

ВИШНЯКОВ В.А.

«ЗОЛОТОЙ ТРЕУГОЛЬНИК»: СЕТИ ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ, БЛОКЧЕЙН, ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Предметом исследований является анализ интеграции сетей Интернета вещей (Internet of Things, IoT), блокчейна и отдельных технологий искусственного интеллекта. Цель статьи – показать преимущества совместного использования Интернета вещей, блокчейна, машинного обучения и нейронных сетей на ряде разработанных систем. Блокчейн способен обеспечить структуру для обработки транзакций и координации взаимодействующих устройств в сетях Интернета вещей. Проблемой, которая препятствует использованию приложений с искусственным интеллектом и Интернета вещей, является уязвимость. Блокчейн решает ее за счет трех функций: проведение транзакций через надежный механизм оплаты без посредников; создание индексированных записей, которые защищены от изменений; распределенное хранение информации в публичной базе данных. Приведены примеры разработки сетей IoT для контроля качества продукции, мониторинга и анализа звуковой информации, ИТ-диагностики пациентов с неврологическими заболеваниями, в которых интегрированы технологии IoT, машинного обучения, нейронных сетей, блокчейна, умных контрактов.

Ключевые слова: сети IoT, блокчейн, машинное обучение, нейронные сети, OSTIS, умный контракт

Введение

В ближайшие 5–7 лет ключевые направления перспективных научных исследований в области информационных технологий будут сосредоточены вокруг трех основных сфер: искусственного интеллекта (ИИ), Интернета вещей (IoT) и блокчейна. Эти направления формируют «Золотой треугольник», как это предложил профессор Дон Тапскотт [1].

IoT играет ключевую роль в автоматизации процессов четвертой промышленной революции (Индустрия 4.0), применяется в различных отраслях экономики, служит основой для создания подсистем «Умного города» и активно используется в разработке беспилотных технологий [2]. Искусственный интеллект (машинное обучение и нейронные сети) способны революционизировать такие сферы, как инвестиции, платежные системы, управление рисками, банковское дело и смежные отрасли. Машинное обучение, анализируя собранные IoT данные, выявляет закономерности и улучшает алгоритмы взаимодействия в отдельных областях [3]. Технология блокчейна обеспечивает безопасную передачу цифровых активов между устройствами, организациями и частными лицами без необходимости участия посредников или централизованных органов управления [4].

В данной работе представлены результаты анализа преимуществ интеграции технологий Интернета вещей, блокчейна и искусственного интеллекта, а также опыт реализации подобных проектов в БГУ-ИР под руководством автора.

Направления и системы интеграции ИИ, блокчейна и IoT

Одной из основных проблем развития Интернета вещей является централизация облачных сервисов. Огромные объемы данных, собираемых с датчиков и сенсоров IoT, требуют передачи в центральное облако (что приводит к перегрузке сетей связи), обработки на мощных серверах (что требует значительных ресурсов) и возврата результатов (что вызывает задержки в онлайн-управлении). Для решения этих проблем была разработана технология Fog Computing («туманные вычисления»), которая устраняет указанные недостатки [5].

Блокчейн обеспечивает структуру для обработки транзакций и координации взаимодействия устройств, где каждое из них выполняет свою роль, формируя «Интернет децентрализованных и автономных вещей». Технология обеспечивает независимость устройств IoT, фиксируя в распределенном реестре обмен данными между устройствами, приложениями и пользователями, что позволяет им осуществлять транзакции без посредников [5].

Одной из проблем, препятствующих широкому внедрению приложений на основе ИИ и IoT, является уязвимость, характерная для всей интернет-инфраструктуры. Блокчейн способен решить эту проблему благодаря трем ключевым функциям: проведение транзакций через надежный механизм оплаты без посредников; создание неизменяемых и защищенных от цензуры записей; распределенное

хранение данных в публичной или частной базе данных [6].

В медицинской сфере блокчейн повышает прозрачность и надежность данных о пациентах, устраняя такие проблемы, как сложность получения истории болезни и потери информации. Интеграция ИИ позволяет автоматизировать процессы: например, уведомлять врачей и пациентов о возможных медицинских рисках на основе выявленных закономерностей. Блокчейн обеспечивает прозрачную фиксацию всей этой информации.

Технология смарт-контрактов открывает возможности для создания самоисполняемых процедур, что делает блокчейн дополнительным инструментом контроля и автоматизации [7]. Рассмотрены примеры систем интеграции IoT, МО, НС и блокчейна, разработанные в БГУИР.

