

УДК 004.8

## ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В РЕСТАВРАЦИИ: НОВЫЕ ГОРИЗОНТЫ ДЛЯ СОХРАНЕНИЯ ИСТОРИКО-АРХИТЕКТУРНОГО НАСЛЕДИЯ

**Козленко Алексей Игоревич,**Магистрант, Донской государственный технический университет,  
кафедра «Институт сквозных технологий»

344000, РФ, г. Ростов - на - Дону, пл. Гагарина 1

E-mail: a.cozlencko@yandex.ru

09.04.02 Интеллектуальные медиатехнологии

**Мозговой Николай Васильевич,**Магистрант, Донской государственный технический университет,  
кафедра «Институт сквозных технологий»

344000, РФ, г. Ростов - на - Дону, пл. Гагарина 1

E-mail: cav.unknwn@gmail.com

09.04.02 Интеллектуальные медиатехнологии

### Аннотация

В статье рассматривается применение нейросетевых методов для упрощения и ускорения реставрации и реконструкции архитектурных сооружений. Подчеркивается, что реставрация, помимо восстановления внешнего вида, играет важную роль в сохранении культурной идентичности.

Исследуется потенциал сверточных нейросетей, трансформеров и GAN для решения прикладных задач реставраторов, таких как восстановление утраченных деталей, на основе ограниченных исторических данных. Анализируются перспективы и релевантность использования искусственного интеллекта в сохранении историко-архитектурного наследия.

**Ключевые слова:** реставрация, искусственный интеллект, сверточные нейросети, GAN, трансформеры, автоматизация, историческое наследие.

## ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN RESTORATION: NEW HORIZONS FOR THE PRESERVATION OF HISTORICAL AND ARCHITECTURAL HERITAGE

**Alexey I. Kozlenko,**Master's student, Don State Technical University,  
Department of «Institute of End-to-End Technologies»

344000, Russian Federation, Rostov - on - Don, pl. Gagarina 1

E-mail: a.cozlencko@yandex.ru

09.04.02 Intellectual Media Technologies

**Nikolai V. Mozgovi,**

Master's student, Don State Technical University,

Department of «Institute of End-to-End Technologies»

344000, Russian Federation, Rostov - on - Don, pl. Gagarina 1

E-mail: cav.unknown@gmail.com

09.04.02 Intellectual Media Technologies

---

**ABSTRACT**

---

The article discusses the use of neural network methods to simplify and accelerate the restoration and reconstruction of architectural structures. It is emphasized that restoration, in addition to restoring the appearance, plays an important role in preserving cultural identity.

The potential of convolutional neural networks, transformers and GANs for solving applied tasks of restorers, such as restoring lost parts, based on limited historical data, is being investigated. The prospects and relevance of the use of artificial intelligence in the preservation of historical and architectural heritage are analyzed.

---

**Keywords:** restoration, artificial intelligence, convolutional neural networks, GAN, transformers, automation, historical heritage.

---

Реставрация исторического здания не ограничивается восстановлением внешнего облика, а способствует поддержке культурной идентичности, традиций и отражению самобытности народа. Современная реставрация памятников архитектуры подразумевает комплекс мер по восстановлению или реконструкции интерьеров, а также их декорированию, чтобы создать комфортную среду для современного использования, который должен содержать точное соблюдение канонического вида сооружения [1].

Наиболее длительным и затратным по ресурсам процессом при реализации реставрационного проекта является необходимость обращения к изначальным чертежам, которые могли быть утеряны или повреждены, ограниченному количеству фотографического материала, имеющего ряд дефектов, а также, сталкиваясь с недостатком информации об изначальном виде сооружений. Традиционные методы оценки исторических данных специалистами остаются незаменимыми для достижения качественного результата, тем не менее с учетом прогресса в области искусственного интеллекта становится возможным автоматизация трудоемких процессов, восстановление деталей с высокой точностью и получение новые знания об реставрируемой архитектуре.

Цель работы заключается в анализе нейросетевых методов по упрощению и ускорению прикладных проектов в области восстановления или полноценной реконструкции архитектурных сооружений. Проведено исследование различных подходов, таких как сверточные нейросети, трансформеры, GAN в решении прикладных задач реставраторов, рассмотрен вопрос релевантности и перспективности применения нейросетей в области сохранения историко-архитектурного наследия.

В первую очередь, если у объекта внимания отсутствует некоторая конструкция, которую не удалось сохранить, обращаются к чертежам или архивным фотографиям. С течением времени любой материальный объект утрачивает свой первоначальный вид, аналогично и с историческими снимками: на них возникают перегибы, царапины и иные дефекты. Для более детального изучения специалистами требуется удалить повреждения, улучшив качество фотографий из прошлого. Решением данной задачи может выступить

применение различных моделей нейросетей. Единственным обязательным условием является наличие в датасете как изображений без повреждений, так и с дефектами, для определения и последующей локализации проблемных моментов, а также для наличия примера, к состоянию которого необходимо привести картинку.

