

УДК [004.946:004.738.5]:930.85

DOI 10.32461/2409-9805.4.2025.351584

Цитування:

Думанський Н. О., Вовк Н. С. Використання VR- та AR-технологій у збереженні культурної спадщини України. *Бібліотекознавство. Документознавство. Інформологія*. 2025. № 4. С. 65–73.

Dumanskyi N., Vovk N. (2025). Implementation of VR and AR Technologies in the Preservation of Ukraine's Cultural Heritage. *Library Science. Record Studies. Informology*, 4, 65–73 [in Ukrainian].

Думанський Нестор Остапович,
старший викладач кафедри соціальних
комунікацій та інформаційної діяльності
Національного університету
«Львівська політехніка»
<https://orcid.org/0000-0001-6908-2751>
nestor.o.dumanskyi@lpnu.ua

Вовк Наталія Степанівна,
кандидат історичних наук, доцент,
доцент кафедри соціальних комунікацій
та інформаційної діяльності
Національного університету
«Львівська політехніка»
<https://orcid.org/0000-0002-2470-7188>
natalia.s.vovk@lpnu.ua

ВИКОРИСТАННЯ VR- ТА AR-ТЕХНОЛОГІЙ У ЗБЕРЕЖЕННІ КУЛЬТУРНОЇ СПАДЩИНИ УКРАЇНИ

Метою роботи є аналіз можливостей використання цифрових технологій, зокрема віртуальної (VR) та доповненої реальності (AR), для збереження, відтворення та популяризації культурної спадщини України в умовах воєнних загроз. **Методологія дослідження** базується на комплексному аналізі сучасних підходів до цифровізації культурної спадщини, включаючи методи 3D-сканування, фотографії, VR/AR-моделювання та інформаційного моделювання будівель (BIM). Використано порівняльний аналіз практик та систематизацію результатів застосування цифрових технологій для матеріальної і нематеріальної спадщини. **Наукова новизна** статті полягає у виокремленні інтегрованого підходу до цифрового збереження культурних об'єктів, який поєднує VR/AR-технології, мобільне документування, краудсорсинг та стандартизацію метаданих для забезпечення доступності й автентичності культурних ресурсів. Запропоновано концепцію «культурного резервного фонду», що дозволяє зберегти культурні цінності навіть за втрати фізичних оригіналів. **Висновки.** Цифровізація культурної спадщини в Україні є багатошаровим процесом, який забезпечує комплексний захист і збереження матеріальних та нематеріальних об'єктів. VR і AR-технології дозволяють відтворювати архітектурні споруди, традиції, мистецькі практики та соціокультурні явища, створюючи доступ до культурного надбання навіть у випадку руйнування фізичних об'єктів. Цифрові платформи сприяють навчальним і науковим цілям, розвитку віртуального туризму та підвищенню суспільної обізнаності через інтерактивні й краудсорсингові рішення. Забезпечення кібербезпеки, регулярне оновлення форматів, захист авторських прав та державна підтримка є ключовими умовами ефективності цифрової трансформації. Координація між державними органами, науковими установами, музейними інституціями та технологічними розробниками створює стійку екосистему цифрової спадщини, здатну адаптуватися до кризових умов, інтегрувати міжнародні стандарти та зберігати автентичність культурного змісту для майбутніх поколінь.

Ключові слова: цифровізація культурної спадщини, віртуальна реальність (VR), доповнена реальність (AR), збереження нематеріальної спадщини, культурна ідентичність, технології збереження культурної спадщини в кризових умовах.

