

УДК 930:002.6
DOI

Баймухамедов М.Ф.,
доктор технических наук, профессор,
bmf45@mail.ru¹

Борисова А.П.,
младший научный сотрудник,
fialka.anechka@mail.ru¹

Жалыбин С.М.,
доктор юридических наук, доцент,
jalibin_sm@kosstu.kz¹

Исаева Н.Н.,
доцент, royn1@mail.ru¹

*Костанайский социально-технический университет
имени академика З.Алдамжар,
110000 г.Костанай, пр-т. Кобыланды Батыра, 27¹*

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИИ В ИЗУЧЕНИИ ИСТОРИЧЕСКИХ ПАМЯТНИКОВ

***Аннотация.** В статье рассмотрены технологии ИИ используемые при исследованиях исторических памятников. Описаны основные направления применения ИИ при их изучении, отмечается, что технологии ИИ позволяют не только документировать культурное наследие, но и прогнозировать риски разрушения археологических памятников, обеспечивая более эффективную их реставрацию.*

Показаны преимущества применения ИИ: -снижение ошибок при обработке больших массивов данных; - автоматическое выявление повреждений и аномалий; - ускорение процесса документации - от недель работы до часов. Современные технологии искусственного интеллекта открывают новые возможности для изучения, анализа и сохранения исторических памятников.

***Ключевые слова:** технологии ИИ, исторические памятники, культурное наследие, изучение, анализ, сохранение, реставрация.*

Введение

Искусственный интеллект (ИИ) сегодня активно применяется в изучении и сохранении исторических памятников: от 3D-сканирования и анализа повреждений до создания цифровых двойников и систем мониторинга состояния объектов. Эти технологии позволяют не только

документировать культурное наследие, но и прогнозировать риски разрушения, обеспечивая более эффективную реставрацию.

Исторические памятники являются важнейшими носителями культурной памяти человечества. Однако они подвержены разрушению из-за времени, климата и антропогенных факторов. Современные технологии искусственного интеллекта открывают новые возможности для их изучения, анализа и сохранения [1].

Методология

Применение технологий ИИ

Компьютерное зрение	Автоматическое выявление повреждений на изображениях памятников
Машинное обучение	Анализ больших массивов данных о состоянии архитектурных объектов
НВИМ-модели	Интеграция архитектурных данных в цифровые базы для реставрации
Мультимодальные данные	Сочетание лазерного сканирования, фото и сенсорных данных

- Схемы 3D-сканирования
- Диаграммы анализа повреждений
- Инфографика «цифровой двойник памятника»
- На фото 1 показаны визуальные материалы применения ИИ [2].

Обзор литературы

В последние годы цифровизация гуманитарных наук привела к существенному изменению подходов к изучению, документированию и сохранению историко-культурного наследия. Одним из наиболее перспективных направлений становится применение технологий искусственного интеллекта (ИИ), машинного обучения и компьютерного зрения [3]. Их использование позволяет автоматизировать обработку больших массивов визуальной и пространственной информации, выявлять повреждения исторических объектов, создавать высокоточные трехмерные модели, реконструировать утраченные элементы архитектуры и расширять возможности виртуального представления памятников [4].

Одним из базовых направлений применения ИИ является цифровая фиксация исторических памятников. Традиционные методы обследования предполагают значительные затраты времени и участие специалистов, тогда как современные технологии позволяют автоматизировать значительную часть процессов [5]. Особое значение имеет сочетание машинного обучения с фотограмметрией и лазерным сканированием. Фотографии, полученные с наземных камер или беспилотных летательных аппаратов, могут использоваться для формирования трехмерных моделей зданий и археологических объектов. Алгоритмы компьютерного зрения позволяют автоматически распознавать элементы архитектуры, сопоставлять изображения и выделять характерные особенности поверхности [6].

ИИ и ИСТОРИЧЕСКИЕ ПАМЯТНИКИ



AI

Искусственный интеллект

Машинное обучение

Компьютерное зрение

Сохранение наследия

Фото 1 - визуальные материалы применения ИИ

Систематический обзор [7,8], посвященный машинному обучению в документации и анализе исторических зданий, показывает, что алгоритмы ML все активнее интегрируются в процессы обследования архитектурного наследия. Это особенно важно для крупных исторических комплексов, где ручная обработка тысяч изображений является трудоемкой задачей.

