



Андрусенко Юлия Алексеевна, старший преподаватель кафедры вычислительной математики и кибернетики факультета математики и компьютерных наук имени профессора Н.И. Червякова, ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», Ставрополь, Россия.

Andrusenko Yuliya A., Senior Lecturer, Department of Computational Mathematics and Cybernetics, Faculty of Mathematics and Computer Sciences named after Prof. Nikolay Chervyakov, North Caucasus Federal University, Stavropol, Russia.

Головин Иван Владимирович, Селиванов Максим Евгеньевич, студенты кафедры вычислительной математики и кибернетики факультета математики и компьютерных наук имени профессора Н.И. Червякова, ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», Ставрополь, Россия.

Golovin Ivan V., Selivanov Maksim E., Students, Department of Computational Mathematics and Cybernetics, Faculty of Mathematics and Computer Sciences named after Prof. Nikolay Chervyakov, North Caucasus Federal University, Stavropol, Russia.

Семиколеннова Елена Романовна, студент департамента функциональных материалов и инженерного конструирования Института перспективной инженерии, ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», Ставрополь, Россия.

Semikolennova Elena R., Student, Department of Functional Materials and Engineering Design, Institute for Advanced Engineering, North Caucasus Federal University, Stavropol, Russia.

Васильев Максим Николаевич, студент кафедры КБ-14 «Цифровые технологии обработки данных» Института кибербезопасности и цифровых технологий ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет», Москва, Россия.

Vasilev Maksim N., Student, Department KB-14 “Digital data processing technologies”, Institute for Cybersecurity and Digital Technologies, MIREA – Russian Technological University, Moscow, Russia.

Инновационные подходы к обучению в метавселенных

Аннотация. В статье рассматриваются современные подходы к использованию метавселенных в образовательной среде. Приводится определение понятия «метавселенная», описываются ключевые технологические компоненты, лежащие в основе виртуальных и дополненных образовательных пространств. Особое внимание уделено анализу существующих кейсов внедрения метавселенных в учебные процессы в разных странах, включая проекты университетов Южной Кореи, ОАЭ, Великобритании, Германии, Японии и ЮАР. Также освещаются преимущества применения этих технологий – повышение вовлечённости студентов, иммерсивность и персонализация обучения, – а также возможные риски и ограничения, связанные с технической, социальной и правовой составляющей. Работа опирается на отечественные и зарубежные научные публикации

последних лет, а также официальные отчёты образовательных организаций. Сделан вывод о высокой трансформационной роли метавселенных в будущем образовании и необходимости системного подхода к их изучению и внедрению.

Ключевые слова: метавселенная, виртуальная реальность, дополненная реальность, иммерсивные технологии, образовательные технологии, VR, AR, цифровая среда обучения, инновации в обучении.

Innovative Approaches to Learning in Metaverse

Abstract. The article considers modern approaches to the use of metaverses in the educational environment. It provides a definition of the concept of “metaverse” and describes the key technological components underlying virtual and augmented educational spaces. Particular attention is paid to the analysis of existing cases of implementing metaverses in educational processes in different countries, including projects of universities in South Korea, the UAE, Great Britain, Germany, Japan and South Africa. It also highlights the advantages of using these technologies – increased student engagement, immersion and personalization of learning – as well as possible risks and limitations associated with technical, social and legal components. The work is based on domestic and foreign scientific publications of recent years, as well as official reports of educational organizations. A conclusion is made about the high transformational role of metaverses in future education and the need for a systematic approach to their study and implementation.

Keywords: metaverse, virtual reality, augmented reality, immersive technologies, educational technologies, VR, AR, digital learning environment, innovations in learning.

Введение

Одним из перспективных направлений в области цифровизации являются метавселенные, представляющие собой виртуальные 3D-пространства, в которых пользователи взаимодействуют друг с другом и с цифровыми объектами в реальном времени, создавая иммерсивную и социальную образовательную среду.

Согласно определению, предложенному С. Чжан, Ю. Чэнь, Л. Ху и др., метавселенная – это «интеграция физического и цифрового миров, обеспечиваемая через технологии виртуальной реальности (VR), дополненной реальности (AR), смешанной реальности (MR), блокчейна и искусственного интеллекта, позволяющая пользователям взаимодействовать в масштабируемом и персонифицированном пространстве обучения» [18]. Это определение подчёркивает мультикомпонентную природу метавселенной, охватывающую как технические, так и педагогические аспекты.