Dumanskyi Nestor,

Senior Lecturer

Department of Social Communications and information activities

Lviv Polytechnic National University

Vovk Nataliia,

PhD in History, Associate Professor

Department of Social Communications and information activities

Lviv Polytechnic National University

IMPLEMENTATION OF VR AND AR TECHNOLOGIES IN THE PRESERVATION OF UKRAINE'S CULTURAL HERITAGE

The purpose of the work is to analyze the potential of digital technologies, particularly virtual reality (VR) and augmented reality (AR), for preserving, reconstructing, and promoting Ukraine's cultural heritage under conditions of military threats. The study is based on a comprehensive analysis of contemporary approaches to digitalization of cultural heritage, including 3D scanning, photogrammetry, VR/AR modeling, and Building Information Modeling (BIM). A comparative analysis of practical applications and systematization of results for both tangible and intangible heritage were conducted. The scientific novelty of the research lies in the identification of an integrated approach to digital preservation, combining VR/AR technologies, mobile documentation, crowdsourcing, and metadata standardization to ensure accessibility and authenticity of cultural resources. The study proposes the concept of a "cultural reserve fund," which allows cultural values to be preserved even when physical originals are lost. The conclusions demonstrate that digitalization of cultural heritage in Ukraine is a multilayered process that provides comprehensive protection and preservation of tangible and intangible objects. VR and AR technologies enable the reconstruction of architectural structures, traditions, artistic practices, and socio-cultural phenomena, offering access to cultural assets even when physical objects are damaged or destroyed. Digital platforms support educational and research purposes, promote virtual tourism, and enhance public awareness through interactive and crowdsourced solutions. Ensuring cybersecurity, regular format updates, copyright protection, and state support are essential for effective digital transformation. Coordination between governmental bodies, research institutions, museums, and technology developers fosters a resilient digital heritage ecosystem capable of adapting to crisis conditions, integrating international standards, and preserving the authenticity of cultural content for future generations.

Keywords: digitalization of cultural heritage, virtual reality (VR), augmented reality (AR), preservation of intangible heritage, cultural identity, technologies for cultural heritage preservation in crisis conditions.

Актуальність теми дослідження. У сучасних умовах цифровізація культурної спадщини України набуває особливого значення не лише як прояв технологічного розвитку, а і як стратегічний інструмент збереження національної пам'яті та ідентичності в умовах війни. Застосування віртуальної (VR) та доповненої реальності (AR) відкриває нові можливості для репрезентації, дослідження і популяризації об'єктів культурної спадщини. VR забезпечує створення цифрових моделей пам'яток, доступних не залежно від місця перебування користувача, тоді як AR інтегрує додаткові візуальні та інформаційні елементи в реальний простір, збагачуючи процес сприйняття. Для архітектурної спадщини це означає можливість тривимірної реконструкції пошкоджених / втрачених елементів.

Важливу роль у цифровій трансформації відіграє також інформаційне моделювання будівель (BIM), яке дозволяє аналізувати стан історичних об'єктів з інженерного та архітектурного погляду

ще до початку реставраційних робіт. Такий підхід сприяє виявленню конструктивних проблем у віртуальному середовищі та оптимізації ресурсів під час фізичного відновлення пам'яток. Окремий аспект актуальності теми пов'язаний з необхідністю фіксації та цифрового відтворення об'єктів, зруйнованих унаслідок бойових дій, що дає змогу зберегти їх культурну цінність для суспільства. Міжнародний досвід засвідчує ефективність державної підтримки VR-ініціатив у сфері культурної спадщини, які об'єднують зусилля науковців, музейних інституцій і технологічних розробників, забезпечуючи широку доступність цифрових ресурсів.

Мета дослідження – аналіз можливостей використання цифрових технологій, зокрема віртуальної (VR) і доповненої реальності (AR), для збереження, відтворення та популяризації культурної спадщини України в умовах воєнних загроз.

Аналіз досліджень і публікацій. Проблема-тику цифровізації культурної спадщини та

використання інноваційних технологій для її збереження активно досліджують у сучасному науковому дискурсі. У працях вітчизняних і зарубіжних учених розглядають як технічні можливості застосування VR, AR, дронів і 3D-сканування, так і соціокультурні, правові та безпекові аспекти цифрової трансформації спадщини. Особливу увагу приділяють ролі цифрових технологій у збереженні культурних цінностей в умовах воєнних загроз і кризових ситуацій.

