

Интеграция блокчейна и искусственного интеллекта как механизма модернизации различных отраслей экономики

Кашеварова Наталия Александровна

Канд. экон. наук, первый заместитель зав. каф. ИБМ-6 бизнес-информатики
ORCID: 0000-0002-9842-7058, e-mail: n.kashevarova@bmstu.ru

Куликова Мария Евгеньевна

Магистрант, инженер каф. ИБМ-6 бизнес-информатики
ORCID: 0009-0006-3285-3026, e-mail: KulikovaMariaa@yandex.ru

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, г. Москва, Россия

Аннотация

Цель данной статьи состоит в рассмотрении перспектив интеграции блокчейна и искусственного интеллекта (далее – ИИ) в качестве инновационного подхода к модернизации различных отраслей экономики. Авторы анализируют возможности применения данного технологического слияния для оптимизации бизнес-процессов, повышения прозрачности и для снижения операционных издержек в разных секторах, включая финансы, здравоохранение, транспорт, энергетику и др. Особое внимание уделяется преимуществам синергии между ИИ и технологией распределенного реестра, позволяющей создать более эффективные и устойчивые системы управления данными и активами. Объект исследования этой статьи – процесс интеграции блокчейна и ИИ. Предмет исследования – эффективность модернизации различных отраслей экономики через объединение указанных технологий. Методом исследования является аналитический обзор научных публикаций и успешных реализованных проектов. Результаты данной статьи состоят в анализе преимуществ интеграции блокчейна и ИИ, а также в прогнозировании дальнейших перспектив развития настоящего направления. Практическая значимость работы заключается в том, что результаты исследования могут быть использованы для разработки стратегий и планов по внедрению данной интеграции технологий в отечественный бизнес.

Ключевые слова

Искусственный интеллект, блокчейн, технология распределенного реестра, отрасли экономики, механизм модернизации, модернизация экономики, цифровизация процессов

Для цитирования: Кашеварова Н.А., Куликова М.Е. Интеграция блокчейна и искусственного интеллекта как механизма модернизации различных отраслей экономики // Вестник университета. 2024. № 5. С. 54–67.



Integration of blockchain and artificial intelligence as a mechanism for modernisation of various economic sectors

Natalia A. Kashevarova

Cand. Sci. (Econ.), First Deputy of the Head of the IBM-6 Business Informatics Department
ORCID: 0000-0002-9842-7058, e-mail: n.kashevarova@bmstu.ru

Maria E. Kulikova

Graduate Student, Engineer at the IBM-6 Business Informatics Department
ORCID: 0009-0006-3285-3026, e-mail: KulikovaaMariaa@yandex.ru

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia

Abstract

The purpose of this article is to consider the prospects for the integration of blockchain and artificial intelligence (hereinafter referred to as AI) as an innovative approach to modernisation of various economic sectors. The authors analyse the possibilities of using this technological merger to optimise business processes, increase transparency and reduce transaction costs in different sectors, including finance, healthcare, transport, energy, etc. Particular attention is paid to the benefits of synergy between AI and distributed ledger technology, which allows for more efficient and sustainable systems of managing data and assets. The research object in this article is the process of integrating blockchain and AI. The subject of the study is the effectiveness of modernisation of various economic sectors through the combination of these technologies. The research method is an analytical review of scientific publications and successful implemented projects. The results of the current article lie in the analysis of the advantages of integrating blockchain and AI as well as forecasting further prospects for the development of this area. The practical significance of the work consists in the fact that the obtained results can be used to design strategies and plans for the implementation of this technology integration into domestic business.

Keywords

Artificial intelligence, blockchain, distributed ledger technology, economic sectors, mechanism of modernisation, modernisation of economy, digitalisation of processes

For citation: Kashevarova N.A., Kulikova M.E. (2024) Integration of blockchain and artificial intelligence as a mechanism for modernisation of various economic sectors. *Vestnik universiteta*, no. 5, pp. 54–67.



ВВЕДЕНИЕ

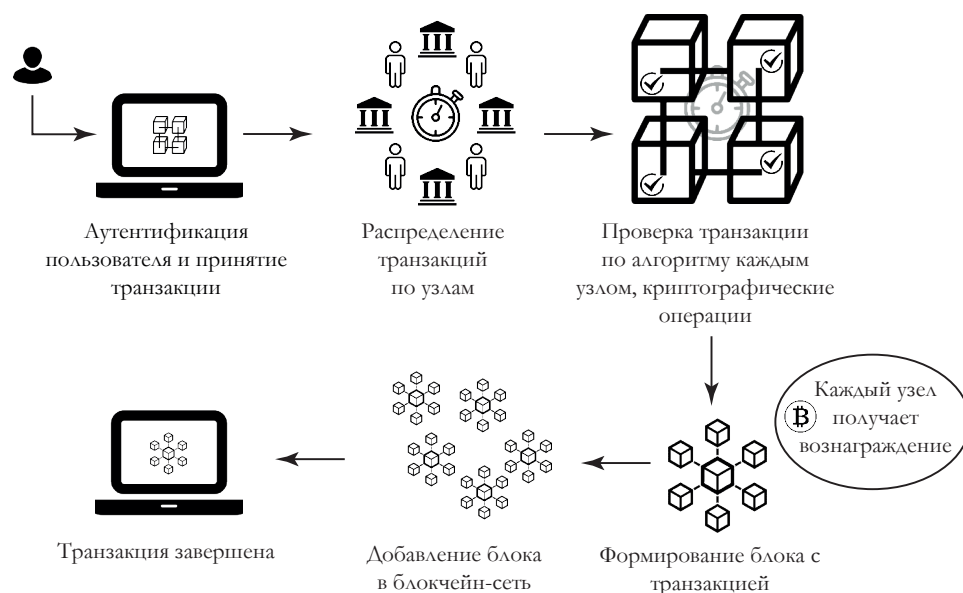
Интеграция блокчейна и искусственного интеллекта (далее – ИИ) стала одной из самых актуальных тем в современном мире. Именно данные технологии играют важную и инновационную роль в развитии различных отраслей экономики, способствуя трансформации бизнес-процессов и других составных частей экономических отношений. Блокчейн обеспечивает безопасность, прозрачность и неподдельность данных, в то время как ИИ способен анализировать и использовать эту информацию для принятия эффективных решений [1].

Технология распределенного реестра представляет собой систему хранения и передачи информации, не зависящей от центрального управления или контроля, и предоставляет возможность записи данных в виде блоков, которые затем связываются в цепочку, называемую блокчейном [2]. Распределенный реестр может работать в сети компьютеров, где каждый компьютер (узел) имеет копию реестра и поддерживает его синхронизацию с другими узлами. ИИ – это человекоподобная система, способная решать проблемы различного рода, распознавать образы и принимать решения. ИИ может быть реализован в виде программного обеспечения (далее – ПО), аппаратных средств или комбинации того и другого [3].

