

УДК 930.25:004.8

<http://doi.org/10.46869/2707-6776-2025-30-10>

Шевчук Т.В.

<https://orcid.org/0000-0002-2648-3165>

Тарасюк М.Ю.

<https://orcid.org/0000-0003-2107-2073>

РОЛЬ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ У ЗБЕРЕЖЕННІ ІСТОРИЧНИХ ПАМ'ЯТОК

Збереження культурної спадщини є одним із завдань сучасної науки. Штучний інтелект та інструменти на його основі задля збереження історичних пам'яток є одним із рішень, коли постає питання про потенційне зникнення культурно-історичної спадщини в умовах повені, або великих пожеж, військових конфліктів та воєн тощо. Штучний інтелект відкриває нові можливості для пошуку, збереження, реставрації та популяризації культурних цінностей серед громадськості. У статті проаналізовано напрями застосування методів та інструментів на основі штучного інтелекту у історичній, археологічній та музейній науках для збереження історичних джерел та пам'яток, встановлено можливості, які вони відкривають, потенційні ризики під час застосування та подальші перспективи.

З'ясовано, що штучний інтелект відіграє вагомий роль у цифровій трансформації з метою збереження об'єктів культурної та історичної спадщини та активно застосовується для пошуку артефактів на потенційній місцевості, встановлення ознак пошкоджень історичних пам'яток ще на початкових етапах, коли людське око не здатне визначити недоліки, для створення цифрових гідів та електронних музеїв, задля опрацювання громіздких метаданих і навіть у пошуку викрадених історичних пам'яток. Не зважаючи на пошвавлення використання штучного інтелекту у науці, залишаються актуальними етичні проблеми, неточність окремих методик, існує потреба фізичної перевірки фахівцем отриманих результатів та коригування. Штучний інтелект відкриває нові можливості перед світовою науковою спільнотою, проте його потенціал лише розкривається і потребує критичних напрацювань як на теоретичному, так і на практичному рівнях.

Ключові слова: штучний інтелект, технічні засоби, історичні колекції, бібліотеки, архіви, історико-культурна спадщина, історичні цінності, історичні документи, наука.

Постановка проблеми. Останні тенденції демонструють, що штучний інтелект (далі – ШІ) може активно використовуватися для оцифрування історичних артефактів, документів і творів мистецтва. За даними Бібліотеки Конгресу США, різні країни самостійно визначають ступінь використання ШІ у бібліотечних ресурсах, музеях та архівах. Проте технології на основі ШІ стають дедалі перспективнішими та пропонують дослідникам нові можливості, які варто переймати та імплементувати у всіх країнах. Наприклад, алгоритми комп'ютерного зору дозволяють створювати високоточні 3D-моделі об'єктів культурної спадщини. Це допомагає зберегти їх у цифровому форматі, навіть якщо фізичні об'єкти будуть пошкоджені або втрачені [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У всьому світі науковці починають замислюватися над можливостями ШІ та інструментів на його

основі задля збереження культурної спадщини, намагаються врахувати потенційні ризики та переваги. Х. Гаит звертає увагу не лише на можливості ІІІ, а й на етичні проблеми, пов'язані з ним, і зазначає, що інструменти все одно не можуть працювати без контролю компетентного фахівця [2]. Концептуальна роль ІІІ у збереженні культурної спадщини розглянута в статтях С. Ібаракі, А. Абіді, Г. Барліндхауг [3; 4; 5]. А дослідники Р. П'єрдіка, М. Паоланті, Ф. Матроне, А. Баруччі, Ч. Куччі, М. Франчі розглядали прикладні методи збереження спадщини за допомогою ІІІ [6; 7]. Українські дослідники Ю. Ковтанюк та О. Кузнецов аналізували шляхи використання ІІІ на прикладі України – у музеях, бібліотеках тощо [1]. Такі публікації з'являються дедалі частіше, що свідчить про актуальність цієї тематики та системне залучення ІІІ до процесів дослідження та збереження.

