

ИНТЕРНЕТ-ТЕХНОЛОГИИ

УДК 378.018:004.946

<https://doi.org/10.33186/1027-3689-2023-7-64-81>

Использование платформ виртуальной реальности для поддержки принятия решений в многоуровневых образовательных системах

Е. Н. Павличева¹, В. А. Жильцов²

¹Департамент образования и науки,
Москва, Российская Федерация, enrav@rambler.ru,
<http://orcid.org/0000-0002-0707-6484>

²Государственный институт русского языка им. А. С. Пушкина,
Москва, Российская Федерация, vajltsov@pushkin.institute,
<http://orcid.org/0000-0003-4161-5119>

Аннотация. Статья посвящена разработке подхода к проектированию цифровых теней и двойников вузов для реализации концепции рационального управления образовательным процессом при обучении специалистов в режиме реального времени и для поддержки принятия стратегических и оперативных решений. Предложена модель для непосредственного управления многоуровневыми образовательными процессами и формированием индивидуальных образовательных траекторий (ИОТ) с использованием цифрового двойника (ЦД) в образовательном процессе на 3–4 курсах, в магистратуре, а также в рамках дополнительного профессионального образования. Разработана общая концепция использования ЦД в образовательной организации: студентоцентричная модель, ядром которой является ИОТ. Рассмотрены вопросы формирования ИОТ как инструмента мобильного и оперативного реинжиниринга образовательных процессов с учётом потребности экономики и текущего заказа работодателей, а также общие подходы к обеспечению ИОТ, в том числе за счёт дистанционных образовательных технологий, с использованием виртуальных образовательных платформ и ресурсов. Освещены вопросы использования платформ виртуальной реальности как элементов дистанционного обучения при формировании ИОТ в многоуровневых образовательных системах. Приведено сравнение ряда платформ виртуальной реальности, метавселенных, их инструментария и использования в образовательном процессе. Названы элементы метавселенной и подходы к формированию её архитектуры.

Ключевые слова: образовательная система, поддержка принятия решений, цифровой двойник, индивидуальная образовательная траектория, дистанционное образование, виртуальная реальность, метавселенная

Для цитирования: Павличева Е. Н., Жильцов В. А. Использование платформ виртуальной реальности для поддержки принятия решений в многоуровневых образовательных системах // Научные и технические библиотеки. 2023. № 7. С. 64–81. <https://doi.org/10.33186/1027-3689-2023-7-64-81>

INTERNET-BASED TECHNOLOGIES

UDC 378.018:004.946

<https://doi.org/10.33186/1027-3689-2023-7-64-81>

Virtual reality platforms to support decision-making in multilevel educational systems

Elena N. Pavlicheva¹ and Vladimir A. Zhiltsov²

¹*Department of Education and Science, Moscow, Russian Federation,
enpav@rambler.ru, <http://orcid.org/0000-0002-0707-6484>*

²*Pushkin State Russian Language Institute, Moscow, Russian Federation,
vajiltsov@pushkin.institute, <http://orcid.org/0000-0003-4161-5119>*

Abstract. The authors endeavor to develop an approach toward designing academic digital shadows and twins for efficient management of educational processes in training professionals in the real-time mode, as well as for strategic and immediate decisions. They suggest a model for direct management of multilevel educational processes and development of individual educational trajectories (IET) through using digital twins (DT) within the educational process in the years 3–4, master’s programs, and within the framework of continuing professional education. The general concept of DT application in educational organization is developed, i. e. student-oriented model with IET as a core. The authors also examine IET as an instrument of mobile and rapid re-engineering of educational processes scaled to the actual needs of the economy and employers’ current demands; as well as general approaches to IET support, in particular, through online educa-

tional technologies and virtual educational platforms and resources. The virtual reality platforms may be used in distance learning when developing IET in multi-level educational systems. The authors compare several virtual reality platforms, metauniverses, their tools and applications in educational processes.

Keywords: educational system, decision-making support, digital twin, individual educational trajectory, distance learning, virtual reality, metauniverse

Cite: Pavlicheva E. N., Zhiltsov V. A. Virtual reality platforms to support decision-making in multilevel educational systems // Scientific and technical libraries. 2023. № 7. P. 64–81. <https://doi.org/10.33186/1027-3689-2023-7-64-81>

Технология интеллектуальных цифровых двойников (ЦД) – одна из основных технологий, связанных с Индустрией 4.0 [1]. Наиболее точным, на наш взгляд, является определение, данное компанией Siemens: «ЦД – это виртуальное представление физического объекта или процесса, используемое для понимания и прогнозирования характеристик производительности физического двойника» [2]. ЦД формируется на основании нескольких сущностей [3; 4]:

Цифровая модель (ЦМ) – цифровое представление физического объекта или процесса без автоматического обмена данными между физическим объектом и ЦД.

Цифровая тень (ЦТ) – автоматизированный односторонний поток данных между физическим объектом и цифровым двойником.

Цифровой двойник (ЦД) – данные между физическим объектом и цифровым двойником, перемещаются в обоих направлениях.