В данной статье объединение этих двух технологий рассматривается в качестве инструмента повышения эффективности и производительности многих отраслей экономики, в зависимости от уровня их цифровой зрелости, а также в качестве основы для появления новых моделей бизнеса. Указанное сочетание технологий на данный момент реализовано множеством успешных кейсов, которые будут проанализированы в данной работе.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ БЛОКЧЕЙН-ТЕХНОЛОГИИ

Блокчейн – это децентрализованная и распределенная технология ведения учета активов (ресурсов), которая надежно регистрирует и проверяет транзакции через сеть компьютеров. Она состоит из цепочки блоков, каждый из которых содержит список транзакций [4]. Эти блоки связаны с помощью криптографических хэшей, создавая защищенную от несанкционированного доступа и прозрачную систему [5]. Детальный алгоритм добавления и подтверждения транзакций в блокчейн-системе представлен на рис. 1.



Составлено авторами по материалам исследования

Рис. 1. Алгоритм работы блокчейн-системы на примере денежных транзакций

Узлы действуют либо в качестве майнеров, создающих новые блоки и чеканящих валюту (монеты), либо в качестве представителей, проверяющих транзакции и снабжающих их цифровой подписью. Важнейшее решение, которое требуется принимать в любой блокчейновой сети, – это определить, какой узел, как правило, будет добавлять следующий блок к цепочке. Данное решение принимается в соответствии с механизмом консенсуса [6].

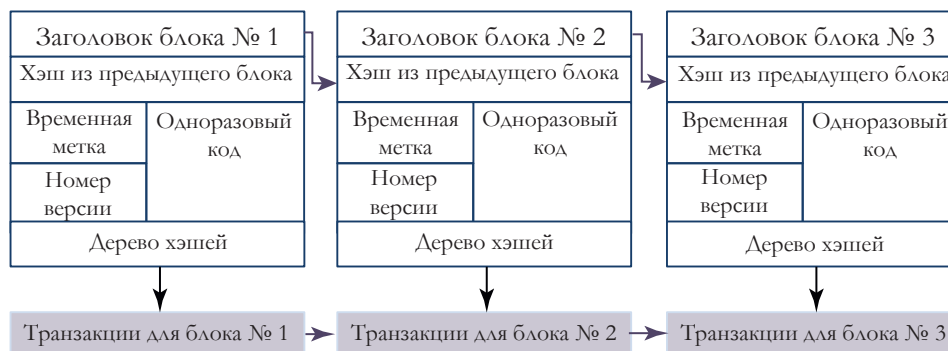
В рамках блокчейна применяются криптографические хэш-функции для безопасного хранения транзакций и совместного использования в сети. Это означает, что сгенерированный хэш данных должен

пройти через криптографический алгоритм хэширования, чтобы получить выходные данные, которые не могут быть изменены или подделаны какой-либо вредоносной активностью, что приводит к процессу, известному как хэширование. Криптографические хэш-функции обладают рядом свойств, посредством которых и обеспечивается безопасность и сохранность данных:

- детерминированность (гарантируется, что для одних и тех же входных данных выход в виде хэш-значения должен быть одинаковым независимо от того, сколько раз входные данные блока были пропущены через криптографическую хэш-функцию);
- быстрое вычисление (весь процесс хэширования должен быть достаточно быстрым для получения желаемого хэш-значения данных на выходе);
- выполнимость (после того как хэш-значение данных было получено из входных данных, пользователь не может определить исходные данные, используя выходное хэш-значение. Это свойство обеспечивает безопасность в сети, так как после получения хэш-значения исходные данные находятся в безопасности, поскольку злоумышленник не может получить информацию о них) [7].

Также для проверки целостности данных в сети блокчейн используется аутентификация сообщений. Это гарантирует подлинность данных, поскольку данные, полученные на стороне получателя, должны совпадать с данными, переданными отправителем. Аутентификация сообщения достигается с помощью кода аутентификации сообщения (англ. message authentication code, далее – MAC), который можно объяснить следующим образом. Код аутентификации сообщения – это хэш-функция с ключом, которая используется между двумя сторонами, то есть отправителем и получателем, путем обмена секретным ключом для аутентификации обмена информацией между ними. Функция MAC работает так же, как и хэш-функция, но для аутентификации сообщения дополнительно применяется секретный ключ [8].

На рис. 2 показана блокчейн-система как децентрализованная сеть открытых реестров, регистрирующая транзакции узлов, то есть список записей, называемых блоками, которые связаны друг с другом децентрализованным способом [9; 10].



Составлено авторами по материалам исследования

Рис. 2. Принцип работы децентрализованной системы

Суть блокчейна основана на том, что каждый последующий блок сохраняет необратимый хэш, содержащий информацию из предыдущего блока. Другими словами, хэш работает как итог предыдущего блока. Одной из характерных частей информации наряду с хэшем является метка времени, то есть информация о том, когда был создан конкретный блок. Как результат, хэш и метка времени гарантируют, что блоки тесно связаны между собой и что невозможно незаметно вмешиваться в блокчейн-систему [11]. При оценке блокчейн-технологии можно выделить как преимущества (децентрализация, высокая доступность, прозрачность и доверие, защита данных, автоматизация), так и недостатки (высокая энергозависимость, высокая стоимость, ограниченная масштабируемость, неизменяемость, отсутствие законодательной базы) [12].

Блокчейн в настоящее время охватывает множество сфер деятельности общества [13]. Наибольшие эффекты технология оказывает на следующие сферы: финансы, логистика, недвижимость, здравоохранение, маркетинг, энергетика, экология и т.п. Блокчейн-решения могут по-разному влиять на развитие отраслей экономики: появляется возможность надежного и прозрачного учета ресурсов, в том числе реализация отслеживания различных объектов на всех этапах их жизненного цикла; автоматизируется процесс сделок путем использования смарт-контрактов; происходит оптимизация рынков, где непосредственно

участвуют финансы; сокращаются операционные издержки и увеличивается скорость транзакций; открываются новые возможности для инновационной модернизации бизнеса, так как блокчейн напрямую влияет на готовность организаций к переходу на новые бизнес-модели [14].

На современном этапе своего развития блокчейн сталкивается с целым рядом ограничений: отсутствие правового регулирования практики применения децентрализованных систем; игнорирование инноваций топ-менеджментом; особенности технической реализации; отсутствие глобальных и национальных стандартов и норм и др. [15].

ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ ИИ

ИИ – это имитация интеллектуальной деятельности человека с помощью алгоритмов и ПО. Цель ИИ – создание компьютерных программ и систем, способных выполнять задачи, требующие интеллектуальных способностей: принятие решений, распознавание образов, обработка естественного языка, решение сложных проблем и др. [16]. ИИ можно разделить на узкий (слабый ИИ), который предназначен для решения конкретной задачи, и общий (сильный ИИ), который стремится обладать когнитивными способностями, подобными человеческим, в различных областях.

ИИ включает в себя следующие компоненты:

- машинное обучение (англ. machine learning, далее – МО) – алгоритмы, которые позволяют системам извлекать уроки из данных и улучшать их производительность с течением времени;
- нейронные сети, вычислительные модели, вдохновленные человеческим мозгом, часто используются в глубоком обучении для распознавания образов и принятия решений;
- обработка естественного языка (англ. natural language processing) дает возможность машинам понимать, интерпретировать и генерировать человеческий язык, облегчая общение между компьютерами и людьми;
- компьютерное зрение позволяет машинам интерпретировать и принимать решения на основе визуальных данных, имитируя человеческое зрение;
- экспертные системы основаны на правилах системы, имитирующих способность человека-эксперта принимать решения в определенной области;
- распознавание речи – технология, которая преобразует разговорную речь в текст, улучшая взаимодействие между людьми и машинами;
- робототехника – объединение ИИ с физическими машинами в целях создания интеллектуальных роботов, способных выполнять задачи в физическом мире;
- представление знаний – структуры и методы организации информации для принятия интеллектуальных решений [17].

ИИ работает с использованием различных методов и процессов [18]. Упрощенный обзор обучения системы ИИ представлен на рис. 3.

Хоть ИИ представляется «идеальной» системой, данная технология имеет свои преимущества (быстрота и точность, работа в круглосуточном режиме, работа с огромными объемами данных, решение сложных задач, автоматизация) и недостатки (негативное влияние на рынок труда, несправедливые и дискриминационные результаты при использовании соответствующих данных при обучении моделей ИИ, проблемы с безопасностью, высокие первоначальные затраты) [19]. Балансирование преимуществ и недостатков ИИ требует тщательного рассмотрения этических, социальных и экономических последствий.

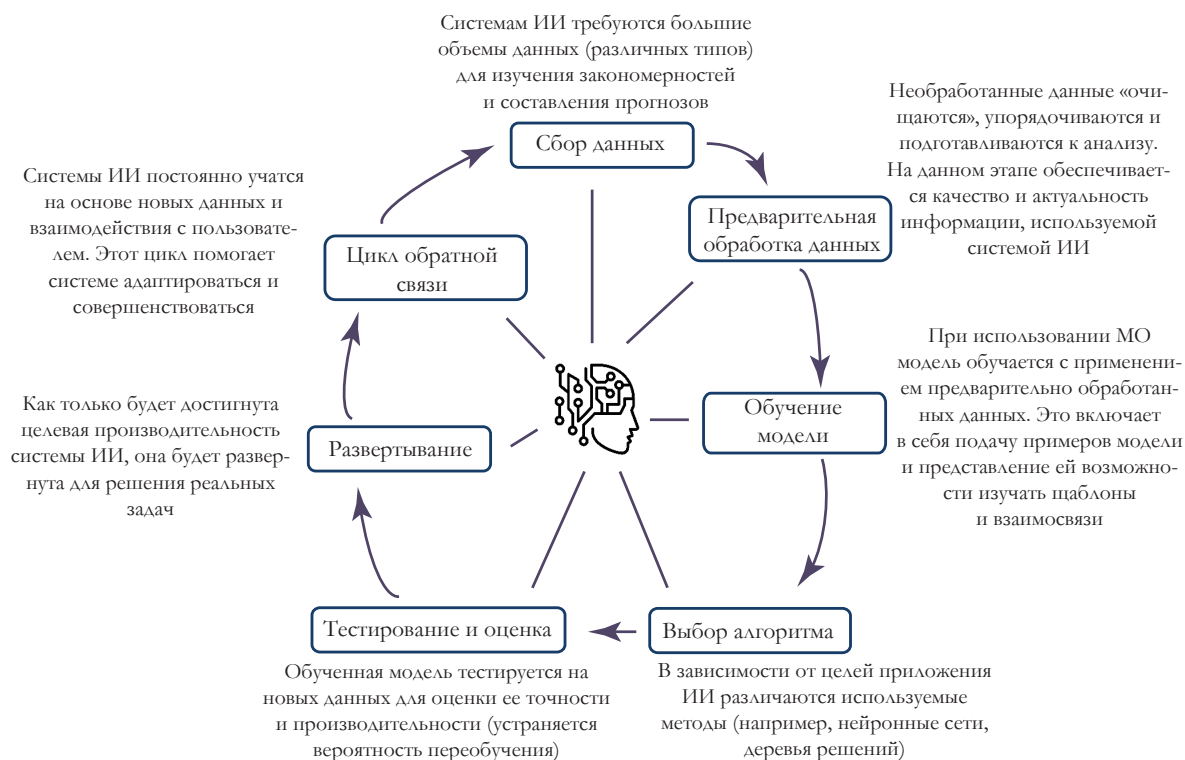
ИИ применяется во многих сферах и отраслях промышленности: медицина, ритейл, транспорт и логистика, производство и автоматизация, рекомендательные системы, финансы и торговля, развлекательные площадки и др. [20]. Внедрение ИИ для решения задач обуславливается следующими производимыми эффектами: автоматизация рутинных задач (тем самым снижаются издержки и повышается производительность системы, куда внедряют технологии ИИ); повышение качества обслуживания; развитие новых отраслей и рынков; увеличение рабочих мест за счет потребности в специалистах в области робототехники и программирования [21].

ИИ развивается быстрыми темпами. Выделим перспективы развития данной технологии:

- разработка аппаратных и программных технологий, что в свою очередь расширит возможности систем ИИ, позволяя им более эффективно обрабатывать информацию и справляться со сложными задачами;
- повышение уровня автоматизации;
- активное применение в области медицины, здравоохранения и образования. Приложения ИИ в здравоохранении, такие как медицинская диагностика, персонализированные планы лечения и разработка

лекарств, обладают большим потенциалом для улучшения результатов лечения пациентов и снижения затрат на здравоохранение. Также ИИ обладает потенциалом для преобразования образования, предоставляя персонализированный опыт обучения, автоматизируя административные задачи и облегчая адаптивные платформы обучения;

- расширение взаимодействия человека и машины;
- этическое развитие ИИ. Все большее внимание уделяется разработке систем ИИ, в которых приоритетными являются этические соображения, справедливость и прозрачность, решение проблем, связанных с предвзятостью и непреднамеренными последствиями;
- интеграция с информационными технологиями – будут появляться более отзывчивые и интеллектуальные системы;
- развитие робототехники с точки зрения научной составляющей [22].



