

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И РЕСТАВРАЦИЯ: КАК АЛГОРИТМЫ МЕНЯЮТ ПОДХОДЫ К СОХРАНЕНИЮ ИСКУССТВА

А. А. Дружинина

*Российский государственный художественно-промышленный
университет имени С. Г. Строганова
(Москва, Россия)*

АННОТАЦИЯ

Использование искусственного интеллекта и цифровых технологий расширяет возможности искусствоведов и реставраторов, предлагая новые подходы к сохранению объектов культурного наследия и работе с ними. В статье представлен обзор мирового опыта применения цифровых решений для выполнения сложных реставрационных задач, связанных с восстановлением, идентификацией и реконструкцией произведений искусства и архитектуры. Особое внимание уделено проектам, получившим широкую известность за пределами реставрационной сферы. Среди них реконструкции фрагментов «Ночного дозора» Рембрандта, цифровая реконструкция фрагментов «Тайной вечери» Леонардо да Винчи и восстановление цветов «Факультетских картин» Густава Климта. В этих проектах алгоритмы искусственного интеллекта представили итоговое изображение утраченных элементов, которые были весьма близки к достоверным.

Упомянут такой проект, как «Следующий Рембрандт», который продемонстрировал широкой публике способность искусственного интеллекта к глубокому анализу авторского стиля и его интерпретации. Раскрыт принцип применения нейросетей в реставрационной практике для обнаружения ранних изображений, скрытых под более поздними красочными наслоениями на примере исследования створок Гентского алтаря братьев ван Эйк. Также рассмотрены проекты британского стартапа Oxia Palus, совмещающие в себе способности нейросетей к анализу авторского стиля и обнаружению оригинального изображения под слоями краски, на примере картин Пабло Пикассо и Винсента Ван Гога.

В статье подчеркивается важность междисциплинарного подхода, объединяющего искусствоведов, археологов и инженеров, как в проекте RePAIR, направленном на воссоздание артефактов из древних Помпей. Представлен пример успешного применения технологий 3D-сканирования в археологических исследованиях, таких как цифровые реконструкции памятников архитектуры в Пальмире и Мосуле.

Продemonстрированы такие значимые успехи в расшифровке античных текстов, как исследование свитков из Геркуланума с использованием томографического сканирования и алгоритмов машинного обучения. Помимо этого, высказываются предположения о возможностях в области сохранения культурного наследия, которые способны обеспечить дальнейшее совершенствование и интеграцию алгоритмов в реставрационные процессы.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Дружинина Александра Александровна – преподаватель кафедры истории искусств и гуманитарных наук Российского государственного художественно-промышленного университета имени С. Г. Строганова (125080, Россия, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 9.); prof.druzhinina.a@gmail.com. SPIN-код (РИНЦ): 7018-1805, ORCID ID 0000-0003-2351-7718.

Статья поступила 01.11.2024; рецензии получены 5.12.2024, 11.12.2024; принята к публикации 12.12.2024.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Искусственный интеллект, цифровые технологии, реставрация, культурное наследие, 3D-моделирование

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ

Дружинина А. А. Искусственный интеллект и реставрация: как алгоритмы меняют подходы к сохранению искусства // *Управление культурой*. 2024. № 4. С. 18-24. EDN JZAXAM. <https://doi.org/10.70202/2949074X-2024-3-4-18-24>

ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND RESTORATION: HOW ALGORITHMS TRANSFORM APPROACHES TO ART PRESERVATION

A. A. Druzhinina

*Stroganov Russian State University of Design and Applied Arts
(Moscow, Russia)*

ABSTRACT

The use of artificial intelligence and digital technologies expands the capabilities of art historians and restorers, offering new approaches to preserving cultural heritage sites and working with them. The article presents an overview of the world experience of using digital solutions to perform complex restoration tasks related to the recovery, identification and reconstruction of works of art and architecture. Particular attention is paid to projects that have become widely known outside the restoration field. Among them are the reconstruction of fragments of Rembrandt's «Night Watch», the digital reconstruction of fragments of Leonardo da Vinci's «The Last Supper» and the restoration of the colors of Gustav Klimt's «Faculty Paintings». In these projects, artificial intelligence algorithms presented the final image of the lost elements, which were very close to the authentic ones. The project «The Next Rembrandt» is mentioned, which demonstrated to the general public the ability of artificial intelligence to deeply analyze the author's style and its interpretation. The principle of using neural networks in restoration practice to detect early images hidden under later paint layers is revealed using the example of studying the wings of the Ghent Altarpiece by the Van Eyck brothers. The projects of the British startup Oxia Palus are also considered, combining the capabilities of neural networks to analyze the author's style and detect the original image under layers of paint, using the example of paintings by Pablo Picasso and Vincent Van Gogh.