Далее под ЦД в статье будет пониматься виртуальное представление физического объекта или процесса, относящееся к третьей категории – система, в которой данные между физическим и цифровым двойниками перемещаются в обоих направлениях [5].

ЦД в настоящее время активно используются при моделировании и оптимизации бизнес-процессов, а также управлении ими на производствах. Однако использование ЦД для описания бизнес-процессов в вузах исследовано недостаточно как в России, так и за рубежом. Важно отметить, что прогнозирование результата подготовки специалиста (от четырёх лет) является чрезвычайно важным аспектом с точки зрения потребностей будущих работодателей [6–8].

Проблема актуальности и соответствия потребностям экономики встала особенно остро в настоящее время, с учётом введения санкций в отношении нашей страны, изменений в системе высшего образования и других факторов.

Учитывая вышеизложенное, разработка подхода к проектированию цифровых двойников для вузов, в том числе с использованием методов имитационного моделирования, баз данных и оптимизационных модулей для реализации концепции рационального управления образовательным процессом при обучении специалистов в режиме реального времени и поддержки принятия стратегических и оперативных решений при формировании индивидуальной траектории обучения является актуальной.

В рамках развития цифровой экономики к образовательной организации применяются те же подходы, что и к любой другой. На начальном этапе создаётся ЦТ образовательной организации: происходит сбор данных о всех бизнес-процессах, осуществляется их перевод в цифровой формат.

Затем на основании ЦТ формируется ЦД, позволяющий увеличить эффективность бизнес-процессов образовательной организации.

Его использование помогает анализировать весь накопленный объём данных образовательной организации, производить реинжиниринг бизнес-процессов: удаление неэффективных и внедрение качественно новых. ЦД позволяет прогнозировать последствия принимаемых решений, выявлять и развивать наиболее эффективные стратегии, что в итоге приводит к качественному скачку в работе организации.

В основе концепции ЦД образовательной организации лежит студентоцентричная модель, которая также использует большие наборы данных и имеет в своей основе ЦТ, но акцентирована на образовательный процесс. То есть студенты имеют доступ ко всем электронным сервисам сопровождения образовательного процесса (доступ в университет и личные кабинеты образовательного портала), что позволяет формировать индивидуальные образовательные траектории (ИОТ) обучающихся.

С учётом вышесказанного можно предложить модель реинжиниринга образовательного процесса с использованием ЦД (рис. 1).

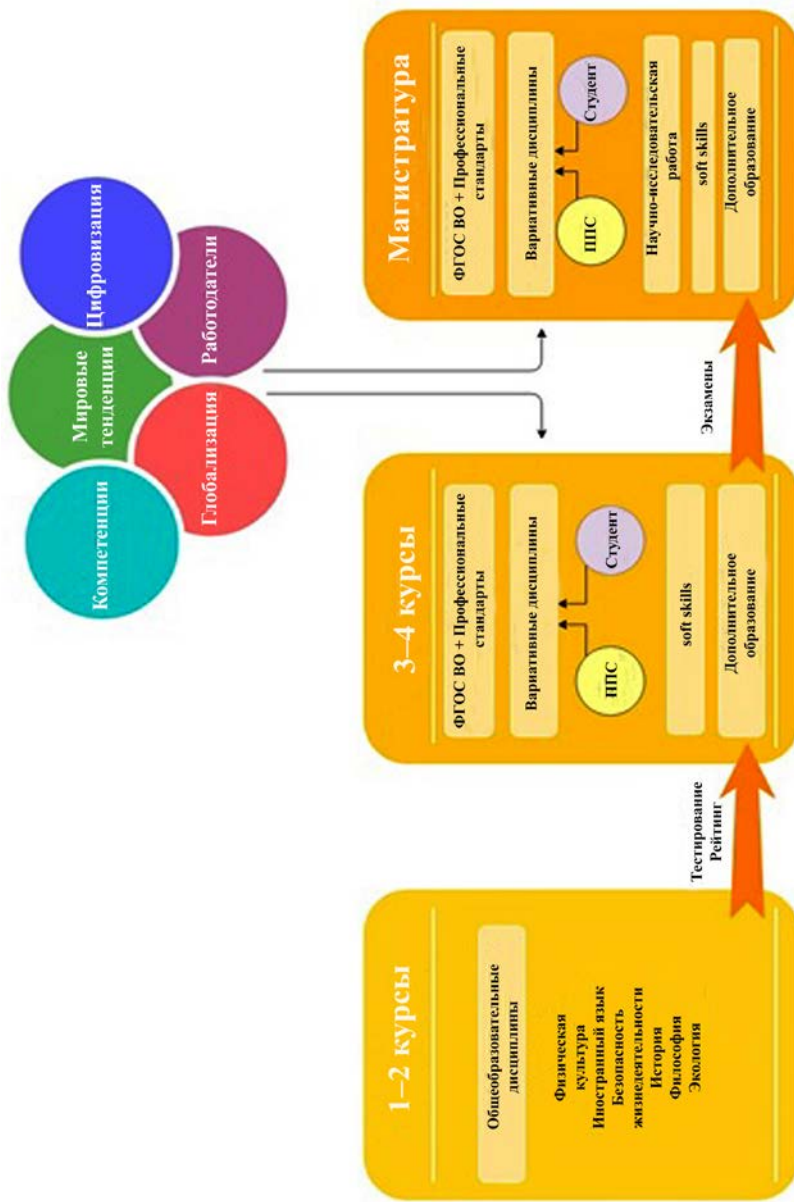


Рис. 1. Схема инжиниринга образовательного процесса в многоуровневой системе с использованием ЦД

