнологии, существует эскизная проработка вопросов мониторинга когнитивных технологий. При всем предметном разнообразии этих технологий их мониторинг базируется на использовании общих принципов, основой которых является налаживание статистического учета деятельности науки и технологий, форм их интеграционного воплощения [13].

Организационно технологии искусственного интеллекта являются составной частью когнитивных технологий, собственно, за основу научного потенциала может быть взят междисциплинарный пул когнитивных наук, осуществляющих конкретное взаимодействие с технологиями искусственного интеллекта, включая сильный интеллект. Этот перечень научных дисциплин может естественно корректироваться в сторону количественного увеличения за счет детализации информатики или кибернетики, а также других специальных дисциплин по компьютерному моделированию. По отношению к откорректированному перечню научных дисциплин может применяться стандартная система показателей для характеристики экономических параметров научных организаций, масштабов и уровня взаимосвязи, направлений проникновения и использования знаний и др. Относительно статистического учета науки если и есть проблемы, то вполне решаемого плана. Рекомендации ОЭСР по учету научных учреждений в «больших» технологиях имеют вполне конкретный и практичный характер и позволяют осуществить мониторинг науки в рамках определенных международных стандартов.

Сложнее с используемыми технологиями искусственного интеллекта [14]. Нами обозначена позиция, в соответствии с которой достижение сильного искусственного интеллекта возможно на базе вза-

имосвязанного развития технологий нейросетевых алгоритмических моделей и моделей соответствия интеллекту живых систем в рамках когнитивных технологий (см. рис. 2). В наиболее общем виде технологии искусственного интеллекта представляют способ соединения науки и технологии для познания и имитации способностей мозга человека осуществлять мыслительную деятельность.

В соответствии с подходами ОЭСР, наряду с базовым определением целесообразно приводить *списочное определение технологии*, которое конкретизирует базовое определение, наполняет его конкретным содержанием. В первом приближении списочное определение искусственного интеллекта может быть представлено в следующем виде: машинное обучение, глубинное обучение, компьютерное зрение, специальные средства распознавания, обработка естественного языка, обработка речи, машинная аргументация, управляемые системы, сильный ИИ.

Списочный состав технологий может пересматриваться и утверждаться в установленном порядке. Приведенные научные определения технологий носят рабочий характер и подлежат уточнению по мере разработки стандарта «Artificial intelligence. Concepts and terminology» на русском языке подкомитетом ISO/IEC по стандартизации в области искусственного интеллекта⁴.

Другая проблема организации статистического мониторинга связана с определением совокупности организаций, осуществляющих производство услуг в сфере искусственного интеллекта. В существующей практике в состав предприятий и организаций входят те, которые используют хотя бы одну из перечня списочных технологий. Традиционно учитываются две группы предприятий:

1. Предприятия, преобладающая деятельность которых предполагает применение технологий искусственного интеллекта для производства товаров и услуг и/или для выполнения НИОКР в сфере технологий искусственного интеллекта. Особенность состава участников формирующегося рынка искусственного интеллекта состоит в

⁴ Терминологический стандарт «Artificial intelligence. Concepts and terminology» является основополагающим для всего семейства международных нормативно-технических документов в области искусственного интеллекта. Кроме терминов и определений, данный документ содержит концептуальные подходы и принципы построения систем с элементами AI, описание взаимосвязи AI с другими сквозными технологиями, а также базовые принципы и рамочные подходы к нормативно-техническому регулированию искусственного интеллекта. Ожидается, что документ будет утвержден в начале 2021 г. С принятием этого документа появится объективная основа для формулирования базовых и списочных определений технологий искусственного интеллекта. На базе Российской венчурной компании (РВК) начал свою деятельность Технический комитет (ТК) по стандартизации искусственного интеллекта (ИИ).