Результаты

Основные направления применения ИИ

1. Документация и цифровизация Использование машинного обучения для обработки данных лазерного сканирования и фотограмметрии. Создаются точные 3D-модели памятников, которые фиксируют их текущее состояние.

Документация и цифровизация- это ключевой этап в сохранении и изучении архитектурных и инженерных объектов, где применяются технологии лазерного сканирования и фотограмметрии, а алгоритмы машинного обучения помогают структурировать и интерпретировать огромные массивы данных.

Основные процессы

- **Лазерное сканирование** Лазерные датчики фиксируют миллионы точек, формируя облако точек, которое отражает геометрию объекта с высокой точностью.
- **Фотограмметрия.** На основе множества фотографий создаётся 3D-модель, где машинное обучение помогает корректировать перспективу и устранять шумы.
- **Обработка облаков точек.** Алгоритмы классифицируют данные: отделяют стены от колонн, арки от декоративных элементов.
- **Семантическая сегментация.** ИИ «понимает» структуру объекта, выделяя архитектурные элементы и связывая их с историческими стилями.
- **Автоматическая документация.** На основе анализа формируются чертежи, схемы и цифровые паспорта объектов.

Практическая ценность

Сохранение культурного наследия- создание точных цифровых копий памятников.

Реставрация- использование цифровых моделей для планирования ремонта и восстановления.

Научные исследования- сопоставление данных сканирования с архивными источниками.

Виртуальные музеи- доступ к объектам в цифровом формате для широкой аудитории.

Преимущества применения ИИ:

Снижение ошибок при обработке больших массивов данных.

Автоматическое выявление повреждений и аномалий.

Ускорение процесса документации - от недель работы до часов.

Интеграция с цифровыми двойниками и системами мониторинга.

Таким образом, документация и цифровизация с применением ИИ превращают традиционные методы фиксации объектов в интеллектуальные системы анализа и сохранения, где каждый элемент архитектуры получает цифровое отражение.

2. Мониторинг состояния. Алгоритмы ИИ анализируют трещины, деформации и другие повреждения, выявляя риски разрушения. Это позволяет проводить профилактическую реставрацию [9].

Мониторинг состояния сооружений с помощью ИИ - это целый комплекс технологий, которые позволяют автоматически выявлять трещины, деформации и другие повреждения, снижая риск внезапного разрушения.

Как работает процесс

Компьютерное зрение Алгоритмы анализируют фото и видео с дронов или камер, фиксируя мельчайшие дефекты поверхности.

Анализ трещин Системы определяют длину, ширину и динамику роста трещин, сравнивая данные во времени.

Деформации конструкций 3D-модели и облака точек позволяют выявить смещения, прогибы или наклоны элементов.

Прогноз рисков. Машинное обучение сопоставляет текущие повреждения с историческими данными, оценивая вероятность аварии.

Интеграция с IoT. Датчики вибрации, температуры и нагрузки передают данные в реальном времени, которые ИИ анализирует для раннего предупреждения.

Практическая ценность

- Снижение аварийности - раннее выявление критических дефектов.
- Экономия средств - ремонт проводится точно, а не после разрушения.
- Сохранение культурного наследия - исторические мосты, здания и памятники получают цифровой контроль состояния [10].
- Безопасность населения - предотвращение обрушений и катастроф.

Таким образом, мониторинг состояния с помощью ИИ превращает традиционный визуальный осмотр в цифровую систему раннего предупреждения.

3. Цифровые двойники. Создание виртуальных копий памятников, которые интегрируют данные о структуре, материалах и внешних воздействиях. Такие модели используются для прогнозирования долговечности объектов.

Цифровые двойники - это виртуальные модели реальных объектов, систем или процессов, которые позволяют отслеживать их состояние, прогнозировать поведение и управлять ими в режиме реального времени.

Основные характеристики

Точная копия объекта. Создаётся на основе данных датчиков, 3D-сканирования, BIM-моделей или облаков точек.

