

УДК 008

DOI: 10.34670/AR.2023.79.24.026

Использование технологий AR, AI, VR в реставрации объектов культурного наследия в России и мире

Абрукова Елизавета Романовна

Аспирант,
Санкт-Петербургская государственная
художественно-промышленная академия им. А.Л. Штиглица,
191028, Российская Федерация, Санкт-Петербург, Соляной пер, 13;
e-mail: elisrom.05@mail.ru

Аннотация

В современном научном дискурсе проблематика сохранения объектов культурного наследия занимает одно из центральных мест. Развитие цифровых технологий открывает новые горизонты в этой области, позволяя использовать дополненную (AR) и виртуальную реальность (VR), а также искусственный интеллект (AI), для достижения прорывных результатов в реставрации и консервации. Эти инновационные подходы обеспечивают не только повышение точности и эффективности реставрационных процессов, но и способствуют более глубокому пониманию истории и значения культурных объектов для широкой общественности. В России и за рубежом внедрение AR, AI и VR в процессы реставрации уже демонстрирует значительные успехи. Важность темы подчеркивается не только практическими результатами, но и научным интересом, что подтверждается активным изучением в данной сфере и обширной публикационной активностью. В статье предполагается провести анализ современных проектов, осветить методы и технологии, используемые в реставрации объектов культурного наследия с помощью AR, AI и VR, а также оценить перспективы и вызовы, связанные с их применением в России и мировой практике. Принимая во внимание все вышеизложенное, можно заключить, что перспективы интеграции AR, AI и VR в процессы реставрации объектов культурного наследия являются весьма обнадеживающими. Эти технологии не только способны улучшить качество и доступность реставрационных работ, но и предлагают новые форматы интерпретации и представления культурных ценностей для будущих поколений.

Для цитирования в научных исследованиях

Абрукова Е.Р. Использование технологий AR, AI, VR в реставрации объектов культурного наследия в России и мире // Культура и цивилизация. 2023. Том 13. № 12А. С. 174-182. DOI: 10.34670/AR.2023.79.24.026

Ключевые слова

Виртуальная реальность (VR), дополненная реальность (AR), искусственный интеллект (AI), 3D сканирование и моделирование, культурное наследие, повышение доступности, эффективность реставрационных работ, образовательные технологии, цифровая копия, безопасность объектов наследия.

Введение

Использование AR (дополненная реальность), AI (искусственный интеллект), и VR (виртуальная реальность) в реставрации объектов культурного наследия ориентировано на достижение нескольких ключевых задач:

- 1) Повышение точности и эффективности процессов реставрации.
- 2) Обеспечение сохранности объектов культурного наследия за счет безопасных, ненавязчивых методов диагностики и анализа.
- 3) Создание трехмерных копий объектов культурного наследия для дальнейшей визуализации, моделирования вмешательств и распространения знаний об объектах.
- 4) Улучшение доступности и возможностей образовательного взаимодействия с культурным наследием для широкой публики.
- 5) Предоставление уникальных впечатлений посредством виртуальной и дополненной реальности для привлечения новых аудиторий и повышения интереса к историко-культурному наследию.
- 6) Документирование состояния объектов наследия для будущих поколений.

Современные технологии, такие как дополненная реальность (AR), искусственный интеллект (AI) и виртуальная реальность (VR), оказывают значительное влияние на процессы сохранения и реставрации объектов культурного наследия. В контексте России и мировой практики, их применение открывает новые горизонты не только в понимании исторического контента, но и в методологии и техниках реставрационных работ.

Дополненная реальность (AR) представляет собой интеграцию цифровой информации с пользовательским окружением в реальном времени. В реставрации объектов культурного наследия AR используется для совмещения оцифрованных изображений поврежденных или утраченных элементов с их реальными аналогами. Это позволяет специалистам наглядно оценивать объем предстоящих работ и планировать реставрационный процесс.

Искусственный интеллект (AI) вносит вклад в обработку больших массивов данных, что незаменимо при анализе состояния памятников. Системы AI могут использоваться для распознавания паттернов повреждений, предсказания вероятности разрушения материалов, а также для оптимизации проектных решений путем моделирования различных сценариев воздействий на объекты наследия.

