

# Этапы развития технологий искусственного интеллекта и уточнение терминологии

Stages of artificial intelligence technologies development and clarification of terminology

doi 10.26310/2071-3010.2021.270.4.005



**С. М. Евсеенко,**

к. т. н., с. н. с., эксперт службы стратегического развития, научного и информационного сопровождения,  
АО «Концерн «НПО «Аврора»  
✉ smevs@mail.ru

**S. M. Evseenko,**

PhD in engineering, senior scientist researcher, expert for strategic development service, scientific and informational support, JSC Concern Avrora

После утверждения Национальной Стратегии развития искусственного интеллекта (ИИ) в Российской Федерации (Стратегия) были разработаны дополнительные рекомендации о включении в программы инновационного развития (ПИР) акционерных обществ с государственным участием (АОСГУ) мероприятий и проектов по внедрению технологий ИИ в процессы производства и выпускаемую продукцию. В статье кратко представлены и сравнены основные принципы и задачи в области развития технологий ИИ американской инициативы и Стратегии России. Рассмотрена эволюция развития технологий ИИ и предпосылки появления национальных стратегий по ИИ. Особое внимание в Стратегии уделено не знаниям, а данным и разметке данных. Все технологии разметки данных объединяет то, что они позволяют превратить данные в информацию. Однако, интеллектуальный процесс есть взаимодействие мыслительного и познавательного процессов, это взаимодействие имитируется и усиливается в интеллектуальных системах — партнерских человеко-машинных системах. Эти системы не заменяют человека, а являются мощным инструментом в науках о жизни и социальном поведении (в том числе в управлении и медицине), в которых знания слабо формализованы, а данные можно структурировать. Разработка нового поколения опережающих мировой уровень систем поддержки принятия решений требует мобилизации всех сил и возможностей той части интеллектуальной элиты России, которая работает в этой области.

After the approval of the National Strategy for the Development of Artificial Intelligence (AI) in the Russian Federation (Strategy), additional recommendations were developed for events and projects related the implementation of AI technologies in production processes and manufactured products to be included in the innovation development programs (IDP) of joint-stock companies with public ownership (JScPO). The article briefly presents and compares the main principles and goals in the development of AI technologies proposed by the American initiative and the Strategy of Russia. The evolution of the AI technologies development and the background causes for national strategies on AI to appear have been examined. Particular attention in the Strategy is paid not to knowledge itself but to data and datalabelling. All datalabelling technologies are united by the fact that they assist to turn data into information. However, the intellectual process is the interaction between mental and cognitive processes; this interaction is imitated and enhanced in the intelligent systems - partnering human-machine systems. These systems do not replace humans, but are powerful tools in life and social behavior studies (including management and medicine), where knowledge is poorly formalized and data can be structured. The development of a new generation of decision support systems to be ahead of the worldlevel requires the mobilization of all the forces and capabilities of all Russian intellectual elite working in this sphere.

**Ключевые слова:** интеллект, интеллектуализация, информатика, искусственный интеллект, машинное обучение, наука, нейронные сети, принятие решений, программа инновационного развития, стратегия, технология, управление, эволюция, экспертные системы.

**Keywords:** intellect, intellectualization, informatics, artificial intelligence, machinelearning, science, neural networks, decision making, innovative development program, strategy, technology, management, evolution, expert systems.

## Введение

11 февраля 2019 года президент США, Дональд Джон Трамп издал Указ, утверждающий стратегию, направленную на поддержание лидерства Америки в области технологий искусственного интеллекта — AI — Artificial Intelligence [1]. Указ в значительной степени следовал рекомендациям саммита Белого дома по искусственному интеллекту (ИИ) для американской промышленности 2018 года [2].

Стратегия американской инициативы ИИ руководствуется следующими пятью принципами: «США должны: (а) осуществить технологический прорыв в области ИИ; (б) стимулировать развитие соответствующих технических стандартов и снизить барьеры на пути к безопасному развертыванию ИИ, внедрению технологий ИИ в сегодняшние отрасли промышленности и созданию новых отраслей, связанных с ИИ; (с) обучать нынешнее и будущие поколения американских работников навыкам разработки и применения технологий ИИ для подготовки их к сегодняшней экономике и для рабочих мест будущего; (д) способствовать

укреплению общественного доверия и уверенности в технологиях ИИ, ИИ как науки и защиты гражданских свобод, частной жизни и американских ценностей в своих приложениях, чтобы полностью реализовать потенциал технологий ИИ для американского народа; (е) способствовать созданию международной среды, которая поддерживает американские исследования и инновации в области ИИ, открывает рынки для американских возможностей, защищая американские технологические преимущества в области ИИ от приобретения стратегическими конкурентами и враждующими нациями».

Инициатива ИИ координируется через Специальный комитет Национального совета по науке и технологиям по ИИ (NSTC).

Через семь месяцев после выхода Указа Президента США, Указом Президента Российской Федерации от 10 октября 2019 г. № 490 "О развитии искусственного интеллекта (далее ИИ) в Российской Федерации" утверждена «Национальная Стратегия развития ИИ на период до 2030 года» (Стратегия) [3]. Стратегия в значительной степени следовала из про-

екта, представленного на Совещании по вопросам развития технологий в области ИИ 30 мая 2019 года (далее Совещание), проведенного Президентом РФ Владимиром Путиным в ходе посещения «Школы 21» — школы, учрежденной Сбербанком как образовательной организации по подготовке специалистов в области информационных технологий [4].

В Стратегии определены шесть основных задач развития ИИ в России: а) поддержка научных исследований в целях обеспечения опережающего развития ИИ; б) разработка и развитие программного обеспечения (далее ПО), в котором используются технологии ИИ; в) повышение доступности и качества данных, необходимых для развития технологий ИИ; г) повышение доступности аппаратного обеспечения, необходимого для решения задач в области ИИ; д) повышение уровня обеспечения российского рынка технологий ИИ квалифицированными кадрами и уровня информированности населения о возможных сферах использования таких технологий; е) создание комплексной системы регулирования общественных отношений, возникающих в связи с развитием и использованием технологий ИИ.

Стратегия координируется Правительственной комиссией по цифровому развитию, использованию информационных технологий для улучшения качества жизни и условий ведения предпринимательской деятельности.

В Стратегии поставлена серьезная цель вхождения России к 2030 году в число лидеров в области ИИ в мире. Это, конечно, не уровень целей, которые ставят США и Китай: одна — удержать лидерство в области ИИ, другая — стать лидером к 2030 году, однако достаточно труднодостижимая для России цель.

Ранее бурно ворвался в нашу жизнь термин «цифровая экономика», а чуть позже и термин «цифровая трансформация». Старт этому процессу был дан на Давосском форуме в 2015 г., на котором президент высшего экономического форума (далее ВЭФ) профессор К. Шваб провозгласил приход Четвертой промышленной революции как смешения технологий физического, цифрового и биологического мира [5]. Президент России В. В. Путин в послании Федеральному собранию 2016 г. предложил: «... запустить масштабную системную программу развития экономики нового технологического поколения — цифровой экономики». Правительством была разработана и в июле 2017 г. утверждена программа развития цифровой экономики до 2024 года (далее Программа) [6].

