

Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем

Artificial Intelligence: strategies and methods for solving complex problems

Бочкова А.А.¹
Bochkova A.A.¹

¹ФБИУКС, НИЯУ МИФИ, г. Москва, Россия

¹FBIISM, NRNU MEPhI, Moscow, Russia

aabochkova@gmail.com



Бочкова А.А.

Резюме. Цель – конкретизировать понятия «искусственный интеллект» и «сложная проблема», а также рассмотреть современное состояние работ в области применения искусственного интеллекта к решению сложных проблем. **Методы.** Использованы методы контекстного поиска, системного анализа и обобщения информации. **Результаты.** Сформулировано ключевое препятствие применения искусственного интеллекта к решению сложных проблем, заключающееся в отсутствии концептуального и технического решения по представлению междисциплинарных знаний в форме, доступной для обработки и синтеза методами искусственного интеллекта. Обучение ЭВМ на разных массивах данных, но без понимания процесса синтеза, с которым так легко справляется мозг человека, не позволяет искусственному интеллекту претендовать на открытие чего-то нового, принципиально неизвестного, без чего невозможно решение сложных проблем. Нужен универсальный язык, имитирующий процессы человеческого мышления. **Заключение.** Выполненный анализ и рекомендации позволяют взглянуть на задачу применения искусственного интеллекта к решению сложных проблем с отличной от принятой в настоящее время точки зрения, опирающейся на использование быстрых алгоритмов поиска (так называемые большие языковые модели). Создание языка-транслятора между различными областями знаний должно способствовать междисциплинарному обмену, развитию творческого мышления, появлению новых идей и генерации инновационных решений в самых разных областях деятельности человека. Развитый язык позволит решать сложные задачи, объединяя различные дисциплины.

Abstract. The Aim is to specify the concepts of “artificial intelligence” and “complex problem”, as well as to examine the state of the art in the application of artificial intelligence in solving complex problems. **Methods.** The author used contextual search, system analysis, and generalisation of information. **Results.** The paper identifies the key obstacle preventing the application of artificial intelligence in solving complex problems that consists in the lack of a conceptual and technical solution to present interdisciplinary knowledge in a form that could be processed and synthesised using artificial intelligence. Computer training that uses a variety of data sets, but does not involve an understanding of the synthesis process that the human brain so easily deals with, prohibits artificial intelligence from discovering something new, fundamentally unknown, which is imperative for solving complex problems. A common language is required that would simulate the processes of human thinking. **Conclusion.** The analysis and recommendations presented in this paper allow looking at the problem of artificial intelligence application as part of solving complex problems from a point of view that is different from the currently common focus on the use of fast search algorithms (the so-called large language models). The creation of a translator language between different fields of knowledge should contribute to an interdisciplinary exchange, the development of creative thinking, the emergence of new ideas and innovative solutions in various fields of human activity. An elaborate language will allow solving complex problems by combining various disciplines.

Ключевые слова: искусственный интеллект, сложные проблемы, машинное обучение, ограничения искусственного интеллекта, язык-транслятор.

Keywords: artificial intelligence, complex problems, machine learning, limitations of artificial intelligence, translator language.

Для цитирования: Бочкова А.А. Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем // Надежность. 2025. №1. С. 46-57. <https://doi.org/10.21683/1729-2646-2025-25-1-46-57>

For citation: *Bochkova A.A. Artificial Intelligence: strategies and methods for solving complex problems. Dependability 2025; 1:46-57. <https://doi.org/10.21683/1729-2646-2025-25-1-46-57>*

Поступила: 14.05.2024 / **После доработки:** 20.10.2024 / **К печати:** 05.03.2025

Received on: 14.05.2024 / **Revised on:** 20.10.2024 / **For printing:** 05.03.2025

Введение

Искусственный интеллект (ИИ) за последние десятилетия вышел за рамки научно-фантастических концепций и твердо вошел в повседневную жизнь. От советующих систем до автономного вождения – ИИ справляется с задачами, которые ранее казались неразрешимыми.

Научным сообществом широко обсуждается возможность применения ИИ для решения сложных проблем. Однако современная наука и философия затрудняются однозначно определить сам феномен сложности, в то время как важность концептуального выражения феномена сложности усиливается рядом обстоятельств.

Во-первых, классические подходы не могут полностью объяснить сложность. Возникает противоречие между идеей сложности, основанной на простых принципах, и сложным миром.

Во-вторых, научные открытия меняют онтологические и эпистемологические представления современной науки. Сложность рассматривается как аспект взаимоотношений между устойчивостью и изменчивостью, частью и целым, элементом и системой, хаосом и порядком в развивающихся системах.

В-третьих, междисциплинарный синтез стимулирует появление «наук о сложном». Дробление действительности на аналитические единицы не может адекватно описать сложные системы.

В-четвертых, сложность рассматривается как философская проблема с собственной онтологией¹ и гносеологией².

При использовании ИИ для решения сложных проблем необходимо учитывать эти обстоятельства. Сложные проблемы требуют глубокого анализа, творческого мышления и нестандартных подходов для их решения, так как они характеризуются высокой степенью неопределенности и множеством взаимосвязанных факторов. Они часто встречаются в различных областях, где требуется принятие обоснованных решений.

При размышлении о создании систем ИИ, способных решать сложные проблемы, полезно обратить внимание на методы, используемые учеными, которые обычно декомпозируют задачу на подзадачи, определяют, какие явления нужно объяснить с помощью теории, и какие

ограничения следует наложить на теорию на основе имеющихся знаний. После определения области и ограничений можно приступить к задаче оптимизации. Однако часто бывает сложно пройти путь от сложной задачи к простой, поскольку ученые могут понять, что их исходная проблема была неверной. Это может произойти по разным причинам, например, из-за внутренних противоречий или парадоксов в теории. Иногда ученые осознают, что теория может объяснить более широкий спектр явлений, что требует пересмотра области исследования. Также возможен пересмотр ограничений при изменении доменов и появлении новых эмпирических феноменов. Создание и решение проблемы тесно связаны в научной практике, и важно понимать, говоря об ИИ, что это не сводится к простому моделированию данных или обучению.

1. Историческое отступление

Среди главных фигур в истории ИИ – Алан Тьюринг, Айзек Азимов, Сатьяджит Рэй и Леонардо Торрес Кеведо. Так, работы Алана Тьюринга [1], оказали влияние на развитие ИИ, в частности его работа «Вычислительная техника и интеллект». Айзек Азимов внес свой вклад в разработку концепции ИИ в своих научно-фантастических работах [2]. Сатьяджит Рэй использовал научную фантастику для исследования взаимосвязи между разумом и интеллектом в постколониальную эпоху [3]. Леонардо Торрес Кеведо внес значительный вклад в автоматизацию, информатику и ИИ в начале XX века [4]. Эти люди сыграли решающую роль в формировании области ИИ и его философских основ.

Большая часть классических работ по научному ИИ (в основном Саймона, Лэнгли и их соавторов [5], а также более поздних работ Шмидта и Липсона [6], Удреску и Тегмарка [7] и других) была сосредоточена на решении легких задач. Для Саймона и Лэнгли этот подход основывался на психологическом тезисе о том, что научное познание – это, по сути, то же самое, что и обычное решение задач, только применяется к другому (и иногда более сложному) набору проблем. Они разработали алгоритмы, имитирующие решение задач человеком, и применили их к научным открытиям. Этот подход подвергся критике со стороны Чалмерса, Френча и Хофстедтера [8], поскольку он наделял алгоритмы представлением проблемы, которое уже содержало основные примитивы, необходимые для окончательной теории. Саймон настаивал (вопреки Попперу) на существовании логики научного открытия, но на самом деле это была логика решения научных проблем (т. е. оптимизации), а не открытия в смысле создания проблем.