Применение метавселенных в образовании открывает широкие возможности: от создания виртуальных лабораторий и музеев до моделирования сложных процессов и развития навыков через цифровые аватары. Такие технологии способны изменить саму парадигму обучения, смещая акцент с пассивного восприятия знаний на активное взаимодействие, творчество и экспериментирование. Метавселенная позволяет не только

воссоздавать реальность, но и моделировать невозможное – исторические события, молекулярные процессы, работу в экстремальных условиях и др.

Тем не менее, несмотря на высокий потенциал, использование метавселенной в образовательных целях находится на ранней стадии своего развития. Существуют как технические и организационные, так и этические барьеры внедрения: высокая стоимость оборудования, недостаток компетенций у преподавателей, вопросы безопасности персональных данных и доступности таких технологий для широкого круга обучающихся.

Цель настоящей статьи – исследовать инновационные подходы к обучению с применением технологий метавселенной, проанализировать существующие примеры их использования в образовательной практике, выявить ключевые преимущества и ограничения, а также предложить направления развития и рекомендации по их внедрению в учебный процесс.

Обзор подходов к исследованию

В последние годы концепция метавселенной привлекла значительное внимание в образовательной сфере, предлагая новые возможности для обучения и взаимодействия. Исследователи рассматривают метавселенную как интеграцию различных технологий, включая виртуальную и дополненную реальность, искусственный интеллект и блокчейн, создающих иммерсивную и интерактивную образовательную среду.

Значительное внимание в литературе уделяется технической стороне вопроса – архитектуре и компонентам, обеспечивающим функционирование метавселенной. В исследованиях Л. Ли, Т. Брауда, П. Чжоу и др. предлагается структурная модель метавселенной, состоящая из пяти уровней: аппаратной инфраструктуры, движков XR (Extended Reality), платформ взаимодействия, сервисов создания контента и слоёв пользовательского опыта. В рамках этой модели метавселенная рассматривается как экосистема, в которой технологии сочетаются с контентом, создаваемым как разработчиками, так и пользователями, включая преподавателей и студентов [4].

В научной литературе представлены также исследования, фокусирующиеся на педагогических аспектах применения метавселенных. Так, в работе Д. Шина [15] подчёркивается, что наиболее эффективные формы обучения в метавселенной связаны с активными методами: симуляциями, проектной деятельностью, ролевыми играми и коллаборативным обучением. Это объясняется возможностью вовлечения обучающегося в контекст, близкий к реальному или даже превосходящий его по возможностям моделирования. Автор отмечает, что именно ощущение «присутствия» в виртуальной среде способствует лучшему усвоению информации и формированию устойчивых навыков.

Особый интерес представляют практические кейсы применения метавселенных в образовательной среде. В Южной Корее, например, реализован проект Metaversity, в рамках которого студенты проходят обучение в полномасштабных цифровых кампусах, построенных с использованием платформы Zepeto. По данным Korea Advanced

Institute of Science and Technology такой подход повышает вовлечённость и даёт возможность отработки практических сценариев в условиях, приближенных к реальным. В других странах также проводятся эксперименты с использованием VR/AR-сред в обучении инженерным и медицинским специальностям [13].

Российские исследователи также активно включаются в данный научный дискурс. В работе И. Ю. Шитовой приводится анализ внедрения VR-платформы Unimersiv в учебный процесс по гуманитарным дисциплинам. Автор отмечает, что за счёт эффектов погружения и моделирования исторических событий значительно повышается мотивация студентов и степень запоминания материала, что подтверждается данными анкетирования и контроля знаний [1].

Несмотря на положительные результаты, большинство авторов акцентируют внимание на существующих ограничениях. Среди них: высокая стоимость оборудования, технологическая и методическая неподготовленность преподавательского состава, отсутствие стандартов оценки образовательных результатов, достигнутых в виртуальной среде.

Таким образом, проведённый анализ литературы демонстрирует растущий интерес к технологиям метавселенной в сфере образования, а также наличие разнообразных подходов и точек зрения на проблему. Научные исследования подтверждают потенциал этих технологий в трансформации образовательного процесса, но одновременно указывают на необходимость комплексного подхода к их внедрению, включающего технические, педагогические, организационные и этические аспекты. Именно этот многомерный характер применения делает тему особенно актуальной и требует дальнейшего осмысления в рамках настоящей статьи.