Составлено авторами по материалам исследования

Рис. 3. Процесс обучения системы ИИ

Несмотря на позитивные перспективы, крайне важно ответственно подходить к разработке ИИ, решая этические проблемы, вопросы конфиденциальности и обеспечивая широкое распределение выгод в обществе. Международное сотрудничество и нормативно-правовая база будут играть первостепенную роль в формировании будущего развития ИИ.

ИНТЕГРАЦИЯ БЛОКЧЕЙНА И ИИ: ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ И ПРЕИМУЩЕСТВА

Механизм интеграции блокчейна и ИИ включает в себя определенный набор этапов.

1. Определение целей приложения и функционала. Прежде чем реализовывать интеграцию рассматриваемых технологий в единое целое, стоит определить конкретные задачи, для решения которых и будет создано приложение.
2. Проектирование архитектуры приложения. На данном этапе создается архитектура решения: пользовательский интерфейс, организация данных (сбор, обработка), сетевые коммуникации и т.п. В ходе проектирования архитектуры приложения описываются принципы и структурные элементы взаимодействия ИИ и блокчейна.
3. Сбор и подготовка данных для обучения ИИ. Здесь уже появляется возможность использовать блокчейн для улучшения работы – в нем могут храниться данные для модели ИИ и записи процесса обучения для точной безопасности и прозрачности.

4. Создание и выведение модели ИИ в рабочее состояние. Модель ИИ должна быть адаптирована под определенные задачи, которые были сформулированы на первом этапе. Само обучение модели имеет вариативность. Это могут быть модели компьютерного и машинного зрения, модель обработки естественного языка и др.

5. Интеграция готовой модели ИИ с блокчейном. Данный этап заключается во внедрении модели ИИ в работу блокчейна. Сама интеграция имеет несколько форм: разработка смарт-контрактов, интеграция децентрализованных приложений в систему (англ. dApps), разработка протоколов для обмена данными между ИИ и блокчейном с сопутствующей организацией данных (определение методов организации, хранения, верификации).

6. Тестирование и итерация.

7. Развертывание и обслуживание. В ходе данного этапа важно следить за приложением с точки зрения его производительности и масштабируемости [23].

Подробнее рассмотрим процесс проектирования архитектуры приложения по интеграции ИИ и блокчейна. В ходе подготовки программного решения должны быть спроектированы пользовательский интерфейс (необходима правильная эргономика, где информационные панели и другие графические элементы представлены в максимально удобном формате), модель ИИ с заранее установленным функционалом, организация блокчейна, базы данных, промежуточное ПО для интеграции (облегчает взаимодействие между службами ИИ, уровнем данных и уровнем блокчейна), организация управления идентификацией и доступом, управление рабочими процессами (определяет последовательность операций, поток данных и зависимости внутри приложения), мониторинг и аналитика.

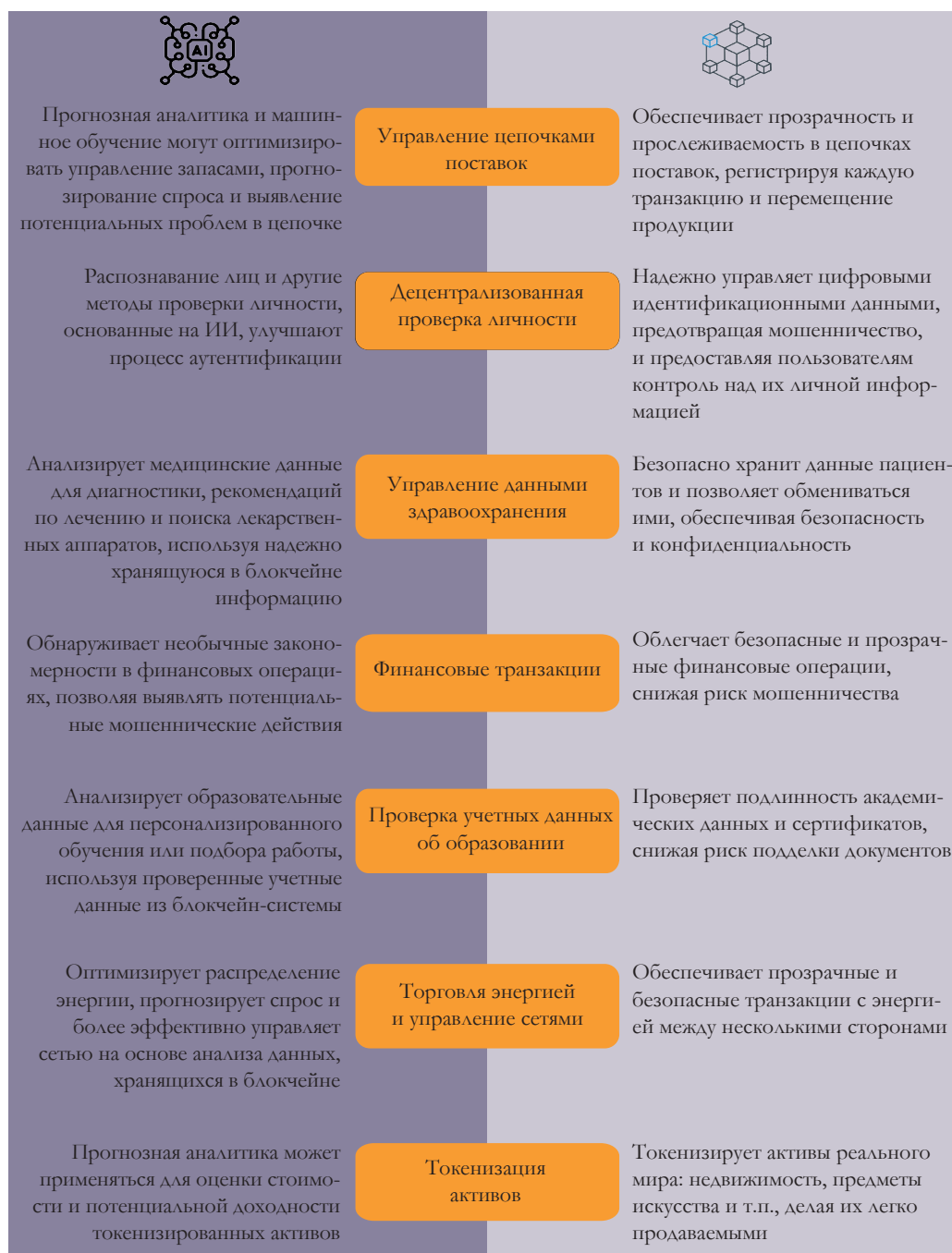
Компонент, связанный с данными, обладает повышенной важностью. При внедрении ИИ в блокчейн важно правильно согласовать хранение и процессы обработки данных, учитывая децентрализованные решения, реализованные в блокчейне. Если говорить про организацию блокчейна, важно определить строение узлов, используемые механизмы консенсуса, смарт-контракты. Из требуемого функционала конечного приложения выстраивается тип блокчейна (публичный, частный, закрытый). Система управления идентификацией и доступом предназначена для выполнения следующих функций: аутентификация, авторизация и контроль доступа пользователей; определение ролей и разрешений для обеспечения безопасности; управление идентификационными данными.