Сеть IoT для контроля качества продукции [2]. Для создания IoT-сети, предназначенной для контроля качества продукции, была использована облачная платформа (сервис, размещенный в облаке), которая выполняет функцию центра обмена сообщениями для двусторонней связи между IoT-приложением и устройствами. Предложена модель IoT-сети, основанная на мультиагентной технологии. Структура сети включает анализаторы качества продукции, шлюзы-конвертеры и облачную инфраструктуру с арендованной серверной платформой. На сервере хранятся данные о качестве продукции, основанные на критических контрольных точках, которые могут отслеживаться специалистами через мобильные устройства. Платформа Google Cloud IoT позволяет создавать IoT-сети с использованием машинного обучения на конечных устройствах. Описана процедура подключения датчиков к платформе Google Cloud IoT, включающая настройку локальной среды, установку необходимых компонентов, создание учетной записи, подключение виртуального устройства и просмотр телеметрии [1]. Интегрированы технологии IoT и ИИ (принятие решений).

Сеть IoT для контроля звука [8]. Разработана сетевая архитектура для мультиагентной обработки звуковой информации на базе IoT, что способствует внедрению технологий автоматизации 4.0. Проведена оптимизация выбора структурных элементов (протокол, облачная платформа) для сети IoT, контролирующей качество звуковой информации. Предложена методика сетевого моделирования IoT для анализа звука в облачной платформе, которая повышает точность анализа звуковой информации окружающей среды. Реализованы аппаратные и программные решения для мультиагентных моделей в IoT-сети, что позволило внедрить новую технологию управления [2]. Интегрированы технологии IoT и ИИ (машинное обучение, нейронные сети).

Сети IoT для ИТ-диагностики пациентов [2]. Разработана сетевая архитектура на основе IoT, предназначенная для удаленной диагностики пациентов. Эта система позволяет проводить анализ и оценивать вероятность заболеваний без необходимости проведения клинических исследований, передавая данные на мобильные устройства. В основе системы лежит алгоритм обнаружения кашля, созданный с использованием набора данных Environmental Sound Classification 50 (ESC-50), который применялся для обучения сверточной нейронной сети. Точность системы составила 85,37 %, а прецизионность – 78,8 % [8]. В разработке интегрированы технологии IoT и ИИ, включая машинное обучение и нейронные сети.

Модели и структуры для ИТ-медицины [4]

На основе теории множеств предложена модель информационного управления в ИТ-медицине с использованием блокчейн-технологий. Модель охватывает управление электронными медицинскими картами, контроль цепочек поставок лекарств, борьбу с контрафактной продукцией, анализ медицинских данных, проведение клинических и биомедицинских исследований, а также удаленный мониторинг пациентов. Также разработана структура интернет-маркетинга на базе распределенной системы, включающая портал для управления поставками и распределением лекарств, ориентированный на нужды медицинских учреждений Республики Беларусь. Система поддерживает работу интеллектуальных агентов и блокчейн-технологий [4]. Внедрены технологии блокчейн и ИИ, включая интеллектуальных агентов для координации поставок лекарств и спроса в аптеках.

Сети IoT для диагностики болезни Альцгеймера (БА) [9]. Разработаны теоретические основы для ИТ-диагностики болезни Альцгеймера с использованием методов машинного обучения и нейронных сетей. На их основе создана лабораторная сеть IoT, которая применяет алгоритмы для диагностики неврологических заболеваний. Сеть включает смартфон, платформу, нейронную сеть и специализированные приложения. Голосовые данные пациентов с БА вводятся через смартфон для обучения нейронной сети, после чего используются для диагностики. Передача данных между смартфоном и платформой Thingspeak осуществляется по протоколу MQTT. Мобильное приложение извлекает голосовые характеристики пациентов и передает их на платформу IoT. Результаты диагностики отображаются в приложении на смартфоне. Данные для исследования взяты из программы ADRess 2020 Challenge, содержащей речевые записи пациентов с БА и здоровых людей. Точность диагностики составила 87,3 %. В систему интегрированы технологии IoT и ИИ, включая машинное обучение и нейронные сети.

IoT для диагностики болезни Паркинсона [10]. Разработаны теоретические основы для ИТ-диагностики болезни Паркинсона с использованием машинного обучения и нейронных сетей. На их основе создана сеть IoT с использованием платформы OSTIS (Open Semantic Technology for Intelligent Systems). Смартфон в этой сети служит для ввода и предварительной обработки данных, включая извлечение признаков из голосовых записей и данных о двигательной активности пациента. Данные передаются через локальный сервер Flask на сервер OSTIS, где обрабатываются нейронной сетью для распознавания заболевания. Агент прогнозирования анализирует извлеченные признаки, делает прогнозы и сохраняет результаты в базе данных. Рабочий процесс системы включает сбор данных через устройства IoT (смартфон и датчики движения), передачу данных на сервер Flask, их обработку на сервере OSTIS и сохранение результатов. В систему интегрированы технологии IoT и ИИ, включая машинное обучение, нейронные сети и открытую семантическую технологию интеллектуальных систем.