Динамическое обновление Модель постоянно получает новые данные от IoT-устройств и отражает текущее состояние объекта.

Прогнозирование Алгоритмы ИИ моделируют будущие сценарии - например, рост трещин или нагрузку на конструкцию.

Интеграция с управлением Двойник используется для планирования ремонтов, оптимизации эксплуатации и предотвращения аварий.

Применение цифровых двойников

Строительство и инфраструктура- мониторинг мостов, зданий, тоннелей.

Транспорт- цифровые модели железных дорог, метро и авиационных систем.

Энергетика- контроль работы электростанций и сетей.

Культурное наследие- сохранение исторических памятников в цифровом виде.

Промышленность- оптимизация производственных линий и оборудования.

Преимущества

Аналитика в реальном времени — позволяет быстро реагировать на изменения.

Снижение затрат- прогнозное обслуживание дешевле аварийного ремонта.

Безопасность- раннее выявление рисков разрушения или отказа.

Устойчивое развитие- эффективное использование ресурсов и снижение экологического воздействия.

Таким образом, цифровые двойники - это не просто 3D-модели, а умные системы, которые объединяют данные, аналитику и прогнозирование. Они становятся ключевым инструментом в управлении инфраструктурой и промышленностью.

4. Семантический анализ данных ИИ помогает классифицировать архитектурные элементы, выявлять стилистические особенности и сопоставлять их с историческими источниками [11].

Семантический анализ данных в контексте архитектурных памятников - это применение алгоритмов ИИ для понимания и интерпретации сложных структурных и стилистических особенностей объектов. В отличие от простого распознавания формы, семантический анализ позволяет «прочитать» архитектуру как текст, выявляя её смысловые элементы.

Основные этапы семантического анализа.

Классификация элементов ИИ выделяет колонны, арки, карнизы, орнаменты и другие детали, присваивая им категории.

Определение стиля Алгоритмы сопоставляют элементы с известными архитектурными школами (готика, барокко, классицизм).

Сравнение с источниками Модель анализирует базы данных чертежей, архивных фото и текстов, чтобы подтвердить происхождение или эпоху.

Выявление аномалий Семантический анализ помогает заметить несоответствия - например, элементы, добавленные при реставрации, или поздние изменения.

Практическое применение

Историческая атрибуция- точное определение времени и культурного контекста памятника.

Реставрация- понимание оригинальной композиции помогает восстановить объект без искажений.

Научные исследования- сопоставление архитектурных особенностей с письменными источниками.

Цифровые базы данных- создание каталогов архитектурных элементов для обучения будущих моделей.

Преимущества семантического анализа.

Автоматизация анализа- сокращает время работы исследователей.

Точность- ИИ фиксирует мельчайшие детали, которые человек может упустить.

Интеграция с другими методами- сочетание семантического анализа с 3D-сканированием и цифровыми двойниками.

Таким образом, семантический анализ превращает архитектурные памятники в структурированные данные, которые можно изучать, сравнивать и использовать для сохранения культурного наследия.

Ниже нами представлены картины, полученные с помощью ИИ (фото 2, 3,4).

Фото 2 иллюстрирует современный процесс цифровой фиксации археологических артефактов.

На переднем плане человек в жилете использует портативный **3D-сканер** для оцифровки древней каменной скульптуры.

Сама скульптура изображает фигуру человека в шлеме или головном уборе, с поднятыми руками, заключённую в овальную рамку. Рядом ноутбук показывает цифровую модель - результат сканирования, то есть трёхмерное изображение артефакта.

На заднем плане видны другие каменные рельефы, что указывает на музей или археологическую экспозицию.

Фото 3- слайд презентации, показывающий, как искусственный интеллект (AI) и геоинформационные системы (GIS) применяются для реагирования на чрезвычайные ситуации и оценки инфраструктуры после катастроф.