Технологическая основа метавселенных для образования

Метавселенная как образовательная среда представляет собой результат интеграции целого ряда передовых цифровых технологий. Каждая из них выполняет определённую функцию, создавая условия для погружения, интерактивности, персонализации и безопасности образовательного процесса. Ниже рассмотрены ключевые технологические компоненты, лежащие в основе функционирования образовательных метавселенных.

В первую очередь, следует выделить технологии виртуальной (VR), дополненной (AR) и расширенной реальности (XR), обеспечивающие пространственное и визуальное погружение пользователей в цифровую среду. VR позволяет полностью заменить физическое окружение виртуальным пространством, создавая эффект присутствия. В образовании это используется для симуляций лабораторных опытов, практических занятий (например, в медицине и инженерии), а также для проведения виртуальных экскурсий и исторических реконструкций. Платформы облачных вычислений (cloud platforms) и Web3-технологии позволяют обеспечить масштабируемость, децентрализованное хранение и быстрый доступ к образовательному контенту.

Ниже представлена сравнительная таблица ключевых технологий, применяемых в образовательных метавселенных (табл. 1).

Таблица 1

Технология	Применение в образовании	Преимущества	Ограничения
VR	Виртуальные лаборатории, симуляции, исторические экскурсии	Полное погружение, высокая наглядность	Высокая стоимость оборудования, укачивание
AR	Учебные подсказки, визуализация объектов, обучающие квесты	Удобство, не требует полного погружения	Зависимость от устройств, ограниченность контента
AI	Интеллектуальные ассистенты, адаптивное обучение	Персонализация, автоматизация	Необходимость обучать модели, этические вопросы
Блокчейн	Защита цифровых сертификатов и данных	Безопасность, прозрачность, неизменяемость	Сложность внедрения, энергозатратность
Cloud/Web3	Хранение, трансляция, кроссплатформенность	Масштабируемость, децентрализация	Зависимость от стабильного интернета
5G/Edge	Мгновенная передача данных, совместная работа в реальном времени	Низкие задержки, мобильность	Ограниченное покрытие, дороговизна внедрения

Каждая из этих технологий может применяться как самостоятельно, так и в комплексе, формируя единую экосистему образовательной метавселенной. Их интеграция позволяет создавать гибкие цифровые среды, которые адаптируются под цели конкретного курса, особенности аудитории и формат обучения – от традиционного до проектного и игрового.

Примеры использования метавселенных в образовании

На сегодняшний день образовательные метавселенные становятся всё более распространённым инструментом в практике университетов, школ и компаний по всему миру. Рассмотрим несколько примеров успешного внедрения таких решений, указывая конкретные учреждения, локации и цели проектов.

Одним из масштабных проектов является использование платформы ClassVR в начальных и средних школах Великобритании, таких как Keresley Grange Primary School в городе Ковентри. ClassVR предлагает библиотеку из более чем 1000 обучающих VR-ресурсов. Ученики используют VR-шлемы для посещения виртуальных экскурсий, исследования исторических эпох и визуализации научных процессов. По данным педагогов это позволяет повысить интерес к предметам и улучшить запоминание материала.

