

DOI: 10.20913/2618-7515-2022-1-4

УДК 167.7

Оригинальная научная статья

## Технологические тенденции Индустрии 4.0 в образовании: навигатор возможностей

**В. В. Вихман**

*Новосибирский государственный технический университет*

*Новосибирск, Российская Федерация*

*e-mail: vvv@smc.nstu.ru*

**Аннотация.** *Введение.* Цель исследования – осмысление возможностей применения технологических трендов в образовании, инициируемых Индустрией 4.0. Под технологическими трендами, заявленными к применению в образовании, понимаются цифровые технологии, включенные в перечень стратегических программ национального развития (в контексте Индустрии 4.0): технологии больших данных, виртуальной и дополненной реальности, компоненты роботехники и сенсорики, искусственный интеллект, новые производственные технологии, технологии промышленного интернета и беспроводной связи, квантовые технологии и системы распределенного реестра. *Постановка задачи.* В работе решается задача выявления специфики и потенциальных возможностей цифровых технологий эпохи Индустрии 4.0 (как отдельно, так и при их интеграции), которые предоставляются образованию в контексте его цифровой трансформации и приобретения им нового качества – Образование 4.0. *Методика и методология исследования.* Методология исследования основывается на авторском подходе к формированию источниковой базы для последующих задач ее анализа и синтеза. В работе проанализировано свыше 50 зарубежных исследований, опубликованных в международных базах цитирования за последнее десятилетие, то есть с момента возникновения Индустрии 4.0. *Результаты исследования.* Проведенный многосторонний анализ фронтальных зарубежных источников показал, что в образовании не все цифровые технологии одинаково применимы в образовательной сфере, а носят характер от «активно применяемых» до «потенциально возможных к применению» в этой сфере. Существенный прикладной потенциал цифровых технологий зафиксирован у технологий больших данных, виртуальной и дополненной реальности, роботехники и сенсорики, а также искусственного интеллекта в контексте создания хранилищ данных, внедрения новых моделей обучения и образовательных агентов, имплементации кастомизированных образовательных решений. *Выводы.* Вектор и характер цифровой трансформации отраслей экономики, включая образование, задают цифровые технологии, которые в национальных программах (в контексте Индустрии 4.0) имеют приоритет. Цифровые метаморфозы сферы образования, основанные на активном внедрении и эффективном использовании цифровых технологий, позволяют последнему приобрести новые формы и качество на пути к Образованию 4.0.

**Ключевые слова:** образование, цифровые технологии, Индустрия 4.0, Образование 4.0

**Для цитирования:** Вихман В. В. Технологические тенденции Индустрии 4.0 в образовании: навигатор возможностей // Профессиональное образование в современном мире. 2022. Т. 12, № 1. С. 29–36. DOI: <https://doi.org/10.20913/2618-7515-2022-1-4>

DOI: 10.20913/2618-7515-2022-1-4  
Full Article

## Technological trends of Industry 4.0 in education: opportunity navigator

**Vikhman, V. V.**

*Novosibirsk State Technical University*  
*Novosibirsk, Russian Federation*  
*e-mail: vvv@smc.nstu.ru*

**Abstract.** *Introduction.* This article aims to comprehend the possibilities of application of the technological trends in education initiated by Industry 4.0. The technological trends announced for application in education are understood as digital technologies included in the list of strategic programs for national development (in the context of Industry 4.0): the big data technologies, virtual and augmented reality, robotics and sensorics components, artificial intelligence, new production technologies, industrial internet and wireless communication technologies, quantum technologies and distributed ledger systems. *Problem Statement.* The article is aimed to identify the specifics and potential of digital technologies of the Industry 4.0 era, both separately and in their integration, which are provided to education in the context of its digital transformation and acquisition of its new quality as Education 4.0. *Methodology.* The methodology of the study is based on the author's approach to the formation of the source base for the subsequent tasks of its analysis and synthesis. The work analyzes more than 50 foreign studies published in international citation databases over the past decade, i.e. since the moment when Industry 4.0 began to emerge. *Research results.* The conducted multilateral analysis of frontier foreign sources showed that not all digital technologies are equally applicable in education, but have a character ranging from "actively applied" to "potentially applicable" in this area. Significant applied potential of the digital technologies is fixed in the technologies of big data, virtual and augmented reality, robotics and sensorics, as well as artificial intelligence in the context of creating data warehouses, introducing new models of learning and educational agents, implementation of customized educational solutions. *Conclusions.* The vector and nature of the digital transformation of the branches of industries, including education, are set by digital technologies, which the national programs (in the context of Industry 4.0) have placed at the heart of this process. The ongoing digital metamorphosis of education, based on the active implementation and effective use of the digital technologies, allows the latter to acquire new forms and quality on the way to Education 4.0.