¹ Онтология – учение о сущем; учение о бытии как таковом; раздел философии, изучающий фундаментальные принципы бытия, его наиболее общие сущности и категории, структуру и закономерности. Философское учение об общих категориях и закономерностях бытия, существующее в единстве с теорией познания и логикой.

² Гносеология – философская дисциплина, занимающаяся исследованиями, критикой и теориями познания.

Современные официальные документы [9] определяют ИИ как комплекс технологических решений, позволяющий имитировать когнитивные функции человека (включая самообучение, поиск решений без заранее заданного алгоритма и достижение инсайта) и получать при выполнении конкретных практически значимых задач обработки данных 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, анализу и синтезу решений.

2. Решение проблем с помощью искусственного интеллекта

2.1. Простые и сложные проблемы

Большинство работ по применению ИИ в решении проблем сосредоточено на том, что можно назвать «легкой проблемой». Ученые определяют функцию, которую они хотят оптимизировать (например, функцию, оценивающую структуру сворачивания белков или конструкцию термоядерного реактора). К этой задаче можно применить инструменты оптимизации ИИ. До сих пор подобные приложения были весьма успешными [10]. «Легкой» задачу делает не форма решения (которая может потребовать большой инженерной работы), а форма проблемы. С самого начала ясно, что нужно оптимизировать и какие инструменты можно использовать для решения этой проблемы. Инженерный прорыв происходит за счет создания гораздо более совершенных версий этих инструментов. Другими словами, проблема относительно проста, потому что не требует концептуальных прорывов, подобных открытию теории относительности, генетики или периодической таблицы элементов. Можно сказать, что эти концептуальные прорывы являются паттернами, которые можно обнаружить с помощью достаточно мощной системы распознавания образов. Но прежде, чем произойдет формирование паттерна, что-то должно подсказать системе распознавания образов, какого рода образцы интересны, важны и полезны. Какую проблему призвана решить система распознавания образов, и откуда это следует?

Фундаментальный барьер на пути автоматизации решения сложных проблем – концептуальный. Великие ученые – это не просто выдающиеся оптимизаторы обычных задач. Чаще всего великие ученые – это обычные оптимизаторы, решающие необычные оптимизационные задачи. Именно постановка проблемы, а не ее решение, является по-настоящему трудной проблемой. Можно было бы склониться к тому, чтобы отнести трудную проблему на задворки «революционной науки», которые редко прорываются в основную научную практику, в то время как легкая проблема

занимает основное место в «нормальной науке», на которую ученые тратят большую часть своего времени. Однако нормальная наука – это не просто оптимизация и не каталог оптимизационных задач, ожидающих решения. Фундаментальный барьер здесь тот же, что и для ученых в области ИИ: это концептуальная проблема постановки оптимизационной задачи. Это касается как крупных концептуальных прорывов, таких как теория относительности, так и более скромных, регулярно достигаемых молодыми исследователями при подготовке и защите кандидатских диссертаций, которые, тем не менее, остаются недостижимыми для существующих систем ИИ.

2.2. Перспективные стратегии решения сложных проблем с помощью искусственного интеллекта

Стратегии и методы ИИ для решения сложных проблем остаются в центре внимания исследований в последние годы. Один из подходов заключается в использовании циклов решения проблем, которые включают распознавание проблемы, ее определение, разработку стратегии, организацию знаний и ресурсов, мониторинг прогресса и оценку эффективности решения [11]. Другая перспектива заключается в создании систем социально-технической поддержки стратегического управления на основе ИИ, которые анализируют организации как системы социальных коммуникаций и генерируют стратегическую информацию на основе качественных данных [12]. В строительной отрасли технологии ИИ можно систематически внедрять для улучшения процессов, комбинируя инструменты из теории решения изобретательских задач (ТРИЗ) и Six Sigma [13]. Кроме того, интеграция иерархических механизмов, вдохновленных биологическими методами, с обучением с иерархическим подкреплением может развить навыки решения проблем с помощью искусственных агентов [14]. Сложные сети также можно использовать в качестве механизмов ИИ, где головоломки собираются с помощью механизмов сетевой обработки, используя разные стратегии распределения и буферизации, обеспечивающие различную производительность [15].

Наиболее перспективные стратегии решения сложных проблем с помощью ИИ включают интеграцию иерархических когнитивных механизмов, моделей машинного обучения и методов поиска. Иерархическое обучение с подкреплением, вдохновленное когнитивной психологией, показывает потенциал для развития поведения искусственных агентов при решении проблем [16]. Например, модели машинного обучения, такие как XGBoost, обученные на молекулярных дескрипторах, позволяют точно прогнозировать растворимость лекарств в сложных системах [14]. Кроме того, методы поиска играют решающую роль в стратегиях решения проблем в ИИ, обеспечивая общую связь между различными подходами [17].

Эти стратегии открывают возможности для расширения знаний и повышения эффективности ИИ при решении сложных задач по решению проблем. Остановимся подробнее на основных группах стратегий и методов, используемых ИИ для решения сложных проблем.

1. Машинное обучение. ИИ может использовать методы машинного обучения, чтобы обучаться на основе больших объемов данных. Это включает в себя личные подходы, такие как нейронные сети, решающие деревья, методы кластеризации и другие. Машинное обучение произвело революцию в подходе к сложным задачам, позволив алгоритмам и моделям учиться на данных и делать прогнозы или решения без явного программирования. Оно применялось в различных областях, таких как энергетика, экономика, позиционирование помещений и бизнес. В области энергетике алгоритмы машинного обучения могут прогнозировать спрос на энергию, оптимизировать использование возобновляемых источников энергии и повышать эффективность электростанций [18]. В экономике машинное обучение позволяет анализировать экономические показатели для прогнозирования будущего экономического роста и выявления новых возможностей для бизнеса. При позиционировании в помещении методы машинного обучения позволяют уменьшить зоны путаницы и повысить точность [19]. В деловом мире интеллектуальный анализ данных и аналитика позволили компаниям оптимизировать операции, оптимизировать процессы и принимать обоснованные решения [20]. Машинное обучение предлагает мощный подход к решению сложных реальных проблем и находит широкое применение в различных областях [21].

2. Глубокое обучение. Глубокое обучение позволяет ИИ извлекать сложные закономерности из данных и решать сложные задачи, такие как распознавание образов и естественного языка. Глубокое обучение, подобласть машинного обучения, используется для решения сложных задач путем обучения искусственных нейронных сетей с большими объемами данных. Оно успешно применяется в различных областях, таких как компьютерное зрение, обработка естественного языка, робототехника и видеоаналитика [22, 23]. Глубокие нейронные сети с несколькими слоями взаимосвязанных узлов позволяют моделировать сложные взаимосвязи между входами и выходами [24]. Алгоритмы глубокого обучения позволяют этим сетям со временем учиться и совершенствоваться, регулируя вес и смещение нейронов [25]. Использование глубокого обучения произвело революцию в промышленности и может сформировать будущее технологий [26]. Кроме того, глубокое обучение с подкреплением, являющееся разновидностью глубокого обучения, зарекомендовало себя как перспективное решение проблем последовательного принятия решений на основе использования человеческого опыта.

3. Эволюционные алгоритмы. Это методы, которые моделируют процесс естественного отбора

для решения оптимизационных задач. ИИ может использовать эволюционные алгоритмы для поиска оптимальных решений в сложных пространствах параметров. Эволюционные алгоритмы (ЭА) показали высокую адаптивность при решении сложных задач оптимизации. Они особенно эффективны при решении сложных комбинаторных задач оптимизации [27]. Для расчета физической подготовленности индивидуумов специалисты используют методы оценки физической формы, а существующие методы могут оказаться непригодными для решения проблем с нечеткой информацией о физической форме [28]. Для решения этой проблемы был предложен метод оценки физической формы слепых (BFEM), в котором для оценки физической формы на основе нечеткой информации о физической форме используется искусственная нейронная сеть (ANN) [29]. Было показано, что этот подход обеспечивает аналогичную или более высокую точность оценки физической формы по сравнению с методами, основанными на четкой информации о физической форме [30]. Кроме того, задачи многоцелевой оптимизации можно эффективно решать с помощью помощников, таких как использование многоцелевых эволюционных алгоритмов (МОЕА) для решения реальных задач. В целом, советники доказали свою высокую эффективность при решении сложных задач оптимизации, в том числе задач, связанных с шумом и несколькими целями.