Стратегия развития ИИ и Программа является основой для разработки (корректировки) плановых и программно-целевых документов акционерных обществ с государственным участием (далее АОСГУ). Во исполнение решений Межведомственной комиссии по технологическому развитию при Правительственной комиссии по модернизации экономики и инновационному развитию России (далее МВК) в основные методические документы по разработке и реализации

программ инновационного развития (далее ПИР) АОСГУ [7,8] были установлены требования об обязательном введении в ПИР, среднесрочные планы реализации ПИР (далее ССПР ПИР) подразделы по цифровой трансформации и развитию ИИ.

В данной статье приведен анализ основных терминов и положений в перечисленных выше руководящих документах по ИИ и обзор методов их разработки и внедрения, в том числе и для приборостроительных предприятий. Предлагаемую статью и последующие две статьи можно рассматривать как участие в дискуссии по ИИ, открытой статьей Малинецкого Г. Г. в журнале «Инновации»<sup>1</sup>.

### Эволюция технологий ИИ и предпосылки появления национальных стратегий по ИИ

Условно можно выделить три этапа эволюции технологий ИИ.

**Первый (1950–1970 гг.).** В четырех областях деятельности:

- 1) программы для игры в шахматы. В 1954 г. — аналитики корпорации RAND А. Ньюэлл, Дж. Шоу и Г. Саймон начали писать программу игры в шахматы. Помочь им вызвались А. Тьюринг и К. Шеннон, а также группа голландских психологов. В 1957 г. шахматная программа (NSS) была создана. В основе её работы лежали эвристики, т. е. правила выбора решения в отсутствии теоретических оснований;
- 2) программирование — Джон Маккарти (англ. John McCarthy) — американский информатик, автор термина «искусственный интеллект» (1956), изобретатель первого языка ИИ — Lisp (1958), основоположник функционального программирования, лауреат премии Тьюринга (1971) за огромный вклад в область исследований ИИ;
- 3) создание программ машинного перевода с одного естественного языка на другой. В СССР первые экспериментальные системы перевода с английского и китайского языков разрабатывались в 1954–1957-м гг. на ЭВМ БЭСМ-2 (разработана в 1956 г. и широко использовалась в ряде НИИ СССР и Китае) в Институте точной механики и вычислительной техники АН СССР (ИТМ и ВТ) под руководством Л. Н. Королёва. В 1954 году в корпорации IBM под руководством профессора Леона Достерта перевели на английский язык 60 русских фраз на основе словаря, состоящего из 250 пар слов и шести правил грамматики;
- 4) автоматическое доказательство теорем. В 1960 г. появилась программа, которую назвали «Универсальным решателем задач» (GPS). Она позволяла автоматически доказывать теоремы из планиметрии, находить решения алгебраических задач [13].

### Второй (1970–2000 гг.).

Появление логического программирования (язык Prolog, 1971 г.) и бум вокруг экспертных систем (ЭС).

<sup>1</sup> Малинецкий Г. Г. Инновации, образование и искусственный интеллект в контексте гуманитарно-технологической революции // Инновации, 2020, № 1, С. 3–11.

Это тоже были зачатки искусственного интеллекта, но в ЭС специалист по управлению знаниями, опрашивая экспертов в предметной области, вручную наполнял базу знаний (БЗ), а машина могла делать логический вывод в рамках того «понимания», которое человек в неё заложил, т. е. полностью отсутствовал такой важный элемент, как самообучение. Кроме того, возникали проблемы с экспертами, которые не делились своими знаниями или переставали это делать, как только понимали, что внедрение ЭС понизит их профессиональный статус, поскольку любой начинающий специалист с помощью ЭС может добиться высоких результатов. Следует отметить, что создание ЭС породило большой интерес к проблеме представления знаний в компьютерных системах. В это время появились семантические сети, системы фреймов, продукционные системы (системы, основанные на правилах) и их комбинации. Появились системы, помогающие человеку в принятии решений в сложных ситуациях (при авариях и пожарах), на основе заложенных в БЗ и полученных новых знаний, на основе обучения и полученного опыта [10].

Системы первого и второго этапа получили название «символьный ИИ». В основном они были основаны на формальной логике, которая хорошо применима для формализуемых задач, но в ней трудно представить системы реального мира [14]. Несмотря на отдельные успехи к началу 1990-х годов стало очевидно, что ученые продвинулись вперед довольно незначительно. Большая часть проектов DARPA<sup>2</sup> не принесла существенных результатов, поэтому Управление сильно урезало свою поддержку проектов по ИИ. Систематические сбои экспертных систем и аварии беспилотных автомобилей порождали колоссальное разочарование в символьном ИИ. Многие ученые полагали, что человеческий мозг все-таки работает иначе. Неудачи с символьным ИИ породила всплеск энтузиазма в отношении новых подходов таких, как искусственные нейронные сети (ИНС), на рудиментарном уровне имитирующие работу мозговых нейронов, или генетические алгоритмы, способные моделировать генетические наследования и разрабатывать лучшие способы решения проблем в каждом поколении [9,10,17].

Появились надежды, что при адекватной сложности подобные подходы смогут продемонстрировать разумное поведение машинных систем. Однако на практике такие системы демонстрировали весьма посредственные результаты. В то время для получения качественных результатов не хватало вычислительной мощности или, что еще более важно, легкодоступных входных данных для достижения нужного уровня сложности. Далее последовал период «зимы ИИ». Найти финансирование для исследований по ИИ становилось все труднее, и многие исследователи переключали свое внимание на изучение конкретных прикладных проблем: машинное зрение, распознавание речи и автоматическое планирование [10].

В 1990-х — начале 2000-х большинство ученых, работавших ранее в областях ИИ, отказывались даже

от ассоциаций с данным термином. Таким образом, изучение ИИ превратилось в пережиток прошлого, который вытеснили исследованиями с менее амбициозными и более конкретными прикладными целями [9,10].

### Третий (современный).

Этот период характеризуется быстрым развитием технологий ИНС, имитирующих работу биологических нейронов живых существ. Простейшая сеть ИНС состоит из трёх слоёв искусственных нейронов — на первый слой поступают сигналы из внешнего мира от сенсоров, во внутреннем слое они обрабатываются и передаются в выходной слой, в котором формируется результат. Внутренних или скрытых слоёв может быть много.

В 2006 г. появилась система Google-Переводчик, основанная на обработке больших объемов данных. Корпус из триллиона слов, выпущенный Google в 2006 году, состоял из разбросанных фрагментов интернет-контента. Он стал «обучающим набором», по которому вычислялась вероятность того, что именно последует за тем или иным английским словом. В систему можно добавлять новые слова, которые появляются в естественном языке, и удалять устаревшие. «Её переводы точнее, хотя и весьма далеки от совершенства: к середине 2012 года она охватила более 60 языков, а теперь даже способна принимать голосовой ввод на 14 языках для моментального перевода» [15].

В научных исследованиях и в решении прикладных задач прогрессирует направление НТП — интеллектуализация управления и создание интеллектуальных систем. Отметим постоянно возрастающую автономность современных интеллектуальных систем, т. е. их способность самостоятельно находить необходимые для своей работы данные и ресурсы [16].