**Keywords:** education, digital technologies, Industry 4.0, Education 4.0

**Citation:** Vikhman, V. V. [Technological trends of Industry 4.0 in education: opportunity navigator]. *Professional education in the modern world*, 2022, vol. 12, no. 1, pp. 29–36. DOI: <https://doi.org/10.20913/2618-7515-2022-1-4>

**Введение.** Растущие темпы технологического прогресса в рамках Индустрии 4.0 затрагивают разные отрасли экономики, а также образование. В последние годы мы фиксируем не только вызовы, предъявляемые к образованию четвертой промышленной революцией, но и факты несогласованности темпов его цифровизации со скоростью происходящих цифровых поворотов в социуме. Несмотря на это, Индустрия 4.0, основанная на внедрении технологических трендов в отрасли экономики, побуждает образовательную сферу активно включаться в цифровую трансформацию своих основных процессов и повышать осведомленность среди поставщиков/потребителей образовательных услуг о благоприятных возможностях ее грядущих изменений. Для перехода к новому качеству – Образованию 4.0 – существующая система образования должна занять позицию не только активного внедрения,

но и эффективного применения современных технологических решений, в частности цифровых технологий, в своих основных процессах и практиках.

К цифровым технологиям относятся технологии больших данных, виртуальной и дополненной реальности, компоненты роботехники и сенсорики, искусственный интеллект, новые производственные технологии, технологии промышленного интернета, беспроводной связи, квантовые технологии и системы распределенного реестра. Вышеозначенный ряд цифровых решений, на наш взгляд, выступает тем самым драйвером перехода существующей образовательной сферы к Образованию 4.0. Если Образование 4.0 – это «открытый доступ, индивидуализированное образование, ментальная трансформация, интеграция цифровых технологий в образование, бесшовная среда обучения, непрерывное обучение, исследо-

вательское образование и мультидисциплинарное образование»<sup>1</sup>, то бытующая система образования, трансформируясь, приобретает технологическое звучание и новое качество. Именно новый формат образования в контексте Индустрии 4.0 способствует формированию современных форматов сотрудничества и общения, а также ключевых технологических навыков обучения.

**Постановка задачи.** Проблема, рассматриваемая в настоящей публикации, связана с назревшей потребностью осмысления горизонта возможностей, которые цифровые технологии могут предоставить образованию на пути перехода к новому формату – Образованию 4.0. В сложившейся ситуации, на наш взгляд, необходимо решить следующие задачи: 1) зафиксировать перечень ключевых цифровых технологий, на которых базируется Индустрия 4.0; 2) проанализировать доступный наличный теоретический контекст (современные публикации), в котором освещаются вопросы интеграции цифровых технологий и образования; 3) выделить наиболее яркие примеры имплементации цифровых технологий в образовании.

**Методика и методология исследования.** Ведущей методикой в работе выступает предложенный нами ранее авторский подход к формированию источниковой базы для последующих задач ее анализа и синтеза [1]. Основной акцент в последнем делается на следующем: в связи с осознанием, что наличный теоретический контекст (периодика) весьма масштабен, то есть генеральная совокупность источников, отражающая результаты осмысления интеграции цифровых технологий в образовании, велика, то предложено осуществлять аналитику на выборке. К выборке анализируемых источников предъявляется следующее требование: она должна быть достаточной, чтобы выявить тенденции внедрения и имплементации цифровых технологий в образование, а также отражать ключевые свойства, присущие всей генеральной совокупности источников. В нашей работе объем выборки составил свыше 50 зарубежных исследований, опубликованных в международных базах цитирования за последнее десятилетие, то есть с момента возникновения Индустрии 4.0.

**Результаты.** Сквозные технологии не только лежат в основе перехода системы образования к новой формации Образование 4.0, но и в корне меняют ее философию. Спрашивается: все ли цифровые технологии одинаковы применимы в образовании? Какие возможности они предоставляют в контексте их функционала в образовании? Для получения ответа считаем целесообразным не просто

проанализировать новейшие профильные публикации, а сконцентрировать свое внимание на литературе, представленной в ведущих международных научных базах и платформах, дабы охватить по возможности глобальные тенденции внедрения цифровых технологий.

**Большие данные в образовании.** Эта технология определяется, с одной стороны, как «данные, которые слишком велики для традиционных методов и методов анализа» [2], с другой – «как обстоятельства, при которых объем, скорость и разнообразие данных хранилища организации выходят за рамки вычислительных возможностей для точного и своевременного принятия решений» [3]. Обзор зарубежных источниковых баз привел нас к выводу о том, что технология больших данных уверенно проникает в образование, отмечаются различные аспекты ее применения, например, при оценке и прогнозировании успеваемости студентов образовательных учреждений, в том числе с использованием массовых открытых онлайн-курсов (МООС) [4], или считается, что они «могут помочь определить качество преподавательского состава и студентов и соответственно ранжировать учебные заведения» [5]. Отмечаются работы, в которых обсуждаются вопросы применения этой технологии при создании хранилищ данных, обрабатываемых образовательными учреждениями [6], «для повышения институциональной эффективности системы высшего образования» [7], при решении учреждениями задач по «изучению существующих проблем и определению способов их решения, а также прогнозирования возможных будущих результатов» [8]. Кроме того, фиксируется активное использование технологии больших данных для «улучшения образовательного процесса» [9], «повышения эффективности высших учебных заведений в эпоху Индустриальной Революции 4.0» [10], использования «в области учебной аналитики, что может позволить академическим учреждениям лучше понимать потребности учащихся и активно их решать» [11], «в программах последипломного образования» [12] и в качестве нового инструментария «для следующего поколения исследователей в области образования» и включения «этих тем в программы подготовки исследователей» [13].