4. Логическое программирование. Это метод, основанный на формализации знаний и использовании логических правил для решения проблем. ИИ может использовать логическое программирование для рассуждения и принятия решений на основе заданных правил и фактов. Логическое программирование – это область компьютерных наук, которая использует логику для решения сложных задач. Это требует творческого подхода, нестандартного мышления и глубокого понимания правил, как и создание хорошей шутки [31]. Логическое программирование можно применять в различных реальных сценариях, например в рассуждениях о сложных сетях. Язык MancaLog, основанный на логическом программировании, обеспечивает формализм рассуждений в сложных сетях и успешно применяется к таким задачам, как определение принадлежности к группе в социальных сетях [32]. Кроме того, логическое программирование можно использовать при анализе данных для выявления релевантных функций в наборах данных. Вычислительные задачи, связанные с выбором и эквивалентностью паттернов, могут быть решены с использованием моделей целочисленного программирования [33]. Кроме того, интеграция больших языковых моделей (LLM) с символическим мышлением, известная как Logic-LM, показала многообещающие результаты в улучшении решения логических задач [34]. В целом логическое программирование предлагает ценный подход к решению сложных задач в различных областях.

5. Нейроэволюция. Это комбинация методов эволюционных алгоритмов и нейронных сетей. ИИ может использовать нейроэволюцию для эволюции структуры и параметров нейронных сетей, чтобы достичь оптимальных решений. Нейроэволюция – это метод, используемый для решения сложных задач машинного обучения и задач управления. Он включает развитие нейронных сетей с помощью эволюционных стратегий для формирования разнообразных моделей поведения или навыков, которые можно использовать для задач адаптации или иерархического планирования. Доказано, что методы нейроэволюции, такие как разнообразие качества (QD), представляют собой конкурентоспособную альтернативу ИИ, дополненному теорией информации, для выявления навыков. Они обеспечивают такую же или улучшенную производительность, но при этом менее чувствительны к гиперпараметрам и более масштабируемы [35]. Другой алгоритм нейроэволюции под названием «Адаптивная геномная эволюция топологий нейронных сетей» (AGENT) решает проблемы стагнации и медленной конвергенции, контролируя разнообразие популяций и баланс исследований и эксплуатации. AGENT превосходит стандартные методы RL и оригинальный алгоритм NEAT в задачах эталонного управления [36]. Нейроэволюция также применялась к решению дифференциальных уравнений, где она показала возможность находить более точные решения с помощью более оптимизированных нейронных сетей по сравнению с вариантами стохастического градиентного спуска (SGD) [36].

6. Алгоритмы обработки естественного языка. ИИ может использовать алгоритмы обработки естественного языка для анализа и понимания текстовых данных. Это позволяет ИИ выполнять задачи, такие как автоматическое аннотирование текста, машинный перевод и анализ настроений. Алгоритмы обработки естественного языка (NLP), такие как искусственные нейронные сети (ANN), сверточные нейронные сети (CNN) и рекуррентные нейронные сети (RNN), использовались для решения широкого спектра сложных задач. Эти алгоритмы применялись к таким задачам, как моделирование предложений, семантическая маркировка ролей, распознавание именованных сущностей, ответы на вопросы, категоризация текста и машинный перевод [37, 38]. Кроме того, использование современных методов NLP, основанных на архитектуре трансформаторов, таких как модели BERT и XLnet, показало многообещающие результаты в таких задачах, как обнаружение атак с помощью социальной инженерии [39]. Кроме того, доступны тесты, такие как CommaQA и nLGraph, которые оценивают эффективность моделей NLP при решении сложных задач на логику и решении проблем на основе графиков [40, 41].

В зависимости от конкретной задачи и доступных данных, ИИ может применять различные комбинации этих методов для достижения оптимальных результатов.

3. Ограничения и регулирование использования искусственного интеллекта для решения сложных проблем

3.1. Когнитивные ограничения

Решение любой сложной проблемы на стыке различных областей упирается, прежде всего, в проблему невозможности представить знание универсальным образом. За математическими формулами, описывающими, например, поведение технической системы, легко утрачивается физический смысл. Формальный характер математики входит в противоречие с неформальным характером творческого мышления. Кроме того, междисциплинарный характер современного познания во многом обусловлен тем, что наука из «дисциплинарной» сферы деятельности превращается в «проблемно ориентированную». Решение сложных проблем – всегда синтез знаний из самых разных областей человеческой деятельности. Можно «обучить» ЭВМ на разных массивах данных, но без понимания процесса синтеза, с которым так легко справляется наш мозг, ИИ не может претендовать на открытие чего-то нового, принципиально неизвестного. Нужен универсальный язык, имитирующий процессы мышления.

Представление междисциплинарных знаний в области ИИ сопряжено с рядом проблем. Одна из основных проблем заключается в отсутствии общих понятий и терминов между различными дисциплинами [43]. Другой проблемой является огромное количество релевантной литературы, требующей эффективных поисковых систем и автоматизированного анализа контента для извлечения релевантной информации. Эксперты из разных дисциплин могут использовать одни и те же слова в разных значениях или не знать специальных терминов, используемых в других дисциплинах [43]. Экспертная оценка междисциплинарных работ, объединяющих различные темы, также является проблемой. Это создает коммуникационный разрыв и затрудняет определение того, когда эксперты из разных дисциплин говорят об одной и той же проблеме [44]. Другой проблемой является необходимость эффективных методов представления знаний и аргументации, позволяющих рассуждать о междисциплинарных знаниях [45]. Кроме того, представление знаний из открытой, динамичной и реальной среды, а также моделирование механизмов человеческого мышления и объяснения являются важными проблемами при представлении междисциплинарных знаний в ИИ [46]. Кроме того, развитие регулирующих органов необходимо для обеспечения ответственных исследований в области ИИ. Наконец, обучение ИИ требует большего внимания и инноваций для поддержки междисциплинарных исследований.

Уместно будет вспомнить, что еще в 1982-1986 годах группой молодых ученых-физиков МИФИ и лингвистов МГУ на базе диалектики Гегеля, теории суперсимметрии [47] и музыкальной гармонии был разработан универсальный язык Диал [48, 49]. Фундаментальные принципы Диала заложены [50] канд. физ-мат. наук Куликовым В.В. Было задумано, что язык будет использоваться как средство для решения теоретических проблем в физике и квантовой механике. Он основан на диалектической логике, примененной к абстрактной теории симметрии. Диал, в отличие от математики, должен был быть не только письменным, но и устным. Диал представляет собой язык-транслятор знаний между различными областями, способствует междисциплинарному обмену, развитию творческого мышления, появлению новых идей и генерации инновационных решений. Развитый язык позволяет решать сложные задачи, объединяя различные дисциплины. Его главная функция – отражение всех аспектов мира природы и человека. В Диале используются фундаментальные принципы преобразования симметрии для решения изобретательских задач. В теории решения изобретательских задач (ТРИЗ) эмпирически выявлено 50 типовых приемов разрешения технических противоречий и 76 стандартов на решение изобретательских задач [51]. Диал полон универсальными принципами развития систем и методами разрешения противоречий. С помощью его супероператоров можно логически создавать новые стандарты. Однако в настоящее время работы по Диалу практически свернуты, а каких-то новых, прорывных решений в этой области не появилось. Научные поиски сосредоточились на развитии т.н. «больших языковых моделей»¹.