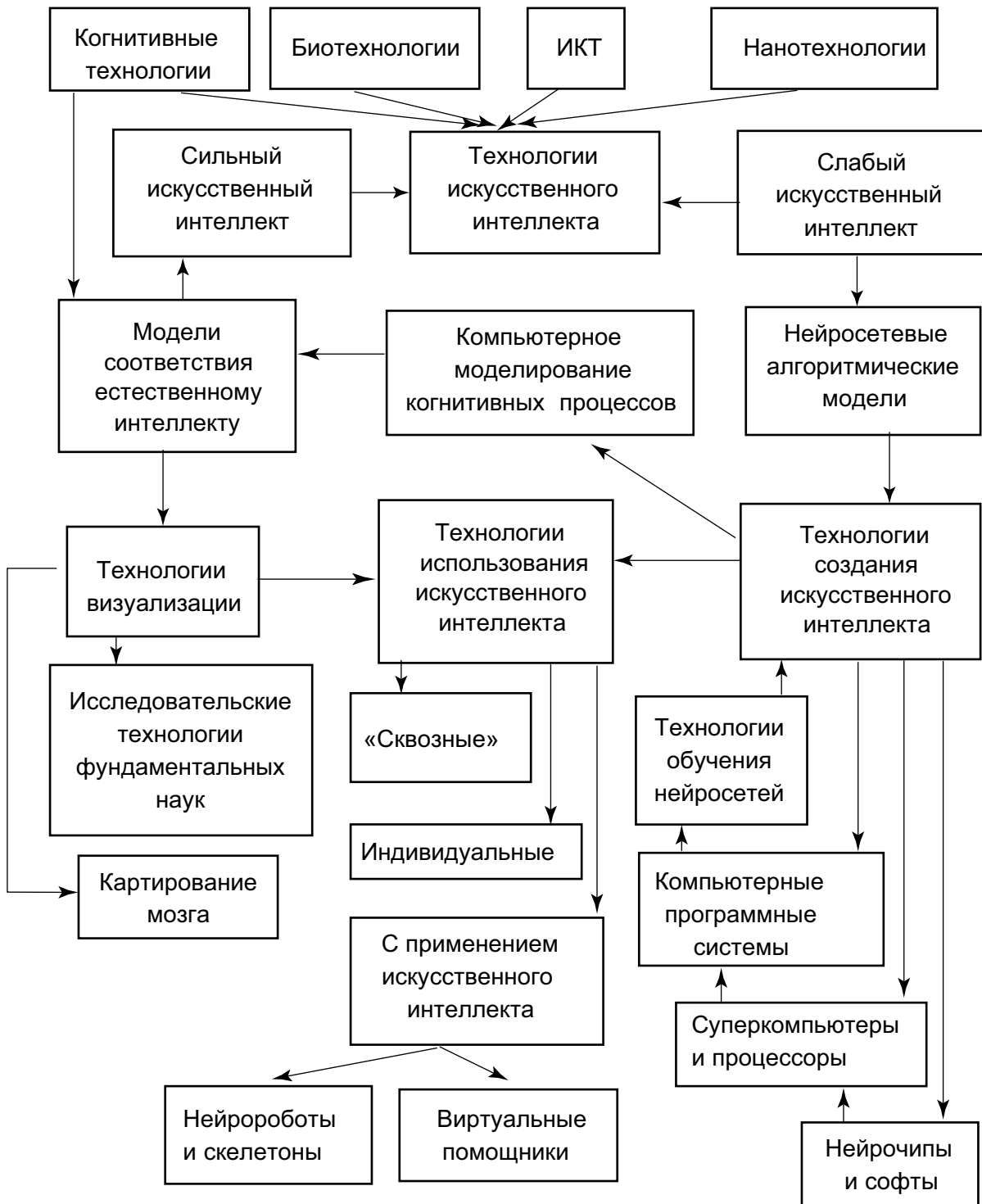


Рис. 2. Система организации технологий искусственного интеллекта

том, что эта технология стала активно развиваться самими крупнейшими компаниями для собственного потребления. Например, крупнейшими разработчиками искусственного интеллекта стали Сбербанк, Ростелеком, Мегафон, МТС, другие компании.