**Виртуальная и дополненная реальность в образовании.** Под технологией виртуальной реальности в общем контексте понимается «совокупность аппаратных и программных систем, которые стремятся усовершенствовать всеобъемлющую сенсорную иллюзию присутствия в другой среде» [14]. Осмыслению многообещающей технологии виртуальной реальности для образования посвящен ряд разнообразных статей, которые раскрывают основные аспекты ее применения в образовании для обучения, в котором «студенты циклически

<sup>1</sup> Himmetoğlu B., Ayduğ D., Bayrak C. Education 4.0: defining the teacher, the student, and the school manager aspects of the revolution // Turkish Online Journal of Distance Education. 2020. Vol. 21. P. 12–28. DOI: 10.17718/tojde.770896.

проходят через четыре различных режима обучения: конкретный опыт, рефлексивное наблюдение, абстрактную концептуализацию и активное экспериментирование» [15], создания «теоретической основы для дидактического использования технологий виртуальной реальности в школах с выделением характеристик этих инструментов, которые поддерживаются представлением о преподавании, которое улучшает сенсомоторную активность в обучении» [16], «экспериментального обучения устойчивых инноваций с использованием виртуальной химической лаборатории, чтобы повлиять на академическую успеваемость» [17].

Кроме того, фиксируются труды, посвященные, с одной стороны, дизайну образовательных VR-приложений, применению головных дисплеев (HDM) или настольных дисплеев [18], с другой – исследованию потенциала этой технологии, оценки качества и объема, получаемой обучающимися с помощью виртуальной реальности информации [19]. Технология виртуальной и дополненной реальности, с одной стороны, «обещает новые модели преподавания и обучения, которые лучше соответствуют потребностям учащихся XXI в.» [20], склонна к применению «интегрированных моделей реализации образовательного процесса» [21] или «модели проектирования обучающих сред виртуальной реальности (VRLE)» [22], нацелена дать «объяснения причин нового роста AR и VR и того, почему их фактическое внедрение в образовании станет реальностью в ближайшем будущем» [23], с другой стороны, эта технология «может позволить преподавателям и студентам получить доступ к специализированным материалам вне времени и пространства» [24], «улучшить пространственные способности, решение проблем и мотивация студентов» [25], при этом при ее «включении в обучение студенты демонстрируют высокий уровень удовлетворенности и положительное отношение к ее использованию» [26].

*Робототехника и сенсорика в образовании.* Робототехника и сенсорика стали основой реального избавления человека от выполнения опасных и монотонных видов деятельности, а также осуществления прецизионных измерений и охватили собой многие направления разработки «автоматизированных технических систем и методов управления ими, разработки сенсорных систем и методов обработки сенсорной информации, взаимодействия технических систем между собой и с человеком». Диапазон областей, где робототехника находит свое применение, колеблется от промышленного производства до сферы обслуживания людей. Так, одним из наиболее перспективных направлений использования роботов в социальной сфере стали так называемые социальные роботы, под ними понимается «один из типов киберфизических систем, который

является социальным эквивалентом технологии Индустрия 4.0 в приложениях с участием людей, например, в сфере услуг» [27]. Социальные роботы нашли весьма широкое применение в образовательном контексте, где они «все чаще используются для помощи детям с дефицитом внимания, например, с аутизмом» [28], или в качестве «наставников или одноклассников» [29], «образовательных агентов с акцентом на развитие социально-психологических навыков» [30] и т. д.

*Искусственный интеллект в образовании.* Технология искусственного интеллекта не является новой, о ней заговорили еще до появления компьютерной техники, но переход от теоретических предпосылок к разработке технологий связан с 1940-ми гг. В это время Уоррен Маккалок (Warren McCulloch) и Уолтер Питтс (Walter Pitts) закладывают основы искусственного интеллекта (далее – ИИ) и презентуют миру первую в мире искусственную нейронную сеть, под которой понимается «моделирование процессов человеческого интеллекта машинами, особенно компьютерные системы» [31]. Применению технологии ИИ в образовании посвящен значительный ряд исследований, например, в части разработки интеллектуальных систем обучения, которые предназначены «для более качественного выполнения уроков и для самообучения учащихся» [32], анализа «наиболее распространенных тем в образовательном контексте, которые были решены с помощью искусственного интеллекта и методов машинного обучения» [33]. Считается, что технология ИИ «при использовании в образовании создает персонализированный учебный опыт» [34], «позволяет достичь такой степени гибкости и индивидуальной настройки, которая раньше была невозможна» [35], а также «разработать собственный план обучения, основанный на собственных интересах и карьере» [36].

