

Особенности развития навыков командной работы студентов педагогических специальностей средствами 3D-технологии

Specific features of the teamwork skills development among student teachers using 3D technology

Авторы статьи

Исупова Татьяна Николаевна,
старший преподаватель кафедры цифровых технологий в образовании ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет», г. Киров, Российская Федерация
tn_isupova@vyatsu.ru
ORCID: 0000-0001-5813-2936

Грибков Дмитрий Николаевич,
кандидат педагогических наук, заведующий кафедрой информатики и документоведения ФГБОУ ВО «Орловский государственный институт культуры», г. Орёл; доцент кафедры российской истории и документоведения ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», г. Белгород, Российская Федерация
bibliotekar2005@mail.ru
ORCID: 0000-0002-3388-9526

Щедрина Елена Владимировна,
кандидат педагогических наук, доцент кафедры систем автоматизированного проектирования и инженерных расчетов ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация
shchedrinargaumsha@gmail.com
ORCID: 0000-0002-4793-2441

Authors of the article

Tatiana N. Isupova,
Senior Lecturer, Department of Digital Technologies in Education, Vyatka State University, Kirov, Russian Federation
tn_isupova@vyatsu.ru
ORCID: 0000-0001-5813-2936

Dmitry N. Gribkov,
Candidate of Pedagogical Sciences, Head of the Department of Computer Science and Documentation, Orel State Institute of Culture, Orel; Associate Professor, Department of Russian History and Documentation, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russian Federation
bibliotekar2005@mail.ru
ORCID: 0000-0002-3388-9526

Elena V. Shchedrina,
Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Department of Computer-Aided Design Systems and Engineering Calculations, Russian State Agricultural University named after K. A. Timiryazev, Moscow, Russian Federation
shchedrinargaumsha@gmail.com
ORCID: 0000-0002-4793-2441

Конфликт интересов

Конфликт интересов не указан

Conflict of interest statement

Conflict of interest is not declared

Поступила в редакцию <i>Received</i>	13.01.25	Получена положительная рецензия <i>Received a positive review</i>	16.02.25
Принята к публикации <i>Accepted for publication</i>	16.02.25	Опубликована <i>Published</i>	31.03.25



Для цитирования

Исупова Т. Н., Грибков Д. Н., Щедрина Е. В. Особенности развития навыков командной работы студентов педагогических специальностей средствами 3D-технологий // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2025. – № 03. – С. 30–48. – URL: <https://e-koncept.ru/2025/241036.htm> – DOI: 10.24412/2304-120X-2025-11036

For citation

T. N. Isupova, D. N. Gribkov, E. V. Shchedrina, Specific features of the teamwork skills development among student teachers using 3D technology // Scientific-methodological electronic journal "Koncept". – 2025. – No. 03. – P. 30–48. – URL: <https://e-koncept.ru/2025/241036.htm> – DOI: 10.24412/2304-120X-2025-11036

Аннотация

Модернизация высшего образования открывает перспективы использования технологий обработки трехмерных графических изображений при обучении высококвалифицированных специалистов в соответствии с вызовами будущего. Информационное взаимодействие с 3D-моделями обладает дидактическим потенциалом для формирования востребованных soft skills (креативность мышления, умение работать в команде, опыт управления проектами) и повышения качества подготовки наставников цифровой школы. Цель исследования – выявить особенности развития навыков командной работы будущих педагогов средствами 3D-технологий. Ведущий метод – компьютерное моделирование инструментами программы Vectary, в ходе которого пользователи создают проекты непосредственно в веб-браузере. Научная новизна: обосновывается потенциал использования 3D-средств для развития навыков командной работы обучающихся. Теоретическая значимость – выявленные возможности технологий обработки трехмерной графики уточняются применительно к подготовке студентов педагогических специальностей и их групповой деятельности. Задействовано 74 бакалавра факультета педагогики и психологии Вятского государственного университета. Направление подготовки – 44.03.05 Педагогическое образование, профили «Физика и информатика», «Биология и английский язык», «Русский язык и литература». Для диагностики уровня командообразования используется методика Лоры Стэк. В результатах исследования представлены идеи применения Vectary для развития навыков командной работы студентов в рамках «Теоретического», «Аналитического», «Практического», «Методического», «Демонстрационного» этапов при работе над групповыми виртуальными 3D-проектами. Полученные результаты – основа для совершенствования программ подготовки будущих учителей-предметников в контексте приоритетов Индустрии 5.0. Практическая значимость: определены факторы, влияющие на эффективность применения средств 3D-технологий для развития навыков командной работы наставников цифровой школы: степень детальности проработки инструкций; имеющийся опыт работы пользователей со средствами обработки трехмерных изображений и качество ранее усвоенного материала по предшествующим дисциплинам; интересы будущих специалистов в выбранной области; опыт участия в командных проектах. В заключении сформулированы особенности командной работы над 3D-моделями: поддержка группой отдельного участника в принятии неординарных решений; ускорение личного и организационного роста; снижение тревожности и выгорания.

Abstract

The modernization of higher education opens up prospects for the use of three-dimensional graphic image processing technologies in the training of highly qualified specialists in accordance with the challenges of the future. Informational interaction with 3D models has didactic potential for the formation of demanded soft skills (creative thinking, ability to work in a team, project management experience) and improving the quality of training of digital school instructors. The aim of the study is to identify the specific features of the teamwork skills development among student teachers using 3D technology. The leading method is computer modeling using the tools of the Vectary program, when users create projects directly in a web browser. Scientific novelty: the potential of using 3D tools to develop students' teamwork skills is substantiated. Theoretical significance – the identified potentials of three-dimensional graphics processing technologies are clarified in relation to the training of student teachers and their group activities. 74 bachelors of the Faculty of Pedagogy and Psychology of Vyatka State University are involved. The area of training is Pedagogical Education 03.44.05, specialization "Physics and Computer Science", "Biology and English", "Russian language and Literature". Laura Stack's method is used to diagnose the level of team building. The results of the study present the ideas of using Vectary to develop students' teamwork skills in the framework of the "Theoretical", "Analytical", "Practical", "Methodological", and "Demonstration" stages when working on 3D virtual group projects. The results obtained are the basis for improving the training programs for preservice subject teachers in the context of the priorities of Industry 5.0. Practical significance – the factors influencing the effectiveness of the use of 3D technologies for the development of teamwork skills of digital school instructors have been identified: the degree of details in working out instructions; the existing user experience with three-dimensional image processing tools and the quality of previously learned material in previous disciplines; the interests of future specialists in the chosen field; the experience of participating in team projects. In conclusion, the specific features of teamwork on 3D models are formulated: group support for an individual participant in making extraordinary decisions; acceleration of personal and organizational growth; reduction of anxiety and burnout.

Ключевые слова

информационное моделирование, онлайн-сервис, педагогическое образование, наставник цифровой школы, групповая работа над проектом, Vectary

Key words

information modeling, online service, teacher education, digital school instructor, group work on a project, Vectary

Благодарности

Авторы выражают благодарность ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет» за поддержку педагогических инициатив и активное применение 3D-технологий в обучении.

Acknowledgements

The authors express their gratitude to Vyatka State University for supporting pedagogical initiatives and the active use of 3D technologies in teaching.

Введение / Introduction

Актуальность представленного исследования обусловлена следующими факторами:

1-й фактор. В материалах доклада экспертов ЮНЕСКО “Reimagining Our Futures Together: A New Social Contract for Education” содержатся выводы о необходимости проведения дополнительных действий по укреплению международного сотрудничества в сфере образования [1]. Это необходимо, по выводам С. Карни, для того чтобы нарастить глобальную исследовательскую мощь, активизировать возможности человечества предполагать будущие изменения и оперативно на них реагировать [2].

На платформах Международного экономического форума отмечается, что для создания сильной экономики общества будущего (т. е. Индустрии 5.0), способной поддерживать процветание и рост, должна быть более тесная коллаборация между правительством, бизнесом и организациями, инициатирующими инновационные образовательные практики [3].