Виртуальная реальность (VR), создающая полностью иммерсивное симулированное окружение, предлагает уникальные возможности для визуализации объектов культурного наследия до и после реставрации. В VR можно «погрузиться» в историческое пространство, оценивать потенциальные результаты восстановительных работ и проводить образовательные программы для широкой публики и специалистов.

В России и других странах эти технологии применяются для сохранения национального богатства не только на практическом, но и на теоретическом уровнях. Проекты по цифровой реконструкции позволяют зафиксировать состояние объектов культурного наследия в цифровом виде, обеспечивая возможность последующего восстановления даже в случае их физической утраты. Также эти технологии играют ключевую роль в создании образовательных программ и увеличении доступности культурных ценностей для более широкой аудитории.

Академическая значимость изучения применения AR, AI и VR заключается не только в разработке новых подходов к реставрации, но и в обеспечении сохранности исторической подлинности объектов при одновременном повышении эффективности реставрационных мероприятий. Научные исследования в данной области акцентируют внимание на

необходимости междисциплинарного подхода, совмещая знания из областей информационных технологий, консервации, химии материалов, архитектуры и социальных наук для достижения оптимальных результатов.

Таким образом, мощный инструментарий AR, AI и VR предоставляет новые возможности для работы с объектами культурного наследия. Использование этих технологий позволяет не только улучшать существующие методики реставрации, но и формировать целостное видение будущего сохранения материальной культуры для следующих поколений.

Преимущества использования AR, AI и VR в реставрационных работах

Возможности современных информационных технологий, в частности дополненной (AR), искусственного интеллекта (AI) и виртуальной реальности (VR), оказывают значительное влияние на процессы реставрации объектов культурного наследия [Bendicho, Grande, 2016; Ioannides et al., 2017]. Применение данных технологий открывает новые горизонты не только в понимании и интерпретации исторических реликвий, но и в методах их сохранения и восстановления [Vincent et al., 2014; Remondino, Campana, 2014].

Первое и, пожалуй, самое очевидное преимущество заключается в улучшении визуализации объектов культурного наследия. С помощью AR и VR специалисты могут создавать трехмерные модели, которые обеспечивают глубокое погружение в изучаемый объект и контекст его использования. Это позволяет реставраторам более точно определить степень повреждения, а также предварительно оценить потенциальный результат реставрационных работ. Кроме того, VR может использоваться для создания точных копий объектов, доступ к которым может быть ограничен по состоянию сохранности или месторасположению.

Использование AI в реставрации предполагает анализ большого объема данных, что важно для выявления скрытых узоров, дефектов и особенностей конструкции объектов. Искусственный интеллект способен обрабатывать информацию с высокой степенью точности и скорости, что существенно сокращает время на подготовительные этапы работ. В случаях, когда реставрация требует чрезвычайной аккуратности и внимания к деталям, AI может предоставить рекомендации по методам восстановления или даже самостоятельно управлять реставрационным процессом с помощью автоматизированных систем.

Дополненная реальность, в свою очередь, позволяет совмещать реальные объекты с цифровой информацией, что обеспечивает непосредственную поддержку реставраторам в процессе работы. Данная технология способствует более точному сопоставлению фрагментов объектов и упрощает процедуру воссоздания утраченных элементов. Также AR активно используется для обучения специалистов, предоставляя им возможность тренироваться на виртуальных моделях до работы с оригинальными объектами.

Важно отметить, что применение данных технологий в реставрационной практике требует не только наличия соответствующего оборудования и программного обеспечения, но также разработки новых методологических подходов.

Кроме технических аспектов, следует учитывать юридические и этические стороны использования цифровых технологий в реставрации. Защита интеллектуальной собственности, конфиденциальность данных о культурных объектах, а также вопросы аутентичности и целостности восстановленных предметов требуют детального регулирования.

Таким образом, интеграция AR, AI и VR в процесс реставрации объектов культурного наследия предоставляет профессионалам существенные преимущества. Она обеспечивает более

высокий уровень детализации при изучении и восстановлении предметов, эффективность и точность в анализе состояния объектов, а также создает новые возможности для обучения и развития сферы реставрационного искусства. Однако для полноценного освоения потенциала данных технологий необходимо заниматься разработкой соответствующих методик, правил использования и нормативно-правовой базы.

