

ВИШНЯКОВ В. А.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ, НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ, ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ, БЛОКЧЕЙНА В ОБРАЗОВАНИИ

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

Аннотация. Целью статьи является исследование использования технологий машинного обучения, нейронных сетей, интернета вещей и блокчейна для повышения эффективности образования. В рамках исследования рассмотрены ограничения традиционного образования и влияние цифровизации. Приведены преимущества и системы от отдельного использования машинного обучения и нейронных сетей: прогнозирование успеваемости, анализ поведения студентов, проверка знаний. Рассмотрена архитектура интернета вещей в образовании, состоящая из трех уровней: восприятия, сетевой и приложений. Разработан процесс интеграции технологий машинного обучения, нейронных сетей, интернета вещей и блокчейна, включая сбор данных с использованием устройств интернета вещей, аналитическая обработка данных с помощью машинного обучения и нейронных сетей, надежного хранения данных, используя блокчейн. На основании этой схемы предложена структура системы интеграции трех технологий, состоящая из модулей сбора данных, интеллектуального анализа и хранения, подтверждения, защиты данных.

Ключевые слова: машинное обучение, нейронные сети, интернет вещей, блокчейн, образование

Введение

Современная система образования сталкивается с проблемами, вызванными стремительным развитием IT-технологий. Это связано с увеличением объема образовательных данных, которые необходимо обрабатывать, анализировать и использовать в обучении. Образовательные учреждения генерируют огромные массивы данных: от академической успеваемости студентов до аналитики посещаемости, однако их эффективное использование остается ограниченным. Другим аспектом является индивидуализация обучения, которая становится необходимостью. Студенты нуждаются в персонализированных подходах к обучению, которые учитывают их способности, интересы и темпы восприятия материала. Такие подходы невозможны без применения интеллектуальных технологий, способных анализировать данные о студентах и предлагать оптимальные учебные процессы. Третьим аспектом является переход на онлайн-форматы обучения, который значительно ускорился в результате глобальной пандемии [1].

Интеграция таких технологий как машинное обучение (Machine Learning, ML), нейронные сети (Neural Network, NN), интернет вещей (Internet of Things, IoT) и блокчейн, может стать решением этих проблем. Машинное обучение и нейронные сети позволяют анализировать большие объемы данных и находить в них закономерности, интернет вещей обеспечивает автоматизацию и сбор данных в реальном времени, а блокчейн гарантирует прозрачность и неизменяемость информации. Именно в эпоху цифровой трансформации их объединение становится важным для повышения эффективности и качества

образовательного процесса. Поэтому цель статьи – исследовать возможности интеграции технологий машинного обучения, нейронных сетей, интернета вещей и блокчейна для повышения эффективности образования. Это достигается решением следующих задач.

Определение ключевых направлений применения технологий: выделение наиболее перспективных областей, таких как автоматизация учебного процесса, персонализация обучения, верификация данных об успеваемости и обеспечение прозрачности образовательных процессов. Анализ преимуществ и рисков: рассмотрение, каким образом данные технологии могут повлиять на образовательные процессы с учетом их технических и организационных ограничений. Формирование сценариев интеграции: выявление схемы объединения технологий в единую систему, а также прогнозирование их дальнейшего развития в образовательной сфере.

Влияние цифровизации на образование

С развитием IT-технологий массовые открытые онлайн-курсы (MOOCs) [2] и дистанционное обучение стали мощными инструментами для расширения доступа к образованию. Платформы, такие как Coursera [3], edX и Khan Academy [4], предоставляют студентам доступ к курсам ведущих университетов мира. Преимущества: доступность образования для учащихся из удаленных регионов; возможность учиться в собственном темпе и выбирать подходящие курсы. Ограничения: нет прямого взаимодействия между учащимися и преподавателями.

Системы управления обучением (LMS – Learning Management Systems) [5], такие как Moodle, Blackboard и Google Classroom, играют ключевую роль в модернизации образовательного процесса. Эти платформы интегрируют учебные материалы, задания, оценки и коммуникацию, обеспечивая централизованный доступ к образовательным ресурсам. Преимущества: упрощение организации образовательного процесса; возможность для преподавателей анализировать активность студентов и корректировать учебный процесс в режиме реального времени. Ограничения: необходимость технической грамотности у пользователей; риск утечки данных и возможность кибератак.