Среди новых социологических, экономических и технологических тенденций, кардинально изменяющих сферу образования в российских вузах, Д. П. Ананьин, А. Ю. Суви́рова выделяют искусственный интеллект, AR/VR, 3D-технологии [4]. Под эти направления и системе образования в целом, и отдельным участникам дидактического взаимодействия следует оперативно перестраиваться. В частности, согласно выводам, озвученным на World Economic Forum’s Future of Jobs – 2023, востребованным профессионалам будущего потребуются навыки, составляющие основу [5]:

1) эмоционального интеллекта, совместной деятельности и работы над проектами. Например, способности лидировать и принимать решения, оказывать влияние на коллектив; групповое мышление; любознательность;

2) вычислительного мышления, цифровой грамотности.

2-й фактор. Формирование технологической грамотности (или соответствующих цифровых навыков на уровне школы), по выводам М. Клемент, К. Бартек, происходит эффективно при помощи средств 3D-моделирования [6]. Фактически манипулирование в 3D-средах помогает школьникам получить опыт исследовательской работы по нескольким дисциплинам. Это обуславливает, согласно Н. А. Бушмелевой, Н. И. Исуповой, Е. А. Мамаевой, Е. В. Харунжевой, необходимость учета педагогами цифровой школы возникающих новых технологий с целью их последующего методически выверенного внедрения в образовательный процесс [7].

3-й фактор. Группа ученых под эгидой Института образования НИУ ВШЭ и при поддержке благотворительного фонда Сбербанка «Вклад в будущее» представила результаты деятельности по исследованию направлений подготовки специалистов различных профессий [8]. Исследователи отмечают, что многие из основных (текущих) навыков сотрудников будут утрачены. Это обусловлено тем, что технологии развиваются быстрее, чем компании успевают разрабатывать и масштабировать свои программы обучения. В связи с этим возникает объективная необходимость в педагогах:

- владеющих современными технологиями (в частности, 3D-моделированием);
- способных к коллаборации, управлению коллективами людей.

Более того, как отмечено ранее в исследовании Е. В. Соболевой, Т. Н. Суворовой, Д. Ю. Чупракова, И. Ю. Хлобыстовой, многие из современных цифровых средств, в частности сервисы геймификации, обладают потенциалом для развития навыков совместной деятельности [9]. В указанной работе авторы уточняют этот потенциал именно для подготовки студентов педагогических специальностей. Ученые приводят

примеры методических разработок в контексте особенностей будущих трудовых функций наставников (учителей-предметников) цифровой школы.

Похожие идеи сформулированы в работе Э. Ференц, Р. Немет, Б. Фируза [10]. Авторы обосновывают, что для формирования навыков командной работы у обучающихся существует множество современных дидактических средств и ресурсов, способных создать дополнительные условия для активизации познания и мотивации. Но именно визуальный 3D-опыт на основе геймифицированного мира образовательного назначения позволяет обеспечить обучающимся полное погружение в проект. И кроме того, поддерживать высокий уровень детализации исследуемого объекта. Однако основной акцент в современных научных исследованиях, как, например, в работе Н. Абуэльхиер, М. Шафик, А. Рауф, Н. Альшейх, это применение 3D-моделирования для подготовки специалистов сферы строительства, архитектуры, медицины [11]. Или, что продемонстрировано С. Сороур, М. Азиз, включение трехмерного моделирования в обучение педагогов поддерживает развитие их пространственного мышления и получение опыта визуализации [12].

Итак, с одной стороны, навыки работы с инновационными технологиями, опыт коллаборации и управления 3D-проектами – важные универсальные навыки для востребованных наставников цифровой школы. С другой стороны, и 3D-моделирование как вид деятельности обладает дидактическим потенциалом в плане развития навыков командной работы. Гипотеза исследования: включение элементов 3D-моделирования в подготовку студентов педагогических специальностей обеспечит дополнительные условия для развития у них востребованных навыков работы в команде.

Цель работы – выявить особенности развития навыков командной работы у будущих педагогов средствами 3D-технологии.

Задачи исследования:

- уточнить проблемы применения средств 3D-моделирования при обучении педагогов цифровой школы;
- описать варианты организации командной работы студентов по 3D-моделированию с учетом специфики их подготовки;
- выявить факторы, влияющие на качество применения средств 3D-моделирования, для формирования навыков коллаборации у будущих педагогов;
- экспериментально проверить эффективность предлагаемого варианта деятельности по 3D-моделированию.

Обзор литературы / Literature review

Выводы ученых Centre for the New Economy and Society подтверждают, что современные цифровые технологии развиваются настолько стремительно, что на детальную оценку всех эффектов и последствий их внедрения просто не хватает времени [13]. С. Донмезнер, П. Демирчоглу, И. Богрекчи, Г. Бас, Н. Дарукбаса заключают, что Индустрия 5.0 знаменует собой широкомасштабную трансформацию в промышленном секторе, обусловленную интеграцией передовых технологий в производственные процессы [14]. Авторы аргументируют, что недостаточный уровень цифровой грамотности сотрудников на любом уровне сдерживает раскрытие потенциала организации в целом. Эти выводы на конкретном примере проектирования информационной модели при создании сложных BIM-проектов предприятий для переработки полезных ископаемых подтверждает А. И. Вереницин [15].

Однако, как обосновывают А. Вакар, С. Бекташ, именно навыки сотрудников к работе в команде значительно влияют на организационные и технические решения в рамках цифровой трансформации [16].

В. Стайкис, Р. Бурбайт обосновывают, что у высококвалифицированных специалистов необходимо формировать так называемые «интегрированные навыки» (Integrated STEM (ISTEM) Skills): способности к непрерывному обучению, математическое и вычислительное мышление; мышление, направленное на обеспечение деятельности с техническими объектами [17].

Перспективными в плане поддержки цифровых инноваций и подготовки инженеров, способных к прорывным открытиям, по выводам Н. А. Бушмелевой, Н. И. Исуповой, Е. А. Мамаевой, Е. В. Харунжевой, является 3D-моделирование и 3D-печать [18]. Сформулированные авторами выводы развивают и подтверждают и Х. Пирсон, А. Дубэ [19]. Ученые определяют, что 3D-моделирование – новая образовательная технология, которая подготавливает выпускников к новому технологически спроектированному миру.

М. Клемент, К. Бартек отмечают, что овладение основами 3D-моделирования становится жизненной необходимостью. По их выводам следует, что одно из проявлений цифровизации производства – растущий интерес научно-педагогического сообщества к 3D-моделированию [20]. И указанный интерес на практике проявляется в том, что работа с 3D-моделями становится неотъемлемой частью учебных программ (даже на уровне начальной школы). Ученые описывают опыт использования инструментов программного обеспечения для печати 3D-моделей, проведения их испытания, анализа. Авторы представляют и способы модернизации моделей в зависимости от результатов испытания.

Одной из главных тенденций в развитии технологии 3D-моделирования, по выводам У. Шумен, является увеличение ее доступности [21]. Ранее для создания сложных трехмерных объектов и анимации от пользователей требовались фундаментальные теоретические навыки и умение программировать. Кроме того, необходимы были мощные компьютеры и дорогостоящие программы. Но с появлением онлайн-сервисов и облачных технологий все больше разработчиков, по выводам Г. Меркан, З. Варол Сельчук, могут проводить проектирование и моделирование дидактического назначения [22]. Это касается, согласно Л. Ли и соавт., и деятельности студентов с педагогическим профилем подготовки [23].

С. Сороур, М. Азиз отталкиваются от того, что другой важной научной тенденцией является увеличение скорости и производительности в работе с 3D-моделями [24]. Новые алгоритмы и техники оптимизации позволяют работать с более сложными объектами и сценами без потери качества. Авторы описывают совместный интерактивный опыт обучения педагогов средствами 3D-персонажей (анимированных). Исследование подтвердило повышение уровня развития проектного мышления участников взаимодействия. Эти выводы схожи с заключениями, полученными Ч. Х. Чанг, Ю. Лин, о дидактическом потенциале модели проблемного обучения на основе 3D-игры в плане мотивации студентов и повышения их удовлетворенности обучением [25]. Авторы обосновывают значительное положительное влияние 3D-моделирования на повышение успеваемости и получение удовлетворенности от признания труда.