The article emphasizes the importance of an interdisciplinary approach that brings together art historians, archaeologists and engineers, as in the RePAIR project, aimed at recreating artifacts from ancient Pompeii. An example of the successful use of 3D scanning technologies in archaeological research is presented, such as digital reconstructions of architectural monuments in Palmyra and Mosul.

Such significant successes in deciphering ancient texts as the study of scrolls from Herculaneum using tomographic scanning and machine learning algorithms are demonstrated. In addition, suggestions are made about the possibilities in the field of cultural heritage preservation that could be provided by further improvement and integration of algorithms into restoration processes.

KEYWORDS

Artificial intelligence, digital technologies, restoration, cultural heritage, 3D modeling

FOR CITATION

Druzhinina A. A. (2024). Artificial Intelligence and Restoration: How Algorithms Transform Approaches to Art Preservation. *Managing of Culture*, 4, 18-24. EDN IUMVIM. <https://doi.org/10.70202/2949074X-2024-3-4-18-24>

AUTHORS' INFORMATION

Aleksandra A. Druzhinina – lecturer at the Department of History of Art and Humanities, Stroganov Russian State University of Design and Applied Arts (9, Volokolamskoe highway, Moscow, 125080 Russia); prof.druzhinina.a@gmail.com. SPIN-code: 7018-1805, ORCID ID 0000-0003-2351-7718.

The article was submitted 11/01/2024; reviewed 12/5/2024, 12/11/2024; accepted for publication 12/12/2024.

Введение

Все произведения мастеров прошлого, дошедшие до наших дней, сохранили свой оригинальный облик. Большинство памятников культуры и предметов искусства претерпели значительные изменения, так как за свою долгую историю повреждались, содержались в неподходящих условиях, подвергались неудачным реставрационным вмешательствам, что приводило к утрате многих оригинальных черт и деталей. По мере развития технологий расширяются и возможности реставрации, консервации и реконструкции произведений искусства. Современные методы, включая искусственный интеллект (далее в тексте – ИИ), 3D-моделирование, дополненную и

виртуальную реальность (AR/VR), различные роботизированные системы, предоставляют новые инструменты для сохранения культурного наследия и становятся неотъемлемой частью реставрационных процессов [1, 2]. Деятельность в этом направлении постепенно формируется в междисциплинарную область, требующую участия специалистов из различных сфер.

Материалы и методы

В ходе написания данной статьи были использованы такие методы исследования, как аналитико-обзорный, историко-культурный и историко-социальный, позволившие произвести анализ предмета исследования.

Результаты

На данный момент применение технологий искусственного интеллекта в реставрации является относительно новым направлением и говорить о его полноценной интеграции в практику пока рано. Это связано, в том числе, с тем, что этические и юридические аспекты, регулирующие использование алгоритмов искусственного интеллекта, по состоянию на 2024 год все еще остаются на этапе формирования. Ряд специалистов из различных исследовательских учреждений, включая Департамент искусства, истории искусства и дизайна Университета Алабамы, Департамент истории искусства и визуальной культуры и Департамент искусства, медиа и производства Колледжа искусств и гуманитарных наук Университета Линденвуд, Колледж гуманитарных и социальных наук Дитриха Университета Карнеги-Меллона, Арабскую академию наук, технологий и морского транспорта, Колледж инженерии и технологий и др., в целом положительно воспринимают искусственный интеллект. Они отмечают его значительный потенциал как инструмента, способного ускорить процессы анализа, снизить затраты и минимизировать технические ошибки, что делает ИИ ценным помощником в реставрационной практике и изучении культурного наследия. Тем не менее, ряд вопросов все еще остается дискуссионным. С одной стороны, ИИ демонстрирует значительные успехи в таких задачах, как инпейтинг (процесс восстановления утраченных или поврежденных участков изображения с использованием алгоритмов искусственного интеллекта), имитация стиля и улучшение качества изображения. С другой стороны, многие специалисты сходятся во мнении, что нынешние алгоритмы пока не способны адекватно учитывать тонкости и уникальные черты оригинальных работ, и, несомненно, не могут заменить человеческий опыт при решении сложных этических вопросов, возникающих в процессе реставрационных работ. Акцент также делается на необходимости дальнейших технологических разработок, включая улучшение алгоритмов (например, совершенствование архитектур нейросетей), создание эталонов для оценки цифровых реконструкций и доработки процессов адаптации ИИ применительно к наследию. Особый интерес, по мнению ученых, представляет то, что ИИ делает культурные ценности более доступными благодаря «цифровизации» произведений искусства, что способствует привлечению более широкой аудитории к изучению искусства и росту интереса к культурному наследию [3-5].