Оптимальных результатов возможно достигнуть с помощью сверточных сетей (CNN), опирающиеся на механизм реагирования на определенные паттерны – свертку, что позволяет каждому следующему слою выделять все более абстрактные, высокоуровневые признаки на изображениях. Нейросеть использует фильтр (convolution layer), уменьшение размерности (pooling) и функции активации (activation function) для сканирования фотографии и извлечения локальных признаков, таких как края, детали и текстуры, а также могут быть точно обучены к распознаванию различных типов дефектов [2]. CNN могут быть интегрированы в генеративные модели, например, авто-энкодеры или генеративно-состязательные сети (GAN), для обработки и реставрации изображения.

Иное архитектурное семейство нейросетей – Transformers, не только укрепило свои позиции в области взаимодействия с текстом, но и продемонстрировало превосходство над CNN в обработке изображений благодаря параллельной обработке данных. За счет механизма само-внимания, позволяющего модели фокусироваться на наиболее важной информации при обработке данных, удалось преобразовать принцип работы слоев сверток в блоки трансформера. Принцип функционирования компонента self-attention базируется на векторизации входящих данных, а именно пикселей, которым сопоставляется уникальный вектор (embedding). Далее, для каждой пары векторов вычисляется скалярное произведение их векторов, что образует матрицу весов внимания, которая необходима для определения взвешенной суммы – умножение матрицы на исходные векторы (оценка важности). Таким образом, трансформеры, работающие с изображениями, позволяют локализовать повреждения, проанализировать области вокруг дефекта на определение текстуры и цвета, а затем сгенерировать новые пиксели, соответствующие исходному снимку, которые перекроют физические недостатки архивной фотографии [4, 5].

Затем, после приведения изображений в целостный вид, возможно потребуется на основе двумерного изображения воссоздать сооружение в трехмерном пространстве, например, для прототипирования или создания макетов с помощью аддитивных технологий. Существуют решения данной задачи как на CNN (Pix2Vox, 3D-R2N2) так и Transformer (ViT, Point-BERT). Датасет должен быть достаточно большим и разнообразным, чтобы обеспечить обобщающую способность моделей и состоять либо из изображений (3D моделей и их проекций с разным ракурсом), либо из облака точек (3D-сканирование), иначе результат воссоздания в 3D будет неудовлетворителен. Восстановление геометрии объекта осуществляется благодаря анализу карты глубины, зачастую, представленную в черно-белых тонах для оценки пространственного расположения [6]. В остальном, принцип работы по переносу в трехмерное пространство тождественен с преобразованием изображений. Но в данной задаче, лучше всего себя демонстрируют модели на базе Transformers, так как они способны достигать большей точности много-ракурсной реконструкции объектов с меньшим количеством параметров по сравнению с CNN [7].

Помимо восстановления поврежденных изображений, нейросети могут быть использованы для генерации новых изображений архитектурных сооружений, дополняя имеющуюся информацию и расширяя наше представление о древней архитектуре.

Генеративно-состязательные сети (GAN), разработанные Яном Гудфеллоу в 2014 году, представляют собой революционный подход в машинном обучении, позволяющий создавать искусственные данные, практически неотличимые от реальных [8]. Их уникальная архитектура, основанная на «состязании» между двумя нейронными сетями – генератором и дискриминатором, обеспечивает быстрое обучение и высокую точность.

Генератор стремится создать изображения, которые были бы неотличимы от реальных, а дискриминатор пытается отличить реальные изображения от сгенерированных. В этом состязании генератор постепенно улучшается, генерируя все более реалистичные изображения, что делает GAN идеальным инструментом для реконструкции сооружений.

В контексте реставрации GAN позволяют воссоздать утраченные детали, сгенерировать варианты дизайна и оформления зданий, а также создать виртуальные реконструкции городов и сооружений, что делает их незаменимым инструментом для реставраторов и историков архитектуры [9].

Генеративно-состязательные сети (GAN) являются подходящим типом модели для генерации новых изображений архитектурных сооружений по нескольким причинам:

Во-первых, GAN обладают высокой способностью генерировать реалистичные изображения, близкие к реальным объектам. Их архитектура, состоящая из двух взаимодополняющих сетей – генератора и дискриминатора, обеспечивает конкурентное обучение, где генератор стремится создавать изображения, которые дискриминатор не может отличить от реальных. Такой подход позволяет создавать изображения с высокой детализацией, что особенно важно в контексте реконструкции архитектурных сооружений.

Во-вторых, GAN гибки в использовании и могут быть обучены на разнообразных наборах данных, включая изображения, чертежи и даже текстовые описания. Это позволяет учесть различные виды входных данных, что важно для точного и детального воссоздания архитектурных сооружений.