М. С. Марджи, Н. Ч. Дерасид, А. Мустаамал аргументируют, что современный специалист должен иметь сформированный навык визуальной коммуникации [26]. Авторы доказывают, что без способности представлять идеи графически во многих

профессиях будущего порой трудно будет качественно и оперативно выполнить работу (аналитику, дизайн, производство, обучение). Л. Е. Савич, Л. М. Габитова, Р. Р. Мухаметшин исследуют компетентностную модель специалиста с позиций системного подхода [27]. М. Чжоу показывает, что педагоги средствами 3D-моделирования на практике могут создавать высококачественные учебные ресурсы для поддержки методики преподавания иностранного языка [28].

Ф. Ломбард, Х. Да Коста, У. Лаура предлагают методический сценарий, поддержанный оригинальными 3D-моделями. Авторы обоснованно говорят о необходимости подготовки педагогов к применению таких методических решений (именно на уровне подготовки в высшем учебном заведении) [29]. К. С. Шин, К. Чо, Дж. Х. Рю, Д. Джо высказывают и доказывают предположение о том, что образовательная среда на основе 3D-моделирования является эффективной в плане получения обучающимися востребованных универсальных навыков [30]. Эта среда к тому же демонстрирует, что работа с трехмерными моделями позволяет уменьшить затраты и работать в безопасном виртуальном пространстве. К. Патил, С. Айер, Дж. Лондон отмечают, что новые технологии предлагают возможность создания недорогих захватывающих мультимедийных сред, которые могут поддерживать типы обучения, ориентированные на опыт физического проектирования и строительства [31].

Э. Ференц, Р. Немец, Б. Фируза исследуют специфику работы виртуальных проектных команд как групп специалистов, привлеченных для обеспечения реализации игрового проекта, но при этом территориально отделенных друг от друга [32]. Игровые механики в трехмерных мирах позволяют реализовать следующую инновацию в образовании: если раньше элементы игры переносили в рабочее пространство, то теперь рабочее пространство перемещают в виртуальную вселенную. Значимость указанной работы для проводимого исследования заключается в том, что рассматривается именно командная работа в 3D-информационных виртуальных мирах. Р. Ибаньес, А. Де Ла Крус, П. Эрмита отмечают, что при управлении виртуальными проектными командами лидерам следует обеспечивать эффективный способ обмена информацией между их членами [33].

Ю. В. Амелина рассматривает роль командной работы в формировании общих компетенций студентов ИТ-специальностей и выделяет следующие ключевые проблемы организации такой деятельности: низкий уровень мотивации студентов к непрерывному взаимодействию в течение семестра и оценка результатов командной работы [34]. Выводам Э. Ференц, Р. Немец, Б. Фируза [35] и Ю. В. Амелиной [36] частично противоречат в своих изысканиях Дж. Хан, Д. Парк, М. Хуа, Р. Н. Чайлдс о том, что немногие исследования продемонстрировали доказательства того, что групповая работа превосходит индивидуальную работу в отношении творческой деятельности в контексте высшего образования [37].

М. Тепла, П. Тепла, П. Шмейкал делают важный вывод о том, что отношение самих учителей к современным технологиям играет важную роль в общей эффективности применения 3D-технологий [38]. Более того, как показывают Е. В. Соболева, Н. Л. Караваев, командная работа над виртуальным проектом отвечает требованиям цифровой школы и способствует профессиональной самореализации выпускников вузов, только если она грамотно и четко спланирована, направляется и поддерживается преподавателем [39].

Выполненный анализ литературы позволяет объективно заключить:

– изучение и применение средств 3D-моделирования для решения практических задач в терминах цифровизации и трансформации при обучении – важный шаг

в подготовке востребованных и высококвалифицированных специалистов (в том числе и педагогов);

- информационная деятельность по проектированию трехмерного объекта дидактического назначения имеет свою специфику, которая накладывается и на особенности командной работы с 3D-моделями;

- применение 3D-моделирования для решения задач и проектов в рамках командной деятельности имеет определенные проблемы, среди которых – необходимость мотивации студентов к непрерывному взаимодействию в ходе выполнения проекта и оценка результатов коллаборации.

Методологическая база исследования / Methodological base of the research

При командном 3D-моделировании используется платформа Vectary. Это онлайн-среда, позволяющая создавать, редактировать и публиковать 3D-проекты. Деятельность по 3D-моделированию реализуется в рамках дисциплины «Современные информационные технологии». Команды последовательно работают с инструментами сервиса, обсуждают изученный функционал и образовательные возможности. В итоге обсуждения – личный вывод каждого студента о дидактическом потенциале для решения задач в контексте будущей профессиональной деятельности. Для поддержки 3D-моделирования преподавателями курса были разработаны инструкции разного уровня сложности (текстовое описание с добавлением изображений примеров-образцов, с видеокomentarиями).

В опытно-экспериментальной работе (далее – ОЭР) задействовано 74 студента факультета педагогики и психологии Вятского государственного университета (Российская Федерация). Направление – 44.03.05 Педагогическое образование, профили подготовки «Физика и информатика», «Биология и английский язык», «Русский язык и литература». Средний возраст – 20 лет (65% – девушки, 35% – молодые люди). Все обучающиеся – студенты третьего курса бакалавриата.

Для диагностики уровня командообразования используется методика Лоры Стэк. Она включает инструменты оценки личной и командной эффективности [40]. Основная идея: каждый участник анкетирования выполняет индивидуальную оценку работы команды (через описание собственного опыта и восприятие). Четыре раздела методики: «Справедливое отношение», «Готовность отвечать за результат», «Системы», «Технологии». Предусмотрены и факторы ускорения работы в команде. В разделе «Справедливое отношение» это факторы: формирование отношений, управление конфликтами, укрепление целостности. Раздел «Готовность отвечать за результат»: доверие к коллегам, осознание ответственности, максимизация эффективности. Для раздела «Системы»: принятие эффективных решений, управление временем, повышение эффективности. В «Технологии» анализируются эффективные коммуникации, эффективные совещания, соблюдение принятых правил. По каждому фактору используется четыре вопроса-ограничителя. Всего 48 ограничителей. Указанные ограничители поддерживают достижение принципов надежности и валидности ОЭР. Все вопросы теста имеют одинаковое начало: «В какой степени члены моей команды...» Шкала ответов: «1 = абсолютно нет», «2 = в минимальной степени», «3 = в некоторой степени», «4 = в значительной степени», «5 = в огромной степени». По результатам заполняется итоговый бланк.

При статистической обработке данных использован критерий χ^2 Пирсона (онлайн-калькулятор – <https://medstatistic.ru/calculators/calchit.html>). Ограничения и

условия критерия выполняются: объем выборки больше 30 респондентов, пересечения в них отсутствуют, сумма респондентов по каждой группе совпадает с общим числом студентов по направлению подготовки.

Результаты исследования / Research results

Уточнение основных понятий

3D-моделирование – учебная деятельность по созданию трехмерной модели объекта, поддержанная специализированными компьютерными программами. Задача 3D-моделирования – спроектировать и реализовать информационную модель. Информационная модель в данном исследовании рассматривается авторами как визуальный объемный (трехмерный) образ реального или воображаемого (идеального) объекта.

Навыки командной работы педагога включают способности быть активным участником дидактического информационного группового взаимодействия, достигать общих целей, решать проблемы и выстраивать отношения в коллективе в цифровом образовательном пространстве при выполнении задач профессионального характера.

Дисциплина «Современные информационные технологии» у студентов педагогических специальностей (в частности, выбранных профилей подготовки) изучается на третьем курсе в первом семестре. Она продолжает разделы и темы, изученные будущими педагогами на первом курсе в рамках дисциплины «Цифровые технологии образования». У всех участников ОЭР имеется опыт педагогической практики в школе. На занятиях первого курса студенты изучили классификацию современных информационных технологий, этапы решения задач и основы информационного моделирования. Поэтому они имеют представление о графических редакторах, их видах и примерах программных средств. Также они получили представление о 3D Paint как средстве создания трехмерных моделей.

Согласно рабочей программе дисциплины студенты учатся понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности. Будущие наставники обоснованно выбирают программные средства и изучают их функциональные возможности с учетом имеющихся у них представлений.

При реализации идеи применения средств 3D-моделирования для развития навыков командной работы студентов педагогических специальностей были выделены следующие этапы: «Теоретический», «Аналитический», «Практический», «Методический», «Демонстрационный».