Основные проблемы, которые пытаются решить новые технологии. Современные технологии позволяют фиксировать результаты каждого студента, отслеживать его активность и выявлять слабые стороны. Применение методов машинного обучения и Learning Analytics помогает преподавателям строить предсказательные модели для раннего выявления студентов с риском низкой успеваемости. Примером может служить использование интеллектуальных систем предупреждения (Early Warning Systems).

Индивидуализация обучения становится возможной благодаря интеграции искусственного интеллекта и систем адаптивного обучения. Эти системы анализируют данные о предпочтениях, уровне подготовки и скорости усвоения материала студентом, чтобы автоматически подстраивать учебный контент и задания. Пример: адаптивные платформы ALEKS [6] и DreamBox [7].

Упрощённый документооборот и подтверждение квалификаций. Блокчейн-технологии позволяют создавать защищённые и неизменяемые базы данных для хранения образовательных документов. Примеры применения: верификация дипломов и сертификатов через блокчейн-сети (проект MIT Digital Diplomas [8]). Создание децентрализованных репозиторий для хранения данных об успеваемости. Перспективы решения: комбинирование LMS с аналитическими системами для автоматической генерации рекомендаций. Интеграция IoT для мониторинга физической активности студентов (например, через носимые устройства) и условий обучения в реальном времени. Создание экосистем, в которых данные о студентах передаются между платформами в защищённом формате, поддерживая их образовательный путь на всех уровнях обучения.

Машинное обучение, нейронные сети, ИВ и блокчейн в образовательном процессе

Прогнозирование успеваемости. Современные подходы к прогнозированию успеваемости включают использование ансамблевых методов,

таких как метод случайного леса (Random Forest) и градиентный бустинг (Gradient Boosting). Эти алгоритмы обрабатывают множество факторов: личные данные студентов, академическую историю, паттерны поведения на платформе. Современные платформы, такие как Duolingo [10], используют алгоритмы для персонализации рекомендаций. Duolingo динамически адаптирует сложность упражнений на основе реальных результатов пользователей, что способствует улучшению их учебных достижений. В более продвинутых сценариях модели машинного обучения анализируют данные, тогда как нейронные сети применяются для анализа поведенческих паттернов пользователей в реальном времени.

Анализ поведения студентов. Образовательные платформы, такие как Moodle [11], аккумулируют данные об активности студентов, включая количество посещений курсов, продолжительность работы на платформе и частоту выполнения заданий. На основе этих данных формируются поведенческие модели, которые позволяют анализировать динамику учебного процесса. Применение алгоритмов временных рядов в NN, например, LSTM (Long Short-Term Memory), предоставляет возможность прогнозировать снижение вовлеченности студентов в учебную деятельность в краткосрочной перспективе.

Автоматическая проверка знаний. Применение GPT-моделей и трансформеров в образовательной сфере открывает возможности для автоматической проверки письменных работ и предоставления обратной связи на естественном языке. Например, модели OpenAI способны анализировать тексты, выделяя их сильные и слабые стороны, что помогает студентам совершенствовать свои работы и одновременно снижает нагрузку на преподавателей. Однако для достижения оптимальных результатов необходима дополнительная настройка моделей в соответствии с конкретными образовательными задачами.

Архитектура сети интернет вещей в образовании состоит из трех уровней.

Уровень восприятия (Perception Layer): устройства для сбора данных, такие как сенсоры температуры, освещения, устройства для биометрического анализа. **Уровень сети (Network Layer):** коммуникационные протоколы, обеспечивающие передачу данных в реальном времени. Например, в умных аудиториях сети Wi-Fi и LoRaWAN используются для передачи данных на серверы. **Уровень приложений (Application Layer):** аналитические платформы и пользовательские интерфейсы, которые интерпретируют данные для принятия решений. Информационные панели для администраторов учебных корпусов могут показывать, какие аудитории недоиспользуются.

