УДК 711:004.94 Научная статья

Данила Сергеевич Парыгин✉
канд. техн. наук, доцент, зав. каф. цифровых технологий в урбанистике, архитектуре и строительстве, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Россия, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1;
e-mail: dparygin@gmail.com; ORCID: 0000-0001-8834-5748

Владислав Александрович Феклистов
магистрант каф. цифровых технологий в урбанистике, архитектуре и строительстве, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Россия, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1;
e-mail: feklistov0v0ist20@gmail.com

Татьяна Владимировна Смирнова
доцент каф. теории и методики обучения изобразительному искусству и дизайну костюма, Волгоградский государственный социально-педагогический университет (ВГСПУ). Россия, 400005, Волгоград, пр. Ленина, 27;
e-mail: smirnova.tatiana.2013@yandex.ru

Даниил Андреевич Толстоусов
студент каф. цифровых технологий в урбанистике, архитектуре и строительстве, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Россия, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1;
e-mail: daniil.11022004@mail.ru

Владислав Дмитриевич Срыбный
студент каф. цифровых технологий в урбанистике, архитектуре и строительстве, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Россия, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1;
e-mail: vladsrybny@gmail.com

ИНТЕРАКТИВНАЯ ЦИФРОВАЯ ЭКСПОЗИЦИЯ ОБЪЕКТОВ ТЕРРИТОРИИ В ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ

В статье проанализированы современные тенденции применения технологий виртуализации в музейно-выставочной сфере. Описывается разработка концепции программно-информационного решения для создания цифровой экспозиции объектов территории, предполагающей создание трехмерных интерактивных моделей локаций, включающих культурно-исторические памятники и их контекстное окружение. Предложена программная архитектура проекта цифровой экспозиции, подход к выбору объектов виртуального показа и формированию дополнительного пользовательского опыта. Продемонстрирована реализация нескольких связанных виртуальных сцен на основе достопримечательностей Волгоградской области: Лютеранской церкви XIX в. в селе Верхний Еруслан и Верхнееруслансского шлюзового моста через реку Еруслан в Старополтавском районе. Показаны этапы создания 3D-моделей центральных объектов экспозиции, прочих компонентов, их локаций, а также интерактивного функционала сцен.

Ключевые слова: интерактивная цифровая экспозиция, культурно-исторические памятники, моделирование объектов территории, моделирование участка территории, Unity, Лютеранская церковь, Верхний Еруслан, Верхнеерусланский шлюзовой мост.

Для цитирования: *Парыгин Д. С., Феклистов В. А., Смирнова Т. В., Толстоусов Д. А., Срыбный В. Д.* Интерактивная цифровая экспозиция объектов территории в виртуальной реальности // Социология города. 2025. № 2. С. 84—97. DOI: 10.35211/19943520_2025_2_84

Введение

Виртуальные миры сегодня — это не только инфраструктура мира развлечений, это также инструмент развития корпоративной культуры, сохранения культурного наследия, пространство создания новой реальности межличностного взаимодействия и творчества. В этом контексте цифровая экспозиция представляет собой не только оцифрованные объекты реального мира, на которые человек может смотреть через экран компьютера, но и широкий спектр интерактивных решений для глубокого погружения в контекст (Zhang, 2022). Этой технологией в настоящее время активно пользуются музеи, применяя в своих экспозициях эффекты музыки и видео, дополняя и расширяя реальность восприятия экспонатов (Будагян, 2021). При этом необходимый фактор развития цифровых экспозиций — совершенствование их с использованием новых технологий (Положенцева, Балахчи, 2022).

Использование технологий виртуальной реальности (VR) позволяет дополнить цифровую экспозицию новым уровнем приближения и погружения в атмосферу объекта показа. Можно совместить VR-технологии и современные игровые движки (Парыгин, Феклистов, Назаров и др., 2024), позволяя тем самым создать приложение, в котором пользователь будет активно взаимодействовать с цифровым двойником (Щербаков, Парыгин, Саушкин и др., 2022). Это, в свою очередь, будет способствовать вовлечению пользователя в процесс изучения мира внутри виртуального пространства, пока он «играет».

Приложения, созданные с помощью технологий VR, отличаются для разных задач, таких как игры, симуляторы, тренажеры и прочие[1] (Korzeniowski, White, Bello, 2018). Подобные технологии позволяют расширить восприятие экспозиции посредством аудио- и видеосопровождения, а также интерактивных компонентов на сцене. Приложения, разработанные с подобными технологиями, являются современным решением для ситуаций, когда появляется необходимость сформировать у человека всеобъемлющее представление о местах реального мира, где человек не может побывать по разным причинам (Keschyan, 2020). В этом ключе цифровая экспозиция является средством в том числе экскурсионно-туристического просвещения, которое позволяет любому человеку расширить свое представление об окружающем мире через виртуальную реальность (Морозов, 2020).

[1] Комплект VR-тренажеров ARPort SafetyVR. URL: https://arport.ru/vr-safety (дата обращения: 27.03.2025).

Так, например, VR-Gallery[2] от ArtDynamics предоставляет пользователям возможность погрузиться в атмосферу знаменитых художественных галерей и музеев со всего мира, находясь при этом в комфортных условиях собственного дома. The VR Museum of Fine Art[3] — это целый музей в виртуальной реальности, позволяющий посетителям удаленно и всесторонне знакомиться и взаимодействовать с известными произведениями искусства. Музей предлагает уникальный опыт погружения, позволяя пользователям ходить по виртуальным галереям, просматривать изображения картин с высоким разрешением и узнавать об истории и значении каждого произведения. Проект «Beyond the Glass»[4] включает в себя комбинацию движущегося изображения, аудиосопровождения и интерактивного интерфейса, что позволяет пользователю виртуально посетить собор Парижской Богоматери.