Этап «Теоретический». Работе с 3D-моделями предшествовало изучение основ 3D-моделирования и таких понятий, как полигональное моделирование; скульптинг; текстурирование и разворачивание 3D-модели на плоскую поверхность для наложения текстур; освещение и рендеринг, добавление эффектов (блики, тени и т. д.); композитинг и т. д. Обучающиеся рассматривали принципы создания 3D-моделей: топология, масштаб и пропорции, деформация и анимация и др.

Также студенты работали с интерактивным 3D-атласом анатомии человека, который разработан сотрудниками кафедры университета. Дидактическое назначение: поворачивать модели на любые углы; увеличивать и уменьшать масштаб; удалять структуры на поверхности, чтобы раскрыть анатомические структуры, скрытые под ними. Дополнительные функции: организация викторин по уточнению местоположения; включение/выключение различных систем анатомии; поддержка русского, английского, китайского языков.

Этап «Аналитический». Затем студенты рассматривали онлайн-сервисы для 3D-моделирования: Vectary, SketchUp, Tinkercad и др. Ими было установлено, что Vectary имеет следующие особенности:

1. Интуитивно понятный интерфейс: сервис предлагает удобный и простой в использовании интерфейс, который делает 3D-моделирование доступным для новичков, при этом предоставляя мощные инструменты для опытных пользователей.
2. Облачное хранилище: все проекты сохраняются в облаке. Это позволяет пользователям получать доступ к своим моделям с любого устройства без необходимости установки дополнительного программного обеспечения.
3. Совместная деятельность: Vectary поддерживает коллективное редактирование, что позволяет нескольким пользователям преобразовывать одну модель одновременно. Это делает платформу идеальной для командных проектов и удаленной работы.
4. Библиотеки объектов и шаблонов: платформа предоставляет обширные библиотеки готовых 3D-инструментов, которые можно использовать для ускорения процесса создания модели.
5. Интеграция с другими инструментами: Vectary легко комбинируется с различными инструментами и платформами, такими как Sketchfab, Figma и другие. Это позволяет использовать созданные модели в различных контекстах.
6. Поддержка AR и VR: созданные модели можно использовать в приложениях дополненной и виртуальной реальности. Это открывает широкие возможности для их применения в различных сферах, таких как архитектура, образование, дизайн интерьеров, игры и маркетинг.
7. Экспорт и импорт: Vectary поддерживает различные форматы файлов для экспорта и импорта 3D-моделей, такие как OBJ, STL и другие. Это обеспечивает совместимость с другими 3D-редакторами и принтерами.

Кроме того, сервис предоставляет инструменты для быстрого создания и редактирования 3D-моделей без необходимости в сложном и дорогостоящем программном обеспечении.

*Организация командной работы студентов педагогических специальностей
по созданию 3D-моделей в среде Vectary*

Этап «Практический». После выявления таких несомненных дидактических достоинств сервиса в экспериментальной группе преподаватель приступал к делению на команды, например, с помощью одного из цифровых сервисов «Колесо фортуны», предназначенных для увлекательного принятия решений (как вариант, <https://nameonwheel.com/>).

Затем обучающиеся экспериментальной группы приступали к работе по инструкции. Они изучали интерфейс и функциональные возможности применительно к 3D-моделированию объекта. Прежде чем приступить к созданию моделей, которые будущие учителя-предметники смогут применять на практике, им необходимо закрепить знания о фундаментальных теоретических понятиях по информатике (изучаемых на предыдущих дисциплинах). Устройство ЭВМ (в частности, устройства ввода-вывода) – одна из универсальных тем, которая изучается в университете. Для примера рассмотрим создание 3D-модели компьютерной мыши. На методическом этапе будущие педагоги цифровой школы смогут применить полученные знания для проектирования профессионально ориентированной модели.

Далее представлен вариант самой простой инструкции, содержащей только текстовые пояснения и методические рекомендации. При необходимости (по запросу от

группы с выраженным единодушным согласием) преподаватель предоставлял им более подробные инструкции (с изображениями по ходу работы или видеороликами).

Шаг 1. Переходим на сайт и регистрируемся (<https://vectary.vercel.app/>). Зарегистрироваться можно с помощью Google. Открывается интерфейс учетной записи. Далее выбираем кнопку «+новый проект». Для того чтобы создать изначально пустой лист для работы с объектами, выбираем кнопку «Пустой». Разберем управление и горячие клавиши: прокруткой колеса мыши можно отдалить и приблизить камеру к объекту; правая кнопка мыши предназначена для перемещения камеры по всем трем осям; левой кнопкой мыши можно передвигать камеру вокруг оси определенной области.

Шаг 2. Создание компьютерной мыши

2.1. Для того чтобы выбрать подходящую фигуру, рассмотрите верхнюю горизонтальную панель. Слева находятся инструменты, среди которых нужно навести курсор на фигуру в виде куба. При наведении на данный инструмент, появляется меню выбора фигур. Для основы трехмерного объекта «компьютерная мышь» понадобится фигура «Коробка».

Методическая рекомендация. После создания начального объекта рассмотрите подробнее работу с фигурами. Например, цветные стрелки, указанные разными цветами, являются инструментами для передвижения объекта по трем осям. Рядом с цветными стрелками располагаются дугообразные линии, которые предназначены для возможности поворота фигуры. Белые точки, обведенные синим маркером, предназначены для изменения масштабов фигуры. Синяя точка, расположенная на углу куба, предназначена для сглаживания углов и сторон фигуры.

2.2. Для создания цилиндра дополнительно добавьте на рабочую плоскость соответствующую фигуру. Далее нужно подогнать одинаковый размер фигур и объединить их для основы нашей мыши. Выделите фигуры в меню, расположенном слева, с зажатой клавишей Ctrl. Затем нажмите правую кнопку мыши и выберите пункт «Объединить».

После того как вы объединили фигуру, поверните ее в горизонтальное положение с помощью цветных дугообразных линий и подгоните размер под компьютерную мышь.

2.3. Чтобы создать верхние кнопки у компьютерной мыши, выберите проектируемый объект и продублируйте его. Далее дублированный объект (с помощью стрелок и инструментов масштабирования) приподнимите над основной фигурой и подстройте размеры. При этом дополнительно можно выбрать у двух объектов цвет. Для этого выделите нужный вам объект и используйте настройку «Цвет» в правом появившемся меню. Два получившихся объекта снова выделите и при помощи горячих клавиш Ctrl+G создайте для них группу.

2.4. Разделение кнопок. Для того чтобы разделить правую кнопку мыши и левую, нужно перейти в полигональное изменение фигуры. Для этого «кликните» два раза по выбранной вами фигуре (в данном случае это кнопки мыши). В меню выберите инструмент «Разрезать». И по центру фигуры проведите две линии, которые будут лежать очень близко друг к другу. Вы создали новые полигоны. Далее нужно выделить те полигоны, вместо которых планируется сделать разрез. Для этого, удерживая Shift, выделите соответствующие полигоны.

В верхней панели найдите инструмент «Выталкивать» и протяните полигоны вниз, делая тем самым отверстия.

2.5. После получившихся кнопок смоделируйте колесо мыши. Для этого создайте «Кольцо», подгоните размеры кольца к размеру компьютерной мыши и перетащите его в нужное расположение.

Методическая рекомендация: к объекту «компьютерная мышь» добавьте дополнительные кнопки.

Шаг 3. В данной программе также существуют различные модели, которыми можно дополнить вашу работу. Для этого в левом меню перейдите на вкладку «Рабочие пространства». На вкладке существует огромное количество готовых качественных моделей, которые можно изменять, редактировать текстуры, сглаженность, количество полигонов.

3.1. Работа с текстурами. Уникальностью программы Vectary является возможность изменения текстур, освещение и рендеринг готовых моделей.

Рассмотрим изменение текстур у объектов компьютерной мыши. Для этого при выделении объекта обратите внимание на меню в правой части экрана. Зайдите в настройки «Цвет» и вместо «Сплошной» поставьте наименование «Текстура».

3.2. Освещение. В данной программе можно также настроить освещение для объекта. Для этого в верхнем горизонтальном меню выберите инструмент «Точечный свет» и расположите камеру на рабочей плоскости. В настройках света также можно добавить тень объектов, использовать динамическое освещение, поменять угол освещения и его мягкость.