В-третьих, GAN способны генерировать новые варианты архитектурных сооружений, отличающихся от изначальных, что позволяет реставраторам проанализировать разные возможности реконструкции и выбрать оптимальный вариант.

Таким образом, GAN представляют собой эффективный инструмент для генерации изображений сооружений, обеспечивая высокую реалистичность, гибкость в использовании и возможность создания новых вариантов проектов.

Представьте, что у нас есть несколько фрагментов реконструкции храма, но нет полной информации о его изначальном виде. Используя генеративную модель, можно воссоздать полное изображение храма, включая утраченные детали, такие как скульптуры, украшения и барельефы.

Применение генеративных моделей открывает новые возможности для изучения древней архитектуры, позволяя нам погрузиться в мир прошлого и получить более глубокое понимание культуры и технологий наших предков.

По результатам исследования были проанализированы нейросетевые методы, упрощающие реставрационный процесс: применение CNN, трансформеров и моделей GAN в рамках прикладных задач. В перспективе, развитие архитектур моделей поспособствует ускорению процесса проектирования реконструкции, а также сумеет обеспечить большую достоверность в восстановлении утраченных материалов о сооружении.

#### **Список литературы:**

1. Баликоев А. А. и др. ВОССТАНОВЛЕНИЕ АРХИТЕКТУРНОГО ОБЛИКА ЗДАНИЯ С УЧЁТОМ ИСТОРИЧЕСКОГО ПРОШЛОГО // Инновации и инвестиции. – 2023. – №. 3. – С. 237-241.
2. Никоноров А. В. и др. Реконструкция изображений в дифракционно-оптических системах на основе сверточных нейронных сетей и обратной свертки // Компьютерная оптика. – 2017. – Т. 41. – №. 6. – С. 875-887.]

3. Vaswani A. et al. Attention is all you need //Advances in neural information processing systems. – 2017. – Т. 30.
4. Wang Z. et al. Uformer: A general u-shaped transformer for image restoration //Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition. – 2022. – С. 17683-17693.
5. Zamir S. W. et al. Restormer: Efficient transformer for high-resolution image restoration //Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition. – 2022. – С. 5728-5739.
6. Гадасин Д. В., Шведов А. В., Кузин И. А. Трехмерная реконструкции объекта по одному изображению с использованием глубоких сверточных нейронных сетей //Т-Comm-Телекоммуникации и Транспорт. – 2022. – Т. 16. – №. 7. – С. 29-35.
7. Wang D. et. al. Multi-view 3d reconstruction with transformers //Proceedings of the IEEE/CVF international conference on computer vision. – 2021. – С. 5722-5731.
8. Козленко А. И., Витченко О. В. Использование генеративно-сопоставительной нейронной сети в игровом проекте жанра roguelike: анализ и применение //Молодой исследователь Дона. – 2024. – Т. 9. – №. 4. – С. 56-58.
9. Аbruкова Е. Р. Применение искусственного интеллекта в реставрации объектов культурного наследия в России и по всему миру //ББК 1 Н 34. – С. 184.

**References:**

1. Balikoev A. A. et al. RESTORATION OF THE ARCHITECTURAL APPEARANCE OF THE BUILDING TAKING INTO ACCOUNT THE HISTORICAL PAST //Innovation and investment. – 2023. – No. 3. – pp. 237-241.
2. Nikonorov A.V. et al. Image reconstruction in diffraction-optical systems based on convolutional neural networks and reverse convolution //Computer optics. - 2017. – vol. 41. – No. 6. – pp. 875-887.]
3. Vaswani A. et al. Attention is all you need //Advances in neural information processing systems. – 2017. – Vol. 30.
4. Wang Z. et al. Uformer: A general u-shaped transformer for image restoration //Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition. – 2022. – pp. 17683-17693.
5. Zamir S. W. et al. Restormer: Efficient transformer for high-resolution image restoration //Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition. – 2022. – pp. 5728-5739.
6. Gadasin D. V., Shvedov A.V., Kuzin I. A. Three-dimensional reconstruction of an object from a single image using deep convolutional neural networks //T-Comm-Telecommunications and Transport. – 2022. – Vol. 16. - No. 7. – pp. 29-35.
7. Wang D. et. al. Multi-view 3d reconstruction with transformers //Proceedings of the IEEE/CVF international conference on computer vision. – 2021. – pp. 5722-5731.
8. Kozlenko A. I., Vitchenko O. V. The use of generative-adversarial neural network in a game project of the roguelike genre: analysis and application //A young researcher of the Don. - 2024. – Vol. 9. – No. 4. – pp. 56-58.

9. Abrukova E. R. The use of artificial intelligence in the restoration of cultural heritage sites in Russia and around the world // ВВК 1 N 34. – p. 184.