Еще одна особенность связана с тем, что в числе участников рынка искусственного интеллекта заметное место стали занимать стартапы,

что совершенно не свойственно рынкам других больших технологий. При этом следует отметить, что, например, на европейском рынке порядка 40% стартапов лишь декларируют приверженность технологиям искусственного интеллекта (для роста инвестиционной привлекательности), на практике не имея к ним никакого отношения. Важнейшим индикатором деятельности стартапов является количество сделок, а также размер

сделок. Отмечается рост доли неамериканских стартапов на рынке искусственного интеллекта.

2. Специализированные научно-исследовательские предприятия в сфере искусственного интеллекта, в случае если 75% НИОКР являются разработками в сфере искусственного интеллекта.

Достаточно своеобразен и рынок самих технологий искусственного интеллекта. В силу своей специфики он структурирован по нескольким сегментам, среди которых можно выделить следующие.

1. Продажи процессоров, приспособленных к работе с нейросетями. Практически все приложения, связанные с нейронными сетями, работают на серверах компании Nvidia, конкурентом которых могут стать новые, не имеющие аналогов процессоры Intel Nervana Neural важная инициатива по созданию к 2020 г. двух суперкомпьютеров мирового уровня с производительностью не менее 100 квадриллионов вычислений в секунду. На внутрироссийский рынок вышли отечественные разработки суперкомпьютеров. Согласно обновленному рейтингу самых мощных суперкомпьютеров в мире Christofari суперкомпьютер Сбербанка занял в нем 29-е место, процессор «Ломоносов-2» из МГУ - 107-е место.

2. Продажи программных ИИ-платформ, в составе которых следует выделить особенно на мировом рынке реализацию чипов, предназначенных для решения задач в области глубокого обучения. В 2018 г. объем продаж достиг 164,9 млн штук, объем рынка оценивается в 8,1 млрд долларов США. К 2025 г. мировой объем продаж превысит 100 млрд долларов США. К числу самых быстрорастущих (со среднегодовым приростом в 40-45%) сегментов рынка технологий искусственного интеллекта относят рынок программного обеспечения, использующего алгоритмы искусственного интеллекта. Этот сегмент будет самым быстрорастущим: каждый год его объем будет увеличиваться в среднем на 40-45%. Продажи софта с алгоритмами ИИ оцениваются в 3,2 млрд долларов США, к 2025 г. их объем возрастет до 90-95 млрд долларов США. В настоящее время порядка 40% всех затрат приходится на программное обеспечение.

Для придания комплексности построения структурной композиции методологии статистического изучения рынка технологий искусственного интеллекта целесообразно выделять драйверы экономического роста - своего рода базовые прогрессирующие секторы развития искусственного интеллекта, определяющие спрос на компьютер-

ные средства и программные среды, а также на конфигурацию построения технологической инфраструктуры. Одним из базовых драйверов можно рассматривать рынок технологий обработки естественного языка (Natural Language Processing, NLP), который оценивался Market And Markets в 7,63 млрд долларов США в 2016 г. с прогнозом роста до 16,07 млрд долларов США к 2021 г. А вот мировой рынок технологий распознавания речи оценен BCC Research в колоссальные 90,3 млрд долларов США в 2015 г. Ожидается, что этот рынок вырастет со 104,4 млрд долларов США в 2016 до 184,9 млрд долларов США в 2021 г.