3.2. Технические ограничения

ИИ сталкивается с рядом проблем и ограничений при использовании для решения сложных задач. Одной из основных проблем является отсутствие инфраструктуры данных и квалифицированного персонала, что препятствует успешному внедрению систем ИИ [52]. Другой проблемой является сложность понимания и объяснения того, как работают системы ИИ, что приводит к недоверию и зависимости от этих систем [53]. Кроме того, существуют проблемы с определением и классификацией терминов, связанных с ИИ, особенно при изучении ложной информации [54]. Более того, системы ИИ часто не учитывают социальные и структурные репрессивные системы, что приводит к негативным последствиям для маргинализированных сообществ [55]. Эти проблемы и ограничения подчеркивают необходимость междисциплинарного подхода к решению научных и этических проблем, связанных с ИИ.

¹ Большая языковая модель – это языковая модель, состоящая из нейронной сети со множеством параметров, обученной на большом количестве неразмеченного текста с использованием обучения без учителя. БЯМ появились примерно в 2018 году и хорошо справляются с широким спектром задач.

3.3. Этические ограничения

Этические последствия использования ИИ для решения сложных проблем включают опасения по поводу предвзятости, конфиденциальности, подотчетности, прозрачности, алгоритмической предвзятости и дискриминации, неправильного использования данных и технических проблем, автономии пациентов в принятии решений, уверенности в точности результатов, перемещения рабочих мест, экономического неравенства, автономии принятия решений, согласования ценностей, безопасности, управления и важности продолжения исследований и образования [56-59]. Эти этические проблемы подчеркивают необходимость ответственной разработки, внедрения и регулирования технологий ИИ для обеспечения их полезной и этической интеграции в общество [60]. При развитии ИИ важно создавать этическую среду, укреплять доверие, повышать прозрачность и подотчетность, а также разрабатывать системы ИИ, демонстрирующие ответственность. Быстро меняющийся ландшафт этики ИИ требует постоянных исследований, обучения и совместного управления для эффективного устранения этих этических ограничений.

3.4. Правовое регулирование и управление искусственным интеллектом при решении сложных задач

Правовое регулирование и управление ИИ при решении сложных задач – непростая задача. Широкое применение технологии ИИ в клинической практике вызвало правовые опасения относительно риска нарушений при клинической диагностике и хирургии [61]. Реализация различных отношений с использованием ИИ требует принятия гармонизирующих актов, регулирующих эти отношения и обеспечивающих права граждан [62]. Сложность систем ИИ, их взаимосвязанность с организациями и людьми, а также субъективный характер таких целей, как справедливость, затрудняют регулирование и управление [63]. Однако при соответствующих инвестициях сложность можно успешно решить [64]. Использование ИИ в нормативных механизмах может принести как пользу, так и вред, в зависимости от того, используется ли ИИ для поддержания существующих иерархий или для улучшения нашей жизни и будущего [65].

В настоящее время многие страны разработали правовые инструменты, такие как стратегии и программные акты по регулированию ИИ, но необходимо уделять больше внимания защите прав и интересов граждан и эффективным механизмам управления и предоставления государственных услуг. Разработка всеобъемлющей нормативной базы необходима для контроля за всем жизненным циклом систем ИИ от их разработки до внедрения [61]. Эти рамки должны предусматривать конкретные оперативные мандаты

и надзорные механизмы для эффективного регулирования систем ИИ [62]. Кроме того, правовое регулирование ИИ может решать такие вопросы, как риск нарушений, ответственность и защита прав и интересов [65, 66]. Гармонизация законов и унифицированных на международном уровне нормативных актов, таких как Модельная конвенция о робототехнике и ИИ, может облегчить регулирование отношений, связанных с ИИ, в глобальном масштабе [63]. Кроме того, создание институтов, механизмов и стандартов этического кодирования и профессиональной социотехнологической практики может способствовать социальному регулированию разработки и внедрения ИИ.

В целом правовое регулирование и управление ИИ имеют решающее значение для обеспечения качества, безопасности и этичного использования систем ИИ при решении сложных проблем.

Заключение

Таким образом, необходимо помнить, что когнитивные, технические, социологические, эстетические и утилитарные соображения неизбежно появляются на этапе возникновения проблемы.

Решение любой сложной проблемы неизбежно возникает на стыке различных областей, что требует решить задачу представления знания, используемого ИИ, универсальным образом. Исследовательская программа для решения этой сложной проблемы должна начинаться с когнитивной науки, сосредоточенной на малоизученных субъективных, творческих аспектах, о которых говорилось выше, и на том, как они взаимодействуют с объективными аспектами решения проблем. Как только мы поймем, как и что делают люди, с достаточной точностью, чтобы формализовать эти аспекты, мы сможем попытаться использовать эти знания для создания масштабируемого ИИ. Обучение ИИ – это не только формирование его «вкусов, стиля и предпочтений», но и наделение его мощными способностями к решению сложных проблем. То есть, необходим универсальный «язык», имитирующий процессы мышления.

По крайней мере, на начальном этапе маловероятно, что это будут самостоятельные системы, скорее, они будут помощниками, наделенными некоторой технической эрудицией, но нуждающимися в экспертном руководстве человеком.

Библиографический список

1. Mukherjee U.P. From Tafa to Robu: AI in the Fiction of Satyajit Ray. / In: Imagining AI: How the World Sees Intelligent Machines. Oxford, 2023. DOI: 10.1093/oso/9780192865366.003.0015
2. Moloi T., Marwala T. A High-Level Overview of Artificial Intelligence: Historical Overview and Emerging Developments / In: Artificial Intelligence and the Changing Nature of Corporations. Springer, Cham, 2021. DOI: 10.1007/978-3-030-76313-8_2

3. Tencent Research Institute, CAICT, Tencent AI Lab., Tencent open platform. Artificial Intelligence's Past / In: Artificial Intelligence. Palgrave Macmillan, Singapore, 2021. DOI: 10.1007/978-981-15-6548-9_2
4. González de Posada F., González Redondo F.A., Gonzalez A.H. Leonardo Torres Quevedo: Pioneer of Computing, Automatics, and Artificial Intelligence // IEEE Annals of the History of Computing. 2021. Vol. 43. Issue 3. Pp. 22-43. DOI: 10.1109/MAHC.2021.3082199
5. Bradshaw G.F., Langley P.W., Simon H.A. (1983). Studying scientific discovery by computer simulation // Science. 1983. Vol. 222. No. 4627. Pp. 971-975.
6. Schmidt, M., & Lipson, H. (2009). Distilling free-form natural laws from experimental data // Science. 2009. Vol. 324. Pp. 81-85.
7. Udrescu S.M., Tegmark M. (2020). AI Feynman: A physics-inspired method for symbolic regression. Science Advances. Vol. 6. Issue 16. DOI: 10.1126/sciadv.aay2631
8. Chalmers D.J., French R.M., Hofstadter D.R. High-level perception, representation, and analogy: A critique of artificial intelligence methodology // Journal of Experimental & Theoretical Artificial Intelligence. 1992. Vol. 4. Pp. 185-211.
9. ГОСТ Р 59277-2020. Системы искусственного интеллекта. Классификация систем искусственного интеллекта. М.: Стандартинформ, 2021. IV, 12 с.
10. Jumper J., Evans R., Pritzel A. et al. Highly accurate protein structure prediction with AlphaFold // Nature. 2021. Vol. 596. Pp. 583-589.
11. Biswas A.K. (2022). Autonomous Intelligence in Problem-Solving by Searching in the field of Artificial Intelligence // International journal of scientific research in science, engineering and technology. 2022. Vol. 9. No. 6. DOI: 10.32628/ijrsrset22962
12. Azzam M., Beckmann R. How AI Helps to Increase Organizations' Capacity to Manage Complexity – A Research Perspective and Solution Approach Bridging Different Disciplines // IEEE Transactions on Engineering Management. 2022. Vol. 71. Pp. 2324-2337. DOI: 10.1109/tem.2022.3179107
13. Systematic Complex Problem Solving in the Age of Digitalization and Open Innovation: 20th International TRIZ Future Conference, TFC 2020, Cluj-Napoca, Romania, October 14–16, 2020, Proceedings / D. Cavallucci, S. Brad, P. Livotov (eds). Springer International Publishing, 2020. 466 p. DOI: 10.1007/978-3-030-61295-5
14. Eppe M., Gumbsch C., Kerzel M. et al. Intelligent problem-solving as integrated hierarchical reinforcement learning // Nature Machine Intelligence. 2022. Vol. 4. Pp. 11-20. DOI: 10.1038/s42256-021-00433-9
15. De Arruda H.F., Comin C.H., Costa L. da F. Problem-solving using complex networks // The European Physical Journal B: Condensed Matter and Complex Systems. 2019. Vol. 92. Issue 6. Pp. 1-9. DOI: 10.1140/EPJB/E2019-100100-8
16. Xinxin Liu. Opportunities of artificial intelligence for supporting complex problem-solving: Findings from