Это подтверждает ряд проектов, ставших публичными известными. Среди них – «Следующий Рембрандт» (The Next Rembrandt, 2016)¹ (рис.1).

Нейросеть, обученная на 346 работах Рембрандта, проанализировала уникальные черты его стиля: цветовую палитру, пропорции, технику мазков и текстуру холста. Результатом стал «среднестатистический» портрет, выполненный в художественной манере



Рис. 1. Портрет, сгенерированный в рамках проекта The Next Rembrandt. Источник изображения: https://arhive.com/ru/news/1741~Uchenymi_sozdan_Sledujuschij_Rembrandt

Рембрандта. Помимо цифрового изображения была также создана и физическая копия с помощью 3D-печати, имитирующей текстуру мазков мастера. Этот проект был удостоен множества престижных наград, среди которых, в том числе, и «Каннские львы»²: два гран-при в номинации Cyber и Creative Data, лев в номинации Innovation, три серебряных (один в номинации Cyber и два за Creative Data) и бронзовый лев за Creative Data³. И, хотя проект «Следующий Рембрандт» не является реконструкцией в строгом смысле, он раскрывает значительный потенциал для искусствоведческой и реставрационной практики, показывая, как обучение нейросетей на отсканированных произведениях художников может способствовать глубокому анализу авторского стиля и исследованию методов его воспроизведения.

В 2021 году произошло еще одно знаковое событие, связанное с внедрением ИИ в практику реконструкции произведений искусства: «Ночной дозор» Рембрандта (1642 г.) (рис. 2) был представлен в «первозданном виде» в Рейксмузее (Амстердам)⁴. Известно, что в 1715 году полотно было сильно обрезано для размещения в простенке ратуши, из-за чего

² The Next Rembrandt: bringing the Old Master back to life // Medium [Электронный ресурс]. URL: <https://medium.com/@DutchDigital/the-next-rembrandt-bringing-the-old-master-back-to-life-35dfb1653597> (дата обращения: 01.11.2024).

³ JWT's 'The Next Rembrandt' Wins Two Grand Prix and an Innovation Lion at Cannes // Little Black book [Электронный ресурс]. URL: <https://lbbonline.com/news/jwts-the-next-rembrandt-wins-two-grand-prix-and-an-innovation-lion-at-cannes> (дата обращения: 01.11.2024).

⁴ Content Artificial Intelligence in Artworks and Restoration: Contributing to the Art World // Artificial Paintings [Электронный ресурс]. URL: <https://artificialpaintings.com/blog/2022/01/18/artificial-intelligence-in-artworks-and-restoration-contributing-to-the-art-world/> (дата обращения: 01.11.2024).

¹ The Next Rembrandt Project [Электронный ресурс]. URL: <https://www.nextrembrandt.com/> (дата обращения: 01.11.2024).



Рис. 2. Совмещение живописного стиля Рембрандта и Г. Люнденса при помощи нейросетей. Источник изображения: <https://jingdailyculture.com/rijksmuseum-rembrandt-night-watch-ai-restoration/>

оказались утрачены значительные части картины. Однако с помощью нейросетей, обученных на различных данных, связанных с картиной (а именно – скан обрезанного оригинала в высоком разрешении, а также уменьшенная копия оригинала, созданная Герритом Люнденсом в конце XVII века), удалось достаточно точно воссоздать утраченные фрагменты. Такой подход позволил не только вернуть недостающие элементы, но и приблизить картину к её первоначальному замыслу⁵.

Исследователи подчеркивают, что после реставрации картина вновь обрела динамику. Несмотря на то, что полотно в «первозданном виде» экспонировалось всего в течение трех месяцев, этот проект вдохновил специалистов и энтузиастов по всему миру. Так, в 2023 году была представлена цифровая реконструкция «Тайной вечери» (1495–1498 г.) [6] Леонардо Да Винчи со схожей с «Ночным дозором» судьбой: у произведения в 1652 году был также обрезан значительный фрагмент для того, чтобы освободить место в стене



Рис. 3. Одна из деталей, раскрытая при помощи нейросетей – солонка, опрокинутая Иудой. Источник изображения: https://iarn.kz/articles/history/na_tsifrovoy_rekonstruktsii_taynoy_vecheri_da_vinchi_u_khrista_poyavilis_nogi/

для дверного проема в трапезную монастыря Санта-Мария-делле-Грацие в Милане.