Важным понятием в ИИ становится «машинное обучение» (его называют также статистическим обучением). Основу для данной технологии еще в 1959 году заложил Артур Самюэль, когда предложил работать над обучением компьютеров, не используя определённо запрограммированные алгоритмы. В простейшем смысле программа обучается, когда в ней происходит изменение, позволяющее во второй раз выполнить определённое задание лучше (так называемый «метод пробной итерации»). Машинное обучение — это технология, когда создаётся база обучающих примеров, по которой компьютер или ИНС настраивается (в обиходе это называется «обучается») и таким образом может правильно распознавать и классифицировать поступающие новые данные, т. е. это совокупность алгоритмов и методов, позволяющих научить (настроить) компьютеры делать выводы на основании имеющихся данных. Добавление обучающих (настраивающих) примеров позволяет улучшить результаты распознавания. Происходит как бы самообучение (самонастройка) программы. По этой технологии с помощью большой базы фотографий компьютер научили распознавать лица, причём он делает это точнее, чем человек. Настоящий прорыв в обучении машин

<sup>2</sup> Управление перспективных исследовательских проектов Министерства обороны США — управление Министерства обороны США, отвечающее за разработку новых технологий для использования в интересах вооружённых сил.

произошёл в начале 2016 г., когда программа Google AlphaGo сумела обыграть в игру го<sup>3</sup> одного из лучших игроков мира — Ли Седоля. Эта игра является наиболее интеллектуально сложной игрой в мире, намного сложнее шахмат (в го доска 19\*19 клеток, а число возможных позиций равно 10<sup>100</sup> — много больше, чем в шахматах), и потому для победы не достаточно просто перебирать всевозможные ходы [17].

Добиться победы в го над Ли Седоля позволила технология «глубинного машинного обучения» (deep learning, DL), которая сейчас является самым трендовым направлением развития ИИ. Этот термин применяется к методам обучения ИНС, использующим больше одного скрытого слоя, поэтому формально «глубинный» указывает ещё и на более многослойную архитектуру нейронной сети. Уникальным для глубинного обучения является то, что машина сама находит признаки (ключевые черты чего-либо, по которым легче всего отделить один класс объектов от другого) и признаки эти структурирует иерархично: из более простых признаков складываются более сложные. У термина «глубинное обучение» нет формального определения, поскольку он объединяет целую группу различных технологий [20]. Таким образом, компьютер учится на примерах и своём собственном опыте. Можно сказать, что глубинное обучение — это анализ прошлых и текущих данных для прогнозирования будущего. Программа AlphaGo сначала проанализировала 29,4 млн. ходов в 160 тыс. партий профессиональных игроков, а затем две копии программы начали играть сами с собой, добавляя новые партии в обучающую выборку. Сыграв миллионы партий, программа научилась оценивать наиболее выгодное положение камней на доске для достижения победы [14]. Ряд экспертов считает, что переломный момент в развитии ИИ заключается именно в том, что две системы с ИИ играли друг против друга и компьютер учился (настраивался) у другого компьютера.

ИИ в настоящее время широко применяются в мире. Это роботы на складах, производствах и в быту, клининговые роботы, роботы-боты в сети Интернет, распознавание и поиск нужного текста, статей, книг и фильмов, это интеллектуальные приложения для кэшеринга и планирования деятельности и т. д. По мере того, как люди и «умные» машины теснее взаимодействуют друг с другом при управлении персоналом и бизнес-процессами — производственные процессы становятся более гибкими, экономными и адаптивными к меняющимся условиям [18, 19].

Технология глубинного обучения сейчас является неотъемлемой частью исследований в области распознавания речи, изображений, при создании систем управления беспилотными автомобилями (исследуют и внедряют компании Baidu, BMW, Daimler AG, Tesla и Volvo [19] «Когнитивные технологии» Института Системного Анализа РАН, ПАО «КАМАЗ»), диагностике заболеваний и решении других сложных задач. Развитием технологии глубинного обучения стала реализованная IBM летом 2017 г. технология распре-

делённого глубинного обучения (DDL), позволяющая на порядок сократить время обучения ИНС.

Следует отметить отличия современного ИИ от ИИ первых двух этапов:

- «глубинное обучение» не позволяет дать объяснение «как принято это решение», т. е. ИИ предлагает всем пролонгировать метод «проб и ошибок», который является врождённым эмпирическим методом мышления человека. Также этот метод называют методом перебора вариантов;
- отсутствует запоминание ранее приобретённых навыков при обучении новым;
- ИИ не может при обучении новым навыкам опираться на ранее приобретённые, т. е. отсутствует обобщение накопленных знаний и использование их в разных контекстах;
- суперкомпьютерам, таким как Blue Gen (IBM), при моделировании неврологических функций в The Human Brain Project (Проект «Человеческий мозг») нужны мегаватты мощности, а человеческий мозг может работать от энергии, потребляемой электрической лампочкой [17].

В 2017 году уже пять стран (США, Китай, Франция, Великобритания, ОАЭ) приняли Национальную стратегию ИИ, а в течение 2018–2019 годов уже 30 стран приняли свои Национальные стратегии развития ИИ [4].

#### Оценка положений совещания и стратегии

Основное положительное впечатление от ознакомления в конце 2019 года с текстами Совещания и Стратегии состояло в том, что не было лозунгов, типа: «Догнать и перегнать». Реально оценивая 25–30-ти летнее отставание исследований и разработок в этой области от США и передовых стран Европы и Азии, историческое неприятие в СССР кибернетики и признание её «лженаукой» в период с 1948 по 1956 годы [21,22], пренебрежительно-скептическое отношение (и даже раздражение) с 80-х годов прошлого века руководителей российских НИИ и НПО к предложениям организации работ по ИИ, а также недавнее исключение из номенклатуры специальностей ВАК научной специальности 01.01.09 «Дискретная математика и математическая кибернетика» [23], можно сделать вывод об очень непростом пути разработки и внедрения технологий ИИ в российскую действительность, как в прошлом, так и в перспективе. Хотя и в СМИ и в докладах министерств и ведомств мы будем, как всегда, отмечать только «положительную динамику» в развитии ИИ в России и ее регионах.

Вторым положительным аспектом Стратегии необходимо отметить признание основного недостатка современного уровня машинного обучения в пункте 8 раздела II: «... алгоритмы работы нейронных сетей крайне сложны для интерпретации и, следовательно, результаты их работы могут быть подвергнуты сомнению и отменены человеком. Отсутствие понимания того, как искусственный интеллект достигает резуль-

<sup>3</sup> Го — логическая настольная игра с глубоким стратегическим содержанием, возникшая в Древнем Китае от 2 до 5 тысяч лет назад.

татов, является одной из причин низкого уровня доверия к современным технологиям ИИ и может стать препятствием для их развития».

Настораживают, а порой вызывают недоумение в этих документах, многие высказывания и положения. Очевидно, что в подготовке выступлений на Совещании и написании положений Стратегии основное участие приняли экономисты, финансисты, политологи, юристы, педагоги, социологи и бизнесмены. Мнение же представителей технических наук, инженеров, математиков, программистов и специалистов по информационным технологиям, информатике и вычислительной технике, имеющих опыт создания экспертных систем, систем технического зрения и распознавания образов, систем интеллектуальной поддержки при принятии решений руководителями, систем выработки рекомендаций обеспечения безопасности, живучести и т. п., не было учтено в достаточной степени или вообще исключено.