Наукова новизна. В українській історіографії інтерес до застосування інструментів на основі ІІІ поживається, тож важливим є узагальнення та запозичення теоретичних та практичних досягнень закордонних вчених у цій царині, адже таких досліджень бракує. Тому **метою роботи** є аналіз практики використання штучного інтелекту для збереження історичних джерел, її можливості та подальші перспективи.

Виклад основного матеріалу. За останні п'ять років напрацювання підходів та методик використання, наукова розробка та вивчення наукового потенціалу ІІІ, нормативно-правове регулювання, набрало неабияких обертів згідно з даними ООН [1]. Важливу роль ІІІ почав відігравати і у збереженні культурної спадщини. Як зазначає Ченхі Ге, охорона спадщини поділяється на декілька етапів: виявлення та ідентифікація об'єкта, реставрація, комплексне управління спадщиною, а також презентація та поширення серед громадськості [8].

На першому етапі важливе виявлення та ідентифікація об'єкта. Дійсно, застосування штучного інтелекту, як-от у сфері археології під час розкопок, задля пошуків культурної спадщини є основою збереження цієї спадщини. І існує багато різних підходів для подібного застосування ІІІ. Наприклад, сюди входить створення 3D-моделей місць розкопу або сканування землі. За допомогою технології LiDAR можливо ідентифікувати стародавні поховання зокрема через алгоритми машинного навчання, які передбачають глибину розкопу ділянки та потенційні артефакти у ній [8]. А археолог та програміст А. Крамер зробив перший крок у цьому напрямку. Він зумів ідентифікувати потенційні археологічні знахідки технічним шляхом, що ефективно знижує витрати на організацію пошуків та захищає важливі об'єкти культурної спадщини, особливо стародавніх будівель, від знищення [8].

На додаток до цього, група вчених із Бінгемтона використовувала об'єктно-орієнтований аналіз зображень (OBIA) для обробки даних пов'язаних з технікою 3D-сканування (наприклад, світло, радар, LiDAR), що важливо для пошуку потенціалу історичні місця [8]. Той факт, що ІІІ використовується для аналізу даних з повітря може бути ефективним у пошуках археологічних

доказів. Наприклад, перелічені техніки здатні визначити орієнтовну територію, де артефакти розміщуються, проте не конкретні координати на цій території. Алгоритми здатні аналізувати фундамент розкопу археологів крізь призму фотографій, які вже доступні для визначення областей із подібними візерунками [8].

Варто згадати й про вивчення єгипетських пірамід. З'являються нові методики. Одним із помітних застосувань ШІ в цій галузі є класифікація та інтерпретація давньоєгипетських ієрогліфів. Наприклад, метод використання згорткових нейронних мереж (CNN) для класифікації зображень ієрогліфів із двох різних наборів даних [6].

Дослідники протестували три відомі архітектури CNN — ResNet-50, Inception-v3 і Xception — а також розробили спеціалізований CNN під назвою «*Glyphnet*». «*Glyphnet*», розроблений спеціально для класифікації, перевершив інші архітектури, продемонструвавши потенціал глибокого навчання для підтримки ідентифікації та перекладу стародавніх текстів [6].

Застосування штучного інтелекту в класифікації ієрогліфів — це не просто технічне досягнення; це має глибоке значення для археологічних досліджень. Автоматизуючи розпізнавання та класифікацію ієрогліфів, інструменти ШІ можуть значно скоротити час і зусилля, необхідні фахівцям для аналізу стародавніх текстів. Це дозволяє дослідникам зосередитися на інтерпретаційних завданнях вищого рівня, таких як розуміння культурного та історичного контексту написів.

Використання ШІ у вивченні єгипетських пірамід, зокрема за допомогою класифікації ієрогліфів, є значним прогресом у цій галузі. Наприклад, ШІ можна використовувати для аналізу архітектурних особливостей, виявлення раніше непомічених закономірностей і навіть прогнозування розташування невідкритих структур. Оскільки ШІ продовжує розвиватися, його роль в археології, ймовірно, буде розширюватися, пропонуючи захоплюючі можливості для майбутнього вивчення стародавніх цивілізацій.