Фото 2

	Detect damaged structures An AI model runs on aerial imagery and outputs a feature class of damaged and undamaged structures
	Detect damaged roads An AI model runs on aerial imagery + road layer and outputs a feature class of damaged and undamaged roads
	Optimal routing ArcGIS Network Analyst consumes the damaged structures and blocked roads feature classes, and creates an optimal route from a base (fire station, shelter etc.) to all the damaged structures, accounting for blocked roadways
	Operational dashboard Utilizing the Esri Workforce mobile app, we can assign each responder a set of structures to inspect and use Operations Dashboard to monitor their progress and other key metrics

Фото 3

Основные блоки:

Обнаружение повреждённых зданий Модель ИИ анализирует аэрофотоснимки и классифицирует здания как повреждённые или неповреждённые.

Обнаружение повреждённых дорог Сочетание аэрофотоснимков и дорожного слоя позволяет выявить дороги, которые разрушены или заблокированы.

Оптимальные маршруты С помощью ArcGISNetworkAnalyst строятся маршруты от базы (например, пожарной станции или убежища) к повреждённым объектам, учитывая непроходимые дороги.

Операционный дашборд Через мобильное приложение EsriWorkforce распределяются задачи между спасателями, а OperationsDashboard позволяет отслеживать их прогресс и ключевые показатели.

В целом, картинка демонстрирует интеграцию AI-аналитики и GIS-инструментов для:

- быстрой оценки ущерба,
- планирования маршрутов реагирования,
- и мониторинга действий спасательных служб в реальном времени.

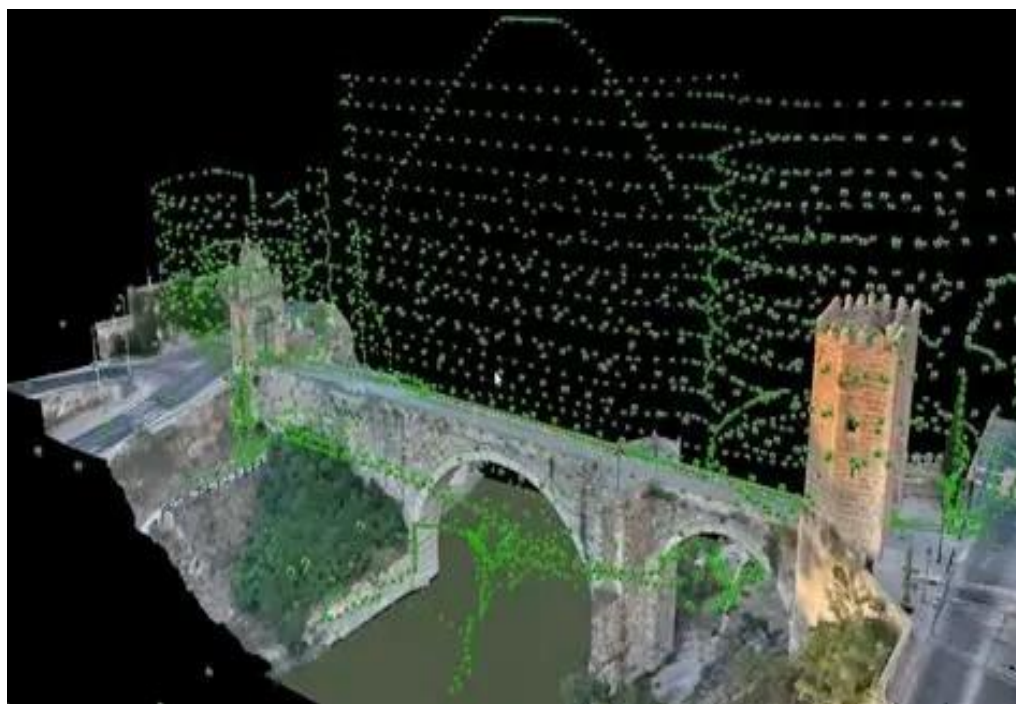


Фото 4

Фото 4 показывает результат применения технологий трёхмерной реконструкции для архитектурного объекта — каменного моста с башнями.

Что мы видим:

Сам мост с арочными пролётами и башнями по краям — историческое сооружение.

Точки и линии - это облако точек, полученное с помощью фотограмметрии или LiDAR-сканирования. Оно фиксирует геометрию объекта и окружающей местности.

Такая модель позволяет создать точную цифровую копию моста, пригодную для анализа, визуализации и сохранения.