a scoping review // *Computers & Education: Artificial Intelligence*. 2023. Vol. 4. P. 100138. DOI: 10.1016/j.caeai.2023.100138

17. Wang S., Ji Y. A strategy of artificial intelligence with chemical fingerprinting to predict drug phase behaviors in complex systems / Preprint. 2023. DOI: 10.22541/au.168106505.57179711/v1

18. Li X., Lin W., Guan B. The impact of computing and machine learning on complex problem solving // *Engineering reports*. 2023. Vol. 5. No. 6. DOI: 10.1002/eng2.12702

19. Li B., Wei Z., Wu J. et al. Machine Learning-enabled Globally Guaranteed Evolutionary Computation // *Nature Machine Intelligence*. 2023. Vol. 5. Pp. 457-467. DOI: 10.1038/s42256-023-00642-4

20. Zhang W. Machine Learning for Solving Unstructured Problems / In: Nakamori Y. (ed.) *Knowledge Technology and Systems*. Translational Systems Sciences. Vol 34. Springer, Singapore, 2023. DOI: 10.1007/978-981-99-1075-5_4

21. Suyal P., Dutt S., Sharma R. et al. (2022). An Agile Review of Machine Learning Technique // *Proceedings of 2022 11th International Conference on System Modeling & Advancement in Research Trends (SMART)* (16-17 December 2022). 2022. Pp. 75-79. DOI: 10.1109/SMART55829.2022.10047305

22. Douglass F. Deep Learning and Neural Networks: Methods and Applications / In: Shanmugam T., Bansal S.A. (eds). *Cutting-Edge Technologies In Innovations In Computer Science And Engineering*. San International Scientific Publication, 2023. 250 p. DOI: 10.59646/csebookc8/004

23. Yamana Y. Deep Learning and Neural Networks: Methods / In: Shanmugam T., Bansal S.A. (eds). *Cutting-Edge Technologies In Innovations In Computer Science And Engineering*. San International Scientific Publication, 2023. 250 p. DOI: 10.59646/csebookc7/004

24. Nguyen T.T., Nguyen C.M., Huynh-The T. et al. (2023). Solving Complex Sequential Decision-Making Problems by Deep Reinforcement Learning with Heuristic Rules / In: *Computer Science – ICCS 2023: 23rd International Conference, Prague, Czech Republic, July 3–5, 2023, Proceedings, Part II*. Pp. 298-305. DOI: 10.1007/978-3-031-36021-3_30

25. Pattanayak S. *Mathematical Foundations* / In: *Pro Deep Learning with TensorFlow 2.0*. Apress, Berkeley, CA, 2023. Pp. 1-108. DOI: 10.1007/978-1-4842-8931-0_1

26. Tian S.F., Li B. Gradient-optimized physics-informed neural networks (GOPINNs): a deep learning method for solving complex nonlinear problems // *Acta Phys. Sin.* 2023. Vol. 72(10). P. 100202. DOI: 10.7498/aps.72.20222381

27. Gaspar-Cunha A., Costa P., Monaco F. et al. Scalability of Multi-objective Evolutionary Algorithms for Solving Real-World Complex Optimization Problems / In: Emmerich M. et al. *Evolutionary Multi-Criterion Optimization. EMO 2023. Lecture Notes in Computer Science*, vol 13970. Springer, Cham, 2023. DOI: 10.1007/978-3-031-27250-9_7

28. Zhao X., Jia X., Zhang T. et al. Evolutionary Algorithms With Blind Fitness Evaluation for Solving Optimization Problems With Only Fuzzy Fitness Information // *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*. 2023. Vol. 31. No. 11. Pp. 3995-4009. DOI: 10.1109/tfuzz.2023.3273308

29. Kóczy L.T. Discrete Bacterial Memetic Evolutionary Algorithms for Solving High Complexity Problems: PLENARY TALK // *2022 IEEE 16th International Symposium on Applied Computational Intelligence and Informatics (SACI)*, Timisoara, Romania. 2022. Pp. 13-14. DOI: 10.1109/SACI55618.2022.9919503

30. Aishwaryaprajna, Rowe J.E. (2021). Evolutionary Algorithms for Solving Unconstrained, Constrained and Multi-objective Noisy Combinatorial Optimisation Problems. URL: <https://arxiv.org/abs/2110.02288v1> (дата обращения: 09.01.2025).

31. Xiaoyong Li. Logical Programming and Humor Language in the Open AI Environment of Natural Democracy. 2023. DOI: 10.31219/osf.io/3ux4n

32. Shakarian P., Simari G.I., Callahan D. Reasoning about Complex Networks: A Logic Programming Approach. URL: <https://arxiv.org/abs/2209.15067v1> (дата обращения: 09.01.2025).

33. Lancia G., Serafini P. Computational Complexity and ILP Models for Pattern Problems in the Logical Analysis of Data // *Algorithms*. 2021. Vol. 14(8). P. 235. DOI: 10.3390/A14080235

34. Pan L., Albalak A., Wang X. Logic-LM: Empowering Large Language Models with Symbolic Solvers for Faithful Logical Reasoning. URL: <https://arxiv.org/abs/2305.12295v2> (дата обращения: 09.01.2025).

35. Tymoshenko P., Zasoba Y., Kovalchuk O. et al. Neuroevolutionary algorithms for neural networks generating // *Herald of Khmelnytskyi National University Technical sciences*. 2022. Vol. 315(6(1)). Pp. 240-244. DOI: 10.31891/2307-5732-2022-315-6-240-244

36. Chalumeau F., Boige R., Lim B. et al. Neuroevolution is a Competitive Alternative to Reinforcement Learning for Skill Discovery. URL: <https://arxiv.org/abs/2210.03516v4> (дата обращения: 09.01.2025).

37. Rodzin S., Bova V., Kravchenko Y. et al. Deep Learning Techniques for Natural Language Processing / In: *Artificial Intelligence Trends in Systems, Proceedings of 11th Computer Science On-line Conference 2022*, Vol. 2. 2022. Pp. 121-130. DOI: 10.1007/978-3-031-09076-9_11

38. Курейчик В.В., Родзин С.И., Бова В.В. Методы глубокого обучения для обработки текстов на естественном языке // *Известия ЮФУ. Технические науки*. 2022. №2 (226). С. 189-199. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metody-glubokogo-obucheniya-dlya-obrabotki-tekstov-na-estestvennom-yazyke> (дата обращения: 16.02.2024).