Начнем с основного определения: что такое ИИ? В научной сфере деятельности дано множество определений ИИ. В Большой Российской Энциклопедии (далее БРЭ) в 11 томе, выпущенном в 2008 году, дано последнее по времени научное официальное для России определение ИИ [24]: «ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ, раздел ИНФОРМАТИКИ, в котором разрабатываются методы и средства компьютерного решения интеллектуальных задач, традиционно решаемых человеком. Они имеют ряд особенностей, среди которых — отсутствие заданного алгоритма решения задачи. К прикладным направлениям ИИ относят создание технических устройств, способных к логическим выводам и рациональному поведению, к приобретению новых знаний и диалогу с человеком-пользователем. В теории ИИ используются математические методы и методы структурной лингвистики и когнитивной науки». Приведем и определение информатики, отсюда же: «ИНФОРМАТИКА (англ. *informatics*), наука об извлечении информации из сообщений, создании информационных ресурсов, программировании поведения машин и о других сущностях, связанных с построением и применением человеко-машинной среды решения задач моделирования, проектирования, взаимодействия, обучения и др. Изучает свойства информации, методы её извлечения из сообщений и представления в заданной форме; свойства, методы и средства информационного взаимодействия; свойства информационных ресурсов, методы и средства их создания, представления, сохранения, накопления, поиска, передачи и защиты; свойства, методы и средства построения и применения программируемых машин и человеко-машинной среды решения задач».

Более ранние два определения ИИ, данные ведущими на то время российскими специалистами в словаре по ИИ [13], «ИИ — 1. Научное направление, в рамках которого ставятся и решаются задачи аппаратного или программного моделирования тех видов человеческой деятельности, которые традиционно считаются интеллектуальными. 2. Свойство интеллектуальных систем (далее ИС) выполнять функции (творческие), которые традиционно считаются прерогативой человека». Здесь же необходимо привести

словарное значение понятия ИС [25]: «Интеллектуальная система — техническая или программная система, способная решать задачи, традиционно считающиеся творческими, принадлежащие конкретной предметной области, знания о которой хранятся в памяти ИС. Структура ИС включает три основных блока: базу знаний, решатель и интеллектуальный интерфейс».

Теперь приведем определение из Стратегии [3], пункт 5.а: «Искусственный интеллект — комплекс технологических решений, позволяющий имитировать когнитивные функции человека (включая самообучение и поиск решений без заранее заданного алгоритма) и получать при выполнении конкретных задач результаты, сопоставимые, как минимум, с результатами интеллектуальной деятельности человека. Комплекс технологических решений включает в себя информационно-коммуникационную инфраструктуру, программное обеспечение (в том числе, в котором используются методы машинного обучения), процессы и сервисы по обработке данных и поиску решений».

Возможно, это определение базируется на определении Президента Российской ассоциации ИИ, постоянного члена Европейского координационного комитета по ИИ (ЕССАИ), д. ф.-м. н., профессора Геннадия Семёновича Осипова: «Системы ИИ определяют как компьютерные системы, использующие в своей работе технологии ИИ. При этом в большинстве случаев до получения результата не известен алгоритм решения задачи. Например, мы не знаем, как осуществляется поиск доказательства теоремы, узнавание изображения и т. п.» [26]. И это определение понятно и правильно.

И наконец, в последнем пункте 5.м раздела даются разъяснения того, что же авторы Стратегии подразумевают под термином «технологические решения»: «технологическое решение — технология, программа для электронно-вычислительных машин (программа для ЭВМ), база данных или их совокупность, а также сведения о наиболее эффективных способах их использования». Осталось непонятно, что же авторы подразумевают под термином «технология», ведь и программа для ЭВМ и база данных — это основные составляющие любой технологии ИИ?

В Стратегии нет ни слова, что ИИ — это наука или научное направление. Кстати, в Указе для американского народа [3] во втором принципе (d) поставлена задача: «укрепление общественного доверия и уверенности в ИИ как науки».

Нет задач и целей по методологии представления знаний и предметной области (правилами, логическим выводом, фреймами, семантическими сетями, логикой предикатов, нечеткой логикой и т. п. [27]), по разработке баз знаний (далее БЗ), хотя есть упоминания о базах данных. Но общеизвестно, что обучение интеллектуальной системы или накопление ею опыта это получение новых знаний в БЗ, корректировка правил и ассоциаций в БЗ, получение новых решений из опыта взаимодействия с предметной областью.

Ничего не сказано в Стратегии об использовании имеющихся и разработке новых языков представления знаний (далее ЯПЗ) таких, как семантические сети, фреймы, RX-коды, Суcl, IKL, KIF, Loom, OWL и язы-

ков программирования ИИ, таких как Lisp, Prolog, Java, Python, R, Smalltalk.

Не поставлены задачи по исследованию и развитию современных подходов к формализации описательных наук, построению точного языка описания и анализа мыслительных и социально-экономических процессов, к разработке нового поколения систем поддержки принятия решений. Анализируя данную проблему, В. В. Шевченко (научный сотрудник Вычислительного центра им. А. А. Дородницына) в работе [28] сделал следующий вывод: «Системы поддержки принятия коллективных и общественных решений нового поколения могут быть созданы только на основе точного языка описания социально-экономических процессов, *без этого никакие нейронные сети не помогут*».

В пункте 24.б и 36 Стратегии говорится о том, что «должно быть разработано ПО, в котором используется технологии ИИ, для решения задач в различных сферах деятельности». Очевидно, что эта фраза звучала бы понятнее в редакции: «должно быть разработано ПО, которое является основой технологий ИИ, обеспечивающих решение задач в различных сферах деятельности».

В пункте 41 приведено требование, ассоциируемое с попытками создания «вечного двигателя»: «К 2030 году объем опубликованных данных должен быть достаточным для решения всех актуальных задач в области ИИ, в том числе за счет публикации звуковых, речевых, медицинских, метеорологических, промышленных данных и данных систем видеонаблюдения». Возможно, такой подход исследований перспективен для отдельных направлений использования технологий ИИ: при исследовании социологических проблем региона (страны), рынка и инвестиций; для алгоритмической торговли (использование сложных систем ИИ для принятия торговых решений со скоростью, превышающую скорость, на которую способен человеческий организм); для андеррайтинга (процесса изучения и анализа уровня платёжеспособности потенциальных клиентов финансового учреждения, которые желают воспользоваться возможностью взять кредит) или управления человеческими ресурсами регионов. Однако идеи создания «всеобщего решателя неформализуемых задач» или общего метода использования технологий ИИ во всех сферах человеческой жизни — всегда считались «недостижимой целью» [27–30], как и понятие «сбор достаточного количества данных».