В целом, картинка демонстрирует, как современные методы 3D-сканирования и моделирования превращают реальный объект в цифровую модель, открывая новые возможности для науки, культуры и инженерии [12].

Заключение

ИИ становится ключевым инструментом в изучении исторических памятников. Современные технологии искусственного интеллекта открывают новые возможности для изучения, анализа и сохранения исторических памятников.

Его применение обеспечивает точную документацию, раннее выявление повреждений и создание цифровых двойников, что формирует основу для долгосрочной защиты культурного наследия. Технологии ИИ позволяют не только документировать культурное наследие, но и прогнозировать риски разрушения археологических памятников, обеспечивая более эффективную их реставрацию.

Анализ научной литературы показывает, что искусственный интеллект становится важным инструментом современного изучения исторических памятников. Наиболее разработанными направлениями являются цифровая документация, обработка фотографий, трехмерное моделирование, автоматическое распознавание архитектурных элементов, обнаружение повреждений, мониторинг состояния объектов и виртуальная реконструкция.

Основное преимущество ИИ заключается в возможности автоматизировать обработку больших объемов разнородных данных и выявлять закономерности, которые трудно установить исключительно традиционными методами. При этом ИИ не заменяет специалистов в области истории, археологии, архитектуры и реставрации, а выступает инструментом поддержки их исследовательской деятельности.

Отметим следующие преимущества применения ИИ при исследовании исторических памятников:

- снижение ошибок при обработке больших массивов данных;
- автоматическое выявление повреждений и аномалий;
- ускорение процесса документации - от недель работы до часов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Artificial intelligence adoption in the cultural heritage sector: A systematic review // Computers in Human Behavior Reports. – 2026.
2. Stylianidis E., Remondino F. 3D recording, documentation and management of cultural heritage. – Dunbeath: Whittles Publishing, 2025.

3. Юмашева Ю. Ю. К вопросу о применении искусственного интеллекта в исторических исследованиях // Историческая информатика. – 2025. – №3. – С. 45–62.
4. Remondino F., Rizzi A. Reality-based 3D documentation of cultural heritage // *Journal of Cultural Heritage*. – 2024. – Т. 15, №2. – С. 123–134.
5. *Artificial Intelligence for Digital Heritage Innovation: Setting up a R&D Agenda for Europe*. Heritage, 2024. MMDPI.
6. ElBehairy A., Abu El-Nasr N. A., Grimberg P., Said L. A. A comprehensive review of deep learning methods in damage classification, detection, and segmentation of cultural heritage sites. *Journal of Cultural Heritage*, 2026.
7. Huang Z. *Machine learning in the documentation and analysis of historical landmark buildings: a systematic review and practical demonstration*. Built Heritage, 2026.
8. Li X., Chiabrando F., Sammartano G. Machine learning and deep learning for cultural heritage conservation // *Remote Sensing*. – 2026.
9. Colace F., Gaeta R., Lorusso A., Pellegrino M., Santaniello D. *New AI challenges for cultural heritage protection: A general overview*. *Journal of Cultural Heritage*, 2025. ScienceDirect
10. *Artificial Intelligence at the Interface between Cultural Heritage and Photography: A Systematic Literature Review*. Heritage, 2024. MMDPI.
11. *Generative AI and 3D Heritage Virtual Reconstructions: A Pragmatic Review*. Heritage, 2026. MMDPI.
12. UNESCO. *AI and Culture*. 2026. ЮЮОЕЕЕЕЕ.

REFERENCES

1. Artificial intelligence adoption in the cultural heritage sector: A systematic review // *Computers in Human Behavior Reports*. – 2026.
2. Stylianidis E., Remondino F. 3D recording, documentation and management of cultural heritage. – Dunbeath: Whittles Publishing, 2025.
3. YUmasheva YU. YU. K voprosu o primeneniiskusstvennogointellekta v istoricheskikhissledovaniyah // *Istoricheskayainformatika*. – 2025. – №3. – S. 45–62.
4. Remondino F., Rizzi A. Reality-based 3D documentation of cultural heritage // *Journal of Cultural Heritage*. – 2024. – Т. 15, №2. – S. 123–134.
5. *Artificial Intelligence for Digital Heritage Innovation: Setting up a R&D Agenda for Europe*. Heritage, 2024.MMDPI.
- ElBehairy A., Abu El-Nasr N. A., Grimberg P., Said L. A. A comprehensive review of deep learning methods in damage classification, detection, and segmentation of cultural heritage sites.*JournalofCulturalHeritage*, 2026.
7. Huang Z. *Machine learning in the documentation and analysis of historical landmark buildings: a systematic review and practical demonstration*. Built Heritage, 2026.
8. Li X., Chiabrando F., Sammartano G. Machine learning and deep learning for cultural heritage conservation // *Remote Sensing*. – 2026.