Для таких инновационных систем является важным обеспечение их информационной безопасности. Необходимо правильно подобрать методы шифрования, аутентификации и контроля доступа. Конечно, стоит отметить, что подобные системы неразрывно связаны с большими данными. Именно увеличение количества обрабатываемых данных может ускорить масштабируемость системы.

На рис. 4 приведены примеры, демонстрирующие, как интеграция блокчейна и ИИ способна улучшить различные отрасли промышленности [24], сочетая функции безопасности и прозрачности блокчейна с аналитическими возможностями ИИ и возможностями принятия решений.

Интеграция ИИ и блокчейна способствует повышению надежности, прозрачности и безопасности систем в различных секторах экономики и областях бизнеса [25]. Если говорить о безопасности систем, преимущества блокчейна, выраженные в децентрализации, способствуют защите данных в системах ИИ, минимизируя риски несанкционированного доступа к данным. Прозрачность систем основана на принципе проверяемости в блокчейне. Именно в сети блокчейн может храниться вся информация об обучении модели ИИ, этапах развития системы машинного обучения, что напрямую влияет на принятие управленческих решений с использованием ИИ с точки зрения присутствия доверия и непредвзятости.

Интеграция ИИ и смарт-контрактов также нашла широкое применение в рамках современной экономики. Рассматривая товарно-денежные отношения, сделки страхования и другие процессы, связанные с определением каких-либо условий и соответствующих выплат, отметим, что интеграция ИИ и блокчейна в лице смарт-контрактов является отличным инструментом для упрощения и автоматизации подобных транзакций. Кроме того, сочетание ИИ и блокчейна можно использовать для создания автономных умных контрактов, не требующих вмешательства внешних лиц для их создания. Это полезно, например, для конструирования умных городов, управления логистикой или для реализации других смарт-контрактов, нуждающихся в автоматическом исполнении. Таким образом, интеграция технологий блокчейн и ИИ может привести к созданию более эффективных, безопасных и автономных систем и приложений.



Составлено авторами по материалам исследования

Рис. 4. Сферы практической реализации интеграции блокчейна и ИИ

Хотя интеграция блокчейна и ИИ дает множество преимуществ, необходимо решать такие проблемы, как масштабируемость, интероперабельность, уязвимость смарт-контрактов и данных, неопределенность регулирования, риск централизации управления, безопасность данных и сложность внедрения обеих технологий. Если подробнее раскрывать тему безопасности используемых данных, можно выделить следующие области управления в рамках создания приложения.

Во-первых, конфиденциальность данных (прозрачность, которая заложена в принципах блокчейна, может способствовать раскрытию непубличной информации без должного управления ею). Во-вторых, уязвимость смарт-контрактов за счет большого количества атак на сети блокчейна. В-третьих, целостность данных (злоумышленники могут подделать данные до того, как они попадут в алгоритмы ИИ, что приведет к предвзятым или неточным прогнозам). В-четвертых, структура блокчейна (важная часть сети блокчейн – механизм консенсуса, выбор слабого механизма такой защиты может привести к низкой безопасности приложения). В-пятых, масштабируемость (отзывчивость приложения зависит от масштаба объема обрабатываемых данных). Наконец, нормативное соответствие данных.

Немногие организации имеют возможности предотвратить подобные проблемы. Однако следует предпринимать разные меры для минимизации негативных последствий – это применение криптографических методов, иных методов безопасного кодирования, внедрение стандартных отраслевых протоколов безопасности, работа с механизмами консенсуса. При разработке подобных приложений важно проводить постоянный мониторинг архитектуры программных решений.

При разработке приложений по интеграции ИИ и блокчейна важно анализировать всевозможные варианты проектирования архитектуры, просчитывать все риски, учитывать интересы всех стейкхолдеров. Важно определить процесс создания решения таким образом, чтобы приложения можно было адаптировать под нужные потребности.

В табл. 1 представлены основные меры по смягчению негативных последствий при разработке приложений, где соединены возможности ИИ и блокчейна.

Таблица 1

Стратегии смягчения негативных последствий при разработке приложений

Область управления	Инструменты смягчения негативных последствий
Масштабируемость данных	– Методы автономных вычислений для интенсивных задач ИИ; – боковые цепочки или каналы состояний для транзакций блокчейна; – альтернативные механизмы консенсуса с более высокой пропускной способностью и низким энергопотреблением
Конфиденциальность данных	– Дифференциальная конфиденциальность; – федеративное обучение; – гомоморфное шифрование; – внедрение отраслевых стандартов и передовой практики для этического регулирования приложений
Уязвимость смарт-контрактов	– Инструменты автоматизированного анализа кода; – проведение сторонних аудитов безопасности; – использование лучших практик разработки смарт-контрактов
Предвзятость при обучении модели ИИ	– Разнообразные и репрезентативные наборы данных; – алгоритмы обнаружения предвзятости
Нормативное соответствие	– Отслеживание меняющихся нормативных актов; – взаимодействие с экспертами в правовом поле
Мониторинг и оценка приложения	– Механизмы для оценки производительности и этических последствий приложений; – оценка влияния приложения на заинтересованных сторон

Составлено авторами по материалам исследования

Активно внедряя эти стратегии, разработчики и заинтересованные стороны могут минимизировать негативные последствия интеграции ИИ и блокчейна, одновременно максимизируя потенциальные выгоды от комбинированных технологий.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

В настоящее время существует и развивается немало кейсов в области создания программных решений в виде интеграции блокчейна и ИИ, однако пока только зарубежные организации активно занимаются разработкой подобных платформ. Рассмотрим наиболее востребованные приложения, где соединены данные технологии, в табл. 2.