Рассмотренные тренды развития рынка технологий искусственного интеллекта могут являться своеобразным ориентиром в становлении отечественного рынка. Согласно данным обследования, проведенным РАЭК и НИУ ВШЭ при поддержке Microsoft, наиболее часто используемым типом решений на базе ИИ в России являются виртуальные помощники: их применяют 38% руководителей; на втором месте оказались прогнозный анализ (35%) и машинное обучение (35%). В мировой практике топовыми направлениями применения технологий искусственного интеллекта являются видеонаблюдение, системы мониторинга и управления ИТ-сетями и операциями, клиентское обслуживание и маркетинг, распознавание голоса и речи, обнаружение и распознавание объектов техникой/автомобилями и уклонение от столкновения с ними, изучение и анализ патентов, запрос фото и видеоизображений, прогностическое техобслуживание. Практически все проекты глубокого обучения сосредоточены в сфере распознавания речи, распознавания изображений, анализа текста, рекомендаций по продуктам, обработки данных. Победных реляций о создании сильного искусственного интеллекта и использовании его преимуществ нет. Рынок искусственного интеллекта все в большей мере обретает черты рынка информационно-коммуникационных технологий десятилетней давности.

Заключение

Сложившийся в нашей стране уровень развития технологий искусственного интеллекта в полной мере отражает состояние науки и технического базиса, отношения к проблеме со стороны государства и бизнеса. Однако радикальное переосмысление важности проблемы создания

технологий искусственного интеллекта, переформатирование проблемы в задачу государственной важности, подкрепленную принятием специальной Стратегии развития до 2030 г., принципиально меняет вектор развития искусственного интеллекта в стране. Согласно Стратегии, к 2030 г. в стране будут созданы специальные высокопроизводительные процессоры, налажено производство собственного специального программного обеспечения, сформирована уникальная архитектура вычислительных сетей - практически будет создан современный высокоразвитый технологический базис исследований и практических решений в сфере искусственного интеллекта. И если сейчас уровень развития технологий искусственного интеллекта имеет весьма скромные масштабы и недотягивает до 1% ВВП, то при достижении существующих мировых темпов прироста в 30-40% уже в ближайшие годы эта сфера превратится в статистически значимую величину 3-4%. Следовательно, уже достаточно четко просматриваются временные горизонты превращения технологий искусственного интеллекта в наблюдаемый сегмент экономики и, соответственно, государственного статистического наблюдения. Для проведения дальнейших исследований проблем организации мониторинга искусственного интеллекта, на наш взгляд, целесообразно осуществить:

- разработку общей концепции построения организации статистического наблюдения за технологиями искусственного интеллекта на основе практики ОЭСР в части мониторинга за большими технологиями, а также соответствующего опыта Росстата, Роснано, других ведомств и министерств, с учетом Стратегии развития до 2030 г.;

- учет сведений и соответствующих данных разрабатываемого Терминологического стандарта «Artificial intelligence. Concepts and terminology», в том числе для формулирования базовых и списочных определений технологий искусственного интеллекта, механизма их уточнения;

- проработку построения локальных классификаторов развития технологий искусственного интеллекта с потенциальным «встраиванием» в систему действующих классификаторов;

- разработку методических вопросов построения систем статистических показателей, характеризующих развитие технологий искусственного интеллекта;

- формирование генеральной, а впоследствии и выборочной совокупности организаций приме-

няющих технологии искусственного интеллекта и ведущих научных исследований в этой сфере;

- подготовку проекта регламента взаимодействия предприятий и организаций в части производства, представления, обмена и потребления информации о развитии технологий искусственного интеллекта.

Статистика как научная дисциплина, будучи познавательной системой по форме и интеллектуальной по содержанию, в свою очередь подлежит глубокой трансформации посредством применения технологий искусственного интеллекта. Какую миссию возьмет на себя искусственный интеллект? Может быть он будет осуществлять сбор и производство гигантских объемов информации, авторедактирование статистических данных, компьютерную подготовку аналитических текстов, интеллектуальное управление комплексом математико-статистических расчетов, что изменит предмет последующих научных исследований.