ШІ також допомагає у збереженні рідкісних мов і культурних традицій. Алгоритми обробки природної мови використовуються для створення цифрових словників, перекладачів і навчальних матеріалів для мов, що знаходяться під загрозою зникнення. Наприклад, платформи на основі ШІ можуть записувати й аналізувати усну народну творчість, зберігаючи її для майбутніх поколінь [6].

Інший аспект стосується комплексного управління та збереження спадщини, а також презентації суспільству, про що зазначалося на початку. У 1956 р. був заснований Міжнародний центр вивчення консервації та реставрації культурних цінностей. З 1959 р. він розміщується в Римі на запрошення уряду Італії та за угодою з ЮНЕСКО. Центр є міжурядовим органом, членами якого стають держави-члени ЮНЕСКО. Центр здійснює експертну оцінку стану збереження об'єктів, включених до Списку Всесвітньої спадщини. Проте з

появою III ICCROM інтегрував передові алгоритми для покращення аналізу та збереження фресок, настінних розписів та інших культурних цінностей [8].

ICCROM – Міжнародний центр вивчення, збереження та реставрації культурних цінностей – застосовує алгоритми штучного інтелекту для аналізу пошкоджень фресок та стінописів. Саме цей центр став піонером інтеграції технологій III в практику збереження культурних цінностей, що дозволяє точніше виявляти пошкодження, аналізувати і відновлювати пошкоджені фрески, настінні розписи й інші культурно-історичні цінності. Саме алгоритми III зробили революцію у сфері збереження культурної спадщини, забезпечивши неінвазивні та високоточні методи оцінки шкоди. Ці технології дозволяють виявити тонкі зміни та потенційні механізми погіршення, які важко побачити неозброєним людським оком [8].

Один із основних методів, який застосовує ICCROM, передбачає використання інфрачервоного аналізу зображення. Ця техніка особливо ефективна для виявлення пошкоджень, пов'язаних із вологістю, таких як підцвітання та вицвітання, які є основними причинами псування фресок і настінних розписів. Процес передбачає безперервне отримання теплових зображень протягом певного часу, які потім аналізуються за допомогою алгоритмів штучного інтелекту. Чи не найбільш репрезентативним застосуванням цієї технології є моніторинг фресок у середньовічній каплиці на північному заході Італії. У дослідженні каплиці роботизована система під назвою aIRview використовувалася для автоматичного отримання та обробки теплових зображень протягом кількох днів. Зібрані дані були проаналізовані за допомогою алгоритмів швидкого перетворення Фур'є (ШПФ) для визначення наявності вологи та формулювання гіпотез щодо механізмів погіршення [8].

Як результат, інтеграція методів обробки сигналів, таких як ШПФ, з алгоритмами III дозволяє проводити точний аналіз теплових даних. Ці методи покращують здатність виявляти та інтерпретувати моделі, пов'язані з вологою та іншими формами пошкоджень. Застосовуючи ці методи, ICCROM може розробити більш ефективні стратегії збереження.

Використання алгоритмів III в аналізі культурних цінностей дає кілька переваг:

- неінвазивний аналіз: III дозволяє оцінити пошкодження без фізичного контакту, зберігаючи цілісність твору мистецтва;
- висока точність результатів: алгоритми штучного інтелекту можуть виявляти найдрібніші зміни та надавати детальну інформацію про стан власності;
- висока ефективність: автоматизовані системи, такі як aIRview, дають змогу проводити обширні дослідження за короткий відтинок часу, ніж який вимагається традиційними методами [3].

Отже, використання алгоритмів III для аналізу фресок, настінних розписів та інших культурних цінностей є поступовим, але практичним прогресом у

сфері збереження культурної спадщини. Використовуючи такі технології, як тимчасове інфрачервоне зображення та обробка сигналів, можна ефективно контролювати та усувати пошкодження, забезпечуючи збереження безцінних культурних цінностей для майбутніх поколінь.

Існує низка і інших успішних прикладів застосування ШІ у збереженні культурної спадщини. Наприклад, проект “Google Arts & Culture” використовує технології машинного зору для відновлення втрачених історичних пам’яток та створення тривимірних моделей для віртуальних турів. А європейський проект “REACH” розробляє інструменти на основі ШІ для обробки великих обсягів даних з метою покращення процесів збереження та реставрації історичних залишків [8].