В перечисленных примерах приведены разные методы работы с технологиями виртуальной реальности. Эти и другие продукты используются для обучающих целей или для обзорного ознакомления, они различаются по признакам динамичности сцен, вариативности локаций, на которых находится человек, и поддержкой управления с помощью контроллеров VR (Бочков, 2018; Boedecker, Huettl, Saalfeld, 2021). В связи с этим при создании цифровой экспозиции объектов территории требуется формирование подхода, который позволит сочетать лучшие качества современных цифровых музеев с динамичностью, вариативностью и интерактивностью виртуальных игровых миров.

Концептуальное программно-информационное решение для создания цифровой экспозиции

Создание цифровой экспозиции объектов территории предполагает отбор значимых мест, которыми могут быть музеи, памятники архитектуры и природы, памятные места, связанные с историческими событиями и культурным наследием (Вязинкин, Двухжилова, 2020). На следующем этапе потребуется разработка их 3D-моделей для дальнейшей работы с объектами в среде виртуальной реальности.

Создание трехмерных моделей культурно-исторических мест является сложной и трудоемкой задачей, включающей затраты времени на изучение достопримечательностей. Необходимо уделить внимание каждой детали и уникальным особенностям каждого места, чтобы точно и всесторонне передать их атмосферу и значение (Полбицев, Дымченко, 2020).

Кроме того, необходимо определить, какие именно впечатления должен получить пользователь от готового продукта. Для повышения заинтересован-

---

[2] Музей ARTDYNAMICS. URL: https://artdynamics.ru/ (дата обращения: 16.03.2025).

[3] The VR Museum of Fine Art. URL: https://store.steampowered.com/app/515020/The_VR_Museum_of_Fine_Art/ (accessed: 18.03.2025).

[4] Виртуальный проект «За стеклом». URL: https://centermars.ru/projects/monaliza/?ysclid=ltu06nqv94719614683 (дата обращения: 20.03.2025).

ности в цифровой экспозиции в VR используются интерактивные элементы. Это позволяет пользователям взаимодействовать с представленным контентом, что создаст глубокое вовлечение и более яркое впечатление. Интерактивные элементы могут включать в себя различные аудио- и видеоэффекты, такие как подсказки, аудиогиды, видеоэкскурсии, анимации, а также возможность взаимодействия с виртуальными объектами или возможность изменения параметров окружающей среды. Это позволит создать уникальный опыт погружения пользователя в локацию достопримечательности посредством создания специальных аудиовизуальных впечатлений (Лавров, Лаврова, Спиридонова, 2019).

Для большего понимания, как должны работать компоненты программного решения для реализации цифровой экспозиции, была разработана схематичная структура проекта (рис. 1).

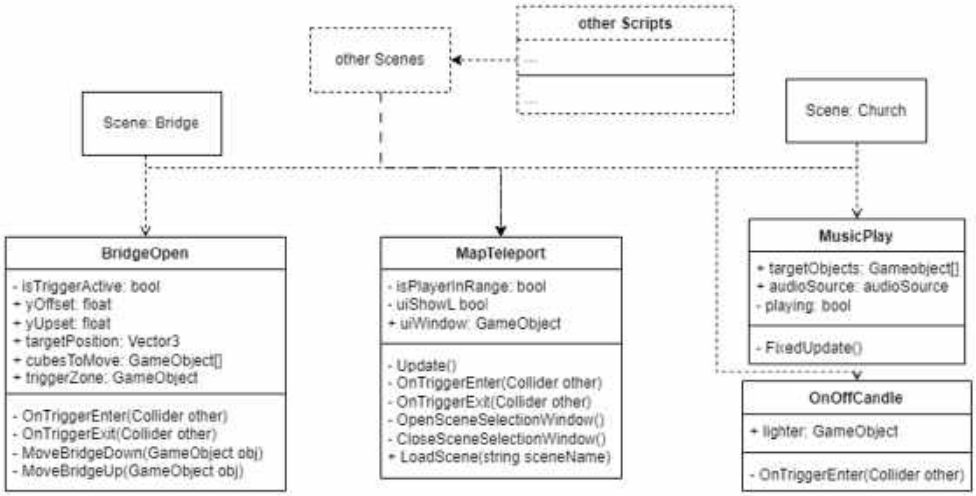

Рис. 1. Программная архитектура проекта цифровой экспозиции

На данной схеме отображены сцены (модели локаций с объектами территории) и классы (средства обеспечения взаимодействия с пользователем и реализации интерактивного функционала) проекта. Сцены «Scene: Bridge» и «Scene: Church» представляют собой трехмерные локации определенной местности, включающие центральные элементы цифровой экспозиции, а также их действительное окружение. Класс «MapTeleport» представляет собой скрипт, предназначенный для перемещения между всеми существующими локациями. Класс «MusicPlay» представляет собой скрипт, предназначенный для проигрывания музыкального сопровождения сцен. Классы типа «OnOffCandle» и «BridgeOpen» представляют собой скрипты для активации интерактивных компонентов конкретных сцен. «Other Scenes» и «Other Scripts» представляют собой все прочие существующие или новые сцены и скрипты цифровой экспозиции.