В рассматриваемой модели непосредственное управление многоуровневыми образовательными процессами и формирование ИОТ с использованием ЦД начинается на 3–4 курсах и продолжается в магистратуре. Студенты 1 и 2 курсов получают образовательные услуги по стандартной, действующей на данный момент, схеме. Стоит отметить, что современные единые информационные образовательные системы вузов позволяют принимать активное участие в формировании ИОТ не только студентам. Заложена возможность оперативно изменять её в соответствии с потребностями экономики.

Таким образом, одно из основных отличий предлагаемой авторами концепции цифровизации управления образовательными процессами от уже реализованных подходов заключается в том, что ЦД используется не только как система, хранящая и накапливающая в режиме реального времени текущую информацию об образовательном процессе (программы, данные по успеваемости студентов, рейтинг профессорско-преподавательского состава и др.), но и как система, анализирующая требования государства, запросы работодателей и изменение трендов и тенденций в областях, имеющих отношение к специализации студентов. Таким образом, использование ЦД позволит не только проанализировать все накопившиеся данные по процессу, но и спрогнозировать последствия принимаемых решений с учётом будущих изменений, что позволит сделать профессиональные навыки будущих выпускников намного более востребованными и приведёт к качественному изменению образовательного процесса.

ИОТ, сформированные с применением ЦД, позволят не только реализовывать персонализированное обучение, но и вводить дополнительные учебные курсы с учётом специфики сегодняшнего дня и потребностей работодателей.

Гибкость и мобильность ИОТ обеспечиваются ресурсами дистанционного образования [9; 10], являющимися составными частями электронных платформ университетов и включающими в себя как классические курсы, так и открытые массовые онлайн-курсы, виртуальные лаборатории и практикумы. Технологии виртуальной и дополненной реальности (VR, AR) сейчас находятся на подъёме.

Самыми современными платформами для реализации обучения в виртуальной реальности сегодня являются метавселенные. Это новей-

шее поколение виртуальных миров, направленных на социальное взаимодействие пользователей на основе технологий трёхмерной графики, VR, AR, а также интернета.

Термин «метавселенная» впервые появляется в научно-фантастическом романе Нила Стивенсона «Снежная катастрофа» в 1992 г. [13]. В произведении описывается новая концепция интернета, основанная на так называемых «мирах», представляющих собой компьютерные симуляции, населённые людьми будущего. В романе эта технология должна полностью заменить собой интернет.

Слово «метавселенная» происходит от греческого *μετά* – «за, после, вне» и английского слова *universe* – «вселенная». Приставка *μετά* также означает самореференцию термина, когда термин ссылается сам на себя [14]. Например, метаданные – данные о данных, а метакритика – это критика на критику и т. д. Метавселенная может быть истолкована как своего рода рефлексия пользователя по поводу реальности и воссоздание элементов окружающего его мира в виртуальном пространстве. В научной литературе, в том числе посвящённой использованию данной платформы в образовательных целях, понятие «метавселенная» часто употребляется как синоним понятию «виртуальные миры» [15–17]. Однако данный термин значительно шире и подразумевает одну из технологий, реализуемых в парадигме нового интернета Web3. 28 октября 2021 г. идею метавселенных озвучил Марк Цукерберг. В презентации «Connect 2021: The Metaverse and How We'll Build It Together» был представлен новый синтез интернета, VR и AR, основанный на цифровой экосистеме, позволяющей пользователям взаимодействовать между собой в глобальном масштабе [18]. Автор данной концепции предполагает, что такие виртуальные пространства станут обычным для повседневного общения каждого человека местом. Здесь пользователи смогут работать в виртуальном офисе, проводить деловые встречи, учиться в виртуальных аудиториях, посещать выставки и реализовывать иные мероприятия [Там же]. Презентация совершила революцию в области разработки виртуальных миров и породила большое количество спекуляций. Кроме того, возникла дискуссия относительно прежнего общепринятого понимания термина «метавселенная» в части широты понятия, соотносимой с неким «новым интернетом». Была обозначена проблема перехода

интернета на следующий уровень, задано направление дальнейшего развития и обозначены перспективы.