*Системы распределенного реестра (блокчейн).* Технология «блокчейн» заявила о себе в 2008 г., когда Сатоши Накамото (Satoshi Nakamoto) описал ее в своей статье [37]. Технология «блокчейн» обладает «уникальными особенностями, включая децентрализацию, безопасность, надежность и целостность данных», она прошла три этапа от Блокчейн 1.0 до 3.0. Именно в 3.0 «приложения были разработаны в различных секторах, таких как правительство, образование, здоровье и наука» [38]. Но несмотря на столь позитивный факт, эта технология делает весьма робкие шаги в образовании, в частности разработаны различные блокчейн-приложения для образовательных целей. Эти приложения можно разделить на следующие категории: управление сертификатами, управление компетенциями и результатами обучения, оценка профессиональных способностей студентов, защита учебных объектов, обеспечение

совместной учебной среды, перевод взносов и кредитов, получение согласия на цифровое опекуство, управление конкурсами, управление авторскими правами, повышение уровня знаний учащихся, взаимодействие в электронном обучении, обзор экзамена и поддержка непрерывного обучения». Однако применяет эти возможности, к сожалению, весьма скромный ряд образовательных учреждений. Можно предположить, что это связано с тем, что до конца не осмыслен вопрос проблемы внедрения этой технологии в образовательных целях и это вопрос времени в части ее масштабируемости, конфиденциальности и стоимости.

Оставшиеся технологии продемонстрировали относительно слабое в потенции применение в образовании как самодостаточные технологии, но это не мешает им в условиях интеграции друг с другом добиться синергетического эффекта, например, в технологии-интеграторе – Цифровой двойник [39].

Анализ показал, что все цифровые технологии можно разделить на *основные* (активно применяемые) цифровые технологии: больших данных, виртуальной и дополненной реальности, компоненты роботехники и сенсорики, искусственного интеллекта, системы распределенного реестра – и *дополнительные* (потенциально возможные к применению): новые производственные технологии, промышленный интернет, технологии беспроводной связи, квантовые технологии.

**Выводы.** Резюмируя, отметим следующее.

1. Цифровая национальная повестка всецело поглотила различные отрасли экономики. Образование, являясь одной из социально важных отраслей, также оказалось втянутым в цифровой трансформационный «водоворот». Вектор цифровой

трансформации всех отраслей экономики, а также образование, задают цифровые технологии, которые в национальных программах (в контексте Индустрии 4.0) имеют приоритет. К вышеозначенным цифровым технологиям относят технологии больших данных, виртуальной и дополненной реальности, компоненты роботехники и сенсорики, искусственного интеллекта, системы распределенного реестра, новые производственные технологий, промышленный интернет, технологии беспроводной связи, квантовые технологии.

2. Многосторонний анализ зарубежных источников фронтальной периодики последних лет показал, что в образовании отмечается следующие тенденции применения вышеозначенных цифровых технологий: а) не все цифровые технологии одинаково применимы в образовательной сфере, одни активно применяются, а другие носят характер потенциального использования в этой сфере; б) к ключевым позициям *возможностей применения* цифровых технологий в образовании можно отнести следующее: создание хранилищ данных, обрабатываемых образовательными учреждениями; внедрение новых моделей обучения и образовательных агентов; улучшение пространственных способностей студентов и адаптация к новой сетевой образовательной реальности; имплементация кастомизированных образовательных решений.

3. Цифровая трансформация бытующей сферы образования, основанная на активном применении возможностей цифровых технологий, выводит его на новый уровень – Образование 4.0, которое не только формально соответствует эпохе Индустрии 4.0, но способно выпускать в рыночное пространство кадры нового типа, ориентированные на цифровую реальность.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вихман В. В. Технология формирования источниковой базы исследования образования как социального феномена // Социология. 2021. № 1. С. 213–219.
2. Bihl T. J., Young W. A. (II), Weckman G. R. Defining, understanding, and addressing big data // International Journal of Business Analytics. 2016. Vol. 3, № 2. P. 1–32. DOI: 10.4018/IJBAN.2016040101.
3. Laney D. 3D Data management: controlling data volume, velocity and variety : Gartner report. 2001. № 949. URL: <https://www.bibsonomy.org/bibtex/263868097d6e1998de3d88fcb7670ca6/refshah> (дата обращения: 06.07.2021).
4. Sin K., Muthu L. Application of Big Data in education data mining and learning analytics – a literature review // ICTACT Journal on Soft Computing. 2015. Vol. 5, № 4. P. 1035–1049. DOI: <https://doi.org/10.21917/ijsc.2015.0145>.
5. Al-Kabi M. N., Jirjees J. M. Survey of Big Data applications: health, education, business & finance, and security & privacy // Journal of Information Studies & Technology. 2019. Vol. 2018. DOI: 10.5339/jist.2018.12.
6. Danie B. Big data and analytics in higher education: opportunities and challenges // British Journal of Educational Technology. 2015. Vol. 46, № 5. P. 904–920. DOI: <https://doi.org/10.1111/bjet.12230>.
7. Hwang Yo. Adoption of big data in higher education for better institutional effectiveness. 2019. Vol. 2. P. 31–44. DOI: 10.20448/815.21.31.44.
8. Daniel B. K. Big data in higher education: the big picture. Big data and learning analytics in higher education: current theory and practice. [S. l.], Springer, 2017, pp. 19–28. DOI: 10.1007/978-3-319-06520-5\_3.