39. Частикова В.А., Козачек К.В., Гуляй В.Г. Методы обработки естественного языка в решении задач обнаружения атак социальной инженерии // *Вестник Адыгейского государственного университета. Сер.: Естественноматематические и технические науки*. 2021. Вып. 4(291). DOI: 10.53598/2410-3225-2021-4-291-95-108

40. Khot T., Richardson K., Khashabi D. et al. (2021). Learning to Solve Complex Tasks by Talking to Agents. URL: <https://arxiv.org/abs/2110.08542v2> (дата обращения: 09.01.2025).
41. Wang H., Feng S., He T. et al. Can Language Models Solve Graph Problems in Natural Language? URL: <https://arxiv.org/abs/2305.10037v3> (дата обращения: 09.01.2025).
42. Vetter D., Tithi J.J., Westerlund M. et al. Using Sentence Embeddings and Semantic Similarity for Seeking Consensus when Assessing Trustworthy AI. URL: <https://arxiv.org/abs/2208.04608v1> (дата обращения: 09.01.2025).
43. Massri M.B., Spahiu B., Grobelnik M. et al. Towards InnoGraph: A Knowledge Graph for AI Innovation // WWW '23 Companion: Companion Proceedings of the ACM Web Conference 2023. Pp. 843-849. DOI: 10.1145/3543873.3587614
44. Dadure P., Pakray P., Bandyopadhyay S. Challenges and Opportunities in Knowledge Representation and Reasoning / In: J. Wang (ed.). Encyclopedia of Data Science and Machine Learning (5 volumes). 2023. Volume IV. Pp. 2464-2478. DOI: 10.4018/978-1-7998-9220-5.ch148
45. Beishui L. On Interdisciplinary Studies of a New Generation of Artificial Intelligence and Logic // Social Sciences in China. 2022. Vol. 43(3). Pp. 21-42. DOI: 10.1080/02529203.2022.2122207
46. Dignum V., Casey D., Serratto-Pragman T. et al. On the importance of AI research beyond disciplines. URL: <https://arxiv.org/abs/2302.06655v1> (дата обращения: 09.01.2025).
47. Елкин С.В., Гаврилов Д.А. Смыслы и симметрии в системе языка Диал // Научная сессия МИФИ-98: Сб. научн. тр. в 11 ч. Ч. 5. М.: МГИФИ, 1998. С. 31-34.
48. Куликов В.В., Гаврилов Д.А., Елкин С.В. Универсальный искусственный язык – «hOOM-Диал»: Методические указания для изучающих язык. М.: Гэлэкси Нэйшн, 1994. 113 с.
49. Елкин С.В., Гаврилов Д.А. Универсальный искусственный язык Диал как интерфейс // V Международный форум по информатизации. Материалы Конгресса «Общественное развитие и общественная информация», секция: Информатизация постперестроечного общественного развития. МАИ, 20-23 ноября 1996 г. М.: МАИ, 1996. С. 51-53.
50. Куликов В.В. Узник бессмертия: обучающий роман в жанре научной фантастики. М.: СИНТЕК, 1998. 100 с.
51. Альтшуллер Г. Найти идею. Введение в ТРИЗ – теорию решения изобретательских задач. М.: Альпина паблишер, 2022. 408 с.
52. A market research on challenges influencing artificial intelligence adoption. Business: Theory and Practice, (2023). doi: 10.3846/btp.2023.17655
53. Hoffman R., Miller T., Clancey W. Psychology and AI at a Crossroads: How Might Complex Systems Explain Themselves? // American Journal of Psychology. 2022. Vol. 135(4). Pp. 365-378. DOI: 10.5406/19398298.135.4.01
54. Repede S.E. Researching disinformation using artificial intelligence techniques: challenges // Bulletin of "Carol I" National Defense University. 2023. Vol. 12(2). Pp. 69-85. DOI: 10.53477/2284-9378-23-21
55. Birhane A. Automating Ambiguity: Challenges and Pitfalls of Artificial Intelligence. URL: <https://arxiv.org/abs/2206.04179v1> (дата обращения: 09.01.2025).
56. Gaud D. Ethical Considerations for the Use of AI Language Model // International Journal For Research in Applied Science and Engineering Technology. 2023. Vol. 11. Issue VII. doi: 10.22214/ijraset.2023.54513
57. Almazrouie O. Ethical implications of artificial intelligence in healthcare // International journal of advanced research (IJAR). 2023. Vol. 11(03). Pp. 446-448. DOI: 10.21474/ijar01/16444
58. Adah W.A., Ikumapayi N.A., Muhammed H.B. The Ethical Implications of Advanced Artificial General Intelligence: Ensuring Responsible AI Development and Deployment. URL: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4457301 (дата обращения: 09.01.2025).
59. Kamila M.K., Jasrotia S.S. Ethical issues in the development of artificial intelligence: recognizing the risks. URL: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/ijoes-05-2023-0107/full/html> (дата обращения: 09.01.2025).
60. Talukdar J., Singh T., Barman B. Ethics of Intelligence. 2023. DOI: 10.1007/978-981-99-3157-6_12
61. Hu M.Y., Yuan F. Legal regulation of clinical application of artificial intelligence // National Medical Journal of China. 2023. Vol. 103(18). Pp. 1363-1366. DOI: 10.3760/cma.j.cn112137-20230217-00227
62. Шахназаров Б.А. Правовое регулирование отношений с использованием искусственного интеллекта // Актуальные проблемы российского права. 2022. № 17(9). С. 63-72. DOI: 10.17803/1994-1471.2022.142.9.063-072
63. Weissinger L.B. AI, Complexity, and Regulation / In: J.B. Bullock (ed.) et al. The Oxford Handbook of AI Governance. Oxford University Press, 2022. Pp. 619-638. DOI: 10.1093/oxfordhb/9780197579329.013.66
64. Cuellar M-F., Huq A.Z. Artificially Intelligent Regulation // Daedalus. 2022. Vol. 151(2). Pp. 335-347. DOI: 10.1162/daed_a_01920
65. Матюк Ю.С. Правовое регулирование искусственного интеллекта: зарубежный опыт // Российский журнал правовых исследований. 2022. Т. 9. № 2. С. 107-115. DOI: 10.17816/RJLS91009
66. Lucaj L., van der Smagt P., Benbouzid D. (2023). AI Regulation Is (not) All You Need // FAccT '23: Proceedings of the 2023 ACM Conference on Fairness, Accountability, and Transparency. 2023. Pp. 1267-1279. DOI: 10.1145/3593013.3594079

References

1. Mukherjee U.P. From Tafa to Robu: AI in the Fiction of Satyajit Ray. In: Imagining AI: How the World Sees Intelligent Machines. Oxford; 2023. DOI: 10.1093/oso/9780192865366.003.0015.
2. Moloi T., Marwala T. A High-Level Overview of Artificial Intelligence: Historical Overview and Emerging Developments. In: Artificial Intelligence and the Changing Nature