При этом появляется серьёзная коллизия, связанная с понятием Web 3.0. Дело в том, что интернет поколения Web 3.0 был определён в парадигме, заданной Тимом О'Рейли, который обозначил эпоху интернета соцсетей, блогов и чатов как Web 2.0 по признаку возможности пользователей создавать контент для интернет-ресурса самостоятельно, вне зависимости от владельца ресурса [20]. Соответственно, интернет прошлого, состоящий из статических страниц, когда все изменения на сайтах могли быть внесены только владельцем/разработчиком, был автоматически отнесён к эпохе Web 1.0. Основатель компании Yahoo Джерри Янг определил вероятный интернет Web 3.0 как набор инструментов и методов для создания программ и онлайн-приложений, которые стирают грань между профессионалами, полупрофессионалами и потребителями [21]. Иными словами, контент в Web 3.0 будет выполнен на профессиональном уровне, в соответствии с определёнными стандартами. Британский технолог Конрад Вольфрам полагал, что в эпоху Web 3.0 генерация контента в реальном времени может осуществляться не только людьми, но и компьютером, который в реальном времени выдаёт новые результаты, отвечая на запросы пользователей [22]. Как можно заметить, Д. Янг и К. Вольфрам следовали в своих рассуждениях в парадигме Т. О'Рейли, определяя сущность интернета на основе признака способа генерации контента. Но всё изменилось с приходом Web3, представляющего собой широкий спектр новых интернет-приложений, основанных на технологии блокчейна. В этой эволюции интернета центральное место занимают четыре отдельных приложения с поддержкой блокчейна: взаимозаменяемые токены, также известные как криптовалюты, невзаимозаменяемые токены, или NFT, децентрализованные автономные организации, или DAO, и метавселенные [23].

Web3 определяется по признаку централизация/децентрализация в связи с осуществлением транзакций криптовалют и цифровых активов. В научной литературе встречается подобное определение, но относимое к Web 3.0, что, на наш взгляд, свидетельствует о путанице либо кардинальном пересмотре идей О'Рейли.

Метавселенная – это цифровая среда, которая объединяет в себе взаимосвязанные виртуальные миры и комплекс онлайн-сервисов.

Она обеспечивает непрерывное обслуживание транзакций между пользователями, их аккаунтами, аватарами и виртуальными объектами. Одной из ключевых особенностей метавселенной является её способность объединять различные онлайн-сервисы, софт и ПО гаджетов в единую экосистему. Эти элементы метавселенной могут быть реализованы с помощью различных технологий и иметь различную парадигму взаимодействия с пользователем, такие как сервисы на основе нейросетей, блокчейна, соцсетей, систем дистанционного обучения, клиенты для различных гаджетов и VR/AR-гарнитуры. Таким образом, метавселенная способна реализовывать пользовательское взаимодействие на пересечении цифровой и физической реальности [24].

Многие исследователи полагают, что экосистема на основе блокчейна является основой современной метавселенной [25]. Существует мнение, что возможность подключения к блокчейну не является определяющей характеристикой, позволяющей дифференцировать какую-либо виртуальную вселенную как метавселенную. В пользу этого говорят данные исследований, в которых сравнили характеристики наиболее популярных на момент исследования виртуальных миров и онлайн-компьютерных игр, выяснив, что лишь две из них используют блокчейн [Там же]. Тем не менее все они были отнесены к метавселенным с внутренней дифференциацией на «текстовые игры», «открытые виртуальные миры», «ММО» (Massively Multiplayer Online Game) и «децентрализованные виртуальные миры». Вероятно, это связано с тем, что децентрализация может быть реализована иными средствами, не только с помощью блокчейна. До появления блокчейна децентрализация успешно реализовывалась, например, с помощью торрент-трекеров. Торренты позволяют пользователям обмениваться файлами напрямую, от пользователя к пользователю (P2P), минуя централизованные сервисы.

Исследователь метавселенной и глава американской технологической компании Veamable Джон Рэдофф предложил семиуровневую архитектуру метавселенной, где слоями снизу вверх идут: инфраструктура, человеческий интерфейс, децентрализация, пространственные вычисления, экономика создателей, открытия и чувственный опыт [25–28]. Под инфраструктурой подразумеваются система технических мощностей и необходимое оборудование. Человеческий интерфейс

обеспечивается различными гаджетами, например, мобильным телефоном, VR/AR-гарнитурой, различными сенсорами и т. д. Децентрализация предполагает отсутствие общего контроля единой системы и равенство каждого субъекта сети. Информация передаётся напрямую между субъектами, минуя какое-либо промежуточное хранилище или общую базу данных, для работы с которой требовалась бы регистрация. Пространственные вычисления – это взаимодействие человека с машиной, при котором машина сохраняет ссылки на реальные объекты, пространства и манипулирует ими [29]. В таких метавселенных, как Spatial, Vircadia и Overte, существует возможность использовать файлы 3D-объектов, документов PDF, видео и изображений, которые могут храниться на различных серверах по всему миру. Spatial, а также Decentraland и Cryptovoxels, в отличие от Vircadia/Overte [25], используют блокчейн Ethereum, что позволяет пользователям внедрять в виртуальный мир токены NFT (в виде цифровых активов).