Для восстановления утраченного участка была ис-

⁵ Criddle C. Rembrandt's The Night Watch painting restored by AI // BBC [Электронный ресурс]. URL: <https://www.bbc.com/news/technology-57588270> (дата обращения: 01.11.2024).

пользована нейросеть, также обученная на множестве данных, среди которых была копия «Тайной вечери», выполненная маслом на холсте в 1515–1520 гг. художниками Джампетрино в соавторстве с Джованни Антонио Больтраффио, учениками Да Винчи. Таким образом, алгоритм позволил восстановить и другие детали фрески, которые после многочисленных наслоений и последствий неудачных реставраций были практически невидимыми. Как итог – на фреске появился поднятый палец сомневающегося Фомы, солонка, опрокинутая Иудой (Рис. 3), и кошелек с денариями апостола-предателя⁶.

Отдельным направлением для работы с алгоритмами ИИ в реставрации стало исследование произведений искусства неразрушающим способом. Например, исследовательская группа Университетского колледжа Лондона работала над Гентским алтарем (1432 г.) братьев ван Эйк в 2019 году⁷. Этот сложный многочастный полиптих с двусторонними створками представлял трудности для применения традиционных методов анализа: на рентгеновских снимках изображения с обеих сторон накладывались друг на друга, что значительно мешало точному восприятию отдельных слоев. Для решения этой задачи исследователи в рамках эксперимента использовали сверточную нейросеть, обученную на цветных фотографиях и рентгеновских изображениях створок с изображениями Адама и Евы. Алгоритмы успешно разделили силуэты на отдельные слои [7], предоставив ученым возможность исследовать обе стороны створок по отдельности. Такой подход позволил не только обнаружить скрытые под поздними наслоениями ранние наброски и изменения, внесенные художниками в ходе работы над композицией, но и значительно облегчил труд реставраторов при работе с другими частями алтаря⁸.

Отдельного упоминания стоит британский стартап Oxia Palus, который специализируется на применении искусственного интеллекта для восстановления скрытых слоев произведений искусства, активно сотрудничает с Университетским колледжем Лондона и с 2019 года реализовал ряд крупных проектов в этой области⁹. Первые исследования команды были сосредоточены на анализе картин «голубого периода» Пабло Пикассо, таких как «Старый гитарист» (1903-1904 г.) и «Нищенка, сидящая на корточках» (1902 г.) [8]. Под слоем краски первой работы был скрыт портрет обнаженной женщины, а под слоями второй – городской пейзаж. Нейросети, разработан-

⁶ Боярский А. На цифровой реконструкции «Тайной вечери» да Винчи у Христа появились ноги // Агентство профессиональных новостей (АПН) [Электронный ресурс]. URL: https://iarn.kz/articles/history/na_tsifrovoy_rekonstruktsii_taynoy_vecheri_da_vinchi_u_khrista_poyavilis_nogi/ (дата обращения: 01.11.2024).

⁷ Ansari T. (Art)ificial intelligence – Creation, destruction, restoration // AIM [Электронный ресурс]. URL: <https://analyticsindiamag.com/ai-origins-evolution/artificial-intelligence-creation-destruction-restoration/> (дата обращения: 01.11.2024).

⁸ Closer to Van Eyck // Ghent Altarpiece [Электронный ресурс]. URL: <https://clostovaneyck.kikirpa.be/ghentaltarpiece/#home/sub=open&vis&bt> (дата обращения: 01.11.2024).

⁹ Oxia Palus // Oxia Palus [Электронный ресурс]. URL: <https://www.oxia-palus.com> (дата обращения: 01.11.2024).

ные Ochia Palus, сначала создавали черно-белое изображение на основе рентгеновских снимков, а затем «переносили» на него визуальные и стилистические черты схожих по временной эпохе картин. Так, для восстановления скрытого изображения под «Старым гитаристом» ИИ ориентировался на цветовые и композиционные решения полотна «Жизнь» (1903 г.), тогда как для второй картины нейросеть была обучена на «Саде с террасой на Майорке» (1911 г.) Сантьяго Рузильола – выбор, обусловленный композиционной схожестью раннего подмалева Пикассо и пейзажа Рузильола [9].