Далее об имитации когнитивных функций человека. Как известно [31], «К когнитивным (познавательным) функциям относят: *внимание* — способность поддерживать необходимый для познания уровень психической активности; *восприятие* — способность строить на основе информации, поступающей от органов чувств, целостные образы и представления; *гнозис* — способность опознавать формируемые образы и относить их к категориям разума; *память* — способность запечатлевать, сохранять и воспроизводить полученную информацию; *интеллект* — способность

производить действия с усвоенной информацией (анализировать, сопоставлять, оценивать, обобщать, использовать для решения задач); *речь* — способность общаться с использованием символической знаковой системы (языка); *праксис* — способность формировать и включать в деятельность двигательные навыки, а также строить, заучивать и автоматизировать последовательности движений». Таким образом «самообучение и поиск решений без заранее заданного алгоритма» (выражение в скобках определения ИИ в п. 5.а Стратегии) не является когнитивной функцией человека, а является эвристической возможностью или способностью интеллекта человека.

Одно из частных определений интеллекта, общее для человека и «машины» дал социолог Ильясов Ф. Н.: «Интеллект — способность системы создавать в ходе самообучения программы (в первую очередь эвристические) для решения задач определённого класса сложности и решать эти задачи» [32].

В английском языке словосочетание «Artificial Intelligence» не имеет человекоподобного свойства (антропоморфизма), которое оно приобрело в традиционном русском переводе: слово «intelligence» в используемом контексте скорее означает «умение рассуждать разумно», «умственные способности» или «интеллектуальность», а вовсе не «интеллект» (для которого есть английский аналог — «intellect»). Из-за этого некорректного перевода происходит неприятие этого термина и научного направления многими учеными и руководителями научных организаций.

Таким образом, далее в тексте и следующих статьях по разработке и внедрению технологий ИИ будем использовать более корректные термины «интеллектуализация», «степень интеллектуализации» или «степень интеллектуальности».

Системы ИИ условно делятся на два класса — сильный (или общий) ИИ и слабый (или прикладной) ИИ. Определим сильный или универсальный искусственный интеллект как ИИ, сравнимый с человеческим, т. е. ИИ, который может учиться, как это делают люди, и не уступает по интеллекту большинству людей, а во многих смыслах даже превосходит их [33]. Это уровень фундаментальных междисциплинарных исследований, разрабатываемый большими коллективами и научными учреждениями, о которых достаточно подробно написал яркий представитель сообщества лучших специалистов Кремниевой долины [34] технический директор GOOGLE Рэй Курцвейл в своей книге «Как создать разум: секрет человеческого мышления раскрыт»<sup>4</sup> [35].

Очень популярной в последнее время стала идея использования т. н. «коллективного интеллекта», заимствованного у «дикой природы». В пункте 30.а Стратегии [1] указан следующий приоритет фундаментальных научных исследований по созданию, в том числе, сильного ИИ: «алгоритмическая имитация биологических систем принятия решений, в том числе распределённых коллективных систем, таких как пче-

<sup>4</sup> Это правильное, авторское название книги, которое при издании на русском языке субъективно искажено переводчиками и редакцией «БОМБОРА™».

линый рой или муравейник». Но ведь это также и коллективный разум так называемой «умной толпы». Роевой интеллект (swarm intelligence) — интеллектуальное поведение децентрализованных самоорганизующихся коллективных систем. Такие системы (будь то пчелиный рой, колония муравьев, стая рыб или человеческая толпа) представляют собой совокупность простых агентов, локально взаимодействующих между собой и окружающей их средой [36]. Оказалось, что эта «умная толпа», способная генерировать порядок из хаоса, подчиняется достаточно ограниченному набору простых правил и, сама того не осознавая, легко поддается «убедительному» управлению извне. В конечном счете, любой «безобидный» флэшмоб и любая современная социальная революция базируются на одних и тех же социальных технологиях «воздействия на толпу» [37]. Поэтому такие исследования могут быть направлены на разработку более убедительных методов для управления «умной толпой», а не создания сильного ИИ. С другой стороны, в НИЦ «Курчатовский институт» с середины 2000 годов проводятся исследования, ориентированные на решение задач образования сообществ (роботов или других интеллектуальных агентов) с предельно явно выраженными признаками социальности, минимально «замаскированными» особенностями индивидуального поведения, т. е. задачи построения социальных сообществ роботов. Тогда возможности (способности) и целеполагание деятельности «робота-индивидуума» направлены на решение общих задач и достижение общих целей социума [38].

С серьезной критикой технологического подхода к ИИ и отсутствия в Стратегии направлений развития академической науки в области формализации и представления знаний выступил в своей статье философ, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник ФИЦ «Информатика и управление» РАН, руководитель отделения интеллектуальных систем в гуманитарной сфере РГГУ Виктор Константинович Финн [39]: «Развития технологий из самих технологий быть не может; они могут лишь распространяться и совершенствоваться, но новых технологий из них самих же возникнуть не может. Только академическая наука является источником развития технологического совершенства...

ИИ это научное направление, которое имеет своими следствиями различные применения его идей и методов. Систематическое их применение превращается в технологии. Технологии — это дети науки. Если вы хотите, чтобы технологии были наиболее эффективны и развивались, уважайте академические исследования и создайте для них условия, и пусть бизнес не диктует свои условия, а способствует развитию науки.

Идеальный теоретический естественный интеллект — это система знаний, множество интеллектуальных способностей и высшие психические функции, каковыми являются интенция, интуиция, инициатива, воображение и рефлексия. Эти функции вместе с интеллектуальными способностями применяются к системе знаний и дают возможность решать творческие задачи. А теперь нам легко сделать вывод, что далеко не все это может быть не только автоматизировано, но и даже формализовано. Мы не можем формализо-

вать интуицию, воображение (потому что воображение есть результат действия всего человеческого организма и его личности, а субъективный мир личности невозможно формализовать и автоматизировать).

Интеллектуальный процесс есть взаимодействие мыслительного и познавательного процессов, это взаимодействие имитируется и усиливается в интеллектуальных системах — партнерских человеко-машинных системах. Эти системы не заменяют человека, а являются мощным инструментом в науках о жизни и социальном поведении (в том числе в управлении и медицине), в которых знания слабо формализованы, а данные можно структурировать».

Решение же проблем, связанных с приближением специализированных систем ИИ к возможностям человека, создание систем «усиливающих» интеллект человека и поддерживающих принятие решений, передача интеллектуальных функций техническим средствам, техническому интеллекту [40] или создание интеллектуальных сигнализаторов — является задачей, поставленной эволюцией научно-технического прогресса (далее НТП), Стратегией и Методическими документами [7,8] по разработке и реализации ПИР для АОСГУ, аналогичных Обществу.

В дальнейших статьях разработку и внедрение технологий ИИ определим как интеллектуализация продукции и управления деятельностью предприятия. Интеллектуализация является, наряду с механизацией, автоматизацией и роботизацией одним из направлений и эволюционных этапов НТП [41–43].