Таблица 2

Приложения по совместному использованию ИИ и блокчейна

Наименования приложения	Страна производителя	Функционал
BotChain	США, команда Talla	Обеспечивает универсальную регистрацию, проверку личности, аудит и координацию агентов ИИ и автономного ПО
Matrix AI	Австралия	Саморазвивающаяся блокчейн-платформа ИИ с агрегированной вычислительной мощностью, с безопасным управлением и прозрачным обменом данными и с доступом к постоянно растущему набору данных, моделей и приложений ИИ в сети. Это торговая площадка, дающая следующие возможности: алгоритмические модели для получения максимальной прибыли, сниженные затраты на доступ к сервисам ИИ, простое программирование с помощью машинного обучения
SingularityNET	Швейцария	Открытая и децентрализованная сеть сервисов ИИ, доступных через блокчейн. Разработчики публикуют свои сервисы в сети SingularityNET, где ими может пользоваться любой, у кого есть подключение к интернету. Разработчики могут взимать плату за использование своих услуг с помощью нативного токена AGIX. Сервисы способны обеспечивать логический вывод или обучение моделей во множестве областей, таких как изображения, видео, речь, текст, временные ряды, биологический ИИ и сетевой анализ
Numerai	США	Управляемый ИИ краудсорсинговый инвестиционный фонд

Примечание: США – Соединенные Штаты Америки

Составлено авторами по материалам исследования

Небольшое количество разработок в области приложений по интеграции ИИ и блокчейна обусловлено различными проблемами, которые стоят перед организациями и их разработчиками – это отсутствие должных (значительных) инвестиций на первоначальном этапе, присутствие непредсказуемости (в области обеспечения конфиденциальности и безопасности данных) и отсутствие согласованности в аспекте централизованности технологий. Присутствие непредсказуемости связано со спецификой технологий: ИИ представляет собой некий черный ящик, который должен пройти множество итераций с сопутствующей неопределенностью для достижения целевого, «идеального» состояния в ходе обучения (где используется большое количество персональных данных, применяющихся в большинстве своем без ведома их владельцев), в то время как блокчейн предполагает прозрачность, публичность и отсутствие нечеткости в работе с данными.

Если говорить про такой аспект, как централизованность, сложность состоит в том, что для обучения ИИ необходимо огромное количество ресурсов, которых у молодых, но при этом перспективных организаций нет. Проведение таких работ могут себе позволить крупные корпорации, которые стараются консолидировать свои серверные и аппаратные ресурсы. Это противоречит идее блокчейна как децентрализованной сети управления.

В российской практике отсутствует активное развитие в направлении разработки приложений, где совмещены ИИ и блокчейн. Пока организации сконцентрировались на становлении технологий по отдельности. Стоит отметить, что на данном этапе развития отечественных предприятий (особенно с точки зрения технического и технологического потенциалов) возможна интеграция зарубежных приложений в их деятельность. Однако присутствует ряд сложностей, которые тормозят процесс проникновения данной инновации в российские компании. Это сложность адаптации приложений к российскому законодательству и иным требованиям, а также существенная необходимость в ресурсах (трудовые ресурсы в виде специалистов сферы информационных технологий в области блокчейна и ИИ, материальные ресурсы в виде ПО и других аппаратных средств для разворачивания системы, денежные и временные ресурсы, которые должны быть направлены на проведение дополнительных исследований и испытаний).

Также стоит заметить, что не все приложения могут быть доступны в России по ряду причин. В их числе – ограничения в части безопасности и конфиденциальности данных. Исходя из выявленных трудностей на пути

к внедрению рассматриваемых решений в отечественные предприятия, можно выделить ряд мероприятий, которые должны осуществляться для успешной интеграции подобной инновации в организациях:

- анализ потребностей предприятия. Внедрение зарубежных приложений имеет ряд существенных недостатков. Поэтому на первоначальном этапе важно выделить потребности предприятия, в удовлетворении которых нуждается организация, и определить, какие именно недостатки в существующей системе функционирования предприятия будут устранены с помощью приложений с интеграцией ИИ и блокчейна;
- оценка рисков и проведение мероприятий по их минимизации. Наиболее значительный риск при внедрении зарубежных приложений – это наличие ограничений или запретов с точки зрения законодательства России. Для минимизации данного риска важно качественно проанализировать программные решения;
- разработка плана интеграции. Чтобы внедрить эту инновацию в организацию, недостаточно приобрести лицензию на приложение. Необходимо провести некоторые работы по подготовке предприятия к системе, которая достаточно сильно поменяет привычный уклад функционирования. К таким работам относятся подготовка инфраструктуры и материального обеспечения, найм и обучение персонала, адаптация бизнес-процессов;
- тестирование и отладка. Необходимо отладить работу приложения в ходе проведения экспериментов над ним. Это гарантирует получение работоспособной системы, наиболее эффективно выполняющей свое предназначение;
- внедрение и поддержка. Сам процесс внедрения подобных приложений завязан на модификации бизнес-процессов и привычных функций. Поэтому перед внедрением важно провести ряд мероприятий, которые будут направлены на модернизацию производства. Поддержка таких приложений сводится к поддержанию требуемого технического уровня и к обеспечению должного технологического развития, основанного на трендах в экономике.

Хоть интеграция приложений, где соединены возможности ИИ и блокчейна, реализуема в российских компаниях, стоит сказать, что организации на данный момент находятся только на стадии бурного развития в области модернизации компании в инновационный и трансформированный бизнес с точки зрения отдельно взятых технологий. Организации совсем недавно начали изучать возможности различных цифровых технологий и применять их в своей деятельности. Поэтому необходимо отметить, что интерес к рассматриваемым приложениям будет расти по мере увеличения уровня полномасштабного понимания и использования преимуществ отдельных технологий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Интеграция блокчейна и ИИ является важным шагом на пути к модернизации различных отраслей экономики. Можно выделить следующие общие эффекты от подобной синергии: становление надежных систем управления и хранения данных, снижение операционных издержек, а также устранение лишних процессов и статей расходов; повышение прозрачности бизнес-процессов; развитие инноваций в рамках общей структуры отрасли; усиление эффективности и безопасности работ. Успешные реализованные проекты в этой области подтверждают потенциал подобной интеграции. Однако для успешной реализации интеграции необходимо учитывать технические, правовые и этические аспекты.

В целом синергия данных технологий представляет собой значимый этап в развитии экономики и может иметь значительные положительные последствия для различных отраслей. Необходимо продолжать исследования и разработки в этой области, а также адаптировать данные технологии к конкретным отраслям и задачам.