Позже, в 2022 году, на выставке Focus Art Fair компания Ochia Palus представила реконструкцию картины Винсента Ван Гога «Два борца» (1886 г.), написанной



Рис. 4. Силуэты «Двух борцов», восстановленные при помощи нейросетей (слева) и физическая версия картины, распечатанная на 3D-принтере с имитацией манеры живописи Винсента Ван Гога (справа). Источник изображения: <https://techxplore.com/news/2022-09-x-rays-ai-3d-lost-van.html>

во время обучения в Антверпене (рис. 4). Произведение было скрыто под слоями краски другой работы художника – «Натюрморт с луговыми цветами и розами» (1887 г.)¹⁰.

Используя алгоритмы, обученные на произведениях Ван Гога «голландского» и «парижского» периодов и основываясь на анализе писем художника к брату, команда восстановила композицию и примерное расположение цветовых пятен оригинального изображения. При этом, как подчеркивают исследователи, полностью воссоздать оригинал невозможно, однако они считают, что достигнутое сходство приближает картину к первоначальной задумке Ван Гога. Ochia Palus считают, что совершенствование подобных методов применения технологий искусственного интеллекта и расширение базы стилевых образцов откроют искусствоведам и реставраторам возможности как для более точного воссоздания утраченных элементов наследия классических мастеров, так и для более глубокого анализа этапов их творческого процесса.

В контексте восстановления утраченных произведений искусства особого внимания заслуживает проект «Климт против Климта: человек противоречий», разработанный в 2021 году Google совместно с венским музеем Бельведер и представленный на плат-

форме Google¹¹ Arts & Culture¹². Особенность проекта состоит в применении алгоритмов искусственного интеллекта для воссоздания цветовой палитры утраченных в годы Второй мировой войны «Факультетских картин» Г. Климта. Источник фото: <https://artscanculture.google.com>

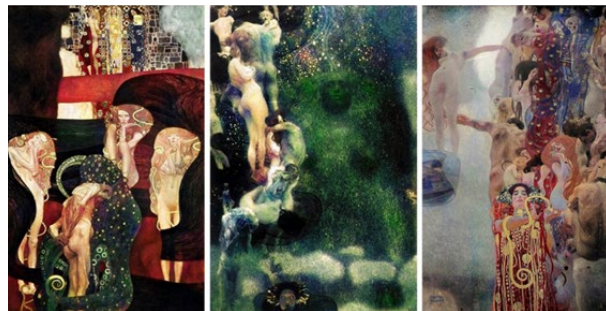


Рис. 5. Восстановленные с помощью нейросетей цвета «Факультетских картин» Г. Климта. Источник фото: <https://artscanculture.google.com>

картин» (1900–1907 гг.) Густава Климта (рис. 5).

Обучение нейросетей основывалось на весьма ограниченном объеме исходных данных, включающих цветную репродукцию картины «Медицина», черно-белые фотографии триптиха, эскизы и текстовые описания современников¹³ [10]. Особенно интересной стала интерпретация цветового решения картины «Философия», где нейросеть на основе архивных журналистских описаний воссоздала звездное небо с изумрудной дымкой, предполагая использование зеленых оттенков. Помимо этого, разработчики проекта создали виртуальный музейный зал, доступный онлайн, для экспонирования «окрашенных» вариантов картин для того, чтобы познакомить широкую аудиторию с творчеством Климта и его утраченными работами в «первозданном» цвете¹⁴.

Упомянув безвозвратно утраченные памятники культуры, важно отметить, что технологии 3D-сканирования и моделирования находят все более широкое применение в восстановлении утраченных памятников архитектуры. Одним из значимых проектов в этой области стал проект Rekrei (ранее известный как Mosul Project), результаты которого Ченс Кофенор и Мэтью Винсент представили на платформе Sketchfab¹⁵. Город Мосул, ставший символом новых утрат, – за время во-

¹¹ В соответствии с ч. 1 ст. 11 ФЗ от 01.07.2021 № 236-ФЗ «О деятельности иностранных лиц в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» на территории Российской Федерации», Роскомнадзором принято решение об информировании пользователей www.google.ru, что иностранное лицо, владеющее информационным ресурсом, является нарушителем законодательства Российской Федерации.

¹² The Stories Behind Klimt's Faculty Paintings // Google Искусство и культура [Электронный ресурс]. URL: https://artsandculture.google.com/story/0095/nwWxIZNv_3ZAIA (дата обращения: 01.11.2024).

