

трубопроводів за допомогою лазерної системи виявлення швів навіть у польових умовах [4]. Питання утилізації трубопроводів розглядаються у [5]. Тут окреслено методи очищення, демонтажу, визначення термінів виведення з експлуатації та способи управління впливом на довкілля.

Таким чином, застосування роботизованих систем у цій сфері охоплює такі завдання: інспекція діючих трубопроводів; виявлення та усунення пошкоджень; демонтаж і утилізація застарілих або аварійних ділянок.

Роботи й дрони здатні виконувати рутинні та складні завдання, інспектувати важкодоступні ділянки, виявляти витіки та передавати дані для аналізу в режимі реального часу. На основі існуючих методик створено автоматичну експертну систему для прогнозування потенційних пошкоджень трубопроводів. Така система доповнює роботу фахівців, забезпечуючи більш точний, швидкий і безпечний моніторинг. Це дозволяє значно підвищити ефективність моніторингу, знизити ризики для персоналу та зменшити витрати на обслуговування.

#### Список посилань

1. Uyen Dao, Zaman Sajid, Yahui Zhang (2023). Risk Assessment of Oil and Gas Pipelines Failure in Vietnam. DOI: 10.7763/IJET.2023.V15.1215
2. Hakki Aydin, Cenk Temizel (2022). Latest Applications of UAVs, Drones and Robotics in the Oil and Gas Industry. DOI: 10.4043/31735-MS. Offshore Technology Conference, April 2022.
3. Ravi Kant Jain, Abhijit Das, Arpita Mukherjee and other. (2021). Design and Modeling of Pipeline Inspection Robot (PIR) for Underground Pipelines. DOI: 10.1007/978-981-16-0550-5\_19. In book: Machines, Mechanism and Robotics, Proceedings of iNaCoMM 2019
4. Lun Zhou, Yanbao Guo, Tie Yin and other. (2023). Application of Rail-Type Welding Robot in Automatic Welding of Pipeline DOI: 10.1088/1742-6596/2437/1/012118. Journal of Physics Conference Series 2437(1):012118, January 2023.
5. Jiaqiang Jing, Wenlu Wang, Dongrong Wu, Show and other. (2021). Advances in Abandonment and Disposal Technology of Aging Oil and Gas Pipelines. DOI: 10.2118/208493-MS. SPE Symposium: Decommissioning and Abandonment, November 2021

УДК 004.5, 004.9

**Крамар Т.О., асистент**

kramartar18@gmail.com

**Мельник А.В.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя,

andrii.melnyk.it@gmail.com

#### **ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ НА ОСНОВІ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ЗБЕРЕЖЕННЯ ОБ'ЄКТІВ КУЛЬТУРНОЇ СПАДЩИНИ**

Для збереження майбутнім поколінням культурна спадщина традиційно зберігалася та реставрувалася шляхом безпосередньої роботи з експонатами. Однак останні технологічні досягнення відкривають нові можливості для віртуалізації процесів збереження культурних цінностей. Цифрові технології та комп'ютерні методи зменшують часові витрати на реставраційні процедури та підвищують їхню ефективність. Технології на основі штучного інтелекту, пропонують потужні алгоритми та процедури, які змінюють підходи в різних сферах, зокрема в збереженні культурної спадщини [1].

Впродовж останнього періоду часу впровадження технологій на базі штучного інтелекту для збереження культурної спадщини відкриває нові перспективні способи для збереження та захисту історичних артефактів. У міру розвитку цифрових технологій зростає роль штучного інтелекту у забезпеченні довговічності та доступності культурної спадщини.

Використовуючи штучний інтелект, можливо краще зрозуміти та зберегти складні деталі творів мистецтва та артефактів. Технології штучного інтелекту, зокрема комп'ютерний зір, стали потужними інструментами, що дають можливості підвищити точність і ефективність збереження артефактів. За допомогою методів виявлення об'єктів, ШІ підвищує точність ідентифікації та документування особливостей культурних артефактів [2].

На даний момент часу у сфері збереження мистецтва та культури активно використовуються технології комп'ютерного зору. Вони якісно змінюють способи документування, реставрації та доступу до історичних артефактів і творів мистецтва. Комп'ютерний зір надає можливості для покращення каталогізації та реставрації об'єктів культурної спадщини збільшуючи точність ідентифікації пошкоджених частин артефактів. Моделі комп'ютерного зору можна використовувати для аналізу творів мистецтва для виявлення та відновлення збляклих кольорів, заповнення відсутніх фрагментів та виправлення пошкоджень. Технології на основі штучного інтелекту допомагають експертам ідентифікувати та моделювати оригінальні кольори та текстури, приймати обґрунтовані рішення під час реставрації. Моделі машинного навчання можна застосувати для оцінки стану творів мистецтва, прогнозування потенційного погіршення їх стану та рекомендацій щодо запобіжних заходів. Такі моделі навчаються на різних наборах даних, що містять зображення інших творів мистецтва, як у хорошому стані, так і тих, які з часом були пошкоджені. Навчаючись на цих прикладах, модель здатна розпізнавати закономірності, які вказують на ранні стадії процесів погіршення. Після навчання модель може передбачити, як може розвиватися стан твору мистецтва. Наприклад, вона може виявити зони з високим ризиком розтріскування або кольори, які можуть тьмяніти за поточних умов навколишнього середовища.

Технології на основі штучного інтелекту можуть допомогти у створенні цифрових копій і віртуальних реконструкцій історичних місць, забезпечуючи захоплюючий користувачський досвід, мінімізуючи фізичну взаємодію з делікатними артефактами.