Примером метавселенной, которая не использует блокчейн, но реализует принцип децентрализации, является проект с открытым исходным кодом Vircadia. В данной системе не используются технологии блокчейна, тем не менее сервисы Vircadia абсолютно децентрализованы сразу на нескольких уровнях:

1. Уровень сервера виртуального мира. Каждый виртуальный мир Vircadia (называемый «домен») является совершенно самостоятельным, вне связи с какой-либо метавселенной. Это напоминает принцип работы обычного веб-сервера, но предназначенного для хостинга трёхмерных виртуальных сред. Клиент способен подключиться к нему, используя IP-адрес либо доменное имя, точно таким же образом, каким браузер подключается к веб-сайту. Существует возможность подключить домен к метавселенной Vircadia. В этом случае домен получает внутренний адрес метавселенной в виде доменного имени типа `hifi://worldname`.

2. Уровень контента. Контент виртуального мира может храниться на любых внешних серверах. Для внедрения их в виртуальный мир требуется лишь гиперссылка на объект. Структура виртуального мира может быть экспортирована и сохранена в формате *.json. 3. на уровне



Рис. 2. Лог доменного сервера Vircadia в момент подключения пользователя

аутентификации пользователей. Регистрация пользователей в привычном понимании отсутствует. При подключении к виртуальному миру сервер Vircadia идентифицирует пользователя по IP-адресу, MAC-адресу и отпечатку пальца (информации о параметрах системы пользователя) (рис. 2). Видно, что существует множество способов добиться децентрализации без применения блокчейна. Vircadia является одной из наиболее перспективных платформ для реализации виртуального обучения в бюджетной сфере образования. Платформа позволяет создавать виртуальную образовательную среду, использовать голосовое общение, подключать VR-гарнитуру и интегрировать гиперссылки.

Ещё одной тенденцией, заслуживающей внимания исследователей, является стремление внедрить в метавселенную искусственный интеллект на основе нейросети. Например, в метавселенную Sensorium (<https://sensoriumxr.com>) внедрена возможность пользователя общаться с собственным аватаром на основе обучаемого искусственного интеллекта. Такие системы могут быть полезны в качестве тренажёра при обучении иностранным языкам в виртуальной реальности.

Одной из наиболее значимых особенностей использования гаджетов, подключённых к метавселенной, является возможность «проецировать» виртуального собеседника в физическую реальность посредством AR-технологии. Такие гаджеты, как шлем виртуальной реальности, обладают внешней камерой высокого разрешения, которая даёт пользователю возможность ориентироваться в реальном пространстве без необходимости снимать гарнитуру. Изображение с камеры передаётся на внутренний дисплей гарнитуры. Посредством этого оборудования и специального программного обеспечения становится возможным наложить объекты виртуального мира на сигнал с камеры таким образом, что создаётся полное впечатление существования данного объекта в окружающей реальности [30]. Программное обеспечение гарнитуры автоматически определяет физическую поверхность, основываясь на данных камеры и встроенных датчиков. Виртуальный объект визуально накладывается на выбранную поверхность (например, поверхность стола, пола) и фиксируется на ней таким образом, что пользователь может физически обойти объект вокруг, рассматривая его со всех сторон. Таким образом, можно перенести аватар виртуального собеседника в физически существующее пространство, в непосредственной бли-

зости от наблюдателя. При этом голос собеседника при разговоре будет звучать в наушниках, а голос пользователя будет выводиться через микрофон в сеть и передаваться в гарнитуру собеседника. Создаётся эффект присутствия не только в реальном времени, но и в пространстве. Кроме того, существует возможность проецирования виртуального окружения. VR-гарнитура позволяет пользователю находиться в собственном пространстве и использовать виртуальные объекты вокруг себя [Там же]. Можно утверждать, что использование технологии взаимно сообщающихся виртуальных миров представляют основу любой метавселенной. Все остальные сервисы и технологии на сегодняшний день во многом являются опциональными.

В результате проведённых теоретических исследований разработана общая концепция использования ЦД в образовательной организации, сущность которой заключается в реализации студентоцентричной модели, ядром которой является построение ИОТ.

Рассмотрены общие подходы к обеспечению ИОТ, в том числе за счёт дистанционных образовательных технологий, с использованием виртуальных образовательных платформ и ресурсов.

Список источников

1. **Schuster K., Grofs K., Vossen R., Richert A. and Jeschke S.** "Preparing for Industry 4.0 – Collaborative Virtual Learning Environments in Engineering Education", in *Engineering Education 4.0*. Cham : Springer International Publishing, 2016. P. 477–489.
2. **Siemens.** "Digital Twin", <https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/our-story/glossary/digital-twin/24465>.
3. **Kritzinger W., Karner M., Traar G., Henjes J., and Sihn W.** "Digital Twin in manufacturing: A categorical literature review and classification", *IFAC-PapersOnLine*. Vol. 51. № 11. P. 1016–1022. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.474>.
4. **Liljaniemi A. and Paavilainen H.** "Using Digital Twin Technology in Engineering Education – Course Concept to Explore Benefits and Barriers" *Open Engineering*. Vol. 10. № 1. P. 377–385. May 2020. <https://doi.org/10.1515/eng-2020-0040>.
5. **Павличева Е. Н.** Применение интеллектуальных цифровых двойников вузов при формировании индивидуальных траекторий обучения // *Культура: теория и практика*. 2023. № 1 (52).