Ключевой особенностью IoT в образовании является способность интегрироваться с существующими

ющими системами управления обучением и обеспечивать персонализированный подход к организации образовательного процесса. Датчики присутствия могут автоматически отмечать посещаемость студентов с использованием технологий RFID или инфракрасного сканирования, что упрощает мониторинг посещаемости на лекциях и семинарах [12]. Кроме того, носимые устройства, такие как фитнес-трекеры и умные часы, могут фиксировать физическую активность студентов в реальном времени во время занятий, измеряя пульс, количество шагов и другие параметры.

Применение блокчейна для проверки образовательных документов [13]. Технология блокчейн предоставляет надёжный и прозрачный инструмент для хранения и проверки подлинности образовательных документов, решая проблему их подделки. Московская школа программистов внедрила блокчейн для публикации выпускных свидетельств. Это первый в мире случай применения смарт-контрактов в школьном образовании.

Система включает смарт-контракт, узел Ethereum для отправки и проверки транзакций, платформу EduApp для публикации данных и страницу для проверки подлинности свидетельств. Доступ к данным осуществляется с согласия выпускника через приватный ключ. В блокчейне хранятся не персональные данные, а зашифрованные записи в виде хеша, что обеспечивает дополнительную безопасность. Такие решения упрощают процесс верификации документов для работодателей и вузов, снижая административные затраты и экономя время. Выпускники могут мгновенно подтвердить свои достижения, что делает систему удобной и эффективной. Применение блокчейна в образовании обеспечивает прозрачность, надёжность и эффективность управления образовательными данными, повышая доверие к документам и упрощая взаимодействие между студентами, образовательными учреждениями и работодателями.

Создание защищённых баз данных об успеваемости студентов. Блокчейн позволяет безопасно хранить данные студентов, включая их оценки, проекты, сертификаты. Такие базы данных гарантируют приватность и доступность информации, а также предоставляют возможность её передачи между учреждениями. Европейский проект EBSI (European Blockchain Services Infrastructure) включает разработку создания блокчейн-решений для упрощения обмена образовательными данными между университетами ЕС [14].

Микроплатежи и токенизация. Блокчейн активно используется для автоматизации финансовых транзакций, таких как оплата за курсы, вознаграждение за выполнение учебных заданий или участие в проектах. Примером может служить платформа BitDegree [15], где студенты получают токены за успешное выполнение курсов, которые они

могут использовать для оплаты других курсов или обменивать. Это не только стимулирует обучение, но и внедряет элементы геймификации.

Децентрализованное управление образовательными процессами. Смарт-контракты, работающие на базе блокчейна, могут использоваться для автоматизации административных задач, таких как зачисление на курсы, управление финансами студентов и выдача сертификатов. Примером является использование смарт-контрактов в системе Blockchain for Education [16], где образовательные процессы управляются с минимальным участием человека.

Структура системы интеграции машинного обучения, нейронных сетей, интернета вещей и блокчейна для образования

Интеграция машинного обучения, нейронных сетей, интернета вещей и блокчейна открывает новые возможности для трансформации образовательного процесса. Эти технологии обладают взаимодополняющими преимуществами: машинное обучение и нейросети обеспечивают интеллектуальный анализ данных, IoT отвечает за оперативный сбор и передачу данных, а блокчейн обеспечивает их надёжное хранение и защиту от подделки. Такая комбинация технологий позволяет создать системы, которые могут адаптироваться к индивидуальным потребностям студентов, одновременно обеспечивая прозрачность и надёжность всех процессов.

Схема интеграции может включать следующие этапы.

Сбор данных (IoT). Сенсоры, носимые устройства и платформы LMS собирают данные о поведении, активности и успеваемости студентов.

Интеллектуальный анализ (ML/NN). Алгоритмы машинного обучения анализируют данные для выявления закономерностей, прогнозирования успеха студентов и создания персонализированных рекомендаций.

Хранение данных (блокчейн). Использование блокчейна гарантирует неизменность данных, что важно при хранении информации об успеваемости, сертификатов и других образовательных документов.