9. Khan Sh., Alqahtani S. Big Data application and its impact on education // *International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)*. 2020. Vol. 15, № 17. P. 36–46. DOI: 10.3991/ijet.v15i17.14459.
10. Ashaari Mohamed Azlan, Amran Azlan, Singh Karpal, Singh Dara. Big data analytics capability for improved performance of higher education institutions in the Era of IR 4.0: a proposed conceptual framework // *International Journal of Innovation, Creativity and Change*. 2020. Vol. 13, № 8. P. 73–93.
11. Kalota F. Applications of Big Data in education // *International Journal of Social, Education, Economics and Management Engineering*. 2015. Vol. 9, № 5. P. 1501–1506.
12. Cortés Ruiz J. A., Rivas García R. M. Big data and digital tools applied to the teaching: learning in graduate programs in Mexico // *Management training programs in higher education for the fourth industrial revolution: emerging research and opportunities*. Hershey : IJI Global, 2020. P. 1–21. DOI: 10.4018/978-1-7998-1875-5.ch001.
13. Gibson D., Ifenthaler D. Preparing the next generation of education researchers for Big Data in higher education // *Big Data and learning analytics in higher education*. [S. l.] : Springer, 2017. P. 29–42. DOI: 10.1007/978-3-319-06520-5\_42017.
14. Radianti J., Majchrzak T. A., Fromm J., Wohlgenannt I. A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: design elements, lessons learned, and research agenda // *Computers & Education*. 2020. Vol. 147. Art. 103778, pp. 1–29. DOI: 10.1016/j.compedu.2019.103778.
15. Kolb D. A. Experience as the source of learning and development. Hemel Hempstead, Prentice Hall Intern., 1984, 256 p.
16. D’elia F., Di Tore Stefano, Sibilio M. A constructivist approach to virtual reality for experiential learning // *E-Learning and Digital Media*. 2012. Vol. 9. P. 317–324. DOI:10.2304/elea.2012.9.3.317.
17. Su C.-H., Cheng T.-W. A sustainability innovation experiential learning model for virtual reality chemistry laboratory: an empirical study with PLS-SEM and IPMA // *Sustainability*. 2019. № 11. Art. 1027. P. 1–24.
18. Jensen L., Konradsen F. A review of the use of virtual reality head-mounted displays in education and training // *Education and Information Technologies*. 2018. Vol. 23, № 4. P. 1515–1529. DOI: 10.1007/s10639-017-9676-0.
19. Merchant Z., Goetz E. T., Cifuentes L., Keeney-Kennicutt W., Davis T. J. Effectiveness of virtual reality-based in-struction on students’ learning outcomes in k-12 and higher education: a meta-analysis // *Computers & Education*. 2014. Vol. 70. P. 29–40. DOI: 10.1016/j.compedu.2013.07.033.
20. Krokos E., Plaisant C., Varshney A. Virtual memory palaces: immersion aids recall // *Virtual Reality*. 2019. Vol. 23, № 1. P. 1–15.
21. Elmqaddem N. Augmented reality and virtual reality in education. Myth or reality? // *International Journal of Emerging Technologies in Learning*. 2019. Vol. 14, № 3, pp. 234–241. DOI: 10.3991/ijet.v14i03.9289.
22. Gudoniene D., Rutkauskiene D. Virtual and augmented reality in education. *Baltic Journal Modern Computing*. 2019. Vol. 7, № 2. P. 293–300. DOI: <https://doi.org/10.22364/bjmc.2019.7.2.07>.
23. Zeynep T., Barney D. Building an instructional design model for immersive virtual reality learning environments // *Designing, deploying, and evaluating virtual and augmented reality in education*. Hershey : IGI Global, 2021. P. 20–47. DOI: 10.4018/978-1-7998-5043-4.ch002.
24. Vuta D. R. Augmented reality technologies in education – a literature review // *Bulletin of the Transilvania University of Brasov*. 2021. Vol. 13, № 2. P. 35–46. DOI: 10.31926/but.es.2020.13.62.2.4.
25. Guntur M., Setyaningrum W., Retnawati H., Marsigit M. Assessing the potential of augmented reality in education // *Proceedings of the 2020 11th International conference on e-education, e-business, e-management, and e-learning*. New York, 2020. P. 93–97. DOI: 10.1145/3377571.3377621.
26. Barroso Osuna J., Gutiérrez-Castillo J. J., Llorente-Cejudo M. C., Valencia-Ortiz R. Difficulties in the incorporation of augmented reality in university education: visions from the experts // *Journal of New Approaches in Educational Research*. Vol. 8, № 2. P. 126. DOI: 10.7821/naer.2019.7.409.
27. Pachidis T. P., Vrochidou E., Kaburlasos V. G., Kostova S. P., Bonkovic M., Papić V. Social robotics in education: state-of-the-art and directions // *27<sup>th</sup> International conference on robotics in Alpe-Adria Danube region*. [S. l.] : Springer, 2018. P. 689–700.
28. Konijn E., Smakman M., van den Berghe R. Use of robots in education // *The International encyclopedia of media psychology*. New York, 2020. P. 1–8. DOI: 10.1002/9781119011071.iemp0318.
29. Belpaeme T., Kennedy J., Ramachandran A., Scassellati B., Tanaka F. Social robots for education: a review // *Science Robotics*. 2018. Vol. 3. Art. eaat5954. P. 1–9. DOI: 10.1126/scirobotics.aat5954.
30. Mishra D., Parish K., Lugo R. G., Wang H. A framework for using humanoid robots in the school learning environment // *Electronics*. 2021. Vol. 10, № 6. Art. 756. P. 1–12. DOI: <https://doi.org/10.3390/electronics10060756>.
31. Ликова–Арсенова В. Artificial intelligence in education // *Педагогический форум*. 2020. № 8. С. 49–56. DOI: 10.15547/PF.2020.022.
32. Flogie A., Abersek B. Artificial intelligence in education // *Active learning*. [S. l.], 2022. P. 1–21. DOI: 10.5772/intechopen.96498.
33. Al Braiki B., Harous S., Zaki N., Alnajjar F. Artificial intelligence in education and assessment methods // *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*. 2020. Vol. 9, № 5. P. 1998–2007. DOI: 10.11591/eei.v9i5.1984.
34. Panigrahi A., Joshi J. Use of artificial intelligence in education // *SSRN Electronic Journal*. 2020. Vol. 55, № 5. P. 64–67. DOI: 10.2139/ssrn.3666702.
35. Sadiku M. N. O., Ashaolu T. J., Ajayi–Majebi A., Musa S. Artificial intelligence in education // *International Journal of Scientific Advances*. 2021. Vol. 2, № 1. P. 5–11. DOI: 10.51542/ijscia.v2i1.2.