Консервація та реставрація будівель історичної спадщини є вирішальним викликом у збереженні людського культурного та історичного багатства. У нинішню еру цифрової трансформації ШІ став інноваційним інструментом, який відіграє ключову роль у підтримці зусиль зі збереження та відновлення історичних будівель. Технології ШІ, які використовуються в цьому контексті, це структурний моніторинг на основі датчиків, розпізнавання образів для ідентифікації пошкоджень і використання алгоритмів 3D-моделювання для віртуальної реставрації. Крім того, ШІ позитивно впливає на оцифрування історичних даних і створення реалістичних симуляцій, які сприяють кращому прийняттю рішень щодо збереження [4].

Програми на основі ШІ здатні відновлювати пошкоджені твори мистецтва, старовинні фотографії та тексти. Завдяки алгоритмам машинного навчання уже здійснюються успішні спроби реконструкції втрачених частин картин або відновлюють зруйновані скульптури. Наприклад, технології на основі ШІ здатні визначати візерунки, кольори та текстури, щоб направляти реставраторів у відтворенні відсутніх або зіпсованих елементів. Так, при реставрації замку Шамбор у Франції застосовувався комп’ютерний зір для детального аналізу стану будівельних матеріалів та створення точних 3D-моделей. А при реставрації мозаїчної підлоги Киз-Кула в Хорезмі (Узбекистан) застосовувалися методи спектрального аналізу та нейромережні алгоритми для визначення початкової колірної гами та складу каменів [3].

Вагомим прикладом є зусилля зі збереження Великої китайської стіни. Будівництво було розпочате в 220 р. до нашої ери, а стіна тягнеться приблизно на 20 000 км (ЮНЕСКО 2018), причому деякі ділянки стіни недоступні, що робить обстеження людською працею надзвичайно складним [4]. Щоб вирішити цю проблему, компанія Intel співпрацювала з Китайським фондом збереження культурної спадщини, використовуючи передову технологію дронів. Тисячі фотографій були зібрані та проаналізовані за допомогою ШІ для визначення точних територій, які потребують реставрації [4]. Елісон Гріффін, віце-президент Intel, наголошував, що цей підхід забезпечив швидше, ефективніше та рентабельне відновлення, надаючи точну інформацію [4].

Ще одним напрямком використання ІІІ є інтерактивні екскурсії. Технології віртуальної та доповненої реальності дозволяють створювати інтерактивні екскурсії історичними місцями та музеями. Це особливо актуально для людей, які не можуть відвідати ці місця фізично. Наприклад, музей Лувр використовує 3D-моделювання для створення віртуальних турів по своїм експонатам, дозволяючи громадськості знайомитися з ними віддалено [4].

На завершення, ще одним напрямком використання штучного інтелекту є запобігання нелегального обігу культурних цінностей. Наприклад, комп'ютерні алгоритми можуть аналізувати зображення та бази даних, щоб ідентифікувати викрадені або незаконно вивезені об'єкти. Це сприяє поверненню культурних цінностей їхнім законним власникам [9].

Все ж, кажучи про всі переваги штучного інтелекту, не можна забути про існуючі виклики, які виникають дедалі частіше. Методологічна розробка засобів штучного інтелекту для реконструкції та збереження культурної спадщини є недостатньо чіткою, тому окремі занепокоєння науковців небезпідставні щодо якості проєктів оцифрування, серед чого збереження контексту та метаданих. Оригінальний контекст документів може бути втрачений під час широкомасштабних зусиль з оцифрування, що потенційно може призвести до упередженого погляду на історію [9]. А різноманітність медіаформатів створює технічні проблеми для оцифрування історичних матеріалів. Штучний інтелект повинен бути здатним обробляти різні типи даних, зберігаючи високу точність і роздільну здатність у процесах аналізу та відновлення, що, без сумніву, є майбутньою перспективою для науки [5].