Реализация объектов интерактивной цифровой экспозиции

Для реализации программного продукта использовались движок Unity[5], графические редакторы Blender и Fusion 360, среда разработки Microsoft Visual Studio, язык программирования C#, плагин SteamVR для работы со шлемами виртуальной реальности, совместимыми с OpenVR (Сергеев, Шерстнев, Ибатуллин, 2022; Таганов, 2023; Фатеенков, 2023). Тестирование моделей в VR выполнялось на «Программно-аппаратном комплексе для искусственного интеллекта», внедренном на кафедре цифровых технологий в урбанистике, архитектуре и строительстве ВолгГТУ в рамках реализации государственного научного гранта Волгоградской области по проекту «Разработка интеллектуальных сетевых технологий обследования качества городской среды в контексте реализации социальных потребностей городского населения Волгоградской области» (Соглашение № 10 от 14.12.2022).

Основные компоненты проекта — трехмерные модели объектов территории, являющихся ядром экспозиции, а также окружающей их инфраструктуры. Объектами экспозиции выступают памятные места, в числе которых могут быть скульптуры, церкви, парки, памятники природы, мосты, исторические дома и др. Окружение включает природный и антропогенный ландшафт, а также вспомогательные элементы динамической сцены.

Для иллюстрации возможностей проекта были выбраны Лютеранская церковь XIX в. в селе Верхний Еруслан и Верхнееруслансий шлюзовый мост (мост-ГЭС) через реку Еруслан в Старополтавском районе Волгоградской области (рис. 2).

Рис. 2. Объекты территории для цифрового экспонирования (слева — Лютеранская церковь (фото: Wikipedia[6]); справа – мост-ГЭС через реку Еруслан (фото: администрация Волгоградской области[7]))

[5] Unity Documentation. URL: https://docs.unity.com/ (accessed: 15.04.2025).

[6] Лютеранская церковь (Верхний Еруслан). URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Лютеранская_церковь_(Верхний_Еруслан) (дата обращения: 10.04.2025).

[7] «Его строили еще немцы Поволжья»: в Волгоградской области 90-летний уникальный мост стал туристическим хитом. URL: https://gorvesti.ru/society/ego-stroili-nemtsy-povolzhya-v-volgogradskoy-oblasti-90-letniy-unikalnyy-most-stal-turisticheskim-khitom-108058.html (дата обращения: 20.04.2025).

Разработка моделей выбранных объектов велась в редакторе Fusion 360. Так, с помощью инструментов создания чертежа (Createsketch) и «выдавливания» (Extrude) создана основная часть Лютеранской церкви (рис. 3, слева). Далее, с помощью тех же инструментов, а также инструментов паттернов (Rectangularpattern, Circularpattern), позволяющих создавать детализацию — черепицу, колонны, крест и прочее — реализована законченная форма модели объекта (рис. 3, справа).

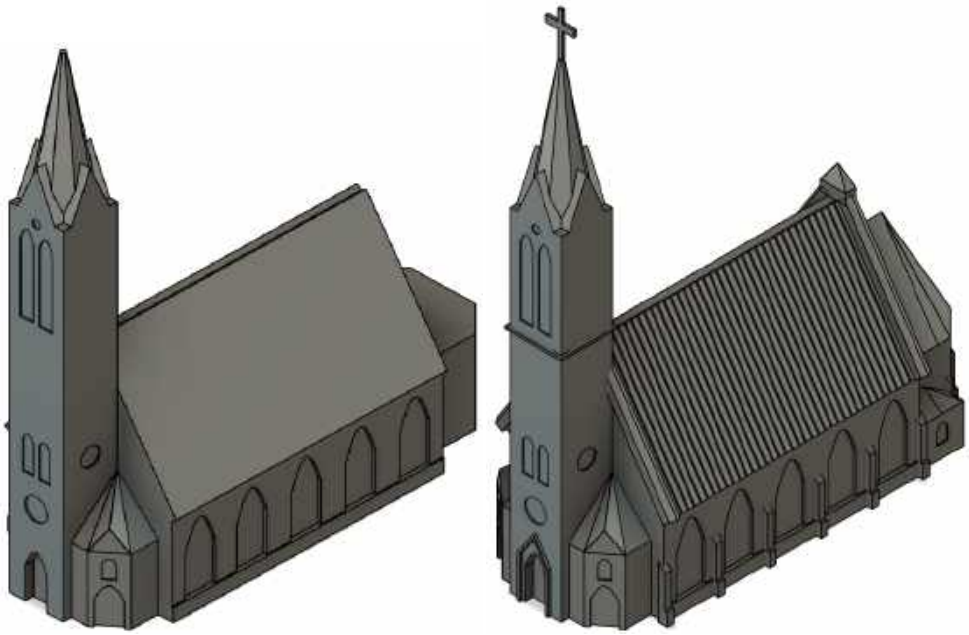

Рис. 3. Лютеранская церковь (слева — основные элементы модели; справа — моделирование элементов оформления)

Часть элементов модели моста-ГЭС сгенерированы при помощи встроенных в Fusion 360 инструментов. Таким образом были созданы шестерни системы поднятия/спуска затворов ГЭС, размещенные на верхней части моста (рис. 4).

Важной с точки зрения целостного конечного восприятия была задача разработки модели локации для достопримечательностей. Реализация выполнялась на движке Unity[8] версии 2022.3.13f1, включая текстурирование ландшафта, дорог и тропинок, а также добавление природных объектов (зеленых насаждений, травы, деревьев и др.) и антропогенного окружения (зданий, сооружений, заборов и др.). Многие подходящие для проекта модели объектов второго плана были взяты из сервиса sketchfab[9].

[8] Платформа Unity для разработки в реальном времени Unity. URL: https://unity.com/ru (дата обращения: 11.04.2025).