¹³ McGreevy N. A.I. Digitally Resurrects Trio of Lost Gustav Klimt Paintings // Smithsonian Magazine [Электронный ресурс]. URL: <https://www.smithsonianmag.com/smart-news/klimt-painting-restore-artificial-intelligence-color-faculty-paintings-180978843/> (дата обращения: 01.11.2024).

¹⁴ Klimt vs. Klimt // Google Искусство и культура [Электронный ресурс]. URL: <https://artsandculture.google.com/pocketgallery/kAUxTZBD8McZyQ> (дата обращения: 01.11.2024).

¹⁵ Home | Rekrei [Электронный ресурс]. URL: <https://rekrei.org/> (дата обращения: 01.11.2024).

¹⁰ X-rays, AI and 3D printing bring lost Van Gogh artwork to life [Электронный ресурс]. URL: <https://techxplore.com/news/2022-09-x-rays-ai-3d-lost-van.html> (дата обращения: 01.11.2024).

енных конфликтов в Ираке [11] пострадали и многочисленные объекты культурного наследия, в том числе те, что охраняются ЮНЕСКО. Несмотря на это, проект Rekrei смог объединить усилия археологов, историков искусства и архитектуры, а также технических специалистов, создавших трехмерные модели утерянных памятников, тем самым воссоздав достаточно достоверные модели разрушенных сооружений. Похожий проект – масштабная и подробная 3D-модель всей территории древней Пальмиры, был реализован в 2023 году для восстановления триумфальной арки города.



Рис. 6. Распознавание текста свитка из Геркуланума при помощи нейросети. Источник изображения: <https://www.nationalgeographic.com/premium/article/herculaneum-scrolls-vesuvius-challenge-seales?ref=actualnews.dk>

Он был разработан Институтом истории материальной культуры РАН, Государственным Эрмитажем и архитектурными бюро Никиты Явейна и Максима Атаянца, и получил высокую оценку Международного совета по сохранению памятников и достопримечательных мест (ИКОМОС). С сентября 2023 года начались полномасштабные работы по реконструкции выдающегося памятника эллинистическо-римской архитектуры¹⁶.

Важным шагом в восстановлении утраченных текстовых памятников стало исследование обугленных свитков из Геркуланума (рис. 6), античного города, уничтоженного извержением Везувия в 79 г. н. э. В них, несмотря на повреждения, сохранились уникальные античные тексты. В 2009 году профессор Брент Силз из Университета Кентукки впервые применил томографическое сканирование, что позволило исследовать свитки, не прибегая к их физическому разворачиванию¹⁷. Спустя годы, в марте 2023 года, был объявлен конкурс на дешифровку текстов, скрытых в свитках. Одним из победителей стал студент Люк Фарритор, создавший нейросетевой алгоритм, способный анализировать микроскопические различия рельефа и текстуры поверхности свитков. Благодаря этому методу удалось выявить фрагмент текста, принадлежащий древнегреческому философу Филодему Гадарскому,

поэзию которого высоко ценил Цицерон. Следующей целью длительного проекта стало расширение масштабов использования методов сканирования, сегментации и распознавания текста, что позволит ознакомиться с более полным содержанием античных свитков¹⁸.

Проект RePAIR, инициированный учеными из Итальянского технологического института, также представляет собой вдохновляющий пример междисциплинарного сотрудничества в области искусствознания, реставрации и передовых технологий. Его цель – реставрация и реконструкция артефактов древнеримских Помпей, города, погребенного под слоями пепла после извержения Везувия в 79 г. н. э. В этом амбициозном проекте объединились новейшие технологии, включая робототехнику, компьютерное 3D-сканирование и машинное обучение, которые используются в колоссальных масштабах¹⁹. Каждый фрагмент, обнаруженный археологами среди руин, исследователи тщательно сканируют и анализируют при помощи искусственного интеллекта, который сопоставляет элемент с образцами из разработанной и пополняемой библиотеки фрагментов, что позволяет достаточно быстро собрать цельный фрагмент из множества разрозненных деталей. RePAIR, несмотря на то, что находится на экспериментальной стадии, предлагает методы, способные быть весьма полезными не только для реставрационной сферы, но и для археологических изысканий²⁰.