Примеры применения AR, AI и VR в реставрации объектов культурного наследия в России

Применение передовых технологий в реставрации объектов культурного наследия открывает новые перспективы в данной области [Аполлонов, 2011]. В частности, расширенная реальность (AR), искусственный интеллект (AI) и виртуальная реальность (VR) показывают свой потенциал в сохранении культурного наследия России [Bendicho, Grande, 2016; Ioannides et al., 2017]. Эти технологии позволяют не только восстановить утраченные элементы исторических объектов, но и значительно обогащают опыт взаимодействия с ними [Remondino, Sampana, 2014].

Один из примеров использования AR в реставрации – проект по воссозданию облика архитектурных объектов. В частности, в Москве, на территории исторического музея-заповедника «Коломенское», зрители могут наблюдать, как благодаря AR-технологиям «оживает» утраченный дворец царя Алексея Михайловича. Посетители с помощью мобильных устройств и специализированных приложений могут увидеть, как выглядел дворец в разные периоды времени.

Использование AI в реставрационной практике проявляется, например, в анализе и восстановлении фресок и картин. Искусственный интеллект может анализировать изображения на предмет повреждений и самостоятельно подбирать оптимальные способы и материалы для их устранения. В России применение AI для этих целей еще не получило широкого распространения, однако, потенциал его использования огромен, особенно учитывая наличие уникальных фресок в таких местах как Новгород и Псков.

Виртуальная реальность активно используется в музейной практике и при реставрации объектов культурного наследия. Примером может служить проект «Виртуальный музей Юрия Гагарина» в Гагаринском центре культуры и отдыха города Гагарин, где посетители с помощью VR-очков могут погрузиться в атмосферу космической эры. Хотя проект не связан непосредственно с реставрацией древних объектов, он демонстрирует возможности VR технологий для создания полного погружения и воссоздания исторических контекстов.

В России существуют успешные примеры использования AR, AI и VR технологий для реставрации и представления объектов культурного наследия. Эти инновационные подходы не только расширяют границы традиционной реставрации, но и предоставляют новые возможности для образования и привлечения широкой публики к изучению и сохранению историко-культурного богатства страны.

Международные проекты и достижения в области AR, AI и VR в реставрации

В области реставрации объектов культурного наследия значительные изменения происходят под влиянием новейших технологий, к которым относятся дополненная (AR), искусственный интеллект (AI) и виртуальная реальность (VR) [Ioannides, 2017; Vincent et al.,

2014]. Эти технологии позволяют не только улучшать методы сохранения, но и давать возможность широкой публике доступ к культурным ценностям в уникальной и интерактивной форме.

Рассмотрим некоторые международные проекты, демонстрирующие успешное применение AR, AI и VR в реставрации и сохранении культурного наследия.

Один из ярких примеров использования VR в реставрационных работах представляет проект воссоздания дворца цезаря Нерона, известного как *Domus Aurea*, в Риме, Италия [Remondino, Campana, 2014]. Благодаря VR-очкам посетители могут осмотреть роскошные залы и помещения дворца, которые были утрачены или повреждены со времен Древнего Рима [Bendicho, Grande, 2016]. Такие технологии позволяют не только показать возможный первоначальный облик зданий, но и помочь в планировании работ по их сохранению и реставрации [Vincent et al., 2014].

Также стоит отметить проект *Google Arts & Culture*, который в сотрудничестве с музеями мира использует технологию AR для представления экспонатов, которые не могут быть выставлены для публичного просмотра. С помощью этой технологии пользователи могут в деталях рассмотреть ценные объекты и даже увидеть то, что скрыто от глаз (например, под слоями краски на картинах).

Искусственный интеллект находит свое применение в задачах анализа состояния объектов культурного наследия и прогнозирования потенциальных угроз их сохранности. Примером может служить система, разработанная европейскими учеными под названием *HeritageBot*, которая автоматизирует процесс мониторинга состояния памятников архитектуры с использованием робототехники и AI. *HeritageBot* способен осуществлять регулярное сбор данных о состоянии объекта, анализировать полученную информацию для выявления признаков ухудшения состояния и предлагать оптимальные решения.