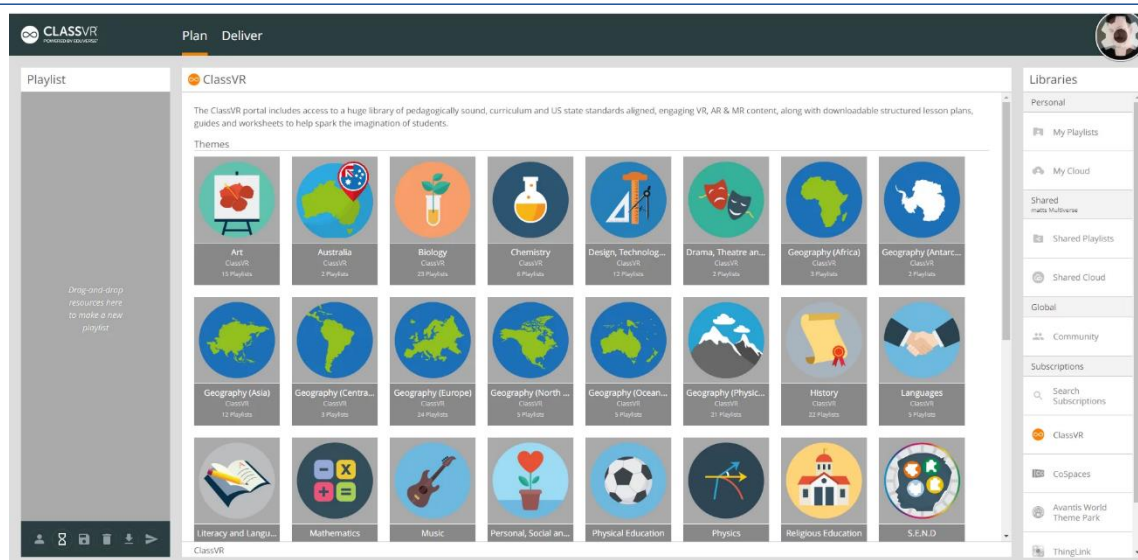


Рисунок 1. Интерфейс программы ClassVR

В Южной Корее платформа Zepeto используется для создания цифровых образовательных сообществ. В частности, в рамках партнёрства с Yonsei University (г. Сеул) были реализованы виртуальные кампусы, где студенты могут проводить презентации, общаться, посещать онлайн-мероприятия в формате 3D. Такая форма коммуникации оказалась особенно востребованной в период пандемии COVID-19, когда очное обучение было невозможно.

Эти кейсы подтверждают, что метавселенная в образовании – не теоретическая модель, а реально функционирующая экосистема, уже доказавшая свою эффективность в разнообразных академических и культурных контекстах.

Преимущества и риски внедрения метавселенной в образование

Внедрение технологий метавселенных в образовательную сферу открывает значительные перспективы, позволяя модернизировать учебный процесс, повысить его эффективность и адаптивность. Одним из главных преимуществ является способность создавать иммерсивную обучающую среду, способствующую глубокому вовлечению обучающихся. Согласно исследованию платформы VirtualSpeech (2023) применение виртуальной реальности позволяет увеличить усвоение материала до 76 % по сравнению с традиционными методами обучения. Это объясняется тем, что взаимодействие с визуализированным трёхмерным контентом активизирует не только когнитивные, но и эмоциональные механизмы восприятия.

Также отмечается значительное повышение мотивации студентов. Согласно опросу, проведённому компанией ZipDo в 2023 году, 85 % обучающихся заявили, что использование VR делает процесс более интересным, а 88 % утверждают, что благодаря этому они учатся эффективнее. Такой уровень вовлечённости в первую очередь обусловлен геймификацией и возможностью активного участия в образовательных сценариях – от исторических реконструкций до симуляций реальных лабораторных условий. Аналогичные данные приводит и исследовательская группа WiFiTalents

(2023): в результате внедрения VR-технологий наблюдалось повышение способности к сотрудничеству на 65 % и развитие критического мышления на 19 %.

Ещё одним значимым преимуществом является снижение затрат на содержание физической инфраструктуры. Использование виртуальных лабораторий в высшем образовании позволяет сократить расходы на закупку оборудования до 20 % и уменьшить потребность в физических ресурсах. Кроме того, VR-платформы обеспечивают равный доступ к образовательному контенту вне зависимости от географического положения. Это особенно важно для сельских и отдалённых регионов, где возможности для очного участия в сложных лабораторных или практико-ориентированных курсах ограничены.

Однако наряду с достоинствами, использование метавселенных в образовании сопряжено с рядом рисков и ограничений. Во-первых, стоит отметить высокую стоимость оборудования – VR-шлемов, контроллеров, серверной инфраструктуры, а также необходимость стабильного высокоскоростного интернета, что делает широкомасштабное внедрение труднореализуемым во многих российских школах и колледжах. Эта проблема особенно остро проявляется в социально-экономически уязвимых регионах, усугубляя цифровое неравенство.

Во-вторых, имеются риски, связанные с физиологическим и психологическим воздействием виртуальной среды. Продолжительное пребывание в VR может вызывать у обучающихся симптомы укачивания, головную боль, зрительное напряжение и даже потерю ориентации. По данным портала LifeWire (2024) использование VR детьми требует строгого ограничения по времени, чтобы избежать негативных последствий для психики и восприятия реальности.