6. **Павличева Е. Н., Ромашкова О. Н.** Информационные процессы поддержки принятия решений в многоуровневых образовательных системах. Москва : Издательство «ОнтоПринт», 2022. 156 с.
7. **Павличева Е. Н., Ромашкова О. Н.** Программно-информационное обеспечение поддержки принятия решений в многоуровневых образовательных системах // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2022. № 10. С. 99–103.
8. **Makarova A., Pavlicheva E.** The methodology of using information technology and visualisations to optimize and improve management in the effectiveness of a student's work in the laboratory // E3S Web of Conferences 225, 07001 (2021). Corrosion in the Oil & Gas Industry 2020. P. 1–3.
9. **Pavlicheva E. N., Romashkova O. N.** Model of functioning of information system for institute of distance education of specialists of onboard communications. В сборнике: 2019 Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on Board Communications, SOSG 2019. С. 8706783.
10. **Romashkova O. N., Pavlicheva E. N.** Resource management in distance and mobile education systems. В сборнике: CEUR Workshop Proceedings 9. Сер. "Selected Papers of the Proceedings of the 9th International Conference Information and Telecommunication Technologies and Mathematical Modeling of High-Tech Systems, ITTMM 2019". 2019. С. 102–108.
11. **Павличева Е. Н.** Выбор образовательных информационных и справочных ресурсов для дистанционного обучения // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. 2021. № 1. С. 80–88.
12. **Павличева Е. Н.** Развитие информационных ресурсов для обеспечения непрерывного образования и передачи знаний в технических университетах // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2020. Т. 9. № 3 (51). С. 50–55.
13. **Joshua J.** (2017). Information Bodies: Computational Anxiety in Neal Stephenson's Snow Crash. *Interdisciplinary Literary Studies*. 19 (1). 17–47.
<https://doi.org/10.5325/intelitestud.19.1.0017>
14. **Merriam-Webster.** (n. d.). That's So Meta: Things are about to get meta. Retrieved February 15, 2023, from <https://www.merriam-webster.com/words-at-play/meta-adjective-self-referential>.
15. **Díaz J. E. M., Saldaña C. A. D., & Avila, C. A. R.** (2020). Virtual world as a resource for hybrid education. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 15 (15). <https://doi.org/10.3991/ijet.v15i15.13025>
16. **Márquez I.** (2011). Metaversos y educación: Second Life como plataforma educativa. *Revista ICONO14. Revista Científica de Comunicación y Tecnologías Emergentes*, 9 (2), 151. <https://doi.org/10.7195/ri14.v9i2.30>

17. **Vázquez-Cano E. & Sevillano-García M. L.** (2018). Lugares y espacios para el uso educativo y ubicuo de los dispositivos digitales móviles en la Educación Superior. *Edutec. Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, 62. <https://doi.org/10.21556/edutec.2017.62.1007>
18. **Zuckerberg M.** (n. d.). The metaverse and how we will build it together – Connect 2021. Retrieved February 15, 2023, from <https://www.youtube.com/watch?v=Uvufun6xer8>.
19. **Bojic L.** (2022). Metaverse through the prism of power and addiction: what will happen when the virtual world becomes more attractive than reality? *European Journal of Futures Research*, 10 (1), 22. <https://doi.org/10.1186/s40309-022-00208-4>
20. **O'Reilly T.** (2007) What Is Web 2.0? Design Patterns and Business Models for the Next Generation of Software. *Communications & Strategies*, 65, 17–37.
21. **Nath K., Iswary R., & Borah P.** (2015, February). What Comes after Web 3.0? Web 4.0 and the Future.
22. **Wolfram C.** (n. d.). Q&A: Conrad Wolfram on communicating with apps in Web 3.0. Retrieved February 7, 2023, from <http://www.itpro.co.uk/621535/qa-conrad-wolfram-on-communicating-with-apps-in-Web-30>.
23. **Murray A., Kim D., & Combs J.** (2023). The promise of a decentralized internet: What is Web3 and how can firms prepare? *Business Horizons*, 66 (2), 191–202. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2022.06.002>
24. **Zhao Y., Jiang J., Chen Y., Liu R., Yang Y., Xue X., & Chen S.** (2022). Metaverse: Perspectives from graphics, interactions and visualization. *Visual Informatics*, 6 (1), 56–67. <https://doi.org/10.1016/j.visinf.2022.03.002>
25. **Duan H., Li J., Fan S., Lin Z., Wu X., & Cai W.** (2021). Metaverse for Social Good. *Proceedings of the 29th ACM International Conference on Multimedia*, 153–161. <https://doi.org/10.1145/3474085.3479238>
26. **Жильцов В. А.** Технологии метавселенных в языковом обучении: возможности и перспективы // *Филологическое образование в цифровую эпоху: опыт актуализации образовательных программ. Сборник тезисов Международной научно-практической конференции.* Москва, 2022. С. 46–49.
27. **Жильцов В. А., Павличева Е. Н.** Такос: технологии виртуальных симуляторов в современном дистанционном образовании // *Информационные ресурсы России.* 2015. № 1. С. 32–36.
28. **Павличева Е. Н., Жильцов В. А.** Применение технологий виртуальных симуляторов в дистанционном обучении лингвистическим дисциплинам // *Сборник научных трудов III Международной научно-практической конференции 20–21 ноября 2014 г. «Современные технологии и управление» / Светлый Яр: ФГБОУ ВО МГУТУ им. К. Г. Разумовского, 2014. С. 482–485.*
29. **Greenwold S.** (2003). *Spatial Computing.* MIT Graduate Thesis [MIT Graduate Thesis, Massachusetts Institute of Technology]. <https://acg.media.mit.edu/people/simong/thesis/SpatialComputing.pdf>