3.3. Готовый объект отредактируйте и сохраните в виде скриншота.

Шаг 4. Творческое задание: дополнить получившийся объект ковриком для мыши или дополнительными аксессуарами с условием, чтобы хотя бы у одного объекта были изменены полигоны.

Этап «Методический». Далее участники команд приступали к выработке идеи командного проекта (по профилю подготовки), его реализации в форме 3D-модели и составлению инструкции для потенциальных пользователей (своих учеников). Рассмотрим один из примеров – результат работы команды студентов профиля подготовки «Биология и английский язык» по составлению инструкции «Трехмерная модель ДНК».

Шаг 1: добавление базовых форм. В правом верхнем углу выберите вкладку Shapes (Формы). Добавьте две цилиндрические формы (или Tube) на рабочую область. Это будут «спирали» моделируемой ДНК.

Измените размеры цилиндров, чтобы они были длинными и тонкими. Для этого выберите цилиндр и используйте параметры Scale (Масштаб) в правом меню.

Шаг 2: формирование спирали. Выберите один из цилиндров и в правом меню найдите параметр Twist (Скручивание). Увеличьте значение Twist до нужного уровня, чтобы создать спиральную форму. Повторите этот процесс для второго цилиндра, чтобы обе спирали имели одинаковую форму.

Шаг 3: добавление соединительных оснований. Перейдите в раздел Shapes и добавьте сферические формы (или Sphere) для создания оснований (нуклеотидов). Уменьшите размер сфер, чтобы они соответствовали масштабу спиралей.

Разместите сферы между спиралями, чтобы они соединяли их. Вы можете использовать функцию Duplicate (Дублировать), чтобы быстро создать несколько сфер.

Шаг 4: настройка материалов. Выберите каждую из спиралей и перейдите в раздел Materials (Материалы). Установите различные цвета и текстуры для спиралей и сфер, чтобы сделать модель более реалистичной и привлекательной. Настройте отражение и прозрачность, если это необходимо.

Шаг 5: завершение и экспорт. Проверьте модель с разных углов, используя инструмент Orbit (Орбита). Перейдите в меню Export (Экспорт) в правом верхнем углу. Выберите формат файла, в котором хотите сохранить модель (например, *.OBJ или *.STL), и нажмите Export.

Шаг 6: сохранение проекта. Выполняется при нажатии на кнопку Save (Сохранить) в верхнем меню.

Команды студентов профиля подготовки «Физика и информатика» разработали, например, инструкцию для создания 3D-модели маятника Фуко, Солнечной системы и т. п.; профиля «Русский язык и литература» – модель «Золотая рыбка», «Герой нашего времени» и т. п.

Этап «Демонстрационный». Представители команд презентовали и инструкцию (методические рекомендации), и полученную модель. Например, фрагмент заключительной речи лидера команды по представленной инструкции: «Теперь у вас есть 3D-модель ДНК, созданная в Vectary 3D. Вы можете использовать эту модель для учебных целей, презентаций или в рамках педагогической практики».

Описание опытно-экспериментальной работы

На первом этапе ОЭР проводился анализ литературы, опыта применения 3D-моделирования и соответствующих программных средств в обучении студентов (для коллаборации). Отдельно рассматривались проблемы применения средств 3D в подготовке и совместной деятельности будущих педагогов для работы в цифровой школе. Например, ограниченность временных и финансовых ресурсов, необходимость адаптации методических материалов под специализацию учителя (биология, физика, русский язык и литература).

Определены виды учебной и будущей профессиональной деятельности, где педагог сможет применить средства 3D-моделирования, например для анализа и определения строения молекул, анатомии человека, проектирования атласов и энциклопедий; визуализации сказочного персонажа, события из художественного произведения; моделирования физического события или явления.

Изучены и проанализированы сервисы и платформы, поддерживающие 3D-моделирование. С учетом результатов анализа литературы было принято решение остановиться на облачных сервисах (SelfCAD, Vectary, SketchUp, Tinkercad и др.). Критерии сравнения: простота использования, техническая доступность, функционал, наличие обучающих ресурсов и сообщества единомышленников. По совокупности всех критериев и была выбрана платформа Vectary.

Проанализированы методики оценки сформированности уровня командообразования. В частности, для вычисления индекса групповой сплоченности К. Сисшора, для определения опосредованной групповой сплоченности – методика «Наша группа» (О. И. Моткова), опросник Уильяма Стефансона «Q-сортировка», методика Л. Стэк. С учетом требований работодателей к будущим педагогам цифровой школы, специфики виртуальной командной работы над 3D-объектами было принято решение диагностировать респондентов по методике Л. Стэк. Ее вопросы сформулированы именно в терминах soft skills и максимально соответствуют международным приоритетам в образовании. Ниже представлены условные названия уровней при определении результатов.

«Модель идеальной команды» (от 216 до 240 баллов): студент при 3D-моделировании отлично понимает, что его группа по-настоящему мобильная и эффективная.

Он активно участвует в формировании и сохранении конструктивной среды взаимодействия. Будущий педагог нацелен на высокое качество разрабатываемой модели. Необходимость точечной корректировки работы от лидера в коллективе возникает лишь время от времени.

«Модель дороги» (от 169 до 215 баллов): студент при 3D-моделировании в группе (в большинстве случаев) ориентируется на единый результат и совместное творчество. Однако некоторые виды учебных действий (например, генерирование идей, обсуждение, реализация модели) требуют совершенствования. От лидера в коллективе зависит положительный настрой и уровень мотивации.

«Модель золотой середины» (от 121 до 168 баллов): команда при 3D-моделировании находится в стадии формирования и сплочения. Необходимо активнее работать над повышением эффективности деятельности, осваивать новые инструменты и возможности.

«Модель флюгера» (от 72 до 120 баллов): требуются серьезные изменения в управлении группой при 3D-моделировании. Студенту необходимо пересмотреть свои подходы к организации совместного творчества, выполнению проектов. Лидеру рекомендуется искать другие стимулы и мотиваторы для коллаборации. Необходимо повышать общепрофессиональную компетентность команды в каждом из этапов 3D-моделирования.

«Модель несвязанные и незакрепленные элементы» (от 48 до 71 балла): команде будущих педагогов следует начинать работу над повышением эффективности деятельности по 3D-моделированию. Пока личные цели каждого участника имеют приоритет над общими. Требуется развивать навыки совместного творчества, группового мышления.

Далее уточнено место работы со средствами 3D-моделирования и в структуре дисциплины. Преподавателями курса разработаны инструкции с методическими рекомендациями по каждому этапу командной работы («Практический», «Методический», «Демонстрационный»).

На втором этапе исследования будущие педагоги изучали материалы дисциплины и применяли средства 3D-моделирования для выполнения командных проектов (в соответствии с вызовами цифрового общества и требованиями современной школы).

На третьем этапе были определены факторы, влияющие на качество применения средств 3D-моделирования, на уровень сформированности навыков командной работы.

Обучающиеся контрольной группы к деятельности по созданию 3D-моделей в рамках командной работы по указанным этапам не привлекались. Примеры проектов, которые они реализовывали средствами 3D-редактора: «Интерьер школьного предметного кабинета биологии» (английского языка, русского языка и литературы, физики); «Школа будущего»; «Электромобиль» и др. Студенты могли выполнять указанные проекты как индивидуально, так и в парах.

На фиксирующей стадии ОЭР еще раз применялась методика Л. Стэк. В таблице представлены результаты анализа уровней командообразования – до и после 3D-моделирования в рамках групповой работы.

Для $\alpha = 0,05$ по таблицам распределения $\chi^2_{\text{крит}}$ равно 9,488. Таким образом, получаем: $\chi^2_{\text{набл.1}} < \chi^2_{\text{крит}}$ ($0,299 < 9,488$), а $\chi^2_{\text{набл. 2}} > \chi^2_{\text{крит}}$ ($9,758 > 9,488$). Следовательно, изменения в уровнях сформированности навыков, не являются случайными.