36. Yu D. D., Ding M. R., Li W., Jing L., Wang L., Liang B. Designing an artificial intelligence platform to assist undergraduate in art and design to develop a personal learning plans // *HCI*. 2019. Vol. 20. P. 528–538. DOI: 10.1007/978-3-030-23538-3\_41.

37. Nakamoto S. Bitcoin: a peer-to-peer electronic cash system. 2008. URL: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf> (дата обращения: 06.07.2021).

38. Alammary A., Alhazmi S., Almasri M., Gilani S. Blockchain-based applications in education: a systematic review // *Applied Sciences*. 2019. Vol. 9, № 12, art. 2400. P. 1–18. DOI: 10.3390/app9122400.

39. Вихман В. В., Ромм М. В. «Цифровые двойники» в образовании: перспективы и реальность // *Высшее образование в России*. 2021. Т. 30, № 2. С. 22–32. DOI: 10.31992/0869-3617-2021-30-2-22-32.

## REFERENCES

1. Vikhman V. V. Technology of formation of the source base for the study of education as a social phenomenon. *Sociology*, 2021, no. 1, pp. 213–219. (In Russ.).

2. Bihl T., Young W. A. (II), Weckman G. R. Defining, understanding, and addressing big data. *International Journal of Business Analytics*, 2016, vol. 3, no. 2, pp. 1–32. DOI: 10.4018/IJBAN.2016040101.

3. Laney D. 3D data management: controlling data volume, velocity and variety. *Gartner report*, 2001, no. 949. URL: [http://blogs.gartner.com/doug\\_laney/files/2012/01/ad949-3D-Data-Management-ControllingData-Volume-Velocityand-Variety.pdf](http://blogs.gartner.com/doug_laney/files/2012/01/ad949-3D-Data-Management-ControllingData-Volume-Velocityand-Variety.pdf) (accessed 06.07.2021).

4. Sin K., Muthu L. Application of big data in education data mining and learning analytics – a literature review. *ICTACT Journal on Soft Computing*, 2015, vol. 5, no. 4, pp. 1035–1049. DOI: <https://doi.org/10.21917/ijsc.2015.0145>.