Список литературы

1. Дроговоз П.А., Кашеварова Н.А. Перспективы применения технологии блокчейн в сфере управления интеллектуальной собственностью. В кн.: Актуальные вопросы экономики, менеджмента и инноваций: материалы Международной научно-практической конференции ученых, специалистов, преподавателей вузов, аспирантов, студентов, Нижний Новгород, 17 ноября 2021 г. Нижний Новгород: Нижегородский государственный технический университет имени Р.Е. Алексеева; 2021. С. 16–23.
2. Леонтьев С.М. Блокчейн и криптовалюты: применение технологии блокчейн за пределами финансовой сферы и новые модели бизнеса. Вестник магистратуры. 2023;7(142):100–101.
3. Лафан А.А. Теоретико-правовые подходы к пониманию искусственного интеллекта: понятие, виды и существенные признаки искусственного интеллекта. Студенческий. 2021;36(164):50–55.

4. *Гарина И.О.* Реализация концепции цифрового двойника в машиностроении с использованием технологии блокчейн. В кн.: Будущее машиностроения России: сборников докладов XXIII всероссийской научной конференции молодых ученых и специалистов (с международным участием), том 2, Москва, 22–25 сентября 2020 г. М.: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана; 2020. С. 295–298.
5. *Баев А.А., Левина В.С., Реут А.В., Свидлер А.А., Харитонов И.А., Григорьев В.В.* Блокчейн-технология в бухгалтерском учете и аудите. Учет. Анализ. Аудит. 2020;1(7):69–79. <http://doi.org/10.26794/2408-9303-2020-7-1-69-79>
6. *Кашеварова Н.А., Куликова М.Е., Рясина А.А.* Обзор механизмов консенсуса и их применение в бизнес-практике. Креативная экономика. 2022;12(16):4787–4802. <http://doi.org/10.18334/ce.16.12.116900>
7. *Цихилов А.М.* Блокчейн. Принципы и основы. М.: Альпина PRO; 2019. 294 с.
8. *Ahl A., Goto M., Yarime M., Tanaka K.* Challenges and opportunities of blockchain energy applications: interrelatedness among technological, economic, social, environmental, and institutional dimensions. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2022;166:112623. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2022.112623>
9. *Filippova E.* Empirical evidence and economic implications of blockchain as a general purpose technology. In: IEEE Technology & Engineering Management Conference (TEMSCON), Atlanta, June 12–14, 2019. Georgia Tech Research Institute; 2019. Pp. 1–8. <http://dx.doi.org/10.1109/TEMSCON.2019.8813748>
10. *Uddin M., Suchana Kh., Alam S.M.E., Khan M.M.* Blockchain application in banking system. Journal of Software Engineering and Applications. 2021;7(14):298–311. <http://dx.doi.org/10.4236/jsea.2021.147018>
11. *Ермаков И.А., Кузьминых С.С.* Применение технологии распределенного реестра как одного из механизмов цифровой интеграции цепей поставок. E-Management. 2019;2(2):45–58. <https://doi.org/10.26425/2658-3445-2019-2-45-58>
12. *Гарина И.О.* Применение технологии блокчейн в проектах цифровой трансформации производства. В кн.: Управление научно-техническими проектами: материалы IV Международной научно-технической конференции, Москва, 3 апреля 2020 г. М.: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана; 2020. С. 41–44.
13. *Годин В.В., Терехова А.Е.* Блокчейн: философия, технология, приложения и риски. Вестник университета. 2019;9:54–61. <https://doi.org/10.26425/1816-4277-2019-9-54-61>
14. *Дроговоз П.А., Кошкин М.В.* Анализ инновационных технологий в промышленности: блокчейн, интернет вещей. Вестник университета. 2019;3:38–43.
15. *Peres R., Schreiber M., Schweidel D.A., Sorescu A.* Blockchain meets marketing: opportunities, threats, and avenues for future research. International Journal of Research in Marketing. 2023;1(40):1–11. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijresmar.2022.08.001>
16. *Nikulin L.F., Velikorosov V.V., Filin S.A., Lanchakov A.B.* Artificial intelligence and transformation of the administrative function. Digest Finance. 2020;2(25):192–204. <https://doi.org/10.24891/df.25.2.192>
17. *Масюк Н.Н., Кириянов А.Е., Бушуева М.А., Шакуев А.А.* Искусственный интеллект как ключевой элемент цифровой трансформации экономики. Фундаментальные исследования. 2021;10:49–54. <https://doi.org/10.17513/fr.43108>
18. *Орешина М.Н.* Применение искусственного интеллекта в инновационной деятельности промышленных предприятий. E-Management. 2021;1(4):29–37. <https://doi.org/10.26425/2658-3445-2021-4-1-29-37>
19. *Bhbosale S.Sh., Pujari V., Multani Z.* Advantages and disadvantages of artificial intelligence. In: Trends in geography, commerce, IT and sustainable development: Proceedings of the National Seminar, Khed, February 29, 2020. Khed: I.C.S. College; 2020. Pp. 227–230.
20. *Скулкин А.А.* Применение искусственного интеллекта в различных сферах деятельности. Научному прогрессу – творчество молодых. 2023;1:330–333.
21. *Gregory R.W., Henfridsson O., Kaganer E.A., Kyriakou H.* The role of artificial intelligence and data network effects for creating user value. Academy of Management Review. 2021;3(46):534–551. <https://doi.org/10.5465/amr.2019.0178>
22. *Palomares I., Martínez-Cámara E., Montes R., García-Moral P., Chiachio M., Chiachio J. et al.* A panoramic view and swot analysis of artificial intelligence for achieving the sustainable development goals by 2030: Progress and prospects. Applied Intelligence. 2021;51:6497–6527. <https://doi.org/10.1007/s10489-021-02264-y>
23. *Hussain A.A., Al-Turjman F.* Artificial intelligence and blockchain: a review. Transactions on emerging telecommunications technologies. 2021;9(32):e4268. <https://doi.org/10.1002/ett.4268>
24. *Панова А.А., Кашеварова Н.А.* Перспективы применения технологической пары «блокчейн – искусственный интеллект» в промышленности. В кн.: Будущее машиностроения России: сборник докладов XIII Всероссийская конференция молодых ученых и специалистов с международным участием, том 2, Москва, 22–25 сентября 2020 г. М.: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана; 2020. С. 368–371.
25. *Ekeramifard A., Amintooosi H., Seno S.A.H., Dehghantanha A.* A systematic literature review of integration of blockchain and artificial intelligence. In: Blockchain cybersecurity, trust and privacy. Cham: Springer; 2020. Pp. 147–160. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-38181-3_8