На основании предложенной схемы определим **структуру** интеграции (будет способствовать созданию адаптивных образовательных систем, которые не только поддерживают персонализацию, но и решают задачи прозрачности и защиты данных), которая состоит из трех модулей.

Модули сбора данных включают сенсоры и устройства IoT. Устройства, размещенные в «умных» аудиториях, будут отслеживать такие параметры, как посещаемость, уровень шума, освещение и температуру. Носимые устройства собирают данные о физической активности студентов и их взаимодействии с учебными материалами. Интеграция LMS

с IoT позволяет фиксировать прогресс студентов, отслеживать их активность на курсах и анализировать их успехи. Например, платформа Moodle может взаимодействовать с устройствами IoT для мониторинга времени, проведенного за изучением определенных материалов.

Модуль интеллектуального анализа. Облачные вычисления предоставляют возможности для масштабного анализа данных, тогда как локальные серверы могут обрабатывать конфиденциальные данные, исключая риски утечки. Алгоритмы ML/NN будут прогнозировать успеваемость на основе данных о посещаемости, времени выполнения заданий и уровня вовлеченности обучаемых. Более сложные алгоритмы на базе нейронных сетей будут анализировать эмоциональное состояние студентов, выявлять их предпочтения и формировать персонализированные рекомендации.

Модуль хранения, подтверждения и защиты данных. Для сохранения данных об успеваемости и посещаемости применяется сеть блокчейн, которая гарантирует их неизменность и прозрачность. Например, каждый успешно завершённый курс может быть записан в блокчейн, что исключает возможность подделки результатов. Смарт-контракты будут использоваться для автоматизации управления образовательными процессами, они могут обеспечивать автоматическое начисление баллов студентам за выполнение заданий, контрольных работ и т.д.

Процесс использования. В «умных» корпусах интеграция IoT, ML и блокчейна позволяет оптимизировать управление зданиями и образовательными процессами. Сенсоры IoT могут отслеживать посещаемость лекций, контролировать условия в аудиториях (освещение, температура) и адаптировать их под текущие потребности студентов. Например, если в аудитории обнаружено недостаточное количество студентов, система может автоматически предложить объединить занятия и передать данные в деканат. Данные о посещаемости фиксируются в блокчейне, обеспечивая прозрачность и возможность дальнейшего анализа. Более того, системы аутентификации на основе IoT и блокчейна могут идентифицировать студентов, используя носимые устройства, что упрощает процесс входа в здание или на онлайн-платформу.

Поддержка индивидуальных образовательных программ. Интеграция IoT, ML и блокчейна позволяет создать уникальные программы обучения для каждого студента. Например, данные о выполнении домашних заданий, собранные через платформу LMS, могут анализироваться с помощью ML для определения сильных и слабых сторон студента. На основе этого анализа система предлагает персонализированные рекомендации, такие как дополнительные материалы или изменение графика обучения. Все достижения студента записываются в блокчейн,

что гарантирует их подлинность и дает возможность использовать эти данные для получения стипендий, сертификатов или при трудоустройстве.

Автоматизированные системы оценки. Сочетание ML и блокчейна позволяет автоматизировать процесс оценки знаний. Например, алгоритмы глубокого обучения могут проверять тексты или расчетные задания, предоставляя развернутую обратную связь с преподавателем. Результаты автоматически сохраняются в блокчейне, что исключает возможность манипуляций. Блокчейн-смарт-контракты могут использоваться для автоматического перевода студентов на следующий уровень обучения после выполнения всех необходимых требований.

Гибридные образовательные среды. Интеграция технологий позволяет комбинировать онлайн- и офлайн-обучение, обеспечивая максимальную гибкость. Например, в гибридной модели студенты могут участвовать в онлайн-курсах, выполняя задания на платформе LMS, а затем посещать офлайн-сессии, где используется IoT для анализа их вовлеченности и прогресса. Все данные синхронизируются через блокчейн, чтобы обеспечить единый источник информации.