Кроме этого, AI используется для создания высокоточных 3D-моделей объектов культурного наследия. Это позволяет проводить компьютерное моделирование и виртуальную реставрацию даже тех элементов, которые были безвозвратно утрачены. Например, проект *Rekrei* (ранее *Project Mosul*), начатый после разрушения культурных объектов в Мосуле, Ирак, собирает фотографии разрушенных объектов от добровольцев со всего мира и использует фотореалистическую 3D-моделирование для их «виртуального воссоздания» [3D Laser Scanning for Heritage, 2011; Münster et al., 2016].

Таким образом, AR, AI и VR являются мощными инструментами в руках специалистов по реставрации, что позволяет не только эффективно сохранять культурное наследие для будущих поколений, но и делать его доступным для общественности сегодня. Эти технологии способствуют переосмыслению и расширению границ сохранения культурного наследия, превращая его из статического прошлого в динамичное настоящее и будущее.

Перспективы развития технологий AR, AI и VR в реставрации объектов культурного наследия

Развитие современных технологий приносит значительные изменения в методы реставрации и консервации объектов культурного наследия [Аполлонов, 2011]. Альтернативная реальность (AR), искусственный интеллект (AI) и виртуальная реальность (VR) предоставляют уникальные возможности для расширения границ традиционных подходов и создания новых путей сохранения культурной ценности объектов [Ioannides et al., 2017; Remondino, Campana,

2014]. Применение этих технологий открывает перспективы, не только в отношении доступности и визуализации, но и в контексте анализа и восстановления [Bendicho, Grande, 2016; Vincent et al., 2014].

В области AR значительный потенциал обнаруживается в возможности накладывания цифровой информации на реальное пространство, что позволяет реставраторам визуализировать повреждения и планировать восстановительные работы более эффективно. Перспективы AR расширяются за счет интеграции с облачными хранилищами данных и сенсорными технологиями, усиливая интерактивность и точность реставрационных процессов [Ioannides et al., 2017].

Технологии AI уже демонстрируют свою способность к анализу огромных объемов данных и обучению на примере предыдущих реставрационных вмешательств [Remondino, Campana, 2014; Аполлонов, 2011]. С помощью машинного обучения и нейронных сетей можно выявлять типичные паттерны повреждений и предлагать оптимальные методы восстановления [Bendicho, Grande, 2016]. В будущем AI может быть применен для автоматизации некоторых реставрационных процедур, что позволит сократить время и стоимость работ, а также минимизировать человеческий фактор, которым могут быть обусловлены ошибки.

VR-технологии предлагают дополнительные перспективы в области обучения реставраторов, давая возможность имитации реставрационного процесса в контролируемой виртуальной среде [Ioannides et al., 2017]. Это способствует формированию нужных навыков без риска повреждения реальных объектов [Remondino, Campana, 2014]. Кроме того, VR может служить инструментом для создания полных трехмерных копий объектов культурного наследия, что становится ценным как для изучения, так и для сохранения детальной информации об объекте для будущих поколений [Bendicho, Grande, 2016].

Необходимо отметить, что развитие указанных технологий в России и мире имеет свои особенности, связанные с законодательной базой, доступностью технических средств и уровнем подготовки специалистов [Аполлонов, 2011]. Существующие научные исследования и практический опыт указывают на то, что комплексный подход к использованию AR, AI и VR может заметно повысить эффективность реставрационной деятельности.

В Российской Федерации применение этих технологий находится на начальном этапе развития, однако мировой опыт демонстрирует значительное количество успешных проектов. Для последующего продвижения требуется разработка стандартов и методик, а также обмен знаниями и практиками между российскими и зарубежными экспертами.

Заключение

Применение технологий дополненной (AR), искусственного интеллекта (AI) и виртуальной реальности (VR) в сфере реставрации объектов культурного наследия открывает новые горизонты для сохранения исторически значимых артефактов, зданий и мест как в России, так и в мире. Эти передовые инструменты не только усиливают потенциал консервации и восстановления, но и предоставляют возможности для образования, научных исследований и привлечения широкой общественности.