5. Al-Kabi M. N., Jirjees J. M. Survey of big data applications: health, education, business & finance, and security & privacy. *Journal of Information Studies & Technology*, 2018, no. 2, art. 12, pp. 1–10. DOI: 10.5339/jist.2018.12.

6. Daniel B. Big data and analytics in higher education: opportunities and challenges. *British Journal of Educational Technology*, 2015, vol. 46, no. 5, pp. 904–920. DOI: <https://doi.org/10.1111/bjet.12230>

7. Hwang Yo. Adoption of big data in higher education for better institutional effectiveness. *American Journal of Creative Education*, 2019, vol. 2, no. 1, pp. 31–44. DOI: 10.20448/815.21.31.44.

8. Daniel B. K. Big data in higher education: the big picture. *Big data and learning analytics in higher education: current theory and practice*. [S. l.], Springer, 2017, pp. 19–28. DOI: 10.1007/978-3-319-06520-5\_3.

9. Khan Sh., Alqahtani S. Big data application and its impact on education. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 2020, vol. 15, no 17, pp. 36–46. DOI: 10.3991/ijet.v15i17.14459.

10. Ashaari M. A., Amran A., Singh K. S. D. Big data analytics capability for improved performance of higher education institutions in the Era of IR 4.0: a proposed conceptual framework. *International Journal of Innovation, Creativity and Change*, 2020, vol. 13, no. 8, pp. 73–93.

11. Kalota F. Applications of big data in education. *International Journal of Social, Education, Economics and Management Engineering*, 2015, vol. 9, no. 5, pp. 1501–1506.

12. Cortés Ruiz J. A., Rivas García R. M. Big data and digital tools applied to the teaching: learning in graduate programs in Mexico. *Management training programs in higher education for the fourth industrial revolution: emerging research and opportunities*. Hershey, IGI Global, 2020, pp. 1–21. DOI: 10.4018/978-1-7998-1875-5.ch001.

13. Gibson D., Ifenthaler D. Preparing the next generation of education researchers for big data in higher education. *Big data and learning analytics in higher education: current theory and practice*. [S. l.], Springer, 2017, pp. 29–42.

14. Radianti J., Majchrzak T. A., Fromm J., Wohlgenannt I. A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers & Education*, 2020, vol. 147, art. 103778, pp. 1–29. DOI: 10.1016/j.compedu.2019.103778.

15. Kolb D. A. *Experiential learning: experience as the source of learning and development*. Hemel Hempstead, Prentice Hall Intern., 1984, 256 p.

16. D’elia F., Di Tore S., Sibilio M. A constructivist approach to virtual reality for experiential learning. *E-Learning and Digital Media*, 2012, vol. 9, no. 3, pp. 312–324. DOI: <http://dx.doi.org/10.2304/elea.2012.9.3.317>.

17. Su C.-H., Cheng T.-W. A sustainability innovation experiential learning model for virtual reality chemistry laboratory: an empirical study with PLS-SEM and IPMA. *Sustainability*, 2019, vol. 11, no. 4, art. 1027, pp. 1–24.

18. Jensen L., Konradsen F. A review of the use of virtual reality head-mounted displays in education and training. *Education and Information Technologies*, 2018, vol. 23, no. 4, pp. 1515–1529. DOI: 10.1007/s10639-017-9676-0.

19. Merchant Z., Goetz E. T., Cifuentes L., Keeney-Kennicutt W., Davis T. J. Effectiveness of virtual reality-based instruction on students’ learning outcomes in k-12 and higher education: a meta-analysis. *Computers & Education*, 2014, vol. 70, pp. 29–40. DOI: 10.1016/j.compedu.2013.07.033.

20. Krokos E., Plaisant C., Varshney A. Virtual memory palaces: immersion aids recall. *Virtual Reality*, 2019, vol. 23, no. 1, pp. 1–15.

21. Elmqaddem N. Augmented reality and virtual reality in education. Myth or Reality? *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 2019, vol. 14, no. 3, pp. 234–241. DOI: 10.3991/ijet.v14i03.9289.

22. Gudoniene D., Rutkauskiene D. Virtual and augmented reality in education. *Baltic Journal of Modern*

*Computing*, 2019, vol. 7, no. 2, pp. 293–300. DOI: <https://doi.org/10.22364/bjmc.2019.7.2.07>

23. Zeynep T., Barney D. Building an instructional design model for immersive virtual reality learning environments. *Designing, deploying, and evaluating virtual and augmented reality in education*. Hershey, IGI Global, 2021, pp. 20–47. DOI: 10.4018/978-1-7998-5043-4.ch002.

24. Vuta D. R. Augmented reality technologies in education - a literature review. *Bulletin of Transilvania University of Brasov. Series V: Economic Sciences*, 2021, Vol. 13, no. 2, pp. 35–46. DOI: 10.31926/but.es.2020.13.62.2.4.