У своїх працях М. Öztürk [12], Т. Prasad, А. Sehgal, S. Ghiya [13], R. Stewart, C. Stewart [18] висвітлюють трансформаційний вплив цифрових технологій на збереження, презентацію та відновлення культурної спадщини в усьому світі. Зокрема, науковці Muhammad Shoaib Siddiqui, Т. А. Syed А. Nadeem, W. Nawaz, А. Alkhodre [9], М. Öztürk [12], G. Qi [14], R. Stewart, C. Stewart [18] детально розглядають використання імерсивних технологій, таких як віртуальна (VR) та доповнена (AR) реальність, для створення інтерактивного досвіду відвідувачів, віртуальної реконструкції археологічних об'єктів та розвитку віртуального туризму. Окрім цього, S. Ioniță, D. Turcanu-Carutiu [7], підкреслюють роль сучасного обладнання, зокрема дронів (UAV), для аерофотограмметрії та лазерного сканування (LiDAR), що дозволяє здійснювати точний моніторинг нерухомих пам'яток як ззовні, так і всередині приміщень. Важливе значення має також, на думку Н. Вовк [1], D. Ortega-Sánchez, А. В. López-Sanvicente [11], М. О. Shevchenko [16] R. Stewart, C. Stewart [18], створення цифрових бібліотек і міжнародних платформ, таких як Europeana, що забезпечують глобальний доступ до культурних надбань через використання стандартизованих метаданих та інноваційних стратегій маркетингу.

Водночас автори С. D. Nguyen [10], Т. Prasad, А. Sehgal, S. Ghiya [13], І. Siliutina, О. Tytar, М. Barbash, N. Petrenko, L. Yepuk [17], Y. Zheng [20] акцентують на системних викликах, пов'язаних із дигіталізацією: загрозах кібербезпеці, конфліктах щодо авторських прав між публічними та приватними інтересами, а також проблемі цифрового старіння форматів даних. Особливо критичним процес оцифрування стає в умовах збройних конфліктів; на прикладі російсько-української війни автори М. Колеко [2], Є. Рачков [3], О. Тур, В. Шабуніна, В. Саранча [4], Y. Trach, М. Tolmach, О. Chaikovska, Т. Gumeniuk [19] демонструють, що цифровізація є питанням національної безпеки, дієвим інструментом протидії «урбіциду» та засобом збереження національної ідентичності перед загрозою фізичного знищення пам'яток. Автори М. Колеко [2], Є. Рачков [3] М. О. Shevchenko [16], І. Siliutina, О. Tytar,

М. Barbash, N. Petrenko, L. Yepuk [17] наголошують, що для України цифрові ініціативи та створення віртуальних копій артефактів є ключовими для майбутньої реставрації, що вимагає вдосконалення нормативно-правової бази та розробки національної стратегії, узгодженої зі стандартами Європейського Союзу.

Виклад основного матеріалу. Поняття культурної спадщини охоплює широкий спектр матеріальних та нематеріальних надбань, які мають історичну, художню, наукову чи соціальну цінність для нації та світової спільноти. У контексті української практики під культурною спадщиною розуміють сукупність об'єктів, явищ і знань, що передаються від покоління до покоління та формують колективну пам'ять і культурну ідентичність. Ця категорія включає і традиційні «культурні реліквії», і сучасно осмислену «культурну спадщину».

Традиційна класифікація культурної спадщини базується передусім на розмежуванні між матеріальними (архітектурні пам'ятки, археологічні об'єкти, твори образотворчого мистецтва, документи й книги тощо) та нематеріальними компонентами (усні традиції та вирази, виконавські мистецтва, соціальні звичаї, ритуали та святкування, знання і практики стосовно природи й космосу, а також традиційні ремесла).

Сучасна наукова думка підкреслює інтеграцію понять матеріальної та нематеріальної спадщини в єдину систему. Це допомагає створювати більш комплексний підхід до їх захисту та використання. Цифровізація відіграє ключову роль у цьому процесі – вона дозволяє перетворити навіть невлесимі форми нематеріальної культури на цифрово фіксовані об'єкти без втрати їхньої «живої» природи [20]. Цей процес трансформації з мобільного та змінного стану до відносно стабільної цифрової репрезентації не зупиняє розвиток нематеріальних практик, а створює умови для їх збереження без втрати автентичності.

В умовах війни питання чіткої класифікації стає особливо важливим. Адже фіксація втрат потребує деталізованих категорій, архітектура постраждалих міст має належати до групи нерухомих пам'яток, побутові артефакти локальних громад можуть класифікуватися як рухомі, а обряди чи пісенні традиції, як нематеріальні пам'ятки [3]. Без належної класифікації оцифрованих об'єктів існує ризик втрати системності в архівах та репозиторіях.