Литература

1. **Казанцев А. К.** NBIC-технологии. Инновационная цивилизация XXI века. М.: Инфра-М, 2014.
2. **Рыбак О.П.** Познание информации и статистика. // Вопросы статистики. 2017. № 7.
3. **Anderson J.A.** The Architecture of Cognition. Camb., 1983.
4. **Саймон Г.** Структура сложности в развивающемся мире // Компьютеры, мозг, познание: успехи когнитивных наук. М., 2008.
5. **Маркхам Г.** Проект цифрового мозга // В мире науки, 2012. № 8.
6. **Касавин И.Т.** Философия познания и идея междисциплинарности // Эпистемология и философия науки. 2004. № 2.
7. **Рыбак О.П.** Методологические проблемы становления статистики когнитивных технологий. Вопросы статистики. 2016. № 7.
8. A Push to Map All the Brain's Neurons. Scientific American Mind; May/June 2013.
9. The Brain Activity Map Project and the Challenge of Functional Connectomics. 2012.
10. **Черч Дж., Юсте Р.** Новая эра в исследовании мозга // В мире науки. 2014. № 5.
11. The NIH Brain Initiative. Thomas R. Insel et al. in Science. Vol. 340. P. 687-688; May 10, 2013.
12. **Gardner H.** The Mind's New Science. A History of Cognitive Revolution. N.Y., 1985.
13. **Малков П.В.** Стратегия развития Росстата до 2024 года. Вопросы статистики. 2019. № 4.
14. **Shastri D.** Demystifying Artificial Intelligence. Deloitte University Press. 2016.

Сведения об авторе

Рыбак Олег Павлович - канд. эконом. наук, старший научный сотрудник. E-mail: dery49@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8722-4677>.

References

1. **Kazantsev A.K.** et al. *NBIC-Technologies: Innovations Civilization of the XXI Century*. Moscow: INFRA-M; 2014. 383 p. (In Russ.)
2. **Rybak O.P.** Information Cognition and Statistics. *Voprosy Statistiki*. 2017;(7):3-16. (In Russ.)
3. **Anderson J.R.** *The Architecture of Cognition*. Cambridge, MA; Harvard University Press: 1983. 314 p.
4. **Simon G.** Structure of Complexity in the Developing World. In: Velichkovskii B.M., Solov'ev V.D. (eds.) *Computers, Brain, Cognition: The Success of Cognitive Sciences*. Moscow: Nauka Publ.; 2008. (In Russ.)
5. **Markram H.** Human Brain Project. "*V mire nauki / Scientific American*" magazine. 2012;(8). (In Russ.)
6. **Kasavin I.T.** The Philosophy of Knowledge and Notion of Interdisciplinarity. *Epistemology & Philosophy of Science*. 2004;(2.). (In Russ.)
7. **Rybak O.P.** Methodological Problems in Developing Statistics of Cognitive Technologies. *Voprosy Statistiki*. 2016;(7):10-25. (In Russ.)
8. A Push to Map All the Brain's Neurons. *Scientific American Mind*. 2013;24(2):18-18.
9. **Alivisatos A.P.** et al. The Brain Activity Map Project and the Challenge of Functional Connectomics. *Neuron*. 2012;74(6):970-974.
10. **Church G., Yuste R.** New Century of the Brain. "*V mire nauki / Scientific American*" magazine. 2014;(5). (In Russ.)
11. **Insel T.R., Landis S.C., Collins F.S.** Research Priorities. The NIH BRAIN Initiative. *Science*. 2013;340(6133):687-688.
12. **Gardner H.** *The Mind's New Science: A History of Cognitive Revolution*. N.Y.: Basic Books; 1985.
13. Strategy for Development of Rosstat for the Year 2024 (Draft). *Voprosy Statistiki*. 2019;26(4):3-24. (In Russ.)
14. **Shastri D.** *Demystifying Artificial Intelligence*. Deloitte University Press; 2016.

About the author

Oleg P. Rybak - Cand. Sci. (Econ.), Senior Researcher. E-mail: dery49@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8722-4677>.