К числу барьеров также относится недостаток квалифицированных кадров, способных не только управлять VR-средами, но и адаптировать учебные материалы под новые форматы. Педагогам необходимо пройти специальное обучение, а учебным заведениям – пересмотреть методические подходы. Более того, внедрение метавселенных требует правового регулирования: отсутствуют чёткие нормы, касающиеся защиты персональных данных в цифровой среде, авторского права на VR-контент, а также этических норм в взаимодействии с цифровыми аватарами. В табл. 2 представлены преимущества и риски метавселенной в образовании.

Таблица 2

Преимущества	Риски и ограничения
Повышение эффективности обучения за счёт иммерсивного погружения (до 76 % ↑ усвоение материала)	Высокая стоимость VR-оборудования и техническая неподготовленность образовательных учреждений
Рост мотивации и вовлечённости обучающихся (85 % считают обучение в VR более интересным)	Отсутствие равного доступа в регионах с низкой цифровизацией
Развитие практических и коммуникативных навыков (до 65 % ↑ в показателях коллаборации)	Физиологические ограничения: укачивание, зрительное перенапряжение, особенно у детей
Снижение затрат на физическую инфраструктуру (до 20 % экономии на оборудовании)	Недостаток педагогов, способных проектировать и вести занятия в VR-среде

Преимущества	Риски и ограничения
Адаптация под индивидуальные стили обучения и потребности	Отсутствие правовой и нормативной базы по использованию метавселенных в образовании
Возможность обучения «на расстоянии» без потери качества контента	Риски психологической зависимости и снижение уровня реального социального взаимодействия

Таким образом, потенциал метавселенных в сфере образования безусловно высок, однако его реализация требует комплексного подхода, включающего не только технические и методические решения, но и институциональную готовность к изменениям. Только при взвешенном учёте всех факторов – как возможностей, так и рисков – метавселенные смогут стать эффективным и устойчивым элементом образовательной среды будущего.

Заключение

Метавселенные представляют собой одну из наиболее перспективных инновационных технологий, способных трансформировать современное образование. В ходе работы было проанализировано, что применение виртуальной и дополненной реальности позволяет создавать более иммерсивные и интерактивные обучающие среды, что способствует повышению мотивации студентов и улучшению усвоения знаний. Рассмотренные реальные примеры внедрения метавселенных в образовательных учреждениях разных стран подтверждают их эффективность и широкие возможности адаптации под различные образовательные задачи и дисциплины.

Вместе с тем, внедрение этих технологий сопряжено с рядом значимых вызовов, включая высокую стоимость оборудования, необходимость технической и педагогической подготовки кадров, а также вопросы правового регулирования и этики цифрового обучения. Для успешной интеграции метавселенных в образовательный процесс требуется комплексный подход, объединяющий усилия государства, образовательных организаций и бизнеса.

В перспективе особое значение приобретает разработка отечественных платформ и методик, адаптированных к национальным образовательным стандартам и специфике пользователей. Пилотные проекты и научные исследования, направленные на оценку эффективности метавселенных, станут ключевыми факторами в формировании цифровой образовательной среды нового поколения, способной отвечать современным вызовам и обеспечивать качество обучения.

Список литературы

1. Шитова И. Ю. Перспективы технологий виртуальной реальности в гуманитарном образовании // Современное педагогическое образование. 2023. № 4. С. 41–45.