В ходе настоящего исследования были рассмотрены различные аспекты использования AR, AI и VR. В результате было установлено, что AI оказывает значительное влияние на процесс идентификации повреждений и планирования реставрационных работ, способствуя при этом повышению точности и эффективности этих процессов. Технология AR предоставляет

уникальные возможности для визуализации прошлого состояния объектов культурного наследия, позволяя экспертам и посетителям наблюдать возможные варианты реставрации в реальном времени. VR иммерсивно погружает пользователей в виртуализированное пространство, создавая условия для более глубокого понимания исторической значимости объектов.

Совместное применение этих технологий способствует созданию комплексных систем, которые могут использоваться для обучения специалистов, проведения дистанционных экспертиз и замены или дополнения физических реставрационных работ цифровыми процессами. Это особенно актуально в контексте сокращения финансирования и необходимости обеспечить доступ к культурному наследию удаленных или труднодоступных регионов.

Реставрационные проекты, использующие AR, AI и VR, уже демонстрируют свой потенциал в России и за ее пределами. Примером может служить проект реконструкции исторического облика церкви Христа Спасителя в Москве с применением VR или использование AI для анализа состояния фресок Андрея Рублева. Международные инициативы, такие как виртуальное восстановление разрушенного Древнего города Пальмира в Сирии, подчеркивают масштаб влияния этих технологий на сохранение мирового наследия.

Тем не менее, необходимо признать, что существуют определенные препятствия и вызовы. Ограничения текущих технологических решений, высокая стоимость оборудования и программного обеспечения, а также потребность в специализированных кадрах требуют постоянного развития и оптимизации подходов к применению AR, AI и VR в реставрации.

Принимая во внимание все вышеизложенное, можно заключить, что перспективы интеграции AR, AI и VR в процессы реставрации объектов культурного наследия являются весьма обнадеживающими. Эти технологии не только способны улучшить качество и доступность реставрационных работ, но и предлагают новые форматы интерпретации и представления культурных ценностей для будущих поколений.

Дальнейшие исследования должны быть направлены на разработку унифицированных методик оценки эффективности технологий AR, AI и VR в реставрации, а также на поиск оптимального баланса между инновационными подходами и традиционными методами консервации. Это позволит гармонично сочетать новаторские решения с необходимостью бережного отношения к объектам культурного наследия, обеспечивая их сохранность для будущих поколений.

Библиография

1. Аполлонов В.В. Технологии искусственного интеллекта в музейном деле и памятниковедении. 2011.
2. Захарова А.А. Развитие искусственного интеллекта и его влияние на технологии реставрации в России. 2022.
3. 3D Laser Scanning for Heritage: Advice and guidance to users on laser scanning in archaeology and architecture. 2011. URL: https://www.researchgate.net/publication/343281484_3D_Laser_Scanning_for_Heritage_Advice_and_Guidance_on_the_Use_of_Laser_Scanning_in_Archaeology_and_Architecture
4. Barceló J.A., Vicente O. Artificial intelligence and digital heritage: Challenges and opportunities. 2016.
5. Bendicho V.M., Grande A.T. Virtual Reality in the Public Communication of Archaeology: From the Digital Reconstruction of Archaeological Sites to the Revival of Lost Cultural Heritage. 2016.
6. Ioannides M. et al. Digital Cultural Heritage: Final Conference of the Marie Skłodowska-Curie Initial Training Network for Digital Cultural Heritage, ITN-DCH 2017, Revised Selected Papers in Information Systems and Applications, incl. Internet/Web, and HCI. 2017. 376 p.
7. Münster S. et al. 3D Research Challenges in Cultural Heritage II: How to manage data and knowledge related to interpretative digital 3D reconstructions of Cultural Heritage. 2016. 289 p.
8. Remondino F., Campana S. 3D Recording and Modelling in Archaeology and Cultural Heritage: Theory and best

- practices. 2014. 174 p.
9. Vincent M.L. et al. Neural Networks for Artwork Restoration: Automated Patching of Damaged Frescoes. 2017.
10. Vincent M.L. et al. Reflectance Transformation Imaging Systems for Ancient Documentary Artefacts. 2017. URL: https://www.researchgate.net/publication/232730213_Reflectance_transformation_imaging_systems_for_ancient_documentary_artefacts