[9] Sketchfab — The leading platform for 3D & AR on the web. URL: https://sketchfab.com/ (accessed: 12.04.2025).

Создание реалистичной и детализированной модели локации выполнялось с использованием данных картографического сервиса «Яндекс Карты»[10]. Для этого были найдены соответствующие местности Старополтавского района и сделаны снимки экрана, чтобы в дальнейшем перенести их на сцены проекта (рис. 5). Далее на карты добавлены модели объектов второго плана (дома, деревья и др.) и текстурированы дороги, тропинки, ландшафт и прочие детали местности. На сцене с ГЭС, помимо описанных действий, выполнено изменение высоты ландшафта и добавление воды.

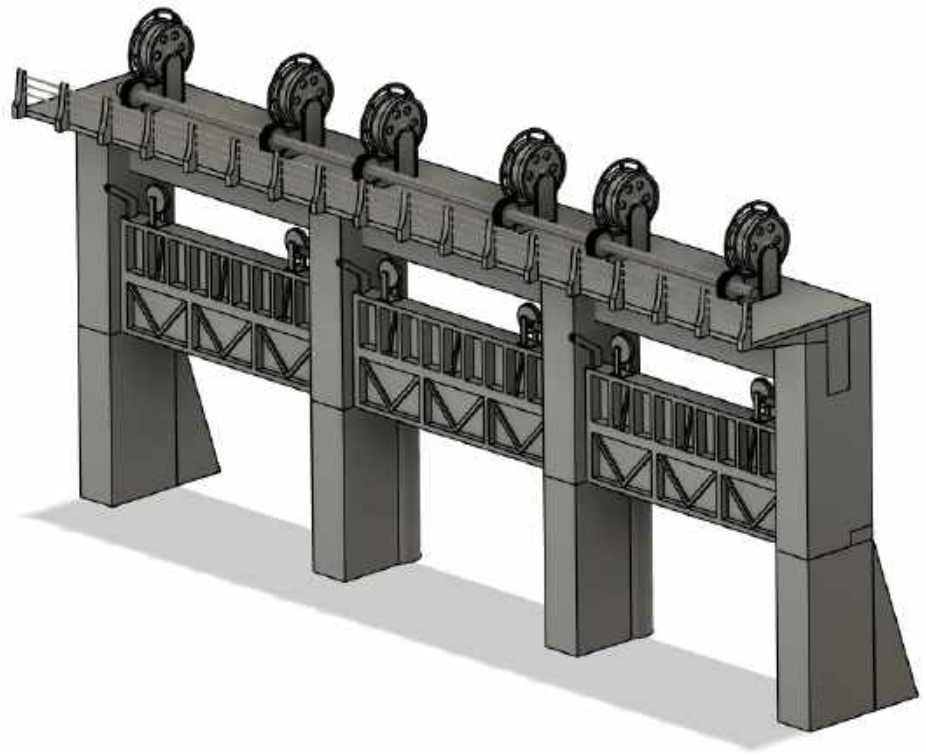

Рис. 4. Завершенная модель моста-ГЭС на реке Еруслан

По окончанию разработки моделей территории получены сцены, похожие на снимок карты со спутника (рис. 6, 7).

Разработанные модели достопримечательностей, смоделированные в программе Fusion 360, были импортированы в формат .fbx для дальнейшей работы с ними внутри движка Unity. Вначале изменен масштаб моделей исходя из существующей на сцене карты местности и информации об объекте из открытых интернет-ресурсов. После установки правильного масштаба и перемещения модели на нужное место созданы материалы текстуры стен, крыш, дверей, окон и креста кирхи, а также стен и затворов моста-ГЭС. Итоговый вид текстурированных моделей внутри движка Unity показан на рис. 8.

[10] Яндекс Карты — транспорт, навигация, поиск мест. URL: https://yandex.ru/maps/ (дата обращения: 19.04.2025).

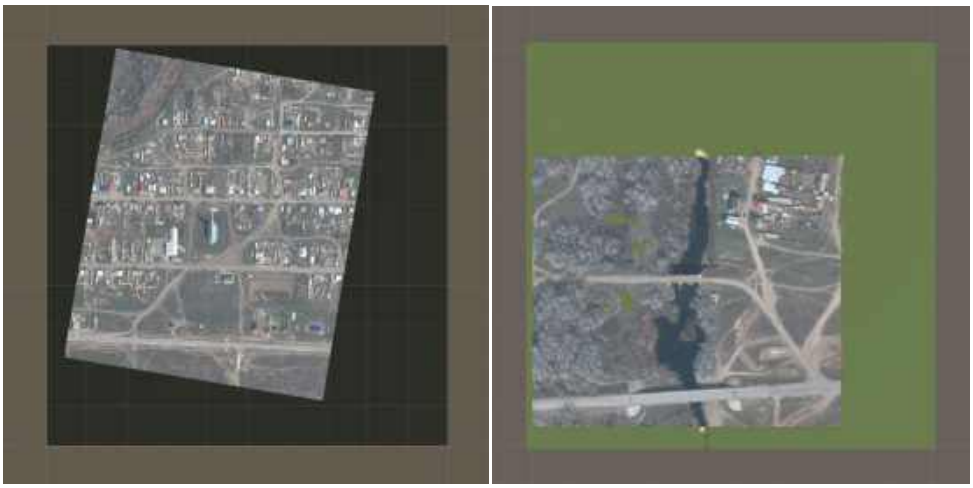

Рис. 5. Спутниковые снимки территории Старополтавского района Волгоградской области внутри сцены проекта (слева — село Верхний Еруслан; справа — участок реки Еруслан)