2. Advancing Education Through Extended Reality and Internet of Everything Enabled Metaverses: Applications, Challenges, and Open Issues / S. K. Jagatheesaperumal, K. Ahmad, A. Al-Fuqaha [et al.] // IEEE Transactions on Learning Technologies. 2024. Vol. 17. P. 1120–1139.
3. *Alfaisal R., Hashim H., Azizan U. H.* Metaverse system adoption in education: a systematic literature review // Journal of Computers in Education. 2024. Vol. 11. P. 259–303. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40692-022-00256-6>.
4. All One Needs to Know about Metaverse: A Complete Survey on Technological Singularity, Virtual Ecosystem, and Research Agenda / L. Lee, T. Braud, P. Zhou [et al.] // Journal of LaTeX Class Files. 2021. Vol. 14, No. 8. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2110.05352>.
5. An Open, Multi-Platform Software Architecture for Online Education in the Metaverse / S. Lombeyda, S. G. Djorgovski, A. Tran [et al.] // Web3D 2022: Proceedings of the 27th International Conference on 3D Web Technology. 02–04 November, 2022. Evry, France. New York: Association for Computing Machinery, 2022. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2211.05199>.
6. Educational applications of metaverse: possibilities and limitations / B. Kye, N. Han, E. Kim [et al.] // Journal of Educational Evaluation for Health Professions. 2021. Vol. 18. DOI: <https://doi.org/10.3352/jeehp.2021.18.32>.
7. *Gualano R. J., Campbell S. W.* Classrooms in the metaverse: educational applications and levels of learner interaction in virtual reality // Communication Education. 2024. Vol. 73, Iss. 2. P. 212–225. DOI: <https://doi.org/10.1080/03634523.2024.2312873>.
8. How Does the Metaverse Shape Education? A Systematic Review / F. De Felice, A. Petrillo, G. Lovine [et al.] // Applied Sciences. 2023. Vol. 13, Iss. 9. DOI: <https://doi.org/10.3390/app13095682>.
9. *Hussain S.* Metaverse for education – Virtual or real? // Frontiers in Education. 2023. Vol. 8. DOI: <https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1177429>.
10. Is Metaverse in education a blessing or a curse: a combined content and bibliometric analysis / A. Tlili, R. Huang, B. Shehata [et al.] // Smart Learning Environments. 2022. Vol. 9, Iss. 24. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40561-022-00205-x>.
11. Metaverse in Education: Vision, Opportunities, and Challenges / H. Lin, S. Wan, W. Gan [et al.] // 2022 IEEE International Conference on Big Data (Big Data). Osaka, Japan. 2022. P. 2857–2866. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2211.14951>.
12. *Onu P., Pradhan A., Mbohwa C.* Potential to use metaverse for future teaching and learning // Education and Information Technologies. 2024. Vol. 29. P. 8893–8924. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10639-023-12167-9>.
13. *Qiu Y., Isusi-Fagoaga R., García-Aracil A.* Perceptions and use of metaverse in higher education: A descriptive study in China and Spain // Computers and Education: Artificial Intelligence. 2023. Vol. 5. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2023.100185>.

14. Re-shaping Post-COVID-19 Teaching and Learning: A Blueprint of Virtual-Physical Blended Classrooms in the Metaverse Era / Y. Wang, L. Lee, T. Braud [et al.] // *Proceedings of the IEEE 42nd International Conference on Distributed Computing Systems Workshops*, 10–13 July 2022, Bologna, Italy. IEEE: Piscataway, NJ, USA. P. 241–247.

15. Shin D. The actualization of meta affordances: Conceptualizing affordance actualization in the metaverse games // *Computers in Human Behavior*. 2022. Vol. 133. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2022.107292>.

16. A Student-Dominant View of the Readiness to use Metaverse in Education: The TRI-F Framework / M. Garbutt, I. Ismail, C. Juries [et al.] // *CONFIRM 2024 Proceedings*. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2310.14111>.

17. Sun W., Xiong P. Educational Metaverse: Opportunities and Challenges for Application-oriented Undergraduate Colleges to Break Through Difficulties // *Proceedings of the 2024 International Symposium on Artificial Intelligence for Education (ISAIE 2024)*, 06–08 September 2024, Xi'an, China. New York: Association for Computing Machinery, 2024. P. 219–223. DOI: <https://doi.org/10.1145/3700297.3700335>.

18. The metaverse in education: Definition, framework, features, potential applications, challenges, and future research topics / X. Zhang, Yu. Chen, L. Hu [et al.] // *Frontiers in Psychology*. 2022. Vol. 13. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.1016300>.

References

1. Shitova I. Yu. Perspektivy tekhnologiy virtualnoy realnosti v gumanitarnom obrazovanii. *Sovremennoe pedagogicheskoe obrazovanie*. 2023, No. 4, pp. 41–45.

2. Jagatheesaperumal S. K., Ahmad K., Al-Fuqaha A. et al. Advancing Education Through Extended Reality and Internet of Everything Enabled Metaverses: Applications, Challenges, and Open Issues. *IEEE Transactions on Learning Technologies*. 2024, Vol. 17, pp. 1120–1139.