Вкрай важливо переконатися, що розроблені додатки на основі ІІІ відповідають політиці країни щодо культурної спадщини та навмисно чи ненавмисно не змінюють і не спотворюють історичні наративи [10]. Вони розроблені з урахуванням наукових вимог та з залученням фахових істориків, які можуть визначити невідповідності до моменту використання додатка у практичній цифровізації чи реконструкції.

Висновки. Отже, використання штучного інтелекту для збереження історичних пам'яток може мати позитивні та подекуди негативні наслідки. ІІІ стає дедалі популярнішим інструментом серед науковців, тому що сприяє пошуку артефактів, збереженню та відновленню історичних цінностей, керуванню метаданими, робить культурну спадщину доступною для широкої аудиторії. Завдяки інноваційним технологіям є змога забезпечити збереження світового культурного надбання для майбутніх поколінь.

І все ж, хоч ІІІ пропонує значні переваги для науки, залишається багато не вирішених питань, які є перспективою на майбутнє. Зокрема, це аспекти, пов'язані з контролем якості, технічними обмеженнями та культурними наслідками. Вирішення цих проблем вимагає ретельного розгляду, щоб забезпечити реалізацію потенціалу штучного інтелекту без шкоди для цілісності історичних та культурних цінностей як в Україні, так і за кордоном.

Список використаних джерел та літератури

1. Ковтанюк Ю., Кузнєцов О. Використання ШІ в архівах, бібліотеках і музеях. *Наукова конференція НБУВ*. URL: https://conference.nbu.gov.ua/report/view/id/2266?utm_source=chatgpt.com
2. Ghaith K. AI Integration in Cultural Heritage Conservation – Ethical Considerations and the Human Imperative. *Submission to International Journal of Emerging and Disruptive Innovation in Education: VISIONARIUM*. 2024. Vol. 2, Iss. 1, Art. 6, P. 1–10. DOI:10.62608/2831-3550.1022
3. Ibaraki S. Artificial Intelligence for Good: Preserving Our Cultural Heritage. *Forbes*. 2019. 28 March. URL: <https://www.forbes.com/sites/cognitiveworld/2019/03/28/artificial-intelligence-for-good-preserving-our-cultural-heritage/>
4. Abidah A. Transformasi Digital Peran AI dalam Konservasi dan Restorasi Bangunan Heritage. *Prosiding Seminar Nasional UNM ke-62*. 2023. Vol. 1. URL: journal.unm.ac.id/index.php/Semnasdies62/article/view/809
5. Barlindhaug G. Artificial Intelligence and the Preservation of Historic Documents. *DOCAM*. 2022. Vol. 9, Iss. 2. URL: <https://ideaexchange.uakron.edu/docam/vol9/iss2/9/>
6. Barucci A., Cucci C., Franci M. A Deep Learning Approach to Ancient Egyptian Hieroglyphs Classification. *IEEE Xplore*. 2021. Vol. 9. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9528382>
7. Pierdica R., Paolanti M., Matrone F., et al. Point Cloud Semantic Segmentation Using a Deep Learning Framework for Cultural Heritage. *Remote Sensing*. 2020. Vol. 12, No. 6, 1005. URL: <https://www.mdpi.com/2072-4292/12/6/1005>
8. Ge C. There view of AI and cultural heritage protection-Taking the whole process of cultural heritage protection as an example. *Proceedings of the 6th International Conference on Computing and Data Science*. Tianjin: School of Architecture, Tianjin University, 2024. DOI: 10.54254/2755-2721/71/20241666.
9. Diaz M. AI revolutionizes restoration of historical texts. *Syntetica AI Blog*. 2024. 22 November. URL: https://syntetica.ai/blog/blog_article/ai-revolutionizes-restoration-of-historical-texts
10. Bailey Ch.W. Artificial Intelligence’s Role in Digitally Preserving Historic Archives. *Preservation, Digital Technology & Culture*. 2023. DOI: 10.1515/pdte-2023-0050.