## Выводы

1. В соответствии с разработанной Стратегией и указаниями ФОИВ были установлены требования об обязательном введении в ПИР, ССПР ПИР на 2021–2023 гг. подразделы по развитию ИИ в АОСГУ.
2. В Стратегии не подтверждено, что ИИ — это наука или научное направление.
3. В Стратегии не сказано об использовании и развитии семиотического подхода ИИ, т. е. создании экспертных систем, разработке методов представления знаний, баз знаний и систем логического вывода, имитирующих высокоуровневые психические процессы: мышление, рассуждение, речь, эмоции, творчество и т. д. Выделен биологический подход — изучение нейронных сетей и эволюционное поведение на основе биологических элементов, а также создание соответствующих вычислительных систем, таких как биологические нейронные системы.
4. Особое внимание в Стратегии уделено не знаниям, а данным и разметке данных. Все технологии разметки данных объединяет то, что они позволяют превратить данные в информацию. Потом эта информация станет источником знаний в приложениях, попадающих под определение ИИ, выполняя следующую функцию intelligence, суть которой заключается в превращении информации в знания. В информатике, частью которой является ИИ, этот

- процесс назывался семиотической фильтрацией: синтаксической, семантической и прагматической.
5. В английском языке словосочетание «Artificial Intelligence» не имеет человекоподобного свойства (антропоморфизма), которое оно приобрело в традиционном русском переводе: слово «intelligence» в используемом контексте скорее означает «умение рассуждать разумно», «умственные способности» или «интеллектуальность», а вовсе не «интеллект» (для которого есть английский аналог — «intellect»). Из-за этого некорректного перевода происходит неприятие этого термина и научного направления многими учеными и руководителями научных организаций. Поэтому описывая разработку и внедрение технологий ИИ целесообразно использовать более корректные термины «интеллектуализация», «степень интеллектуализации» или «степень интеллектуальности».
  6. Заканчивая выводы по статье, приведем цитаты из работ [28] и [44], которые характеризуют особенности современного развития технологий ИИ и определяют задачи его развития: «Уже принципиально возможно повторить структуру нейронной сети, соответствующую сложности человеческого мозга (по современным оценкам, это около 100 миллиардов нейронов). Значит ли это, что механическое наращивание количества нейронов позволит совершить качественный скачок и породит новый разум? На данном этапе понимания проблематики ИИ это представляется весьма маловероятным.

Анализ статистических данных, сформулированной ещё Готфридом Ахенваллем<sup>5</sup> ..., а также все возрастающая аппаратная мощь современных вычислительных комплексов породили концепцию BigData, базирующуюся как раз на классических статистических алгоритмах. Возможно, дополнение технологий BigData теориями нечеткости Л. Заде позволит переходить к неполной индукции, к искусственной интеллектуальной деятельности, к искусственному интеллекту».

«Разработка нового поколения опережающих мировой уровень систем поддержки принятия решений требует мобилизации всех сил и возможностей той части интеллектуальной элиты России, которая работает в этой области. При этом ключевую роль играет разработка алгоритмического обеспечения (brainware) таких систем, основанного на принципиально новых математически точных представлениях о человеке и обществе, живых языках и языках программирования, физических и технических системах (включая операционные и вычислительные системы), планете в целом как целостном и взаимосвязанном макроорганизме. Основой для создания такой системы может и должна стать формализация описательных наук на базе достигнутого в областях математической теории игр и исследования операций, экономико-математического моделирования, оснований математики, когнитивного анализа, теории автоматов и адаптивных систем, «искусственного интеллекта» в узком смысле конечных адаптивных систем прикладного характера».

#### Список использованных источников

1. Presidential Documents. Executive Order 13859 of February 11, 2019. Maintaining American Leadership in Artificial Intelligence. — Federal Register. — Vol. 84, No. 31, Thursday, February 14/2019. — 6 p.//URL: <https://www.federalregister.gov/documents/2019/02/14/2019-02544/maintaining-american-leadership-in-artificial-intelligence> (дата обращения: 15.02.2021).
2. Summary of the 2018 white house summit on Artificial Intelligence for American industry product of the white house office of science and technology policy — May 10, 2018. — 11 p.//URL: <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:ynWh1eieLRkJ:https://www.hsd.org/%3Fview%26did%3D811092&cd=1&hl=ru&ct=clnk&gl=ru> (дата обращения: 15.02.2021).
3. Национальная стратегия развития искусственного интеллекта на период до 2030 года. Утверждена Указом Президента РФ от 10 октября 2019 г. № 490 "О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации". — 23 с.
4. Сопровождение по вопросам развития технологий в области искусственного интеллекта (30.05.2019). Президент РФ Владимир Путин. — 23 с.//URL: <http://kremlin.ru/events/president/news/summary/60630> (дата обращения: 15.02.2021).
5. К. Шваб. Четвертая промышленная революция. М.: Издательство «Э», 2017. — 288 с.
6. Правительство Российской Федерации. Программа "Цифровая экономика Российской Федерации". Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 июля 2017 г. № 1632-р. — 87 с.
7. Минэкономразвития России (2019). Методические указания по разработке и актуализации ПИР; по оценке качества разработки или актуализации ПИР; по оценке качества реализации ПИР АОСГО, государственных корпораций, государственных компаний и федеральных государственных унитарных предприятий (Утвержден МВК — приложение № 1 к протоколу от 25 октября 2019 г. № 34-Д01). — 28 с.
8. Минэкономразвития России (2020). Методические материалы по ежегодной отчетности о реализации ПИР АОСГО... (С изменениями утвержден МРГ — приложение № 1 к протоколу от 21 декабря 2020 г. № 23-Д01). — 52 с.
9. Дозерти П., Уилсон Дж. Человек + машина. Новые принципы работы в эпоху искусственного интеллекта. — М.: Манн, Иванов и Фербер, 2019. — 304 с.
10. Искусственный интеллект. Что стоит знать о наступающей эпохе разумных машин/под ред. Д. Хэвен; пер. с англ. — М.: АСТ, 2019. — 352 с.
11. Курейчик В. В., Нужнов Е. В. Об интегрированной инструментальной среде поддержки генетических алгоритмов//Новости искусственного интеллекта, 2003, № 5. — с. 20–27.
12. Псиола В. В. Обзор основных нейросетевых моделей//Интеллектуальные системы, 1999, Том 4, вып. 3–4. — С. 139–172.
13. Панов А. И. Искусственный интеллект — современное состояние и перспективы. — НИУ ВШЭ. Введение в методы ИИ — 28.09.2017. <https://cs.hse.ru/data/2017/10/08/1159578493/Slides-IntroToAI-HSE-2017-01-Panov.pdf> (дата обращения: 15.02.2021).
14. Пройдаков Э. М. Современное состояние исследований в области искусственного интеллекта//Цифровая экономика. — 2018, № 3 (3). — С. 50–62.
15. Майер-Шенбергер В. Большие данные. Революция, которая изменит то, как мы живем, работаем и мыслим. — М.: Манн, Иванов и Фербер, 2014. — 240 с.
16. Лесникова Л. Искусственный интеллект в действии. Jet Info № 1–2/2018. с. 9–15.
17. Искусственный интеллект. Что надо знать о наступающей эпохе разумных машин/под ред. Д. Хэвен; пер. с англ. О. Д. Сайфудиновой. — М.: АСТ, 2019. 352 с.
18. Искусственный интеллект: Применение в интегральных производственных системах/под ред. Э. Кыюсиака; Пер. с англ. А. П. Фомина. — М.: Машиностроение, 1991. — 544 с.
19. Марр Бернард. Искусственный интеллект на практике. 59 кейсов успешных компаний. — М.: Манн, Иванов и Фербер, 2020. — 320 с.
20. Инженерный взгляд на вещи. Что такое глубокое обучение (deeplearning)? LIVEJOURNAL.<http://iwtkl.livejournal.com/17828.html>
21. Кибернетика в СССР: от лженауки до панацеи//Блог компании IT-GRAD. История ИТ. — 04 февраля 2020 г. <https://habr.com/ru/company/it-grad/blog/486932/>(дата обращения: 15.02.2021).
22. В. В. Шилов. Пионер кибернетики Анатолий Иванович Китов//Цифровая экономика. — 2018, № 3 (3). — С. 50–62.