3. Alfaisal R., Hashim H., Azizan U. H. Metaverse system adoption in education: a systematic literature review. *Journal of Computers in Education*. 2024, Vol. 11, pp. 259–303. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40692-022-00256-6>.

4. Lee L., Braud T., Zhou P. et al. All One Needs to Know about Metaverse: A Complete Survey on Technological Singularity, Virtual Ecosystem, and Research Agenda. *Journal of LaTeX Class Files*. 2021, Vol. 14, No. 8. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2110.05352>.

5. Lombeyda S., Djorgovski S. G., Tran A. et al. An Open, Multi-Platform Software Architecture for Online Education in the Metaverse. In: *Web3D 2022. Proceedings of the 27th International Conference on 3D Web Technology. 02–04 November, 2022, Evry, France*. New York: Association for Computing Machinery, 2022. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2211.05199>.

6. Kye B., Han N., Kim E. et al. Educational applications of metaverse: possibilities and limitations. *Journal of Educational Evaluation for Health Professions*. 2021, Vol. 18. DOI: <https://doi.org/10.3352/jeehp.2021.18.32>.

7. Gualano R. J., Campbell S. W. Classrooms in the metaverse: educational applications and levels of learner interaction in virtual reality. *Communication Education*. 2024, Vol. 73, Iss. 2, pp. 212–225. DOI: <https://doi.org/10.1080/03634523.2024.2312873>.
8. De Felice F., Petrillo A., Lovine G. et al. How Does the Metaverse Shape Education? A Systematic Review. *Applied Sciences*. 2023, Vol. 13, Iss. 9. DOI: <https://doi.org/10.3390/app13095682>.
9. Hussain S. Metaverse for education – Virtual or real? *Frontiers in Education*. 2023, Vol. 8. DOI: <https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1177429>.
10. Tlili A., Huang R., Shehata, B. et al. Is Metaverse in education a blessing or a curse: a combined content and bibliometric analysis. *Smart Learning Environments*. 2022, Vol. 9, Iss. 24. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40561-022-00205-x>.
11. Lin H., Wan S., Gan W. et al. Metaverse in Education: Vision, Opportunities, and Challenges. In: 2022 IEEE International Conference on Big Data (Big Data). Osaka, Japan, 2022, pp. 2857–2866. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2211.14951>.
12. Onu P., Pradhan A., Mbohwa C. Potential to use metaverse for future teaching and learning. *Education and Information Technologies*. 2024, Vol. 29, pp. 8893–8924. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10639-023-12167-9>.
13. Qiu Y., Isusi-Fagoaga R., García-Aracil A. Perceptions and use of metaverse in higher education: A descriptive study in China and Spain. *Computers and Education: Artificial Intelligence*. 2023, Vol. 5. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2023.100185>.
14. Wang Y., Lee L., Braud T. et al. Re-shaping Post-COVID-19 Teaching and Learning: A Blueprint of Virtual-Physical Blended Classrooms in the Metaverse Era. *Proceedings of the IEEE 42nd International Conference on Distributed Computing Systems Workshops, 10–13 July 2022, Bologna, Italy*. IEEE: Piscataway, NJ, USA. P. 241–247.
15. Shin D. The actualization of meta affordances: Conceptualizing affordance actualization in the metaverse games. *Computers in Human Behavior*. 2022, Vol. 133. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2022.107292>.
16. Garbutt M., Ismail I., Juries C. et al. A Student-Dominant View of the Readiness to use Metaverse in Education: The TRI-F Framework. *CONF-IRM 2024 Proceedings*. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2310.14111>.
17. Sun W., Xiong P. Educational Metaverse: Opportunities and Challenges for Application-oriented Undergraduate Colleges to Break Through Difficulties. *Proceedings of the 2024 International Symposium on Artificial Intelligence for Education (ISAIE 2024), 06–08 September 2024, Xi'an, China*. New York: Association for Computing Machinery, 2024. P. 219–223. DOI: <https://doi.org/10.1145/3700297.3700335>.
18. Zhang X., Chen Yu., Hu L. et al. The metaverse in education: Definition, framework, features, potential applications, challenges, and future research topics. *Frontiers in Psychology*. 2022, Vol. 13. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.1016300>.