Блокчейн в сетях IoT для ИТ-диагностики [11]. Для повышения безопасности и конфиденциальности данных пациентов в сетях IoT используется технология блокчейн Ethereum. Эта интеграция актуальна для хранения и управления данными пациентов с неврологическими заболеваниями. Разработана архитектура системы, объединяющей сеть IoT, файловую систему IPFS и блокчейн Ethereum. Система обеспечивает безопасное и прозрачное управление данными, оптимизируя процессы регистрации, авторизации и проверки. Использование IPFS для децентрализованного хранения файлов и блокчейна Ethereum для создания защищенных медицинских записей повышает эффективность и конфиденциальность системы. В ходе экспериментов были реализованы процессы настройки среды, подключения узла IPFS, программирования смарт-контрактов Ethereum и хранения хэшей голосовых данных.

Заключение

1. Интеграция технологий IoT, ИИ и блокчейна создают мощную экосистему для удаленной диагностики и управления медицинскими данными. Преимущества: удаленная диагностика: пациенты могут получать диагнозы без посещения клиник; безопасность данных: блокчейн защищает конфиденциальную информацию; эффективность: интеллектуальные агенты и нейронные сети оптимизируют процессы диагностики и логистики. Перспективы: разработки могут быть применены в различных областях медицины, особенно для диагностики и мониторинга хронических заболеваний. Рекомендации для дальнейшего развития: улучшение точности моделей: дальнейшее обучение нейронных сетей на более крупных и разнообразных наборах данных; расширение функционала: включение дополнительных типов данных (биометрические данные, данные ЭКГ) для более комплексной диагностики; масштабирование систем: адаптация разработок для использования в других странах и регионах; регуляторная поддержка: разработка стандартов и нормативов для использования блокчейна и IoT в медицине.

2. Разработаны модели для ИТ-диагностики болезней Альцгеймера и Паркинсона на основе машинного обучения и нейронных сетей. Это позволило создать мобильные сети IoT для удаленной диагностики без необходимости клинических исследований. Результаты передаются на мобильные устройства. Описан процесс создания и тестирования сети IoT для ИТ-диагностики, включая настройку среды, подключение узла IPFS, программирование смарт-контрактов Ethereum и управление доступом к данным. Смарт-контракты обеспечивают аутентичность данных и контроль доступа. Для дальнейших исследований рекомендуется использовать факторный, регрессионный и корреляционный анализы для оценки влияния рассмотренных технологий на экономические и социальные процессы.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Тапскотт, Д.** Технология блокчейн : то, что движет финансовой революцией сегодня / Дон Тапскотт, Алекс Тапскотт; пер. с англ. К. Шашковой, Е. Ряхиной. – Москва : Эксмо, 2017. – 443, [1] с.
2. **Вишняков, В.А.** Специализированные IoT-сети: модели, структуры, алгоритмы, программно-аппаратные средства / В.А. Вишняков. – Минск : БГУИР, 2023. – 183 с.
3. Будущее финтех: новые технологии, которые изменят игру. – URL: <https://vc.ru/money/734717-budushee-finteh-novye-tehnologii-kotorye-izmenyat-igru> (дата обращения: 10.11.2024).
4. **Вишняков, В.А.** Технология блокчейн в образовании и ИТ-медицине: модели, алгоритмы, программные средства / В. А. Вишняков, Д.А. Качан. – Минск : РИВШ, 2023. – 182 с.
5. Блокчейн в IoT. – URL: <https://www.tadviser.ru/index.php/IoT> (дата обращения: 10.11.2024).
6. Блокчейн поможет искусственному интеллекту и интернету вещей. – URL: <https://dzen.ru/a/XglhpNTwegCwwStx> (дата обращения: 10.11.2024).

7. Combining Blockchain with AI and IoT. – URL: <https://thecrypto.app/ru/knowledge/combining-blockchain-with-ai-and-iot/> (дата обращения: 10.11.2024).
8. Вишняков, В.А. Распознавание голоса с использованием свёрточной нейронной сети / Вишняков В.А., Шайя Б.Х. // Доклады БГУИР. – 2023. – Т. 21, № 2. – С. 114-120.
9. Вишняков, В.А. Разработка и моделирование сети Интернета вещей для ИТ-диагностики пациентов / Вишняков В. А., Юэ Ю. Ч. // Доклады БГУИР. – 2024. – Т. 22, № 5. – С. 104-112.
10. Вишняков, В.А. Система ИОТ для диагностики болезни Паркинсона с использованием нейронных сетей и OSTIS / В.А. Вишняков, И.В. Ся // Системный анализ и прикладная информатика. – 2024. – № 2. – С. 52-60.
11. Вишняков, В.А. Использование блокчейна Ethereum в сети интернета вещей для ИТ-диагностики / В.А. Вишняков, Ивэй Ся, Чуюэ Юй // Цифровая трансформация. – 2024. – № 3. – С. 61-68.