References

1. *Drogovoz P.A., Kashevarova N.A.* Prospects for the application of blockchain technology in the field of intellectual property management. In: Actual issues of economics, management and innovations: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference of Scientists, Specialists, University Teachers, Postgraduate Students, Students, Nizhny Novgorod, November 17, 2021. Nizhny Novgorod: Nizhny Novgorod State Technical University named after R.E. Alekseev; 2021. C. 16–23. (In Russian).
2. *Leontiev S.M.* Blockchain and cryptocurrencies: application of blockchain technology beyond the financial sphere and new business models. Bulletin of the magistracy. 2023;7(142):100–101. (In Russian).
3. *Laran A.A.* Theoretical and legal approaches to understanding of artificial intelligence: the concept, types and essential features of artificial intelligence. Student-led. 2021;36(164):50–55. (In Russian).
4. *Garina I.O.* Realisation of the concept of digital twin in engineering using blockchain technology. In: Future of the Russian engineering: Proceedings of the XXIII All-Russian Scientific Conference of Young Scientists and Specialists (with International Participation), volume 2, Moscow, September 22–25, 2020. Moscow: Bauman Moscow State Technical University; 2020. Pp. 295–298. (In Russian).
5. *Baev A.A., Levina V.S., Reut A.V., Svidler A.A., Kharitonov I.A., Grigor'ev V.V.* Blockchain technology in accounting and auditing. Accounting. Analysis. Auditing. 2020;1(7):69–79. (In Russian). <http://doi.org/10.26794/2408-9303-2020-7-1-69-79>
6. *Kashevarova N.A., Kulikova M.E., Ryaskina A.D.* Consensus mechanisms and their application in business practice. Journal of Creative Economy. 2022;12(16):4787–4802. (In Russian). <http://doi.org/10.18334/ce.16.12.116900>
7. *Tsikhilov A.M.* Blockchain. Principles and fundamentals. Moscow: Alpina PRO; 2019. 294 p. (In Russian).
8. *Ahl A., Goto M., Yarime M., Tanaka K.* Challenges and opportunities of blockchain energy applications: interrelatedness among technological, economic, social, environmental, and institutional dimensions. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2022;166:112623. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2022.112623>
9. *Filippova E.* Empirical evidence and economic implications of blockchain as a general purpose technology. In: IEEE Technology & Engineering Management Conference (TEMSCON), Atlanta, June 12–14, 2019. Georgia Tech Research Institute; 2019. Pp. 1–8. <http://dx.doi.org/10.1109/TEMSCON.2019.8813748>
10. *Uddin M., Suchana Kh., Alam S.M.E., Khan M.M.* Blockchain application in banking system. Journal of Software Engineering and Applications. 2021;7(14):298–311. <http://dx.doi.org/10.4236/jsea.2021.147018>
11. *Ermakov I.A., Kuzminykh S.S.* Application of distributed ledger technology as one of the digital integration mechanisms of supply chains. E-Management. 2019;2(2):45–58. (In Russian). <https://doi.org/10.26425/2658-3445-2019-2-45-58>
12. *Garina I.O.* The use of blockchain technology in digital transformation projects. In: Management of scientific and technical projects: Proceedings of the IV International Scientific and Technical Conference, Moscow, April 3, 2020. Moscow: Bauman Moscow State Technical University; 2020. Pp. 41–44. (In Russian).
13. *Godin V.V., Terekhova A.E.* Blockchain: philosophy, technology, applications and risks. Vestnik universiteta. 2019;9:54–61. (In Russian). <https://doi.org/10.26425/1816-4277-2019-9-54-61>
14. *Drogovoz P.A., Koshkin M.V.* Analysis of innovative technologies in industry: the blockchain and the Internet of things. Vestnik universiteta. 2019;3:38–43. (In Russian).
15. *Peres R., Schreiber M., Schweidel D.A., Sorescu A.* Blockchain meets marketing: opportunities, threats, and avenues for future research. International Journal of Research in Marketing. 2023;1(40):1–11. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijresmar.2022.08.001>
16. *Nikulin L.F., Velikorosov V.V., Filin S.A., Lanchakov A.B.* Artificial intelligence and transformation of the administrative function. Digest Finance. 2020;2(25):192–204. <https://doi.org/10.24891/df.25.2.192>
17. *Masyuk N.N., Kiryanov A.E., Bushueva M.A., Shakuev D.A.* Artificial intelligence as a key element of digital transformation of the economy. Fundamental research. 2021;10:49–54. (In Russian). <https://doi.org/10.17513/fr.43108>
18. *Oreshina M.N.* The use of artificial intelligence in the innovation activities of industrial enterprises. 2021;1(4):29–37. (In Russian). <https://doi.org/10.26425/2658-3445-2021-4-1-29-37>
19. *Bhobosale S.Sh., Pujari V., Multani Z.* Advantages and disadvantages of artificial intelligence. In: Trends in geography, commerce, IT and sustainable development: Proceedings of the National Seminar, Khed, February 29, 2020. Khed: I.C.S. College; 2020. Pp. 227–230.
20. *Skulkin A.A.* Application of artificial intelligence in different spheres of activity. The creativity of the young – to the scientific progress. 2023;1:330–333. (In Russian).
21. *Gregory R.W., Henfridsson O., Kaganer E.A., Kyriakou H.* The role of artificial intelligence and data network effects for creating user value. Academy of Management Review. 2021;3(46):534–551. <https://doi.org/10.5465/amr.2019.0178>

22. *Palomares I., Martínez-Cámara E., Montes R., García-Moral P., Chiacchio M., Chiacchio J. et al.* A panoramic view and swot analysis of artificial intelligence for achieving the sustainable development goals by 2030: Progress and prospects. *Applied Intelligence*. 2021;51:6497–6527. <https://doi.org/10.1007/s10489-021-02264-y>
23. *Hussain A.A., Al-Turjman F.* Artificial intelligence and blockchain: a review. *Transactions on emerging telecommunications technologies*. 2021;9(32):e4268. <https://doi.org/10.1002/ett.4268>
24. *Panova D.A., Kashevarova N.A.* Prospects for applying the blockchain – artificial intelligence technology pair in industry. In: *The future of the Russian engineering: Proceedings of the XIII All-Russian Conference of Young Scientists and Specialists with International Participation, volume 2, Moscow, September 22–25, 2020. Moscow: Bauman Moscow State Technical University; 2020. Pp. 368–371.*
25. *Ekratifard A., Amintoosi H., Seno S.A.H., Dehghantanha A.* A systematic literature review of integration of blockchain and artificial intelligence. In: *Blockchain cybersecurity, trust and privacy. Cham: Springer; 2020. Pp. 147–160. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-38181-3_8*