Уровень сформированных умений и навыков командной работы

Уровень	Группы			
	Экспериментальная группа (37 студентов)		Контрольная группа (37 студентов)	
	До эксперимента	После эксперимента	До эксперимента	После эксперимента
Модель идеальной команды	8% (3)	27% (10)	8% (3)	13% (5)
Модель дороги	19% (7)	41% (15)	22% (8)	19% (7)
Модель золотой середины	38% (14)	19% (7)	35% (13)	41% (15)
Модель флюгера	24% (9)	8% (3)	27% (10)	22% (8)
Модель несвязанные и незакрепленные элементы	11% (4)	5% (2)	8% (3)	5% (2)

Итак, применение средств 3D-моделирования реализовано следующим образом на каждом из этапов командной работы:

– на «Теоретическом этапе» участники эксперимента актуализируют и изучают новый теоретический материал в контексте решения будущих профессиональных задач (полигональное моделирование; текстурирование; масштабирование; освещение, добавление эффектов и т. д.). Происходит накопление знаний и умений для командной работы;

– на «Практическом этапе» участники (уже поделенные на группы) в среде Vectary (или другого альтернативного редактора обработки трехмерных изображений) создают 3D-модель. Они работают по инструкции, предложенной преподавателем. Команда (при вынесении единогласного решения) может попросить дополнения к инструкции – в виде изображений моделей-образцов или видеороликов. Распределение ролей, стиль виртуального общения, управление конфликтами – всё это проявляется на этапе изучения функционала и применения его к решению поставленной задачи;

– на «Методическом этапе» команды разрабатывают собственные инструкции, которые впоследствии реализуют для построения 3D-модели, например трехмерной модели ДНК, маятника, персонажа художественного произведения. Здесь происходит поиск инновационных направлений, вскрываются проблемы и осуществляется поиск, принимаются смелые решения, активизируется личностный и организационный рост;

– на «Демонстрационном этапе» представители команд проявляют коммуникативные навыки и презентуют результат работы всей группы. Участники отмечали, что на этом этапе важно следовать одному правилу: «Не думать, как победить другую команду, а думать, как стать лучше, и, объединяя усилия, вместе добиваться результата».

Заключение / Conclusion

Результаты исследования показывают, что применение средств 3D-моделирования способствует формированию таких навыков, как самоуправление и виртуальная коммуникация; использование цифровых технологий; распределение ролей в команде; решение проблем и управление конфликтами; поддержание высокого уровня производительности; применение правила педагогического общения.

Для применения средств 3D-моделирования в целях развития навыков командной работы у студентов педагогических специальностей авторами выделены и опи-

саны следующие этапы: «Теоретический», «Аналитический», «Практический», «Методический», «Демонстрационный». Были выявлены следующие особенности командной работы над 3D-моделями: коллаборация располагает к оперативному поиску ошибок и выбору оптимального решения проблем; совместная деятельность экономит ресурсы, которые уходят на изучение всех нюансов новой технологии или программного средства; поддержка группой отдельного участника в принятии неординарных решений; ускорение личного и организационного роста; снижение тревожности и выгорания. Отметим трудности, которые осложняют применение средств 3D-моделирования для коллаборации педагогов:

- распределение участников на группы, максимально ориентированных на решение соответствующей задачи;
- оптимальный выбор программного средства с учетом тенденций цифровизации и глобализации;
- разработка инструкций разного уровня сложности (составление текстового описания, определение минимального и дополнительного набора изображений, запись видеороликов);
- подбор возможных вариантов моделей для цифровой школы (в случае, если команда не сможет предложить свои идеи);
- мониторинг прогресса выполнения текущей работы каждой группой;
- разная цифровая компетентность членов команды. Отсутствие реальных результатов (при работе с инструкцией, при создании собственной 3D-модели), несогласованность при технической реализации между членами команды может негативно повлиять на моральный дух и привести к утрате доверия в коллективе;
- трудности организации контроля. Командная работа в виртуальной среде при решении задачи профессионального характера предполагает высокий уровень самоконтроля, самоорганизации и самомотивации.

Также отметим факторы, влияющие на качество использования средств 3D-моделирования для формирования навыков коллаборации:

- степень детальности проработки преподавателем дисциплины инструкций для «Практического этапа» работы команды. Именно здесь закладывается фундамент для будущей коллаборации, так как все члены группы должны изучить и усвоить инструменты для моделирования. Происходит установление связей и коммуникаций, получение опыта поиска компромисса в технических решениях;
- имеющийся опыт работы пользователей со средствами обработки трехмерных изображений и качество ранее усвоенного материала по предшествующим дисциплинам;
- интересы будущих специалистов в выбранной профессиональной области;
- предыдущий опыт участия в командных проектах.

Полученные результаты могут быть использованы для совершенствования программ подготовки будущих учителей-предметников в контексте приоритетов цифровой школы и вызовов Индустрии 5.0. В качестве других направлений развития и уточнения результатов, сформулированных в данной работе, можно предложить: отслеживание качества образовательных достижений; выбор студентами для 3D-моделирования альтернативного программного средства (например, Tinkercad). Как следствие, возникает необходимость в разработке дополнительных инструкций и от преподавателей вуза.

Ссылки на источники / References

1. Education 2030: Incheon Declaration and Framework for Action Towards inclusive and equitable quality education and lifelong learning for all. – URL: <https://iite.unesco.org/publications/education-2030-incheon-declaration-framework-action-towards-inclusive-equitable-quality-education-lifelong-learning/>
2. Carney S. Reimagining our futures together: a new social contract for education: by UNESCO, Paris, UNESCO, 2021 // Comparative Education. – 2022. – Vol. 58. – P. 1–2. DOI: 10.1080/03050068.2022.2102326.
3. The Centre for the New Economy and Society. – URL: <https://centres.weforum.org/centre-for-new-economy-and-society/home>
4. Ананин Д. П., Сувилова А. Ю. Иммерсивные технологии в образовательной практике российской высшей школы // Высшее образование в России. – 2023. – Т. 33. – № 5. – С. 112–135. DOI: 10.31992/0869-3617-2024-33-5-112-135.
5. The Future of Jobs Report 2023. – URL: <https://www.weforum.org/publications/the-future-of-jobs-report-2023/>
6. Klement M., Bártek K. 3D modelling and its use in education // Journal Of Interdisciplinary Research. – 2023. – Vol. 13. – P. 30–34. DOI: 10.33543/1301.
7. Bushmeleva N. A., Isupova N. I., Mamaeva E. A., Kharunzheva E. V. Peculiarities of Engineering Thinking Formation Using 3D Technology // European Journal of Contemporary Education. – 2020. – Vol. 9(3). – P. 529–545. DOI: 10.13187/ejced.2020.3.529.
8. Investment in the Future. – URL: <https://vbudushee.ru/en/>
9. Soboleva E. V., Suvorova T. N., Chuprakov D. V., Khlobystova I. Yu. Formation of "Teamwork Skills" in Future Teachers when Creating Didactic Games with Traditional and Digital Components // European Journal of Contemporary Education. – 2023. – Vol. 12 (1). – P. 188–203. DOI: 10.13187/ejced.2023.1.188.
10. Ferenc E., Nemeth R., Firuza B. Virtual Teamwork in Gamified 3D Environment // Infocommunications Journal. – 2023. – Vol. 15. – P. 15–20. DOI: 10.36244/ICJ.2023.SI-IODCR.3.
11. Abouelkhier N., Shafiq M., Rauf A., Alsheikh N. Enhancing Construction Management Education through 4D BIM and VR: Insights and Recommendations // Buildings. – 2024. – Vol. 14. – P. 3116. DOI: 10.3390/buildings14103116.
12. Sorour S., Aziz M. A Multi-Smart Agent-Based Training Environment for Enhancing 3D Graphics Production and Design Thinking Skills Among Elementary Computer Teachers // Frontiers in Education. – 2024. – Vol. 9. – P. 13. DOI: 10.3389/educ.2024.1392266.
13. The Centre for the New Economy and Society.
14. Dönmezer S., Demircioglu P., Bogrekci I. et al. Revolutionizing Industry 5.0: Harnessing the Power of Digital Human Modelling. ISPR 2023 // Lecture Notes in Mechanical Engineering. – 2024. – P. 223–235. DOI: 10.1007/978-3-031-53991-6_17.
15. Verenitsin A. I. 3D modeling as a basis for BIM model design for processing plants // Ore & Metals. – 2021. – Vol. 2. – P. 33–39. DOI: 10.17580/or.2021.02.06.
16. Waqar A., Bektaş C. Teamwork and organizational innovation within digital economy: a moderating role of organizational citizenship – Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) // Virtual Economics. – 2023. – Vol. 6. – P. 20–37. DOI: 10.34021/ve.2023.06.03(2).
17. Stuikeys V., Burbaite R. Models for the Development and Assessment of Integrated STEM (ISTEM) Skills: A Case Study // Evolution of STEM-Driven Computer Science Education. – Cham: Springer, 2024. – P. 41–80. DOI: 10.1007/978-3-031-48235-9_2.
18. Bushmeleva N. A., Isupova N. I., Mamaeva E. A., Kharunzheva E. V. Peculiarities of Engineering Thinking Formation Using 3D Technology.
19. Pearson H., Dube A. 3D printing as an educational technology: theoretical perspectives, learning outcomes, and recommendations for practice // Education and Information Technologies. – 2022. – Vol. 27(4). DOI: 10.1007/s10639-021-10733-7.
20. Klement M., Bártek K. 3D modelling and its use in education.
21. Sümen Ö. The Effects of Activities Conducted Through 3D Design Programs on The Development of Pre-Service Primary Teachers' Spatial Skills // Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi. – 2022. – Vol. 42. DOI: 10.17152/gefad.967350.
22. Mercan G., Varol Selçuk Z. The Role of Metaverse Technology in Education: A Systematic Review of Opportunities, Challenges, and Educational Potential // Sakarya University Journal of Education. – 2024. – Vol. 14. – P. 360–375. DOI: 10.19126/suje.1376341.