<sup>4</sup> Ахенвалль Готфрид (1719-1772) — считается основателем статистики как науки, так как он не только дал точное определение всех ее составных частей и указал ее истинные задачи и цели, но и первый ввел в употребление слово «статистика».

23. А. Л. Фрадков. Кибернетика опять лженаука? // *ТрВ-Наука*. - 2020, № 319. — с. 4. <https://trv-science.ru/2020/12/kibernetika-opyat-lzhenuka/> (дата обращения: 15.02.2021).
24. Большая Российская Энциклопедия. — М.: Большая Российская Энциклопедия, 2008, т. 11, стр. 733.
25. А. Н. Аверкин, М. Г. Гаазе-Рапопорт, Д. А. Поспелов. Толковый словарь по искусственному интеллекту. — М.: Радио и связь. — 1992. — 256 с.
26. Г. С. Осипов. Искусственный интеллект: состояние исследований и взгляд в будущее. <http://www.raai.org/about/persons/osipov/pages/ai/ai.html> (дата обращения: 15.02.2021).
27. Представление и использование знаний: Пер. с япон./Под ред. Х. Уэно, М. Исидзуки. — М.: Мир, 1989. — 220 с.
28. Шевченко В. В. О взаимосвязи формализации описательных наук, когнитивного анализа, теории игр и теории КЛС // *Цифровая экономика*. — 2019, № 3 (7). — С. 45–55.
29. Юревич Е. И. Теория автоматического управления. — СПб: БХВ-Петербург, 2016. — 436 с.
30. Макаров И. М., Лохин В. М., Манько С. В., Романов М. П. Искусственный интеллект и интеллектуальные системы. — М.: Наука, — 2006. — 333 с.
31. Когнитивные функции и когнитивные нарушения // *Справочник, oldschool*. <https://memini.ru/glossary/183/> (дата обращения: 15.02.2021).
32. Ильясов Ф. Н. Разум искусственный и естественный // *Известия АН Туркменской ССР, серия общественных наук*, 1986, № 6. — С. 46–54.
33. Пройдаков Э. М. Современное состояние исследований в области искусственного интеллекта // *Цифровая экономика*. — 2018, № 3 (3). — С. 50–62.
34. Маркофф Дж. Homo Roboticus? Люди и машины в поисках взаимопонимания. — М.: АНО, 2017. — 405 с.
35. Ray Kurzweil. How to create a mind: the secret of human thought revealed. — В переводе на русский издательства: Эволюция разума или бесконечные возможности человеческого мозга, основанные на распознавании образов. — М.: БОМБОРАТМ. — 2018. — 350 с.
36. Лобанов А. П. Интеллект: определения, теории, парадигмы // *Весні БДПУ*, Сер. 1, 2014, № 2. — С. 42–46.
37. Осин А. А. Модель роевого интеллекта в организационных коммуникациях // *Социально-гуманитарные знания*, 2012. — № 6. — С. 343–349.
38. Карпов В. Э., Карпова И. П., Кулинич А. А. Социальные сообщества роботов. — М.: ЛЕАНДР, 2019. — 352 с.
39. Финн В. К. Далеко не все функции естественного интеллекта могут быть формализованы и автоматизированы // *Журнал «Коммерсант Наука»*, № 68 от 23.12.2019. — М.: ИД «Коммерсант». — С. 33–38. <https://www.kommersant.ru/doc/4198609> (дата обращения: 15.02.2021).
40. Величенко В. В. Принципы технического интеллекта в проблеме управления сложными экономическими системами // *Интеллектуальные системы*, 1997, том 2, вып. 1–4. — С. 5–33.
41. Евсеенко С. М., Скороходов Д. А. О степени механизации и автоматизации организационно-технологических процессов предприятия и корабля // *Морские интеллектуальные технологии*, 2013, № 3 (21). — С. 44–50.
42. Евсеенко С. М., Скороходов Д. А. О степени интеллектуализации, роботизации и комплексной оценки управления организационно-технологическими процессами предприятия и корабля // *Морские интеллектуальные технологии*, 2013, № 4 (22). — С. 53–61.
43. Программа инновационного развития ОАО «Концерн «НПО «Аврора» на период 2020–2024 гг. — СПб, ОАО «Концерн «НПО «Аврора», 2019. -236 с.
44. Терелянский П. В. Искусственный интеллект в Индустрии 4.0 интеллекта // *Цифровая экономика*. — 2018, № 3 (3). — С. 42–49.