Ще одним напрямом використання технологій на основі ШІ для збереження культурної спадщини є цифрова реставрація та 3D-реконструкція пошкоджених артефактів. Методи на основі штучного інтелекту, зокрема моделі глибокого навчання, можуть допомагати у відновленні відсутніх або пошкоджені частини історичних об'єктів за допомогою семантичного опису, процесів, який передбачає та заповнює відсутні деталі на основі контекстної інформації. Цей підхід до цифрової реставрації допомагає музейним фахівцям, історикам і реставраторам візуалізувати й аналізувати артефакти, не змінюючи їх фізично, зберігаючи їхню цілісність, пропонуючи нове уявлення про їхній первісний вигляд. Для збереження культурної спадщини впроваджуються процедури створення 3D-цифрових двійників на копій за допомогою полів нейронного випромінювання. Ці цифрові двійники дають змогу детально досліджувати артефакти з різних точок зору, сприяючи збереженню та покращуючи експонування віртуальних музеїв. Автори [3] досліджують поєднання полів нейронного випромінювання з моделями промальовування зображень, як Stable Diffusion (SD), з метою збереження історичної точності і підвищення візуального реалізму в процесі реконструювання артефактів. Метод був перевірений на керамічних артефактах, де відсутні ділянки були реконструйовані, а кінцевий результат був перетворений у 3D-модель.

В дослідженні [3] подано порівняння моделей промальовування зображень на основі ШІ, зокрема Stable Diffusion і LaMa, оцінюючи їхню здатність відновлювати зображення артефактів. Модель LaMa продемонструвала хороші результати в числових оцінках, а Stable Diffusion виявилася ефективнішою у створенні візуально узгоджених і контекстно точних реставрацій. Вибравши найкращі намальовані зображення, створені штучним інтелектом, дослідники створили набір даних відновлених зображень артефактів, які потім використовувались для створення 3D-моделей за допомогою полів нейронного

випромінювання. Цей підхід дає можливість музеям представляти віртуальні реконструкції артефактів, пропонуючи відвідувачам інтерактивний досвід занурення.

Водночас ці досягнення у відновленні історичних та культурних артефактів, за допомогою технологій штучного інтелекту викликають ряд проблем. Забезпечення історичної автентичності сформованих реконструкцій ґрунтується на основі експертного оцінювання. Автоматизація процесів виявлення відсутніх частин залишається складним завданням. Майбутні вдосконалення допоможуть передбачати інтеграцію експертних знань у моделі на основі штучного інтелекту для керування реставрації з історично точними візерунками та кольорами. Розширення наборів даних для ефективнішого навчання моделей на основі штучного інтелекту допоможе покращити їх здатність формувати точніші реставрації, цифрові копії та двійники.

Поєднання процесів промальовування зображень на основі технологій штучного інтелекту та 3D-реконструкції є значним кроком для збереження культурної спадщини [4]. Завдяки цифровій реставрації артефактів і створенню інтерактивних 3D-моделей технології на основі штучного інтелекту допомагають зберегти культурні та історичні цінності, подолати розрив між збереженням історії та сучасними технологіями.

Технології на основі штучного інтелекту змінюють підходи до збереження об'єктів культурної спадщини, удосконалюючи процеси документування та реставрації артефактів завдяки технологіям комп'ютерного зору та полів нейронного випромінювання. Ці інновації розширюють доступність до цінних історичних артефактів. Проте важливо враховувати виклики, зокрема точність, культурну чутливість і збереження оригінальних творів. Відповідальне використання технологій та співпраця між фахівцями у сфері інформаційних технологій і культури є ключовими для збереження автентичності історичної спадщини.

#### Список посилань

1. Gaber, J. A., Youssef, S. M., and 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., X-1/W1-2023, 185–190, <https://doi.org/10.5194/isprs-annals-X-1-W1-2023-185-2023>, 2023.
2. Ibrahim M. AI for Art & Heritage Conservation [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.ultralytics.com/blog/ai-in-art-and-cultural-heritage-conservation>.
3. Stoean, R., Bacanin, N., Stoean, C., & Ionescu, L. Bridging the past and present: AI-driven 3D restoration of degraded artefacts for museum digital display. Journal of Cultural Heritage, 2024, 69, 18-26. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2024.07.008>
4. Mazzacca, G., Karami, A., Rigon, S., Farella, E. M., Trybala, P., and Remondino, F.: NERF FOR HERITAGE 3D RECONSTRUCTION, Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XLVIII-M-2-2023, 1051–1058, <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-M-2-2023-1051-2023>, 2023.

УДК 512.541.5:004.056.55

Покидько Д.Ю., аспірант  
ПВНЗ «Європейський університет», [denys.pokydko@e-u.edu.ua](mailto:denys.pokydko@e-u.edu.ua)

#### АЛГОРИТМИ ВИЯВЛЕННЯ ТА ЗАПОБІГАННЯ МАНІПУЛЯЦІЯМ У ГЕЙМІФІКОВАНИХ ОСВІТНІХ СЕРЕДОВИЩАХ

Гейміфікація, визначена як використання ігрових елементів у неігрових контекстах [1], підвищує мотивацію студентів у цифрових освітніх платформах. Проте вона вразлива до маніпуляцій, зокрема «фармінгу» — отримання балів чи нагород без засвоєння знань [2]. Фармінг, як форма поведінкових патернів (наприклад, швидке проходження занять через копіювання чи боти), підриває цілі навчання, створюючи потребу в захисних алгоритмах.