23. Li L., Hu Y., Yang X. et al. Enhancing pre-service teachers' classroom management competency in a large class context: the role of fully immersive virtual reality // *Humanities and Social Sciences Communications*. – 2024. – Vol. 11(10). – P. 1–14. DOI: 10.1057/s41599-024-03538-9.
 24. Sorour S., Aziz M. A Multi-Smart Agent-Based Training Environment for Enhancing 3D Graphics Production and Design Thinking Skills Among Elementary Computer Teachers.
 25. Chung Ch.-H., Lin Y. Online 3D gamification for teaching a human resource development course // *Journal of Computer Assisted Learning*. – 2022. – Vol. 38(3). – P. 692. DOI: 10.1111/jcal.12641.
 26. Marji M. S., Che Derasid N., Musta'amal A. Students' perceptions of the application of origami art in engineering drawing subject // *Jurnal Scientia*. – 2023. – Vol. 12(1). – P. 631–637. DOI: 10.58471/scientia.v12i01.1014.
 27. Савич Л. Е., Габитова Л. М., Мухаметшин Р. Р. Компетентностная модель библиотечного специалиста: к вопросу о цифровой составляющей // *Образование и культурное пространство*. – 2024. – № 4. – С. 184–193. DOI: 10.53722/27132803_2024_4_184.
 28. Zhou M. Construction of Chinese Culture Teaching Resources for International Chinese Language Education Based on Knowledge MaPing // *Applied Mathematics and Nonlinear Sciences*. – 2024. – Vol. 9. – P. 1–16. DOI: 10.2478/amns-2024-1029.
 29. Lombard F., Da Costa J., Laura W. Teaching with digital biology: Opportunities from authentic sequences and 3D models // *Progress in Science Education*. – 2023. – Vol. 6. – P. 80–97. DOI: 10.25321/prise.2023.1389.
 30. Shin K.-S., Cho C., Ryu J. H., Jo D. Exploring the Perception of the Effect of Three-Dimensional Interaction Feedback Types on Immersive Virtual Reality Education // *Electronics*. – 2023. – Vol. 12. – P. 4414. DOI: 10.3390/electronics12214414.
 31. Patil K. R., Ayer S. K., Wu W., London J. Mixed Reality Multimedia Learning to Facilitate Learning Outcomes from Project Based Learning // *Construction Research Congress 2020: Computer Applications – Selected Papers from the Construction Research Congress*. – 2020. – P. 153–161. DOI: 10.1061/9780784482865.017.
 32. Ferenc E., Nemeth R., Firuza B. Virtual Teamwork in Gamified 3D Environment.
 33. Ybañez R., De La Cruz A., Ermita P. Related Literature Review: Project Triad – The Virtual Project Coordination // *Open Journal of Business and Management*. – 2023. – Vol. 11. – P. 1597–1608. DOI: 10.4236/ojbm.2023.114089.
 34. Amelina Yu. V. Organization of distance command work of it students // *Informatics And Education*. – 2018. – Vol. 4. – P. 42–45.
 35. Ferenc E., Nemeth R., Firuza B. Virtual Teamwork in Gamified 3D Environment.
 36. Amelina Yu. V. Organization of distance command work of it students.
 37. Han J., Park D., Hua M., Childs P. Is group work beneficial for producing creative designs in STEM design education? // *International Journal of Technology and Design Education*. – 2022. – Vol. 32. – P. 2801–2826. DOI: 10.1007/s10798-021-09709-y.
 38. Teplá M., Teplý P., Šmejkal P. Influence of 3D models and animations on students in natural subjects // *International Journal of STEM Education*. – 2022. – Vol. 9. – P. 1–20. DOI: 10.1186/s40594-022-00382-8.
 39. Soboleva E. V., Karavaev N. L. Characteristics of the Project-Based Teamwork in the Case of Developing a Smart Application in a Digital Educational Environment // *European Journal of Contemporary Education*. – 2020. – Vol. 9 (2). – P. 417–433. DOI: 10.13187/ejced.2020.2.417.
 40. Stack L. Together faster. 12 principles of team effectiveness. – Moscow: Mann, Ivanov & Ferber, 2018. – 260 p. – URL: http://www.litres.ru/pages/biblio_book/?art=34930028
-
1. *Education 2030: Incheon Declaration and Framework for Action Towards inclusive and equitable quality education and lifelong learning for all*. Available at: <https://iite.unesco.org/publications/education-2030-incheon-declaration-framework-action-towards-inclusive-equitable-quality-education-lifelong-learning/> (in English).
 2. Carney, S. (2022). "Reimagining our futures together: a new social contract for education: by UNESCO, Paris, UNESCO, 2021", *Comparative Education*, vol. 58, pp. 1–2. DOI: 10.1080/03050068.2022.2102326 (in English).
 3. *The Centre for the New Economy and Society*. Available at: <https://centres.weforum.org/centre-for-new-economy-and-society/home> (in English).
 4. Ananin, D. P., & Suvirova, A. Yu. (2023). "Immersivnye tekhnologii v obrazovatel'noj praktike rossijskoj vysshej shkoly" [Immersive technologies in educational practice of Russian higher education], *Vysshee obrazovanie v Rossii*, t. 33, № 5, pp. 112–135. DOI: 10.31992/0869-3617-2024-33-5-112-135 (in Russian).
 5. *The Future of Jobs Report 2023*. Available at: <https://www.weforum.org/publications/the-future-of-jobs-report-2023/> (in English).
 6. Klement, M., & Bártek, K. (2023). "3D modelling and its use in education", *Journal Of Interdisciplinary Research*, vol. 13, pp. 30–34. DOI: 10.33543/1301 (in English).