- of Corporations. Springer, Cham; 2021. DOI: 10.1007/978-3-030-76313-8_2.
3. Tencent Research Institute, CAICT, Tencent AI Lab., Tencent open platform. Artificial Intelligence's Past. In: Artificial Intelligence. Palgrave Macmillan, Singapore; 2021. DOI: 10.1007/978-981-15-6548-9_2.
4. González de Posada F., González Redondo F.A., González A.H. Leonardo Torres Quevedo: Pioneer of Computing, Automatics, and Artificial Intelligence. *IEEE Annals of the History of Computing* 2021;43(3):22-43. DOI: 10.1109/MAHC.2021.3082199.
5. Bradshaw G.F., Langley P.W., Simon H.A. Studying scientific discovery by computer simulation. *Science* 1983;222(4627):971-975.
6. Schmidt M., Lipson H. Distilling free-form natural laws from experimental data. *Science* 2009;324:81-85.
7. Udrescu S.M., Tegmark M. AI Feynman: A physics-inspired method for symbolic regression. *Science Advances* 2020;6(16). DOI: 10.1126/sciadv.aay2631.
8. Chalmers D.J., French R.M., Hofstadter D.R. High-level perception, representation, and analogy: A critique of artificial intelligence methodology. *Journal of Experimental & Theoretical Artificial Intelligence* 1992;4:185-211.
9. GOST R 59277- 2020. Artificial intelligence systems. Classification of artificial intelligence systems. Moscow: Standartinform; 2021. (in Russ.)
10. Jumper J., Evans R., Pritzel A. et al. Highly accurate protein structure prediction with AlphaFold. *Nature* 2021;596:583-589.
11. Biswas A.K. Autonomous Intelligence in Problem-Solving by Searching in the field of Artificial Intelligence. *International journal of scientific research in science, engineering and technology* 2022;9(6). DOI: 10.32628/ijrsrset22962.
12. Azzam M., Beckmann R. How AI Helps to Increase Organizations' Capacity to Manage Complexity – A Research Perspective and Solution Approach Bridging Different Disciplines. *IEEE Transactions on Engineering Management* 2022;71:2324-2337. DOI: 10.1109/tem.2022.3179107.
13. Systematic Complex Problem Solving in the Age of Digitalization and Open Innovation. In: Cavallucci D., Brad S., Livotov P., editors. Proceedings of the 20th International TRIZ Future Conference (TFC 2020). Cluj-Napoca (Romania); October 14-16, 2020. Springer International Publishing; 2020. DOI: 10.1007/978-3-030-61295-5.
14. Eppe M., Gumbsch C., Kerzel M. et al. Intelligent problem-solving as integrated hierarchical reinforcement learning. *Nature Machine Intelligence* 2022;4:11-20. DOI: 10.1038/s42256-021-00433-9.
15. De Arruda H.F., Comin C.H., Costa L. da F. Problem-solving using complex networks. *The European Physical Journal B: Condensed Matter and Complex Systems* 2019;92(6):1-9. DOI: 10.1140/EPJB/E2019-100100-8.
16. Xinxin Liu. Opportunities of artificial intelligence for supporting complex problem-solving: Findings from a scoping review. *Computers & Education: Artificial Intelligence* 2023;4:100138. DOI: 10.1016/j.caeai.2023.100138.
17. Wang S., Ji Y. A strategy of artificial intelligence with chemical fingerprinting to predict drug phase behaviors in complex systems. Preprint; 2023. DOI: 10.22541/au.168106505.57179711/v1.
18. Li X., Lin W., Guan B. The impact of computing and machine learning on complex problem □ solving. *Engineering reports* 2023;5(6). DOI: 10.1002/eng2.12702.
19. Li B., Wei Z., Wu J. et al. Machine Learning-enabled Globally Guaranteed Evolutionary Computation. *Nature Machine Intelligence* 2023;5:457-467. DOI: 10.1038/s42256-023-00642-4.
20. Zhang W. Machine Learning for Solving Unstructured Problems. In: Nakamori Y., editor. Knowledge Technology and Systems. Translational Systems Sciences. Vol 34. Springer (Singapore); 2023. DOI: 10.1007/978-981-99-1075-5_4.
21. Suyal P., Dutt S., Sharma R. et al. (2022). An Agile Review of Machine Learning Technique. In: Proceedings of 2022 11th International Conference on System Modeling & Advancement in Research Trends (SMART); 16-17 December, 2022. Pp. 75-79. DOI: 10.1109/SMART55829.2022.10047305.
22. Douglass F. Deep Learning and Neural Networks: Methods and Applications. In: Shanmugam T., Bansal S.A., editors. Cutting-Edge Technologies In Innovations In Computer Science And Engineering. San International Scientific Publication; 2023. DOI: 10.59646/csebookc8/004.
23. Yamana Y. Deep Learning and Neural Networks: Methods. In: Shanmugam T., Bansal S.A., editors. Cutting-Edge Technologies In Innovations In Computer Science And Engineering. San International Scientific Publication; 2023. DOI: 10.59646/csebookc7/004.
24. Nguyen T.T., Nguyen C.M., Huynh-The T. et al. Solving Complex Sequential Decision-Making Problems by Deep Reinforcement Learning with Heuristic Rules. In: Proceedings of Computer Science – ICCS 2023: 23rd International Conference; Prague (Czech Republic); July 3–5, 2023. Part II. Pp. 298-305. DOI: 10.1007/978-3-031-36021-3_30.
25. Pattanayak S. Mathematical Foundations. In: Pro Deep Learning with TensorFlow 2.0. Apress: Berkeley, CA; 2023. Pp. 1-108. DOI: 10.1007/978-1-4842-8931-0_1.
26. Tian S.F., Li B. Gradient-optimized physics-informed neural networks (GOPINNs): a deep learning method for solving complex nonlinear problems. *Acta Phys. Sin.* 2023;72(10):100202. DOI: 10.7498/aps.72.20222381.
27. Gaspar-Cunha A., Costa P., Monaco F. et al. Scalability of Multi-objective Evolutionary Algorithms for Solving Real-World Complex Optimization Problems. In: Emmerich M. et al. Evolutionary Multi-Criterion Optimization. EMO 2023. Lecture Notes in Computer Science; Vol 13970. Springer, Cham; 2023. DOI: 10.1007/978-3-031-27250-9_7.
28. Zhao X., Jia X., Zhang T. et al. Evolutionary Algorithms With Blind Fitness Evaluation for Solving Optimization Problems With Only Fuzzy Fitness Information. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems* 2023;31(11):3995-4009. DOI: 10.1109/tfuzz.2023.3273308.
29. Kóczy L.T. Discrete Bacterial Memetic Evolutionary Algorithms for Solving High Complexity Problems: PLENARY TALK. In: Proceedings of the 2022 IEEE 16th Inter-

national Symposium on Applied Computational Intelligence and Informatics (SACI), Timisoara (Romania); 2022. Pp. 13-14. DOI: 10.1109/SACI55618.2022.9919503.

30. Aishwaryaprajna, Rowe J.E. Evolutionary Algorithms for Solving Unconstrained, Constrained and Multi-objective Noisy Combinatorial Optimisation Problems. (accessed 09.01.2025). Available at: <https://arxiv.org/abs/2110.02288v1>.

31. Xiaoyong Li. Logical Programming and Humor Language in the Open AI Environment of Natural Democracy. 2023. DOI: 10.31219/osf.io/3ux4n.

32. Shakarian P., Simari G.I., Callahan D. Reasoning about Complex Networks: A Logic Programming Approach. (accessed 09.01.2025). Available at: <https://arxiv.org/abs/2209.15067v1>.

33. Lancia G., Serafini P. Computational Complexity and ILP Models for Pattern Problems in the Logical Analysis of Data. *Algorithms* 2021;14(8):235. DOI: 10.3390/A14080235.

34. Pan L., Albalak A., Wang X. Logic-LM: Empowering Large Language Models with Symbolic Solvers for Faithful Logical Reasoning. (accessed 09.01.2025). Available at: <https://arxiv.org/abs/2305.12295v2>.

35. Tymoshenko P., Zasoba Y., Kovalchuk O. et al. Neuroevolutionary algorithms for neural networks generating. *Herald of Khmelnytskyi National University Technical Sciences* 2022;315(6(1)):240-244. DOI: 10.31891/2307-5732-2022-315-6-240-244.

36. Chalumeau F., Boige R., Lim B. et al. Neuroevolution is a Competitive Alternative to Reinforcement Learning for Skill Discovery. (accessed 09.01.2025). Available at: <https://arxiv.org/abs/2210.03516v4>.

37. Rodzin S., Bova V., Kravchenko Y. et al. Deep Learning Techniques for Natural Language Processing. In: Proceedings of the 11-th Computer Science On-line Conference Artificial Intelligence Trends in Systems; 2022, Vol. 2. Pp. 121-130. DOI: 10.1007/978-3-031-09076-9_11.