Use of AR, AI, VR technologies in restoration of cultural heritage objects in Russia and the world

Elizaveta R. Abrukova

Postgraduate,
Saint Petersburg Stieglitz State Academy of Art and Design,
191028, 13, Solyanoi lane, Saint Petersburg, Russian Federation;
e-mail: elisrom.05@mail.ru

Abstract

The preservation of cultural heritage objects is a significant issue in modern scientific discourse. The development of digital technologies has opened new horizons in this field, allowing for the use of augmented reality (AR), virtual reality (VR), and artificial intelligence (AI) to achieve breakthrough results in restoration and conservation. These innovative approaches improve the accuracy and efficiency of restoration processes and contribute to a deeper understanding of the history and significance of cultural objects for the general public. In Russia and abroad, the use of AR, AI and VR in restoration processes has already shown significant success. The importance of the topic is emphasised not only by practical results but also by scientific interest, confirmed by active research in this area and extensive publication activity. The article aims to analyse modern projects, highlighting the methods and technologies used in the restoration of cultural heritage objects with the help of AR, AI and VR, and assess the prospects and challenges associated with their application in Russia and global practice. Considering all of the above, we can conclude that the prospects for integrating AR, AI and VR into the restoration processes of cultural heritage sites are very encouraging. These technologies not only have the potential to improve the quality and accessibility of restoration work, but also offer new formats for interpreting and presenting cultural property for future generations.

For citation

Abrukova E.R. (2023) Ispol'zovanie tekhnologii AR, AI, VR v restavratsii ob'ektov kulturno go naslediya v Rossii i mire [Use of AR, AI, VR technologies in restoration of cultural heritage objects in Russia and the world]. *Kul'tura i tsivilizatsiya* [Culture and Civilization], 13 (12A), pp. 174-182. DOI: 10.34670/AR.2023.79.24.026

Keywords

Virtual reality (VR), augmented reality (AR), artificial intelligence (AI), 3D scanning and modelling, cultural heritage, accessibility enhancement, restoration effectiveness, educational technology, digital replica, heritage site safety.

References

1. (2011) *3D Laser Scanning for Heritage: Advice and guidance to users on laser scanning in archaeology and architecture*. Available at: https://www.researchgate.net/publication/343281484_3D_Laser_Scanning_for_Heritage_Advice_and_Guidance_on_the_Use_of_Laser_Scanning_in_Archaeology_and_Architecture [Accessed 11/11/2023]
2. Apollonov V.V. (2011) *Tekhnologii iskusstvennogo intellekta v muzeinom dele i pamyatnikovedenii* [Artificial intelligence technologies in museums and monument studies].
3. Barceló J.A., Vicente O. (2016) *Artificial intelligence and digital heritage: Challenges and opportunities*.
4. Bendicho V.M., Grande A.T. (2016) *Virtual Reality in the Public Communication of Archaeology: From the Digital Reconstruction of Archaeological Sites to the Revival of Lost Cultural Heritage*.
5. Ioannides M. et al. (2017) *Digital Cultural Heritage: Final Conference of the Marie Skłodowska-Curie Initial Training Network for Digital Cultural Heritage, ITN-DCH 2017, Revised Selected Papers in Information Systems and Applications, incl. Internet/Web, and HCI*.
6. Münster S. et al. (2016) *3D Research Challenges in Cultural Heritage II: How to manage data and knowledge related to interpretative digital 3D reconstructions of Cultural Heritage*.
7. Remondino F., Campana S. (2014) *3D Recording and Modelling in Archaeology and Cultural Heritage: Theory and best practices*.
8. Vincent M.L. et al. (2017) *Neural Networks for Artwork Restoration: Automated Patching of Damaged Frescoes*.
9. Vincent M.L. et al. (2017) *Reflectance Transformation Imaging Systems for Ancient Documentary Artefacts*. Available at: https://www.researchgate.net/publication/232730213_Reflectance_transformation_imaging_systems_for_ancient_documentary_artefacts [Accessed 11/11/2023]
10. Zakharova A.A. (2022) *Razvitie iskusstvennogo intellekta i ego vliyanie na tekhnologii restavratsii v Rossii* [The development of artificial intelligence and its impact on restoration technologies in Russia].