7. Bushmeleva, N. A., Isupova, N. I., Mamaeva, E. A., & Kharunzheva, E. V. (2020). "Peculiarities of Engineering Thinking Formation Using 3D Technology", *European Journal of Contemporary Education*, vol. 9(3), pp. 529–545. DOI: 10.13187/ejced.2020.3.529 (in English).
8. *Investment in the Future*. Available at: <https://vbudushee.ru/en/> (in English).
9. Soboleva, E. V., Suvorova, T. N., Chuprakov, D. V., & Khlobystova, I. Yu. (2023). "Formation of "Teamwork Skills" in Future Teachers when Creating Didactic Games with Traditional and Digital Components", *European Journal of Contemporary Education*, vol. 12 (1), pp. 188–203. DOI: 10.13187/ejced.2023.1.188 (in English).
10. Ferenc, E., Nemeth, R., & Firuza, B. (2023). "Virtual Teamwork in Gamified 3D Environment", *Infocommunications Journal*, vol. 15, pp. 15–20. DOI: 10.36244/ICJ.2023.SI-IODCR.3 (in English).
11. Abouelkhier, N., Shafiq, M., Rauf, A., & Alsheikh, N. (2024). "Enhancing Construction Management Education through 4D BIM and VR: Insights and Recommendations", *Buildings*, vol. 14, p. 3116. DOI: 10.3390/buildings14103116 (in English).
12. Sorour, S., & Aziz, M. (2024). "A Multi-Smart Agent-Based Training Environment for Enhancing 3D Graphics Production and Design Thinking Skills Among Elementary Computer Teachers", *Frontiers in Education*, vol. 9, p. 13. DOI: 10.3389/educ.2024.1392266 (in English).
13. The Centre for the New Economy and Society.
14. Dönmezer, S., Demircioglu, P., Bogrekcı, I. et al. (2024). "Revolutionizing Industry 5.0: Harnessing the Power of Digital Human Modelling. ISPR 2023", *Lecture Notes in Mechanical Engineering*, pp. 223–235. DOI: 10.1007/978-3-031-53991-6_17 (in English).
15. Verenitsin, A. I. (2021). "3D modeling as a basis for BIM model design for processing plants", *Ore & Metals*, vol. 2, pp. 33–39. DOI: 10.17580/or.2021.02.06 (in English).
16. Waqar, A., & Bektaş, C. (2023). "Teamwork and organizational innovation within digital economy: a moderating role of organizational citizenship – Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)", *Virtual Economics*, vol. 6, pp. 20–37. DOI: 10.34021/ve.2023.06.03(2) (in English).
17. Stuijks, V., & Burbaite, R. (2024). "Models for the Development and Assessment of Integrated STEM (ISTEM) Skills: A Case Study", *Evolution of STEM-Driven Computer Science Education*. Springer, Cham, pp. 41–80. DOI: 10.1007/978-3-031-48235-9_2 (in English).
18. Bushmeleva, N. A., Isupova, N. I., Mamaeva, E. A., & Kharunzheva, E. V. (2020). Op. cit.
19. Pearson, H., & Dube, A. (2022). "3D printing as an educational technology: theoretical perspectives, learning outcomes, and recommendations for practice", *Education and Information Technologies*, vol. 27(4). DOI: 10.1007/s10639-021-10733-7 (in English).
20. Klement, M., & Bártek, K. (2023). Op. cit.
21. Sümen, Ö. (2022). "The Effects of Activities Conducted Through 3D Design Programs on The Development of Pre-Service Primary Teachers' Spatial Skills", *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, vol. 42. DOI: 10.17152/gefad.967350 (in English).
22. Mercan, G., & Varol Selçuk, Z. (2024). "The Role of Metaverse Technology in Education: A Systematic Review of Opportunities, Challenges, and Educational Potential", *Sakarya University Journal of Education*, vol. 14, pp. 360–375. DOI: 10.19126/suje.1376341 (in English).
23. Li, L., Hu, Y., Yang, X. et al. (2024). "Enhancing pre-service teachers' classroom management competency in a large class context: the role of fully immersive virtual reality", *Humanities and Social Sciences Communications*, vol. 11(10), pp. 1–14. DOI: 10.1057/s41599-024-03538-9 (in English).
24. Sorour, S., & Aziz, M. (2024). Op. cit.
25. Chung, Ch.-H., & Lin, Y. (2022). "Online 3D gamification for teaching a human resource development course", *Journal of Computer Assisted Learning*, vol. 38(3), p. 692. DOI: 10.1111/jcal.12641 (in English).
26. Marji, M. S., Che Derasid, N., & Musta'amal, A. (2023). "Students' perceptions of the application of origami art in engineering drawing subject", *Jurnal Scientia*, vol. 12(1), pp. 631–637. DOI: 10.58471/scientia.v12i01.1014 (in English).
27. Savich, L. E., Gabitova, L. M., & Muhametshin, R. R. (2024). "Kompetentnostnaya model' bibliotekhnogo specialista: k voprosu o cifrovoy sostavlyayushchej" [Competence model of a library specialist: on the issue of the digital component], *Obrazovanie i kul'turnoe prostranstvo*, № 4, pp. 184–193. DOI: 10.53722/27132803_2024_4_184 (in Russian).
28. Zhou, M. (2024). "Construction of Chinese Culture Teaching Resources for International Chinese Language Education Based on Knowledge MaPing", *Applied Mathematics and Nonlinear Sciences*, vol. 9, pp. 1–16. DOI: 10.2478/amns-2024-1029 (in English).
29. Lombard, F., Da Costa, J., & Laura, W. (2023). "Teaching with digital biology: Opportunities from authentic sequences and 3D models", *Progress in Science Education*, vol. 6, pp. 80–97. DOI: 10.25321/prise.2023.1389 (in English).
30. Shin, K.-S., Cho, C., Ryu, J. H., & Jo, D. (). "Exploring the Perception of the Effect of Three-Dimensional Interaction Feed-back Types on Immersive Virtual Reality Education", *Electronics*, 2023, vol. 12, p. 4414. DOI: 10.3390/electronics12214414 (in English).

31. Patil, K. R., Ayer, S. K., Wu, W., & London, J. (2020). "Mixed Reality Multimedia Learning to Facilitate Learning Outcomes from Project Based Learning", *Construction Research Congress 2020: Computer Applications – Selected Papers from the Construction Research Congress*, pp. 153–161. DOI: 10.1061/9780784482865.017 (in English).
32. Ferenc, E., Nemeth, R., & Firuza, B. (2023). Op. cit.
33. Ybañez, R., De La Cruz, A., & Ermita, P. (2023). "Related Literature Review: Project Triad – The Virtual Project Coordination", *Open Journal of Business and Management*, vol. 11, pp. 1597–1608. DOI: 10.4236/ojbm.2023.114089 (in English).
34. Amelina, Yu. V. (2018). "Organization of distance command work of it students", *Informatics And Education*, vol. 4, pp. 42–45 (in English).
35. Ferenc, E., Nemeth, R., & Firuza, B. (2023). Op. cit.
36. Amelina, Yu. V. (2018). Op. cit.
37. Han, J., Park, D., Hua, M., & Childs, P. (2022). "Is group work beneficial for producing creative designs in STEM design education?", *International Journal of Technology and Design Education*, vol. 32, pp. 2801–2826. DOI: 10.1007/s10798-021-09709-y (in English).
38. Teplá, M., Teplý, P., & Šmejkal, P. (2022). "Influence of 3D models and animations on students in natural subjects", *International Journal of STEM Education*, vol. 9, pp. 1–20. DOI: 10.1186/s40594-022-00382-8 (in English).
39. Soboleva, E. V., & Karavaev, N. L. (2020). "Characteristics of the Project-Based Teamwork in the Case of Developing a Smart Application in a Digital Educational Environment", *European Journal of Contemporary Education*, vol. 9 (2), pp. 417–433. DOI: 10.13187/ejced.2020.2.417 (in English).
40. Stack, L. (2018). *Together faster. 12 principles of team effectiveness*, Mann, Ivanov & Ferber, Moscow, 260 p. Available at: http://www.litres.ru/pages/biblio_book/?art=34930028 (in English).

Вклад авторов

Т. Н. Исупова – организация практических занятий студентов педагогических специальностей, курирование работы в учебных группах, сбор информации о 3D-технологиях и сервисах, применяемых для повышения качества подготовки наставников цифровой школы.

Д. Н. Грибков – анализ российской и зарубежной литературы по проблематике исследования, описание методологии, обработка экспериментальных данных.

Е. В. Щедрина – анализ зарубежных источников, базы данных Scopus и Wos. На заключительном этапе – помощь в формулировании выводов по исследованию.

Contribution of the authors

T. N. Isupova – organization of practical classes for student teachers, supervision of work in study groups, collection of information on 3D technologies and services used to improve the quality of training of digital school instructors.

D. N. Gribkov – analysis of Russian and foreign literature on the research issues, description of the methodology, processing of experimental data.

E. V. Shchedrina – analysis of foreign sources, Scopus and Wos databases. At the final stage – assistance in formulating conclusions on the research.