30. **Cipresso P., Giglioli I. A. C., Raya M. A., & Riva G.** (2018). The Past, Present, and Future of Virtual and Augmented Reality Research: A Network and Cluster Analysis of the Literature. *Frontiers in Psychology*, 9. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.02086>

References

1. **Schuster K., Grofs K., Vossen R., Richert A. and Jeschke S.** "Preparing for Industry 4.0 – Collaborative Virtual Learning Environments in Engineering Education", in *Engineering Education 4.0*. Cham : Springer International Publishing, 2016. P. 477–489.
2. **Siemens.** "Digital Twin", <https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/our-story/glossary/digital-twin/24465>.
3. **Kritzinger W., Karner M., Traar G., Henjes J., and Sihn W.** "Digital Twin in manufacturing: A categorical literature review and classification", *IFAC-PapersOnLine*. Vol. 51. № 11. P. 1016–1022. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.474>.
4. **Liljaniemi A. and Paavilainen H.** "Using Digital Twin Technology in Engineering Education – Course Concept to Explore Benefits and Barriers" *Open Engineering*. Vol. 10. № 1. P. 377–385. May 2020. <https://doi.org/10.1515/eng-2020-0040>.
5. **Pavlicheva E. N.** *Primenenie intellektual'ny'kh tcifrovyy'kh dvoit'nikov vuzov pri formirovanii individual'ny'kh traektorii' obucheniia // Kul'tura: teoriia i praktika*. 2023. № 1 (52).
6. **Pavlicheva E. N., Romashkova O. N.** *Informatcionny'e protsessy' podderzhki priniatiia reshenii' v mnogourovnevny'kh obrazovatel'ny'kh sistemakh*. Moskva : Izdatel'stvo «OntoPrint», 2022. 156 s.
7. **Pavlicheva E. N., Romashkova O. N.** *Programmno-informatcionnoe obespechenie podderzhki priniatiia reshenii' v mnogourovnevny'kh obrazovatel'ny'kh sistemakh // Sovremennaia nauka: aktual'ny'e problemy' teorii i praktiki*. Seriya: Estestvenny'e i tekhnicheskie nauki. 2022. № 10. S. 99–103.
8. **Makarova A., Pavlicheva E.** *The methodology of using information technology and visualisations to optimize and improve management in the effectiveness of a student's work in the laboratory // E3S Web of Conferences 225, 07001 (2021). Corrosion in the Oil & Gas Industry 2020*. P. 1–3.
9. **Pavlicheva E. N., Romashkova O. N.** *Model of functioning of information system for institute of distance education of specialists of onboard communications. В сборнике: 2019 Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on Board Communications, SOSG 2019*. С. 8706783.
10. **Romashkova O. N., Pavlicheva E. N.** *Resource management in distance and mobile education systems. V sbornike: CEUR Workshop Proceedings 9. Ser. "Selected Papers of the Proceedings of the 9th International Conference Information and Telecommunication Technologies and Mathematical Modeling of High-Tech Systems, ITTMM 2019"*. 2019. С. 102–108.