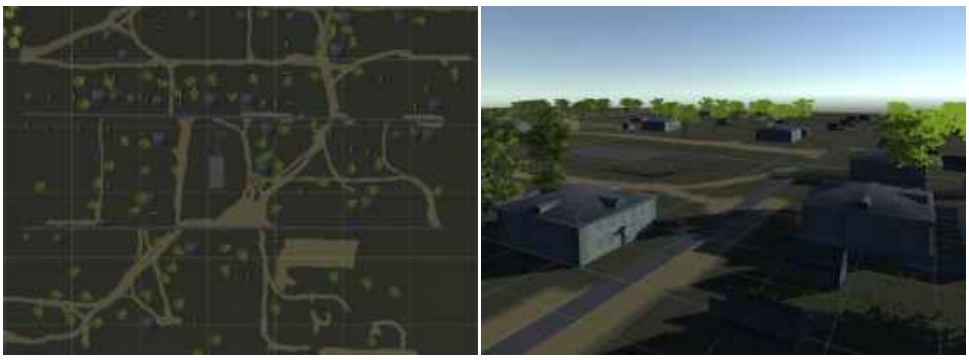

Рис. 6. Модель локации с Лютеранской церковью (слева — вид в плане; справа — вид с летающей камеры)

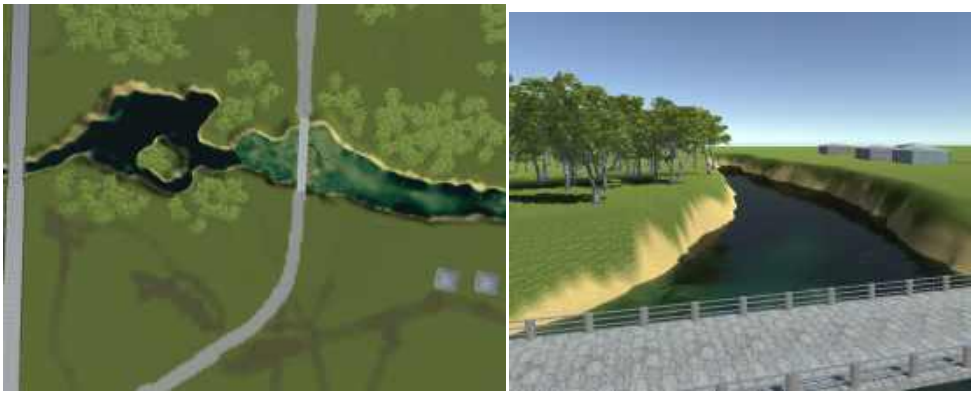

Рис. 7. Модель локации моста-ГЭС (слева — вид в плане; справа — вид с летающей камеры)

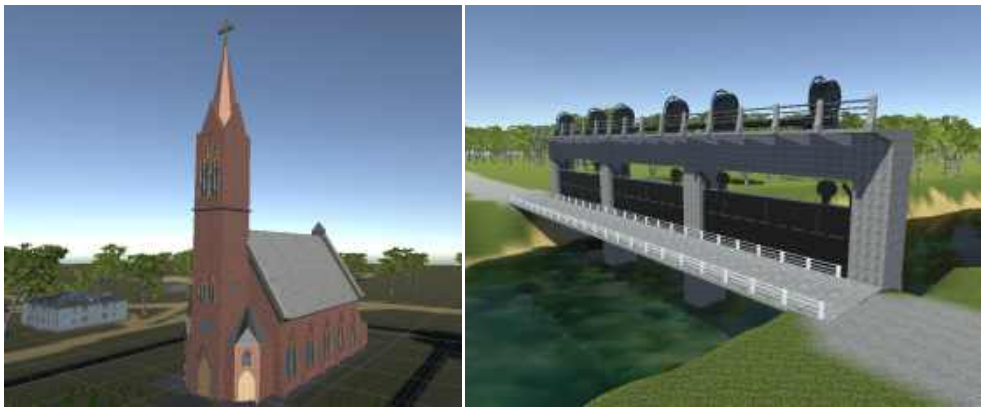

Рис. 8. Модели достопримечательностей на сцене проекта (слева — Лютеранская церковь; справа — мост-ГЭС)

На данном этапе проект готов к запуску в среде виртуальной реальности. Главной интерактивной частью является карта перемещения персонажа между всеми существующими сценами проекта. Для работы соответствующего скрипта разработана панель-карта всех районов и крупных городов Волгоградской области, а также конкретных территорий с объектами экспозиции, с которыми игрок может взаимодействовать посредством контроллера (рис. 9).