Также искусственный интеллект находит применение в попытках реконструкции первоначального облика произведений искусства, изначально состоящих из множества маленьких деталей и сохранившихся лишь частично, таких как древние мозаики. В рамках исследования, проведенного в 2022 году при участии Британского музея, Лувра, Университетского колледжа Лондона и Института перспективных исследований искусственного интеллекта (AIAS), изучалось применение алгоритмов известных генеративных нейросетей, таких как DALL-E и Midjourney. Исследователи работали над целым рядом мозаик, как сложных сюжетных и многофигурных, таких как «Ахиллес и Брисеида», «Битва амазонок» из коллекции Лувра, «Александр Македонский» из Национального археологического музея в Неаполе и «Лев, нападающий на онагра» из коллекции Музея Гетти, так и тех, которые, по большей части, состоят из геометрических узоров. Результаты исследования показали, что нейросети лучше всего справляются с восстановлением симметричных геометрических узоров. В более сложных композициях, например, в «Битве амазонок» и «Льве, нападающем на онагра», алгоритмы смогли реконструировать крупные

¹⁸ Vesuvius Challenge [Электронный ресурс]. URL: <https://scrollprize.org> (дата обращения: 30.09.2024).

¹⁹ Dafoe T. Archaeologists in Italy Are Using A.I. Robots to Piece Together Ancient Frescoes From Fragments Discovered at Pompeii // Artnet News [Электронный ресурс]. URL: <https://news.artnet.com/art-world/archeologists-ai-robot-repair-pompeii-artwork-2262148> (дата обращения: 01.11.2024).

²⁰ Yuhon Y. How Technology Facilitates Culture Heritage Restoration and Preservation // AMT Lab @ CMU [Электронный ресурс]. URL: <https://amt-lab.org/blog/2022/5/how-can-technologies-help-with-culture-heritages-restoration-and-preservation> (дата обращения: 01.11.2024).

¹⁶ Шкуренко Н. Пальмиру будут восстанавливать специалисты из Северной Пальмиры // The Art Newspaper Russia [Электронный ресурс]. URL: <https://www.theartnewspaper.ru/posts/20230913-hqsk/> (дата обращения: 01.11.2024).

¹⁷ Herculaneum Scrolls: A 20-Year Journey to Read the Unreadable | University of Kentucky College of Engineering [Электронный ресурс]. URL: <https://www.engr.uky.edu/herculaneum> (дата обращения: 01.11.2024).

фрагменты, но допустили ошибки, добавив лишние детали и исказив фон. Сложности возникли при восстановлении лиц и поз в мозаике «Ахиллес и Брисеида», где лица персонажей оказались нечеткими и вдобавок была нарушена композиция. Аналогичные проблемы наблюдались и в мозаике «Александр Македонский», где из-за недостатка знаний об историческом контексте DALL-E не смог воссоздать реалистичное изображение фигуры Александра и его коня. Как итог, команда пришла к выводу, что искусственный интеллект имеет значительный потенциал для реставрации, особенно при работе с узорами, но для точной реконструкции сложных сцен требуется улучшение алгоритмов и расширение базы данных, что позволит искусственному интеллекту учитывать исторический и художественный контексты [12].

Выводы

В условиях, когда цифровые технологии стремительно меняют подходы к сохранению культурного наследия, их роль в реставрации становится все более значимой. Технологии искусственного интеллекта и 3D-моделирования, которые постепенно

интегрируются в реставрационные процессы, открывают возможности не только для точного воспроизведения утраченных элементов, но и для глубокого анализа художественных процессов прошлого. Применение искусственного интеллекта для восстановления недостающих фрагментов, цветовых и композиционных решений произведений искусства позволяет воссоздавать исторические артефакты с достаточно высокой степенью достоверности, составляя тем самым более полное представление об оригинальном облике культурных объектов. Несомненно, развивающиеся технологии имеют определенные технические ограничения и местами встречают критику со стороны искусствоведов²¹ [13], но их постоянное совершенствование открывает новые возможности для более глубокого понимания и бережного сохранения культурного наследия для будущих поколений.

²¹ Drimmer S. How AI is hijacking art history // The Conversation [Электронный ресурс]. URL: <http://theconversation.com/how-ai-is-hijacking-art-history-170691> (дата обращения: 07.11.2024).