## References

1. Presidential Documents. Executive Order 13859 of February 11, 2019. Maintaining American Leadership in Artificial Intelligence. — Federal Register. — Vol. 84, No. 31, Thursday, February 14/2019. — 6 p. /URL: <https://www.federalregister.gov/documents/2019/02/14/2019-02544/maintaining-american-leadership-in-artificial-intelligence> (accessed: 15.02.2021).
2. Summary of the 2018 white house summit on Artificial Intelligence for American industry product of the white house office of science and technology policy — May 10, 2018. — 11 p. /URL: <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:ynWh1eieLRkJ:https://www.hsd.org/%3Fview%26did%3D811092&cd=1&hl=ru&ct=clnk&gl=ru> (accessed: 15.02.2021).
3. National strategy for the AI development for the period up to 2030. Approved by the Decree of the President of the Russian Federation on October 10, 2019 Vol. 490 «On the development of artificial intelligence in the Russian Federation.», 23 p.
4. Meeting on the technologies development in the field of artificial intelligence (30.05.2019). President of Russian Federation Vladimir Putin, 23 p. /URL: <http://kremlin.ru/events/president/news/copy/60630> (accessed: 15.02.2021).
5. K. Schwab. Fourth industrial revolution. Moscow, E, 2017, 288 p. (in Russian)
6. Government of the Russian Federation. «Digital Economy of the Russian Federation» Program. Approved by the order of the Government of the Russian Federation on July 28, 2017. Vol. 1632-p 87 p. (in Russian)
7. Ministry of Economic Development of Russia (2019). Methodological guidelines for the development and updating of the IDP; on assessing the quality of the IDP development or updating; on the assessment of the quality of the IDP implementation by JScPO, state corporations, state-owned companies and federal state unitary enterprises (Approved by the IAC — Appendix no. 1 to the Protocol of October 25, 2019 No. 34-D01), 28 p. (in Russian)
8. Ministry of Economic Development of Russia (2020). Methodological materials for annual reporting on the IDP implementation by JScPO ... (With corrections approved by interagency working group — Appendix no. 1 to the minutes of December 21, 2020 No. 23-D01), 52 p.
9. J. Wilson., P. Daugherty. Human + Machine: Reimagining Work in the Age of AI. Moscow, Mann, Ivanov and Ferber, 2019, 304 p. (in Russian)
10. Machines that Think.: Everything you need to know about the coming age of artificial intelligence, edited by D. Haven; translated from English. Moscow, AST, 2019, 352 p.
11. V. V. Kureichik, E. V. Nuzhnov [On the integrated instrumental environment for supporting genetic algorithms] *Novosti iskusstvennogo intellekta [Artificial Intelligence News]*, 2003, Vol 5, pp. 20–27. (in Russian)
12. V. V. Psiola [Review of the main neural network models]. *Intelligent systems, [Intellektual'nye sistemy]*, 1999, Vol. 4, no. 3–4, pp. 139–172. (in Russian)
13. Panov A. I. [Artificial intelligence — current state and prospects]. National Research University Higher School of Economics. Introduction to AI techniques 28.09.2017. <https://cs.hse.ru/data/2017/10/08/1159578493/Slides-IntroToAI-HSE-2017-01-Panov.pdf> (accessed: 15.02.2021). (in Russian)
14. E. M. Proydakov [The current state of research in the field of artificial intelligence]. *Digital Economy [Cifrovaja jekonomika]*, 2018, Vol 3 (3), pp. 50–62. (in Russian)
15. V. Mayer-Schönberger. Big Data. A Revolution That Will Transform How We Live, Work, and Think. Moscow, Mann, Ivanov and Ferber, 2014, p. 240. (in Russian)
16. Lesnikova L. Artificial Intelligence in Action. *Jet Info* no. 1–2/2018, p. 9–15. (in Russian)
17. Machines that Think.: Everything you need to know about the coming age of artificial intelligence, edited by D. Haven, translated from English by O. Saifudinova. Moscow, AST, 2019, 352 p. (in Russian)
18. Artificial Intelligence: Implications for CIM (Artificial Intelligence in Industry) ed. By A. Kusiak translated from English by A. Fomina. Moscow, Mashinostroenie, 1991. 544 p. (in Russian)
19. B. Marr. Artificial Intelligence in Practice: How 50 Successful Companies Used AI and Machine Learning to Solve Problems. Moscow, Mann, Ivanov and Ferber, 2020, 320 p. (in Russian)
20. An engineering view of things. What is deeplearning? *LIVEJOURNAL*. <http://iwtkl.livejournal.com/17828.html> (in Russian)
21. [Cybernetics in the USSR: from pseudoscience to panacea]. Blog by the IT-GRAD [Blog kompanii IT-GRAD]. AI history. February 02 2020. <https://habr.com/ru/company/it-grad/blog/486932/> (accessed: 15.02.2021).
22. V. V. Shilov. The pioneer of cybernetics Anatoly Ivanovich Kitov. *Digital Economy [Cifrovaja jekonomika]*, 2018, no. 3 (3), pp. 50–62. (in Russian)
23. A. L. Fradkov. Is cybernetics pseudoscience again? *TrV-Science [TrV-Nauka]*, 2020, no. 319, p. 4. <https://trv-science.ru/2020/12/kibernetika-opyat-lzhenuka/> (accessed: 15.02.2021).
24. Great Russian Encyclopedia [Bol'shaja Rossijskaja Jenciklopedija]. Moscow, 2008, vol.11, p. 733. (in Russian)
25. A. N. Aeverkin, M. G. Gaase-Rapport, D. A. Pospelov. Explanatory Dictionary of Artificial Intelligence [Tolkovyj slovar' po iskusstvennomu intellektu]. Moscow, Radio and communication, 1992, 256 p. (in Russian)
26. G. S. Osipov. Artificial Intelligence: State of Research and Future Outlook. <http://www.raai.org/about/persons/osipov/pages/ai/ai.html> (accessed: 15.02.2021).
27. Representation and use of knowledge. Translation from Japanese, edit. by Ueno X., Ishizuka, Moscow, Mir, 1989, 220 p. (in Russian)
28. Shevchenko V. V. [On the relationship between the formalization in descriptive sciences, cognitive analysis, game theory and the theory of constructivological systems]. *Digital Economy [Cifrovaja jekonomika]*, 2019, no. 3 (7), pp. 45–55. (in Russian)
29. Yurevich E. I. Automatic control theory. St.-Petersburg, BHV-Petersburg, 2016, p. 436. (in Russian)
30. Makarov I. M., Lokhin V. M., Manko S. V., Romanov M. P. Artificial intelligence and intelligent systems. Moscow, Science, 2006, 333 p.
31. Cognitive function and cognitive impairment. Handbook, oldschool. <https://memini.ru/glossary/183/> (accessed: 15.02.2021).
32. Ilyasov F. N. Mind artificial and natural. News of the Academy of Sciences of the Turkmen SSR, a series of social sciences [Izvestija AN Turkmenskoy SSR, serija obshhestvennyh nauk], 1986, no. 6, pp. 46–54. (in Russian)

33. E. M. Proydakov The current state of research in the field of artificial intelligence. Digital Economy [Cifrovaja jekonomika], 2018, no. 3 (3), pp. 50–62. (in Russian)
34. J. Markoff. Machines of Loving Grace: The Quest for Common Ground Between Humans and Robots Moscow, ANO, 2017, 405 p. (in Russian)
35. Ray Kurzweil. How to create a mind: the secret of human thought revealed. — Translated by the editors. Moscow, Bomboratm, 2018, 350 p. (in Russian)
36. Lobanov A. P. Intelligence: definitions, theories, paradigms. News of Belarusian State Pedagogical University., series 1, 2014, no.2, pp. 42–46. (in Russian)
37. A. A. Osin Swarm intelligence model in organizational communications. Social and humanitarian knowledge [Social'no-gumanitarnye znanija], 2012, no.6, pp. 343–349. (in Russian)
38. Karpov V. E., Karpova I. P., Kulinich A. A. Social communities of robots Moscow, Leandr, 2019, 352 p. (in Russian)
39. Finn V. K. Not all functions of natural intelligence can be formalized and automated. Journal «Kommersant Nauka», [Zhurnal «Kommersant Nauka»], no. 68, 23.12.2019. pp. 33–38. <https://www.kommersant.ru/doc/4198609> (accessed: 15.02.2021).
40. V. V. Velichenko Principles of technical intelligence in the problem of managing complex economic systems. Intelligent systems, [Intellektual'nye sistemy], 1997, vol 2, ed.1–4, pp. 5–33. (in Russian)
41. Evseenko S. M., Skorokhodov D. A. On the degree of mechanization and automation of organizational and technological processes on an enterprise and a vessel. Marine Intelligent Technology [Morskie intellektual'nye tehnologii], 2013, no.3 (21), pp. 44–50. (in Russian)
42. Evseenko S. M., Skorokhodov D. A. On the degree of mechanization and automation of organizational and technological processes on an enterprise and a vessel. Marine Intelligent Technology [Morskie intellektual'nye tehnologii], 2013, no. 4 (22), pp. 53–61. (in Russian)
43. The program of innovative development of JSC «Concern» NPO «Aurora» for the period 2020–2024 — St. Petersburg, JSC «Concern» NPO «Aurora», 2019, 236 p.
44. Terelyanskiy P. V. Artificial Intelligence in Industry 4.0 Intelligence. Digital Economy [Cifrovaja jekonomika], 2018, no. 3 (3), pp. 42–49. (in Russian).