38. Kureichik V.V., Rodzin S.I., Bova V.V. Deep learning methods for natural language text processing. *Izvestiya SFedU. Engineering Sciences* 2022;2(226):189-199. (accessed 16.02.2024). Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/metody-glubokogo-obucheniya-dlya-obrabotki-tekstov-na-estestvennom-yazyke>.

39. Chastikova V.A., Kozachek K.V., Gulyay V.G. Methods of natural language processing in solving problems of detecting social engineering attacks. *Bulletin of the Adyghe State University, the series "Natural-Mathematical and Technical Sciences"* 2021;291. DOI: 10.53598/2410-3225-2021-4-291-95-108.

40. Khot T., Richardson K., Khashabi D. et al. Learning to Solve Complex Tasks by Talking to Agents. (accessed 09.01.2025). Available at: <https://arxiv.org/abs/2110.08542v2>.

41. Wang H., Feng S., He T. et al. Can Language Models Solve Graph Problems in Natural Language? (accessed 09.01.2025). Available at: <https://arxiv.org/abs/2305.10037v3>.

42. Vetter D., Tithi J.J., Westerlund M. et al. Using Sentence Embeddings and Semantic Similarity for Seeking Consensus when Assessing Trustworthy AI. (accessed 09.01.2025). Available at: <https://arxiv.org/abs/2208.04608v1>.

43. Massri M.B., Spahiu B., Grobelnik M. et al. Towards InnoGraph: A Knowledge Graph for AI Innovation. In: WWW '23 Companion: Companion Proceedings of the ACM Web Conference 2023. Pp. 843-849. DOI: 10.1145/3543873.3587614.

44. Dadure P., Pakray P., Bandyopadhyay S. Challenges and Opportunities in Knowledge Representation and Reasoning. In: J. Wang, editor. *Encyclopedia of Data Science and Machine Learning* (5 volumes) 2023; Volume IV. Pp. 2464-2478. DOI: 10.4018/978-1-7998-9220-5.ch148.

45. Beishui L. On Interdisciplinary Studies of a New Generation of Artificial Intelligence and Logic. *Social Sciences in China* 2022;43(3):21-42. DOI: 10.1080/02529203.2022.2122207.

46. Dignum V., Casey D., Serratto-Pragman T. et al. On the importance of AI research beyond disciplines. (accessed 09.01.2025). Available at: <https://arxiv.org/abs/2302.06655v1>.

47. Yolkin S.V., Gavrilov D.A. [Meanings and symmetries in the Dial language system]. [MEPhI-98 Scientific Session: Collection of science papers in 11 parts. Part 5]. Moscow: MGIFI; 1998. (in Russ.)

48. Kulikov V.V., Gavrilov D.A., Yolkin S.V. ["hOOM-Dial", a universal artificial language: Guidelines for language learners]. Moscow: Galaksi Neyshn; 1994. (in Russ.)

49. Yolkin S.V., Gavrilov D.A. [The Dial universal artificial language as an interface]. In: [Proceedings of the V International Information Technology Forum. Public Development and Public Information Congress. Information Technology of the Post-Perestroika Social Development Section]. MAI; November 20-23, 1996. Moscow: MAI; 1996. P. 51-53. (in Russ.)

50. Kulikov V.V. [The prisoner of immortality: an educational sci-fi novel]. Moscow: SINTEK; 1998. (in Russ.)

51. Altshuller G. [Finding an idea. Introduction to TRIZ, the theory of solving inventive problems]. Moscow: Alpina Publisher; 2022. (in Russ.)

52. Schmiegelow F., Melo F.C.L. A market research on challenges influencing artificial intelligence adoption. *Business: Theory and Practice* 2023;24(1):250-257. <https://doi.org/10.3846/btp.2023.17655>.

53. Hoffman R., Miller T., Clancey W. Psychology and AI at a Crossroads: How Might Complex Systems Explain Themselves? *American Journal of Psychology* 2022;135(4):365-378. DOI: 10.5406/19398298.135.4.01.

54. Repede S.E. Researching disinformation using artificial intelligence techniques: challenges. *Bulletin of "Carol I" National Defense University* 2023;12(2):69-85. DOI: 10.53477/2284-9378-23-21.

55. Birhane A. Automating Ambiguity: Challenges and Pitfalls of Artificial Intelligence. (accessed 09.01.2025). Available at: <https://arxiv.org/abs/2206.04179v1>.

56. Gaud D. Ethical Considerations for the Use of AI Language Model. *International Journal For Research in Applied Science and Engineering Technology* 2023;11(VII). doi: 10.22214/ijraset.2023.54513.

57. Almazrouie O. Ethical implications of artificial intelligence in healthcare. *International journal of advanced research (IJAR)* 2023;11(03):446-448. DOI: 10.21474/ijar01/16444.

58. Adah W.A., Ikumapayi N.A., Muhammed H.B. The Ethical Implications of Advanced Artificial General Intelligence: Ensuring Responsible AI Development and Deployment. (accessed 09.01.2025). Available at: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4457301.

59. Kamila M.K., Jasrotia S.S. Ethical issues in the development of artificial intelligence: recognizing the risks. (accessed 09.01.2025). Available at: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/ijoes-05-2023-0107/full/html>.

60. Talukdar J., Singh T., Barman B. Ethics of Intelligence. 2023. DOI: 10.1007/978-981-99-3157-6_12.

61. Hu M.Y., Yuan F. Legal regulation of clinical application of artificial intelligence. *National Medical Journal of China* 2023;103(18):1363-1366. DOI: 10.3760/cma.j.cn112137-20230217-00227.

62. Shakhnazarov B.A. Legal Regulation of Relations Using Artificial Intelligence. *Actual Problems of Russian Law* 2022;17(9):63-72. <https://doi.org/10.17803/1994-1471.2022.142.9.063-072>. (in Russ.)

63. Weissinger L.B. AI, Complexity, and Regulation. In: J.B. Bullock et al., editors. *The Oxford Handbook of AI Governance*. Oxford University Press; 2022. Pp. 619-638. DOI: 10.1093/oxfordhb/9780197579329.013.66.

64. Cuellar M-F., Huq A.Z. Artificially Intelligent Regulation. *Daedalus* 2022;151(2):335-347. DOI: 10.1162/daed_a_01920.

65. Matyuk Y.S. Legal Regulation of Artificial Intelligence: Foreign Practices. *Russian Journal of Legal Studies* 2022;9(2):107-115. DOI: 10.17816/RJLS91009. (in Russ.)

66. Lucaj L., van der Smagt P., Benbouzid D. AI Regulation Is (not) All You Need. In: FAccT '23: Proceedings of the 2023 ACM Conference on Fairness, Accountability, and Transparency; 2023. Pp. 1267-1279. DOI: 10.1145/3593013.3594079.

Сведения об авторе

Бочкова Александра Александровна, студентка 2 курса Факультета бизнес-информатики и управления комплексными системами, Специальность: системный анализ (27.03.03), направление подготовки: системный аналитик в компаниях, связанных с разработкой интеллектуальных автоматизированных систем (от технического задания до архитектуры), НИЯУ МИФИ, Каширское ш., 31, Москва, 115409, e-mail: aabochkova@gmail.com

About the author

Alexandra A. Bochkova, 2-nd year student, Faculty for Business Informatics and Integrated Systems Management, Major: system analysis (27.03.03), Program track: system analyst in companies involved in the development of intelligent automated systems (from specification to architecture), NRNU MEPhI, 31 Kashirskoye shosse, Moscow, 115409, e-mail: aabochkova@gmail.com.

Вклад автора в статью

Автором выполнена постановка задачи исследования, проведен поиск публикаций в выбранной области знаний, их анализ и систематизация и реферирование. На основе выполненных обобщений сформулированы ключевые проблемы в применении средств и методов ИИ при решении сложных задач, а также выработаны рекомендации по развитию перспективных подходов.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.