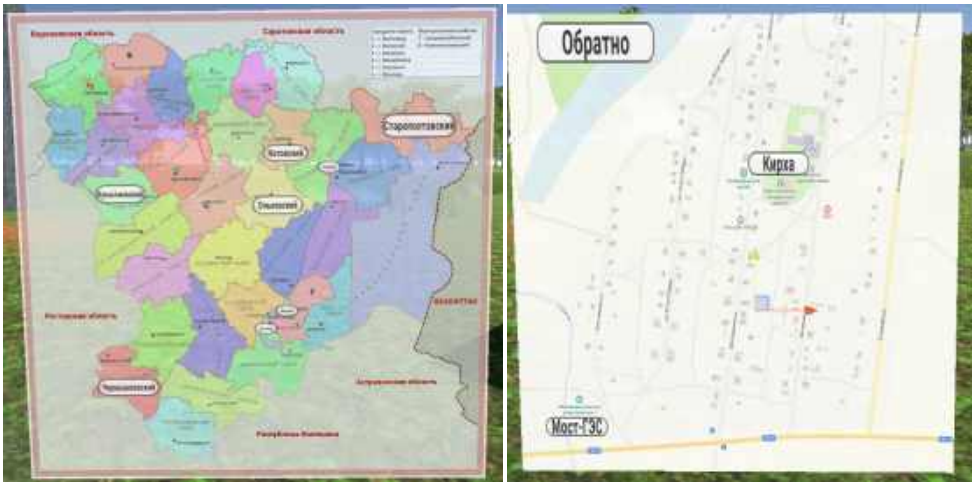

Рис. 9. Интерактивная панель-карта в среде виртуальной реальности проекта (слева — Волгоградская область целиком; справа — карта конкретной территории на примере Старополтавского района)

Также для каждой сцены разработаны скрипты интерактивных действий для создания дополнительного пользовательского опыта. Так, на сцене с кирхой реализован функционал зажигания свечей — в результате зажжения всех свечей начнет играть церковная мелодия, на сцене с мостом-ГЭС интерактивом выступает возможность поднятия и опускания затворов гидроузла по активации определенного рычага.

Кроме указанных выше специфичных активностей на каждой сцене игрок может свободно передвигаться по территории в режиме симуляции ходьбы, как в реальной жизни, или посредством скачкообразной телепортации (рис. 10, слева). Взаимодействуя с панелью-картой, игрок может перемещать персонажа по разным сценам (рис. 10, справа).

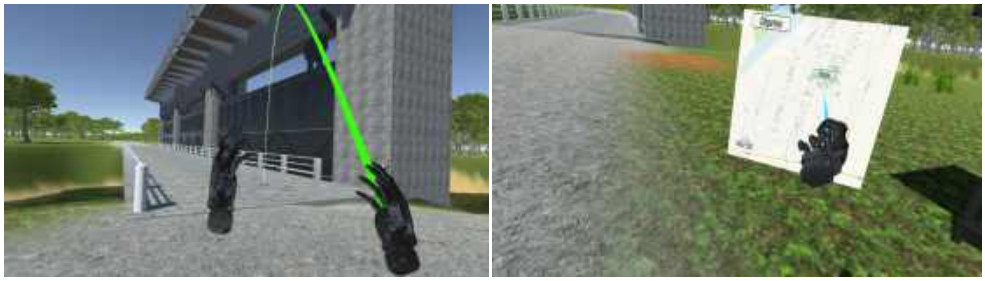

Рис. 10. Интерактивные действия на сцене проекта (слева — телепортация на место по зеленому лучу; справа — выбор места для перемещения персонажа на другую локацию)

Заключение

В результате проведенного исследования разработан подход к реализации цифровой экспозиции объектов территории в виртуальной реальности. Для демонстрации данного подхода созданы модели ряда локаций в различных населенных пунктах Волгоградской области. Разработанное на основе предложенной концепции программное решение не только демонстрирует в трехмерной виртуальной реальности исторические, культурные и природные достопримечательности региона, но и позволяет свободно передвигаться по сценам проекта и между ними, осуществлять интерактивные взаимодействия с объектами, проигрывать музыкальное сопровождение и др. Благодаря этому функционалу пользователь может углубиться в изучение объектов цифровой экспозиции в приближенному к реальности контексте пространства урбанизированных и природных территорий Волгоградской области.

Таким образом, реализуется комплексная демонстрация культурного наследия и расширенные функции цифрового туризма с использованием технологий виртуальной реальности. Данный проект может быть использован как в образовательных, так и в научно-исследовательских целях. Основным направлением совершенствования и дальнейшего развития разработанной цифровой экспозиции является увеличение количества сцен с моделями объектов территории Волгоградской области, а также добавление большего разнообразия интерактивных действий на все существующие и будущие сцены проекта.

Благодарности

Исследование выполнено при поддержке «Центра цифровых научно-образовательных проектов и разработок в сфере промышленного искусственного интеллекта» Ц2RED-ИИ ВолгГТУ, созданного в рамках реализации образовательных программ топ-уровня в сфере искусственного интеллекта (Соглашение № 70-2025-000756). Авторы выражают благодарность коллегам по кафедре цифровых технологий в урбанистике, архитектуре и строительстве ИАиС ВолгГТУ, принимавшим участие в разработке проекта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Бочков С. И. Исследование возможностей применения технологии виртуальной реальности в образовательном процессе // V Международная научно-практическая конференция «Электронное обучение в непрерывном образовании». Ульяновск, 2018. С. 130—135. DOI: 10.24412/2071-6168-2022-9-116-118

Будагян Р. Р. Цифровая трансформация современных мировых музеев // Музыка и время. 2021. № 1. С. 26—31.

Вязинкин А. Ю., Двухжилова И. В. Проблема виртуальных реконструкций «мест памяти» в свете пространственного культурного поворота // Урбанистика. 2020. № 3. С. 1—8. DOI: 10.7256/2310-8673.2020.3.32423

Лавров А. В., Лаврова А. В., Спиридонова А. М. Интерфейс перемещения между музейными пространствами в системах виртуальной реальности // Альманах научных работ молодых ученых Университета ИТМО. СПб., 2019. С. 164—166.

Морозов М. М. Цифровые путешественники как инновационная тенденция развития современного туризма // Материалы 7-й Межрегиональной научно-практической конференции «Тенденции и проблемы развития индустрии туризма и гостеприимства». Рязань, 2020. С. 196—198.