Защита IoT-устройств от взломов. Системы IoT, используемые в образовательных учреждениях, такие как «умные» классы или сенсоры для мониторинга активности студентов, становятся ключевыми элементами цифровой образовательной инфраструктуры. Однако IoT-устройства, соединенные с открытыми сетями, уязвимы к кибератакам, таким как перехват данных, подмена идентификаторов устройств и распределенные атаки отказа в обслуживании (DDoS). Для защиты таких устройств необходимо внедрение комплексных мер, включая использование протоколов шифрования (TLS или IPSec), обновление встроенного программного обеспечения и разработку механизмов аутентификации пользователей. Примером защиты является использование системы публичных ключей (PKI) для обеспечения защищенного соединения между устройствами и облачными платформами [17].

Безопасное хранение данных с использованием блокчейна. Блокчейн обеспечивает высокий уровень безопасности благодаря своей неизменяемости и децентрализованной архитектуре [13]. В образовательных системах эта технология может использоваться для безопасного хранения академических записей, таких как результаты экзаменов, дипломы и сертификаты. Примером служит система MIT Digital Credentials, которая позволяет студентам хранить и делиться своими дипломами с работодателями через защищенный блокчейн. Однако внедрение блокчейна также связано с проблемами, как высокая энергозатратность (в публичных сетях) и сложность масштабирования.

Заключение

1. Интеграция машинного обучения, нейронных сетей, интернета вещей и блокчейна представляет собой новый инструмент для создания адаптивных, прозрачных и эффективных образовательных систем. Взаимодополняющие преимущества этих технологий позволяют не только повысить качество обучения, но и автоматизировать многие ручные процессы, освобождая время преподавателей для более важной работы. После их решения интеграция

технологий является одной из самых перспективных областей для дальнейших исследований и разработок в реализации проекта «Университет 4.0».

2. Разработана схема интеграции, включая этапы сбора данных, используя интернет вещей, аналитическая обработка данных с помощью машинного обучения и нейронных сетей, хранения данных, используя блокчейн. На основании схемы предложена структура системы интеграции, состоящая из модулей сбора данных, интеллектуального анализа и хранения, подтверждения, защиты данных.

REFERENCES

1. Adedoyin OB, Soykan E. Covid-19 pandemic and online learning: challenges and opportunities. *Interactive learning environments*. 2023;31(2):863-875. **DOI:** 10.1080/10494820.2020.1813180
2. Xiong Y, Ling Q, Li X. Ubiquitous e-teaching and e-learning: china's massive adoption of online education and launching MOOCs internationally during the COVID-19 outbreak. *Wireless communications and mobile computing*. 2021;2021(1):6358976. **DOI:** 10.1155/2021/6358976
3. Shafiq H, Wani ZADr, Mahajan IM, Qadri U. Courses beyond borders: A case study of MOOC platform Coursera. *Library philosophy and practice (e-journal)*. 2017;(November):1566. Available at: <https://digitalcommons.unl.edu/libphilprac/1566/>
4. Thompson C. How Khan Academy is changing the rules of education. *Wired Magazine*. 2011;July 15. Available at: http://resources.rosetastone.com/CDN/us/pdfs/K-12/Wired_KhanAcademy.pdf
5. Oliveira PC, Cunha CJA, Nakayama MK. Learning Management Systems (LMS) and e-learning management: an integrative review and a research agenda. *Journal of Information Systems and Technology Management*. 2016;13(2):27-44. **DOI:** 10.4301/S1807-177520160002000001
6. Canfield W. ALEKS: A web-based intelligent tutoring system. *Mathematics and computer education*. 2001;35(2):152-158.
7. Wang H, Woodworth K. Evaluation of Rocketship Education use of DreamBox Learning's online mathematics program. *SRI International*; 2011. 14 p. Available at: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://info.discoveryeducation.com/rs/063-SDC-839/images/ef-2011-08-SRI_Rocketship_Evaluation.pdf
8. Young A, Verhulst S. Creation immutable, stackable credentials through blockchain at MIT. *GOVLAB*; 2018. 9 p. Available at: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://blockchan.ge/blockchange-credentials.pdf>
9. Hsieh W, Bi Z, Jiang C, Liu J, Peng B, Zhang S, et al. A comprehensive guide to Explainable AI: from classical models to LLMs. *arXiv preprint*; 2024:2412.00800. **DOI:** 10.48550/arXiv.2412.00800
10. Veselinov R, Grego, J. Duolingo effectiveness study: final report. *City University of New York*; 2012. 24 p. Available et: https://www.languagezen.com/pt/about/english/Duolingo_Efficacy_Study.pdf
11. Gamage SHPV, Ayres JR, Behrend MB. A systematic review of trends in using Moodle for teaching and learning. *International Journal of STEM Education*. 2022, 9:1-9. **DOI:** 10.1186/s40594-021-00323-x
12. Sunusi A. Developing an access control system for students identification in higher institutions of learning using biometric technique. *Kampala International University*; 2019. 105 p. Available et: <https://ir.kiu.ac.ug/bitstreams/013cfa6f-0d99-4250-b695-05d28caf7897/download>
13. Vishnyakov VA, Kachan DA. Blockchain technology in education and IT medicine: models, algorithms, software: monograph. *Minsk: RISH*; 2023. 184 p. (In Russ.). Available at: <https://libeldoc.bsuir.by/handle/123456789/52599>
14. Tan E, Lerouge E, Du Caju J, Du Seuil D. Verification of education credentials on European Blockchain Service Infrastructure (EBSI): Action research in a cross-border use case between Belgium and Italy. *Big data and cognitive computing*. 2023;7(2):79. **DOI:** 10.3390/bdcc7020079
15. BitDegree-project review. Available et: <https://vc.ru/u/387242-terra-cognito/91972-bitdegree-obzor-proekta> (accessed: 11.01.2025).
16. Grether W, Kolvenbach S, Ruland R, Schutte J, Torres Ch, Wendland F. Blockchain for education: Lifelong learning passport. *Proceeding of 1st ERCIM Blockchain workshop*. 2018. Pp. 3-7. **DOI:** 10.18420/blockchain2018_07
17. Hoglund J, Lindemer S, Furuheid M, Raza S. PKI4IoT: Towards public key infrastructure for the Internet of Things. *Computers and security*. 2020,89(7):101658. **DOI:** 10.1016/j.cose.2019.10165