References

1. Kovtaniuk, Yu., Kuznietsov, O. Vykorystannia ShI v arkhivakh, bibliotekakh i muzeiakh [The Use of AI in Archives, Libraries, and Museums]. *Naukova konferentsiia NBUV*. [Online]. Available from: https://conference.nbu.gov.ua/report/view/id/2266?utm_source=chatgpt.com [In Ukrainian].
2. Ghaith, K. (2024). AI Integration in Cultural Heritage Conservation – Ethical Considerations and the Human Imperative. *Submission to International Journal of Emerging and Disruptive Innovation in Education: VISIONARIUM*, Vol. 2, Iss. 1, Art. 6, pp. 1–10. DOI:10.62608/2831-3550.1022 [In English].
3. Ibaraki, S. (2019, 28 March). Artificial Intelligence for Good: Preserving Our Cultural Heritage. *Forbes*. [Online]. Available from: <https://www.forbes.com/sites/cognitiveworld/2019/03/28/artificial-intelligence-for-good-preserving-our-cultural-heritage/> [In English].
4. Abidah, A. (2023). Transformasi Digital Peran AI dalam Konservasi dan Restorasi Bangunan Heritage. *Prosiding Seminar Nasional UNM ke-62*, Vol. 1. [Online]. Available from: journal.unm.ac.id/index.php/Semnasdies62/article/view/809 [In Indonesian].
5. Barlindhaug, G. (2022). Artificial Intelligence and the Preservation of Historic Documents. *DOCAM*, Vol. 9, Iss. 2. [Online]. Available from: <https://ideaexchange.uakron.edu/docam/vol9/iss2/9/> [In English].

6. Barucci, A., Cucci, C., Franci, M. (2021). A Deep Learning Approach to Ancient Egyptian Hieroglyphs Classification. *IEEE Xplore*, Vol. 9. [Online]. Available from: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9528382> [In English].
7. Pierdica, R., Paolanti, M., Matrone, F., et al. (2020). Point Cloud Semantic Segmentation Using a Deep Learning Framework for Cultural Heritage. *Remote Sensing*, Vol. 12, No. 6, 1005. [Online]. Available from: <https://www.mdpi.com/2072-4292/12/6/1005> [In English].
8. Ge, C. (2024). There view of AI and cultural heritage protection-Taking the whole process of cultural heritage protection as an example. *Proceedings of the 6th International Conference on Computing and Data Science*. Tianjin: School of Architecture, Tianjin University. DOI: 10.54254/2755-2721/71/20241666. [In English].
9. Diaz, M. (2024, 22 November). AI revolutionizes restoration of historical texts. *Syntetica AI Blog*. [Online]. Available from: https://syntetica.ai/blog/blog_article/ai-revolutionizes-restoration-of-historical-texts [In English].
10. Bailey, Ch.W. (2023). Artificial Intelligence's Role in Digitally Preserving Historic Archives. *Preservation, Digital Technology & Culture*. DOI: 10.1515/pdte-2023-0050. [In English].

Shevchuk T., Tarasiuk M. The Role of Artificial Intelligence in the Preservation of Historical Monuments.

The preservation of cultural heritage is one of the primary tasks of modern science. Artificial intelligence (AI) and AI-based tools represent a promising solution for safeguarding historical monuments, especially in the context of threats such as floods, large-scale fires, military conflicts, and wars. AI opens new opportunities for the identification, conservation, restoration, and public dissemination of cultural assets. In article analyzes the applications of AI-driven methods and tools in historical, archaeological, and museum sciences to preserve historical sources and monuments. The study identifies the opportunities AI provides, the potential risks associated with its use, and future prospects.

The study reveals that artificial intelligence plays a significant role in the digital transformation of cultural and historical heritage preservation. It is actively used for artifact detection in potential excavation sites, for early-stage identification of monument damage undetectable to the human eye, for the creation of digital guides and virtual museums, for processing extensive metadata, and even for tracking stolen cultural artifacts. Despite the growing use of AI in the scientific community, ethical challenges, methodological inaccuracies, and the necessity of expert validation and adjustment of AI-generated results remain relevant. AI opens new horizons for the global academic community, yet its full potential are still being discovered and requires critical reflection at both theoretical and practical levels.

Keywords: artificial intelligence, technical tools, historical collections, libraries, archives, cultural heritage, historical values, historical documents, science.