Парыгин Д. С., Феклистов В. А., Назаров К. Р., Финогеев А. А., Акользин М. А. Визуализация моделей урбанизированных территорий на игровых движках // Academia. Архитектура и строительство. 2024. № 3. С. 122—127. DOI: 10.22337/2077-9038-2024-3-122-127

Полбицев П. А., Дымченко И. В. VR-технологии в музейном деле. Проект «Народы Арктики VR» // Сборник статей всероссийской научно-технической конференции «Мир компьютерных технологий». Севастополь, 2020. С. 143—148.

Положенцева В. А., Балахчи А. Г. Виртуальная экспозиция с использованием технологий дополненной реальности // Материалы Всероссийской (25 ежегодной) научно-практической конференции «Коммуникационные технологии: социально-экономические и информационные аспекты». Иркутск, 2022. С. 57—61.

Сергеев Д. С., Шерстнев П. А., Ибатуллин М. Р. Обоснование выбора SDK для разработки XR приложения // Материалы XVI Всероссийской молодежной научной конференции «Мавлютовские чтения». Уфа, 2022. С. 1057—1061.

Таганов Ю. И. Сравнение средств XR разработки на движках Unity и Unreal Engine // Труды семинара по геометрии и математическому моделированию. 2023. № 9. С. 81—83.

Фатеенков Д. В. Применение стандарта OpenXR при разработке приложений в Unity с использованием технологий виртуальной реальности // Постулат. 2023. № 1(87). С. 44—56.

Щербаков А. Г., Парыгин Д. С., Саушкин Д. А., Шиганов Р. Я., Горлов Д. А. Создание цифрового двойника образовательного кампуса на этапе эксплуатации: перспективы применения // Природные и техногенные риски. Безопасность сооружений. 2022. № 6 (61). С. 30—34. DOI : 10.55341/PTRBS.2022.61.6.003

Boedecker Ch., Huettl F., Saalfeld P. Using virtual 3D-models in surgical planning: workflow of an immersive virtual reality application in liver surgery // Langenbeck's Archives of Surgery. 2021. Vol. 406. No. 3. Pp. 911—915. DOI: 10.1007/s00423-021-02127-7

Keschyan N. A. Application of digital technologies for development of municipal-private partnership in the sphere of tourism in the territory of a rural district // Colloquium-Journal. 2020. No. 23-1(75). Pp. 17—19.

Korzeniowski P., White R. J., Bello F. VCSim3: a VR simulator for cardiovascular interventions // International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery. 2018. Vol. 13. No. 1. Pp. 135—149. DOI: 10.1007/s11548-017-1679-1

Zhang R. Computer Graphics and VR/AR: From Clouds, to Cartoons, to a 3-D Virtual Museum // IEEE Computer Graphics and Applications. 2022. Vol. 42. No. 5. P. 7. DOI: 10.1109/mcg.2022.3201455

Research Article

Danila S. Parygin✉
Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Head of Digital Technologies for Urban Studies, Architecture and Civil Engineering Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russia;
e-mail: dparygin@gmail.com; ORCID: 0000-0001-8834-5748

Vladislav A. Feklistov
Master's Degree student of Digital Technologies for Urban Studies, Architecture and Civil Engineering Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russia;
e-mail: feklistov0v0ist20@gmail.com

Tatiana V. Smirnova
Associate Professor of Theory and Methods of Teaching Fine Arts and Costume Design Department, Volgograd State Pedagogical University (VSPU). 27, Lenina ave., Volgograd, 400005, Russia;
e-mail: smirnova.tatiana.2013@yandex.ru; ORCID: 0000-0003-2861-3119

Daniil A. Tolstousov
Student of Digital Technologies for Urban Studies, Architecture and Civil Engineering Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russia;
e-mail: daniil.11022004@mail.ru

Vladislav D. Srybny
Student of Digital Technologies for Urban Studies, Architecture and Civil Engineering Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russia;
e-mail: vladsrybny@gmail.com

INTERACTIVE DIGITAL EXHIBITION OF TERRITORY OBJECTS IN VIRTUAL REALITY

Abstract. The article analyzes modern trends in the use of virtualization technologies in the museum and exhibition sphere. It describes the development of a concept for a software and information solution for creating a digital exposition of objects of the territory, which involves the creation of three-dimensional interactive models of locations, including cultural and historical monuments and their contextual environment. The software architecture of the digital exposition project, an approach to choosing objects of virtual display and the formation of additional user experience are proposed. The implementation of several related virtual scenes based on the landmarks of the Volgograd region is demonstrated: the 19th-century Lutheran Church in the village of Verkhniy Yeruslan and the Verkhneeruslansky lock bridge across the Yeruslan River in the Staropoltavsky district. The stages of creating 3D models of the central objects of the exposition, other components of the location of their placement, as well as the interactive functionality of the scenes are shown.

Key words: interactive digital exhibition, cultural and historical monuments, modeling of territory objects, environment modeling, Unity, Lutheran Church, Verkhniy Yeruslan, Verkhneeruslansky sluice bridge.

For citation: Parygin D. S., Feklistov V. A., Smirnova T. V., Tolstousov D. A., Srybny V. D. (2025) Interactive digital exhibition of territory objects in virtual reality. *Sotsiologiya Goroda* [Urban Sociology], no. 2, pp. 84—97 (in Russian). DOI: 10.35211/19943520_2025_2_84

Acknowledgement
The study was carried out with the support of the Center for Digital Scientific and Educational Projects and Developments in the Field of Industrial Artificial Intelligence (C2RED-AI) of Volgograd State Technical University, created as part of the implementation of top-level educational programs in the field of artificial intelligence (Agreement No. 70-2025-000756). The authors express gratitude to colleagues from the Department of Digital Technologies for Urban Studies, Architecture and Civil Engineering, VSTU involved in the development of the project.