VISHNIAKOU U. A.

USING OF MACHINE LEARNING, NEURAL NETWORKS, INTERNET OF THINGS, BLOCKCHAIN TECHNOLOGIES IN EDUCATION

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

Abstract. *The purpose of the article is to study the using of technologies: machine learning (ML), neural networks (NN), Internet of Things (IoT) and blockchain (BC) to improve the effectiveness of education. The study examines the limitations of traditional education and the impact of digitalization. The advantages and systems from the separate use of machine learning and neural networks are presented: predicting academic performance, analyzing student behavior, and verifying knowledge. The IoT architecture in education is considered, consisting of three levels: perception, network and applications. The process of integrating ML, NN, IoT, and BC technologies has been developed, including data collection using IoT devices, analytical data processing using ML and NN, and reliable data storage using blockchain. Based on this scheme, the structure of the integration system is proposed, consisting of modules for data collection, intelligent analysis and storage, confirmation, and data protection.*

Keywords: *machine learning, neural networks, Internet of things, blockchain, education*



Вишняков Владимир Анатольевич

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

Доктор технических наук, профессор, профессор БГУИР, кафедра ИКТ. Область научных интересов: информационное управление и безопасность, электронный бизнес, интеллектуальные системы управления, нейронные сети, интернет вещей, блокчейн. Член двух докторских Советов по защите диссертаций. Автор более 540 научных работ, в том числе 8 монографий (2 на английском языке), 5-х учебных пособий с грифами Министерства образования Республики Беларусь, 8-томного учебного комплекса «Информационный менеджмент», 215 научных статей.

Uladimir Anatolyevich Vishnyakou

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics (BSUIR), Minsk, Republic of Belarus

Doctor of Science (Engineering), Professor, Professor of BSUIR, Department of ICT. Research interests: information management and security, electronic business, intelligent control systems, IoT, network. Member of 2 doctoral Councils for the defense of dissertations. Author of more than 540 scientific papers, including 8 monographs (2 in English), 5 textbooks, 8-volume educational complex "Information Management", 215 scientific articles.

E-mail: vish2002@list.ru