Цифрова трансформація у сфері культури охоплює складний і багатошаровий процес інтеграції сучасних технологій, що змінюють способи збереження, презентації та взаємодії з культурною спадщиною. Інноваційні технології VR та AR відкривають нове поле для переосмислення

класифікації спадщини у цифровому середовищі. Віртуальні реконструкції будівель або подій дозволяють одночасно віднести один і той же цифровий проєкт до кількох категорій (наприклад, тривимірна модель стародавнього театру є водночас копією матеріальної пам'ятки і записом нематеріальної культурної практики, театрального мистецтва того часу) [6]. Ці технології забезпечують можливість створення цифрових копій фізичних об'єктів, які стають доступними для дослідження навіть у випадку їх повної або часткової руйнації через збройні конфлікти чи стихійні лиха.

VR-моделювання дає змогу користувачам «відвідувати» реконструйовані історичні місця без фізичної присутності. Це не лише відкриває доступ людям, які географічно віддалені, але й допомагає мінімізувати ризик додаткового пошкодження реальних об'єктів у процесі їх демонстрації [18].

AR-технології накладають додаткову інформацію на реальні простори, створюючи змішане середовище для глядача. У випадку, коли архітектурні фасади втратили свою автентичність через реставраційні зміни або руйнування, AR може відновити первинний вигляд об'єкта візуально, прямо під час його огляду [14].

Цифровізація має вагоме значення в умовах війни: фіксація втрат культурної спадщини стає надзвичайно актуальною. У випадках пошкодження музеїв чи археологічних пам'яток VR моделі дозволяють експертам проводити дистанційний аналіз стану об'єктів і планувати реставрацію без необхідності перебувати на місці події [20]. Застосування 3D сканування також дає змогу зберегти точну геометрію та текстуру артефактів перед початком будь-яких ремонтних робіт [6]. Водночас процес цифрової трансформації культури в Україні можна розглядати як спосіб створення «культурного резервного фонду». Це своєрідний страховий архів надбань, навіть якщо оригінал буде втрачено назавжди, копія залишиться доступною онлайн для майбутніх поколінь [14].

Наукова спільнота підкреслює важливість того, щоб ці цифрові копії інтегрувалися в глобальні бази даних спадщини й були сумісними з міжнародними стандартами обміну інформацією [17].

Цифрова репрезентація спадщини завдяки VR має очевидну перевагу у доступності, оскільки користувач може «побачити» об'єкт у будь-який момент часу і незалежно від свого розташування [12]. Це особливо важливо для України в умовах війни, коли переміщення територією країни часто утруднене або небезпечне. Також виникає ефект «збереженої пам'яті» – досвід перебування у віртуальному середовищі формує стійке когнітивне уявлення про вигляд та атмосферу

культурної локації. Застосування VR варто розглядати як продовження традицій музейної справи у новому форматі. Вона не замінює живого контакту з артефактом повністю, але створює місток між фізично недосяжним минулим і сучасною аудиторією. Це поєднання технології та культури потребує постійної оцінки ефективності такої взаємодії й адаптації методів відповідно до очікувань різних груп користувачів [4]. У результаті VR стає не лише засобом презентації пам'яток, але й інструментом їх фактичного збереження у колективній та індивідуальній пам'яті суспільства.

Культурна спадщина є вразливою до широкого спектра загроз, які можуть мати як природне, так і антропогенне походження. Її втрата або пошкодження не лише зменшують матеріальне надбання суспільства, але й підривають цілісність колективної пам'яті та національної ідентичності. В умовах воєнного стану ці ризики суттєво зростають. Руйнування архітектурних пам'яток та знищення музейних колекцій стають наслідками прямих атак чи вторинних чинників, таких як пожежі або інженерні аварії [17]. На додачу до фізичних загроз виникають проблеми нестачі ресурсів для мінімізації шкоди. Культурні установи сьогодні працюють в умовах обмеженого фінансування, що перешкоджає оперативному впровадженню заходів безпеки та відновлення.

Спектр загроз охоплює як матеріальні чинники (воєнні дії, стихійні лиха), так і нематеріальні (кіберзлочинність, технологічна деградація). Для комплексної протидії необхідно одночасно зміцнювати фізичний захист архітектурних об'єктів та інституцій збереження спадщини і забезпечувати довготривалу життєздатність цифрових репрезентацій у форматах VR та AR [19]. Лише поєднання технічних рішень із координацією на політичному й правовому рівнях може мінімізувати ці ризики та гарантувати безперервність культурного надбання для наступних поколінь.