REFERENCES

Bochkov S. I. (2018) [The study of the possibilities of using virtual reality technologies in the educational process]. *V Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya «Elektronnoe obuchenie v nepreryvnom obrazovanii»* [V International Scientific and Practical Conference "E-Learning in Continuous Education"]. Ulyanovsk (in Russian).

Budagyan R. R. (2021) [Digital transformation of modern world museums]. *Muzyka i vremya* [Music and Time], no. 1, pp. 26—31 (in Russian).

Vyazinkin A. Yu., Dvukhzhilova I. V. (2020) The Problem of Virtual Reconstructions of "Places of Memory" in Light of the Spatial Cultural Turn. *Urbanistika* [Urban Studies], no. 3, pp. 1—8 (in Russian). DOI: 10.7256/2310-8673.2020.3.32423

Lavrov A. V., Lavrova A. V., Spiridonova A. M. (2019) Interface for moving between museum spaces in virtual reality systems. *Al'manakh nauchnykh rabot molodykh uchenykh Universiteta ITMO* [Almanac of scientific works of young scientists of ITMO University]. Saint Petersburg. Pp. 164—166 (in Russian).

Morozov M. M. (2020) Digital travelers as an innovative trend in the development of modern tourism. *Materialy 7-i Mezhregional'noi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Tendentsii i problemy razvitiya industrii turizma i gostepriimstva»* [Proceedings of the 7th Interregional Scientific and Practical Conference "Trends and Problems of Development of the Tourism and Hospitality Industry"]. Ryazan. Pp. 196—198 (in Russian).

Parygin D. S., Feklistov V. A., Nazarov K. R., Finogeev A. A., Akolzin M. A. (2024) Visualization of Urban Area Models on Game Engines. *Academia. Arkhitektura i stroitel'stvo* [Academia. Architecture and Construction], no. 3, pp. 122—127 (in Russian). DOI: 10.22337/2077-9038-2024-3-122-127

Polbitsev P. A., Dymchenko I. V. (2020) VR technologies in museum business. Project "Peoples of the Arctic VR". *Sbornik statei vserossiiskoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii «Mir komp'yuternykh tekhnologii»* [Collection of articles of the All-Russian scientific and technical conference "World of Computer Technologies"]. Sevastopol. Pp. 143—148 (in Russian).

Polozhentseva V. A., Balakhchi A. G. (2022) Virtual exposition using augmented reality technologies. *Materialy Vserossiiskoi (25 ezhegodnoi) nauchno-prakticheskoi konferentsii «Kommunikatsionnye tekhnologii: sotsial'no-ekonomicheskie i informatsionnye aspekty»* [Proceedings of the All-Russian (25th annual) scientific and practical conference "Communication technologies: socio-economic and information aspects"]. Irkutsk. Pp. 57—61 (in Russian).

Sergeev D. S., Sherstnev P. A., Ibatullin M. R. (2022) Justification for the choice of SDK for the development of an XR application. *Materialy XVI Vserossiiskoi molodezhnoi nauchnoi konferentsii «Mavlyutovskie chteniya»* [Proceedings of the XVI All-Russian youth scientific conference "Mavlyutov readings"]. Ufa. Pp. 1057—1061 (in Russian).

Taganov Yu. I. (2023) Comparison of XR development tools on Unity and Unreal Engine. *Trudy seminara po geometrii i matematicheskomu modelirovaniyu* [Proceedings of the seminar on geometry and mathematical modeling], no. 9, pp. 81—83 (in Russian).

Fateenkov D. V. (2023) Application of the OpenXR standard in the development of applications in Unity using virtual reality technologies. *Postulat* [Postulate[, no. 1, pp. 44—56 (in Russian).

Shcherbakov A. G., Parygin D. S., Saushkin D. A., Shiganov R. Ya., Gorlov D. A. (2022) Creation of a digital twin of an educational campus at the operational stage: application prospects. *Prirodnye i tekhnogennye riski. Bezopasnost' sooruzhenii* [Natural and Technological Risks Building Safety], no. 6, pp. 30—34 (in Russian). DOI: 10.55341/PTRBS.2022.61.6.003

Boedecker Ch., Huettl F., Saalfeld P. (2021) Using virtual 3D-models in surgical planning: workflow of an immersive virtual reality application in liver surgery. *Langenbeck's Archives of Surgery,* vol. 406, no. 3, pp. 911—915. DOI: 10.1007/s00423-021-02127-7

Keschyan N. A. (2020) Application of digital technologies for development of municipal-private partnership in the sphere of tourism in the territory of a rural district. *Colloquium-Journal,* no. 23-1(75), pp. 17—19.

Korzeniowski P., White R. J., Bello F. (2018) VCSim3: a VR simulator for cardiovascular interventions. *International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery,* vol. 13, no. 1, pp. 135—149. DOI: 10.1007/s11548-017-1679-1

Zhang R. (2022) Computer Graphics and VR/AR: From Clouds, to Cartoons, to a 3-D Virtual Museum. *IEEE Computer Graphics and Applications,* vol. 42, no. 5, p. 7. DOI: 10.1109/mcg.2022.3201455

Поступила в редакцию 16.06.2025 *Received 16.06.2025*
Принята в печать 31.06.2025 *Accepted for publication 31.06.2025*