25. Guntur I., Setyaningrum W., Retnawati H., Marsigit M. Assessing the potential of augmented reality in education. *IC4E 2020: proceedings of the 2020 11th International conference on e-education, e-business, e-management, and e-learning*. New York, 2020, pp. 93–97. DOI: 10.1145/3377571.3377621.

26. Barroso-Osuna J., Gutiérrez-Castillo J. J., Llorente-Cejudo M. C., Valencia-Ortiz R. Difficulties in the incorporation of augmented reality in university education: visions from the experts. *Journal of New Approaches in Educational Research*, 2019, vol. 8, no. 2, pp. 126–141. DOI: 10.7821/naer.2019.7.409.

27. Pachidis Th., Vrochidou E., Kaburlasos V., Kostova S., Bonkovic M., Papić V. Social robotics in education: state-of-the-art and directions. 27th International conference on robotics in Alpe-Adria-Danube Region. [S. l.], Springer, 2018, pp. 689–700.

28. Konijn E., Smakman M., Van den Berghe R. Use of robots in education. *The International encyclopedia of media psychology*. New York, 2020, pp. 1–8. DOI: 10.1002/9781119011071.iemp0318.

29. Belpaeme T., Kennedy J., Ramachandran A., Scassellati B., Tanaka F. Social robots for education: a review. *Science Robotics*, 2018, vol. 3, art. eaat5954, pp. 1–9. DOI: 10.1126/scirobotics.aat5954.

30. Mishra D., Parish K., Lugo R., Wang H. A framework for using humanoid robots in the school learning environment.

*Electronics*, 2021, vol. 10, no. 6, art. 756, pp. 1–12. DOI: 10.3390/electronics10060756.

31. Likova-Arsenova V. Artificial intelligence in education. *Pedagogical forum*, 2020, no. 8, pp. 49–56. (In Bulg.). DOI: 10.15547/PF.2020.022.

32. Flogie A., Abersek B. Artificial intelligence in education. *Active leaning*. [S. l.], 2022, pp. 1–21. DOI: 10.5772/intechopen.96498.

33. Al Braiki B., Harous S., Zaki N., Alnajjar F. Artificial intelligence in education and assessment methods. *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*, 2020, vol. 9, no. 5, pp. 1998–2007. DOI: 10.11591/eei.v9i5.1984.

34. Panigrahi A., Joshi V. Use of artificial intelligence in education. *SSRN Electronic Journal*, 2020, vol. 55, no. 5, pp. 64–67. DOI: 10.2139/ssrn.3666702.

35. Sadiku M. N. O., Ashaolu T. J., Ajayi-Majebi A., Musa S. M. Artificial intelligence in education. *International Journal of Scientific Advances*, 2021, vol. 2, no. 1, pp. 5–11. DOI: 10.51542/ijscia.v2i1.2.

36. Yu D. D., Ding M. R., Li W. J., Wang L., Liang B. Designing an artificial intelligence platform to assist undergraduate in art and design to develop a personal learning plans. *HCI*, 2019, vol. 20, pp. 528–538. DOI: 10.1007/978-3-030-23538-3\_41.

37. Nakamoto S. Bitcoin: a peer-to-peer electronic cash system. 2008. URL: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf> (accessed 06.07.2021)

38. Alammery A., Alhazmi S., Almasri M., Gilani S. Blockchain-based applications in education: a systematic review. *Applied Sciences*, 2019, vol. 9, no. 12, art. 2400, pp. 1–18. DOI: 10.3390/app9122400.

39. Vikhman V. V., Romm M. V. “Digital twins” in education: prospects and reality. *Higher education in Russia*, 2021, vol. 30, no. 2, pp. 22–32. DOI: 10.31992/0869-3617-2021-30-2-22-32. (In Russ.).

### Информация об авторе

**Вихман Виктория Викторовна** – кандидат педагогических наук, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры философии (факультет гуманитарного образования), начальник отдела (учебное управление), Новосибирский государственный технический университет (Российская Федерация, 630073, г. Новосибирск, проспект Карла Маркса, 20, оф. 225, e-mail: [vvv@smc.nstu.ru](mailto:vvv@smc.nstu.ru)).

Статья поступила в редакцию 23.09.2021

После доработки 15.02.2022

Принята к публикации 18.02.2022

### Information about the author

**Viktoria V. Vikhman** – Candidate of Pedagogical Sciences, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate professor at the Department of Philosophy (the Faculty of Humanities Education), Head of Department (Academic Department), Novosibirsk State Technical University (office 225, 20, Karl Marx Ave., Novosibirsk, 630073, Russian Federation, e-mail: [vvv@smc.nstu.ru](mailto:vvv@smc.nstu.ru)).

The paper was submitted 23.09.2021

Received after reworking 15.02.2022

Accepted for publication 18.02.2022