9. Colace F., Gaeta R., Lorusso A., Pellegrino M., Santaniello D. New AI challenges for cultural heritage protection: A general overview. Journal of Cultural Heritage, 2025.ScienceDirect
10. Artificial Intelligence at the Interface between Cultural Heritage and Photography: A Systematic Literature Review. Heritage, 2024.MMDPI.
11. Generative AI and 3D Heritage Virtual Reconstructions: A Pragmatic Review. Heritage, 2026.MMDPI.
12. UNESCO. AI and Culture. 2026. YUYUNESKO.

Баймухамедов М.Ф.,

Техника ғылымдарының докторы, профессор,
bmf45@mail.ru¹

Борисова А.П.,

кіші ғылыми қызметкер,
fialka.anechka@mail.ru¹

Жалыбин С.М.,

Заң ғылымдарының докторы, профессор,
jalibin_sm@kosstu.kz¹

Исаева Н.Н.,

доцент, royn1@mail.ru¹

*Академик З.Алдамжар атындағы
Қостанай әлеуметтік-техникалық университеті,
110000 Қостанай қ., Қобыланды Батыр даңғылы, 27¹*

ТАРИХИ ЕСКЕРТКІШТЕРДІ ЗЕРТТЕУДЕ ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫН ҚОЛДАНУ

Аңдатпа. Бұл мақалада тарихи ескерткіштерді зерттеуде қолданылатын ЖИ технологиялары қарастырылған. Онда ЖИ технологияларының мәдени мұраны құжаттауға мүмкіндік беріп қана қоймай, сонымен қатар археологиялық орындардың жойылу қаупін болжап, оларды тиімдірек қалпына келтіруді қамтамасыз ететіні атап өтіледі. ЖИ қолданудың артықшылықтары көрсетілген: - үлкен деректер жиынтығын өңдеу кезіндегі қателіктерді азайту; - зақымданулар мен ауытқуларды автоматты түрде анықтау; - құжаттау процесін апталардан сағаттарға дейін жеделдету. Заманауи жасанды интеллект технологиялары тарихи ескерткіштерді зерттеу, талдау және сақтау үшін жаңа мүмкіндіктер ашады.

Түйінді сөздер: ЖИ технологиялары, тарихи ескерткіштер, мәдени мұра, зерттеу, талдау, сақтау, қалпына келтіру.

Baimukhamedov M.F.,
Doctor of Technical Sciences, professor,
bmf45@mail.ru¹

Borisova A.P.,
junior researcher,
fialka.anechka@mail.ru¹

Zhalibin S.M.,
Doctor of Law Sciences, Professor,
jalibin_sm@kosstu.kz¹

Isaeva N.N.,
associate professor, royn1@mail.ru¹

*Kostanay Social-Technical University
named after Z.Aldamzhar,
110000 Kostanay, ave.Koblandy Batyr, 27¹*

APPLICATION OF AI TECHNOLOGIES IN THE STUDY OF HISTORICAL MONUMENTS

Abstract. *This article examines AI technologies used in the study of historical monuments. It describes the main areas of AI application in their study, noting that AI technologies not only enable the documentation of cultural heritage but also predict the risks of destruction of archaeological sites, ensuring their more effective restoration. The advantages of using AI are demonstrated: - reduction of errors when processing large data sets; - automatic detection of damage and anomalies; - acceleration of the documentation process from weeks to hours. Modern artificial intelligence technologies open up new possibilities for the study, analysis, and preservation of historical monuments.*

Keywords: *AI technologies, historical monuments, cultural heritage, study, analysis, preservation, restoration.*