11. **Pavlicheva E. N.** Vy`bor obrazovatel`ny`kh informatcionny`kh i spravochny`kh resursov dlia distancionnogo obucheniia // Vestneyk Astrahanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vy`chislitel`naia tekhnika i informatika. 2021. № 1. S. 80–88.
12. **Pavlicheva E. N.** Razvitiie informatcionny`kh resursov dlia obespecheniia neprery`vnogo obrazovaniia i peredachi znaniu` v tekhnicheskikh universitetakh // XXI vek: itogi proshlogo i problemy` nastoiashchego plius. 2020. T. 9. № 3 (51). S. 50–55.
13. **Joshua J.** (2017). Information Bodies: Computational Anxiety in Neal Stephenson's Snow Crash. *Interdisciplinary Literary Studies*, 19 (1), 17–47.
<https://doi.org/10.5325/intelitestud.19.1.0017>
14. **Merriam-Webster.** (n. d.). That's So Meta: Things are about to get meta. Retrieved February 15, 2023, from <https://www.merriam-webster.com/words-at-play/meta-adjective-self-referential>.
15. **Díaz J. E. M., Saldaña C. A. D., & Avila, C. A. R.** (2020). Virtual world as a resource for hybrid education. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 15 (15).
<https://doi.org/10.3991/ijet.v15i15.13025>
16. **Márquez I.** (2011). Metaversos y educación: Second Life como plataforma educativa. *Revista ICONO14. Revista Científica de Comunicación y Tecnologías Emergentes*, 9 (2), 151.
<https://doi.org/10.7195/ri14.v9i2.30>
17. **Vázquez-Cano E. & Sevilla-García M. L.** (2018). Lugares y espacios para el uso educativo y ubicuo de los dispositivos digitales móviles en la Educación Superior. *EduTec. Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, 62.
<https://doi.org/10.21556/edutec.2017.62.1007>
18. **Zuckerberg M.** (n. d.). The metaverse and how we will build it together – Connect 2021. Retrieved February 15, 2023, from <https://www.youtube.com/watch?v=Uvufun6xer8>.
19. **Bojic L.** (2022). Metaverse through the prism of power and addiction: what will happen when the virtual world becomes more attractive than reality? *European Journal of Futures Research*, 10 (1), 22. <https://doi.org/10.1186/s40309-022-00208-4>
20. **O'Reilly T.** (2007) What Is Web 2.0? Design Patterns and Business Models for the Next Generation of Software. *Communications & Strategies*, 65, 17–37.
21. **Nath K., Iswary R., & Borah P.** (2015, February). What Comes after Web 3.0? Web 4.0 and the Future.
22. **Wolfram C.** (n. d.). Q&A: Conrad Wolfram on communicating with apps in Web 3.0. Retrieved February 7, 2023, from <http://www.itpro.co.uk/621535/qa-conrad-wolfram-on-communicating-with-apps-in-Web-30>.
23. **Murray A., Kim D., & Combs J.** (2023). The promise of a decentralized internet: What is Web3 and how can firms prepare? *Business Horizons*, 66 (2), 191–202.
<https://doi.org/10.1016/j.bushor.2022.06.002>
24. **Zhao Y., Jiang J., Chen Y., Liu R., Yang Y., Xue X., & Chen S.** (2022). Metaverse: Perspectives from graphics, interactions and visualization. *Visual Informatics*, 6 (1), 56–67.
<https://doi.org/10.1016/j.visinf.2022.03.002>

25. **Duan H., Li J., Fan S., Lin Z., Wu X., & Cai W.** (2021). Metaverse for Social Good. Proceedings of the 29th ACM International Conference on Multimedia, 153–161. <https://doi.org/10.1145/3474085.3479238>
26. **Zhil'tcov V. A.** Tekhnologii metavselenny'kh v iazykovom obuchenii: vozmozhnosti i perspektivy // Filologicheskoe obrazovanie v tsifrovuiu epohu: opyt aktualizatsii obrazovatel'nykh programm. Sbornik tezisev Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii. Moskva, 2022. S. 46–49.
27. **Zhil'tcov V. A., Pavlicheva E. N.** Takos: tekhnologii virtual'nykh simulatorov v sovremennom distantsionnom obrazovanii // Informatcionny'e resursy' Rossii. 2015. № 1. S. 32–36.
28. **Pavlicheva E. N., Zhil'tcov V. A.** Primenenie tekhnologii' virtual'nykh simulatorov v distantsionnom obuchenii lingvisticheskimi distsiplinami // Sbornik nauchnykh trudov III Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii 20–21 noiabria 2014 g. «Sovremennye tekhnologii i upravlenie» / Svetlyi' Iar: FGBOU VO MGUTU im. K. G. Razumovskogo, 2014. S. 482–485.
29. **Greenwold S.** (2003). Spatial Computing. MIT Graduate Thesis [MIT Graduate Thesis, Massachusetts Institute of Technology]. <https://acg.media.mit.edu/people/simong/thesis/SpatialComputing.pdf>
30. **Cipresso P., Giglioli I. A. C., Raya M. A., & Riva G.** (2018). The Past, Present, and Future of Virtual and Augmented Reality Research: A Network and Cluster Analysis of the Literature. *Frontiers in Psychology*, 9. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.02086>

Информация об авторах / Information about the authors

Павlicheva Елена Николаевна – канд. техн. наук, доцент, начальник управления развития научной деятельности Департамента образования и науки, Москва, Российская Федерация
enpav@rambler.ru

Elena N. Pavlicheva – Cand. Sc. (Engineering), Associate Professor, Head, Bureau for Research Development, Department of Education and Science, Moscow, Russian Federation
enpav@rambler.ru

Жильцов Владимир Александрович – канд. пед. наук, начальник отдела прогнозирования и мониторинга Государственного института русского языка им. А. С. Пушкина, Москва, Российская Федерация
vajiltsov@pushkin.institute

Vladimir A. Zhiltsov – Cand. Sc. (Pedagogy), Head, Department of Forecasting and Monitoring, Pushkin State Russian Language Institute, Moscow, Russian Federation
vajiltsov@pushkin.institute