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- [1] Elgammal A. et al. The Shape of Art History in the Eyes of the Machine // The Thirty-Second AAAI Conference on Artificial Intelligence (AAAI-18). 2018. C. 1-9.
- [2] Wasielewski A. Computational Formalism: Art History and Machine Learning. Cambridge: The MIT Press, 2023. 201 c.
- [3] Gaber J. A., Youssef S. M., Fathalla K. M. The Role of Artificial Intelligence and Machine Learning in Preserving Cultural Heritage and Art Works via Virtual Restoration // ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci. 2023. T. X-1/W1-2023. C. 185-190.
- [4] O'Brien C. и др. Limitations and possibilities of digital restoration techniques using generative AI tools: Reconstituting Antoine François Callet's Achilles dragging hector's body past the walls of troy // AC. 2023. T. 1. № 2. C. 1793.
- [5] Tan G. WOVEN: An Interdisciplinary Journal of Dietrich College // The Role of Artificial Intelligence in Art Restoration. C.11-26.
- [6] Barath C.V., Logeswaran S., Nelson A. AI In Art Restoration: A Comprehensive Review of Techniques, Case Studies, Challenges, And Future Directions // Irjmets. C. 16-21.
- [7] Sabetsarvestani Z. et al. Artificial intelligence for art investigation: Meeting the challenge of separating x-ray images of the Ghent Altarpiece // Sci. Adv. 2019. Vol. 5, № 8. C. 1-8.
- [8] Bourached A. [и др.]. Recovery of underdrawings and ghost-paintings via style transfer by deep convolutional neural networks: A digital tool for art scholars // 2021.
- [9] Bourached A., Cann G. Raiders of the Lost Art. arXiv, 2019.
- [10] Stork D. G. How AI is expanding art history // Nature. 2023. № 7988 (623). C. 685-687.
- [11] Гаврилин К. Н., Дружинина А. А. Искусство в эпоху цифровизации: переход в метавселенную // Медиаискусство - XXI век. Генезис, художественные программы, вопросы образования: Международная научно-практическая конференция, Москва, 01-03 ноября 2022 года. М.: Российский государственный художественно-промышленный университет им. С.Г. Строганова, 2023. С. 203-212. EDN JBURDG.
- [12] Moral-Andrés F. et al. Can Artificial Intelligence Reconstruct Ancient Mosaics? // Studies in Conservation. 2024. Vol. 69, № 5. C. 313-326.
- [13] Grba D. Deep Else: A Critical Framework for AI Art // Digital. 2022. № 1 (2). C. 1-32.

REFERENCES

- [1] Elgammal, A. et al. (2018). The Shape of Art History in the Eyes of the Machine. The Thirty-Second AAAI Conference on Artificial Intelligence (AAAI-18), 1-9.
- [2] Wasielewski, A. (2023). Computational Formalism: Art History and Machine Learning. Cambridge: The MIT Press.
- [3] Gaber, J. A., Youssef, S. M., Fathalla, K. M. (2023). THE ROLE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND MACHINE LEARNING IN PRESERVING CULTURAL HERITAGE AND ART WORKS VIA VIRTUAL RESTORATION. ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., T. X-1/W1-2023, 185-190.
- [4] O'Brien, C. et al. (2023). Limitations and possibilities of digital restoration techniques using generative AI tools: Reconstituting Antoine François Callet's Achilles dragging hector's body past the walls of troy. AC. 2023, Vol. 1, 2, 1793.
- [5] Tan, G. WOVEN: An Interdisciplinary Journal of Dietrich College. The Role of Artificial Intelligence in Art Restoration, 11-26.
- [6] Barath, C.V., Logeswaran, S., Nelson, A. AI in art restoration: a comprehensive review of techniques, case studies, challenges, and future directions. Irjmets, 16-21.
- [7] Sabetsarvestani, Z. et al. (2019). Artificial intelligence for art investigation: Meeting the challenge of separating x-ray images of the Ghent Altarpiece. Sci. Adv, Vol. 5, 8, 1-8.
- [8] Bourached, A. [et al.]. (2021). Recovery of underdrawings and ghost-paintings via style transfer by deep convolutional neural networks: A digital tool for art scholars.
- [9] Bourached, A., Cann G. (2019). Raiders of the Lost Art. arXiv.
- [10] Stork, D. G. (2023). How AI is expanding art history. Nature, 7988 (623), 685-687.
- [11] Gavrilin, K. N., Druzhinina, A.A. (2023). Art in the Era of Digitalization: Transition to the Metaverse. P. 203-212.
- [12] Moral-Andrés, F. et al. (2024). Can Artificial Intelligence Reconstruct Ancient Mosaics? Studies in Conservation, Vol. 69, 5, 313-326.
- [13] Grba, D. (2022). Deep Else: A Critical Framework for AI Art. Digital, 1 (2), 1-32.