REFERENCES

1. 1. Tapscott, D. Blockchain technology : what drives the financial revolution today / D. Tapscott, A. Tapscott ; translated from English by K. Shashkova, E. Ryakhina. – Moscow : Eksmo, 2017. – 443, [1] p.
2. Vishniakou, U. A. Specialised IoT networks: models, structures, algorithms, hardware, software tools / U. A. Vishniakou. – Minsk : BGUIR, 2023. – 183 p.
3. The future of fintech: new technologies that will change the game [Electronic resource]. – URL: <https://vc.ru/money/734717-budushee-finteh-novye-tehnologii-kotorye-izmenyat-igru> (date of access: 11.10.2024).
4. Vishniakou, U. A. Blockchain technology in education and IT medicine: models, algorithms, software tools / U. A. Vishniakou, D. A. Kachan. – Minsk : RIVSH, 2023. – 182 p.
5. Blockchain in IoT. – URL :<https://www.tadviser.ru/index.php/IoT> (date of access: 11.10.2024).
6. Blockchain will help artificial intelligence and the Internet of Things. – URL: <https://dzen.ru/a/XgIhpNTwegCwwStx> (date of access: 11.10.2024).
7. Combining Blockchain with AI and IoT. – URL: <https://thecrypto.app/en/knowledge/combining-blockchain-with-ai-and-iot/> (date of access: 11.10.2024).
8. Vishniakou, U. A. Voice Detection Using Convolutional Neural Network / U. A. Vishniakou, B. H. Shaya // Doklady BGUIR. – 2023. – V. 21, № 2. – P. 114-120.
9. Vishniakou, U. A. Development and Modeling of the Internet of Things Network for Patients IT diagnostics / U. A. Vishniakou, Yue Yu. Ch // Doklady BGUIR. – 2024. – V. 22, № 5. – P. 104-112.
10. Vishniakou, U. A. IOT system architecture for the diagnosis of Parkinson's disease using neural networks and OSTIS / U. A. Vishniakou, Xia I.W // System analysis and applied informatics. – 2024. – № 2. – P. 52-60.
11. Vishniakou, U. A. Using the Ethereum Blockchain in the Internet of Things Network for IT Diagnostics / U. A. Vishniakou, Xia Y., Yu Ch. // Digital transformation. – 2024. – № 3. – P. 61-68.

VISHNIAKOU U.A.

THE GOLDEN TRIANGLE: THE INTERNET OF THINGS, BLOCKCHAIN, ARTIFICIAL INTELLIGENCE

*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics
Minsk, Republic of Belarus*

The subject of research is the analysis of the integration of the Internet of Things (IOT), blockchain and individual artificial intelligence technologies. The purpose of the article is to show the advantages of sharing the Internet of Things, blockchain, machine learning and neural networks on a number of developed systems. Blockchain is able to provide a structure for transaction processing and coordination of interacting devices in the Internet of Things networks. The problem that prevents the use of artificial intelligence applications and the Internet of Things is vulnerability. Blockchain solves it through three functions: conducting transactions through a reliable payment mechanism without intermediaries; creating indexed records that are protected from changes; distributed storage of information in a public database. Examples of the development of IoT networks for product quality control, monitoring and analysis of audio information, IT diagnostics of patients with neurological diseases, which integrate technologies of IOT, machine learning, neural networks, blockchain, smart contracts.

Keywords: *IoT network, blockchain, machine learning, neural networks, OSTIS, smart contract*



Вишняков Владимир Анатольевич, д.т.н., профессор, профессор БГУИР, кафедра ИКТ. Область научных интересов: информационное управление и безопасность, электронный бизнес, интеллектуальные системы управления, сети IoT, блокчейн. Член двух докторских Советов по защите диссертаций. Автор более 520 научных работ, в том числе 8 монографий (2 на английском языке), четырех учебных пособий с грифом Министерства образования, одно с грифом УМО, 8-томного учебного комплекса «Информационный менеджмент», 205 научных статей, 22 авторских свидетельств и патентов.

Vishnyakov Uladzimir Anatolyevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of BSUIR, Department of ICT. Research interests: information management and security, electronic business, intelligent control systems, IoT network, blockchain. Member of 2 doctoral Councils for the defense of dissertations. Author of more than 520 scientific papers, including 8 monographs (2 in English), 4 manuals with the stamp of the Ministry of Education, one – with the stamp of UMO, 8-volume educational complex "Information Management", 205 scientific articles, 22 – patents.

E-mail: vish2002@list.ru