Методи цифрового збереження культурної спадщини у кризових умовах потребують комплексного бачення, яке поєднує технічні рішення, організаційні стратегії та правові підходи. В умовах загроз, описаних у попередньому розділі, ключовим є створення багаторівневих систем захисту даних, які працюють як у цифровому, так і у матеріальному просторі. Одним із ефективних підходів є інтеграція цифрових і матеріальних методів збереження. Тривимірні моделі та аудіовізуальні ресурси повинні мати свої дублікати на фізичних носіях, друкованих копіях чи локально збережених медіа-дисках [10]. Така двостороння стратегія дає можливість відновити інформацію навіть після технічної або кібернетичної катастрофи.

Створення високоякісних цифрових

репрезентацій вимагає застосування сучасних технологій оцифрування, 2D- та 3D-сканування, фотogramметрії, панорамної фото- та відеозйомки. У випадку архітектурних об'єктів доцільно використовувати лазерне сканування для точної фіксації геометрії споруд та супутникові системи дистанційного зондування для документування їхнього розташування [20]. Для нематеріальної спадщини (музика, танець) варто застосовувати високороздільний аудіозапис і мультикамеральну зйомку. Завдяки VR та AR такі результати можна інтегрувати у віртуальний простір для відтворення автентичного досвіду [8]. Значне значення має формування безпечної цифрової інфраструктури. Сервери для збереження даних повинні бути обладнані системами резервного копіювання із регулярною актуалізацією, а доступ до баз, захищений шифруванням та багатофакторною автентифікацією [10]. Кожен об'єкт спадщини має отримати свій «паспорт» у вигляді метаданих, що містять технічну інформацію про файл, дату створення моделі чи запису, умови доступу і права на використання [1]. Це допомагає уникнути плутанини при інтеграції об'єктів у міжнародні платформи культурної спадщини. Важливим елементом є професійна стандартизація процесів цифровізації.

Як зазначають дослідники, із збільшенням обсягу оцифрованого контенту установи культури повинні впроваджувати єдині стандарти якості, це стосується як технічних параметрів (роздільна здатність зображень, формати файлів), так і процедур документування. Стандарти охоплюють й питання авторських прав. Правила використання матеріалів мають бути чітко сформульовані для уникнення їхнього неправомірного комерційного використання [15]. Тут виникає потреба в балансі між відкритим доступом до культурного надбання для дослідницьких та освітніх цілей і обмеженням його експлуатації у комерційному секторі без належної компенсації.

В умовах війни особливо актуальним стає мобільне документування культурної спадщини. Використання портативних 3D-сканерів та камер високої роздільності дозволяє швидко фіксувати стан пам'яток без потреби встановлення масштабної апаратури. Цей підхід є гнучким і може бути застосований силами місцевих громад або волонтерів за підтримки державних чи міжнародних організацій. Методи краудсорсингу доповнюють професійні записи. Публікація фотографій або відео зі смартфонів може слугувати додатковим джерелом при реконструкції втрачених деталей об'єкта. VR і AR відіграють подвійну роль: вони не лише дозволяють демонструвати відтворені пам'ятки публіці, але й стають інструментами дослідницького аналізу стану культурного об'єкта.

Оновлюваний VR-модуль дозволяє реставраторам порівнювати різні етапи пошкоджень у часі та планувати рівень втручання без прямого доступу до фізичного місця [17]. AR-додатки можуть накладати історичний вигляд пам'ятки поверх її поточного стану на екранах мобільних пристроїв просто на місці огляду. Це корисно як для документування втрат, так і для мотивації громади до відновлення культурного середовища [14].

Ще одним напрямом роботи є створення спеціалізованих веббаз даних із відкритою частиною для користувачів і закритими сегментами для експертів-реставраторів [20]. Така структура забезпечує широке інформування населення при одночасному збереженні контрольованого доступу до вихідних даних високої точності. Міжнародна кооперація у цьому питанні допомагає адаптувати напрацьовані формати й протоколи до українського контексту та інтегрувати дані в Європейські або глобальні репозитарії [10]. У перспективі варто розглянути комбіноване використання локального і хмарного збереження даних. Локальні сервери гарантують незалежність від зовнішніх мереж у кризових ситуаціях, тоді як хмарні сервіси забезпечують доступність результатів для глобальної спільноти навіть при фізичній недоступності архівів [9]. Обидва варіанти потребують постійного технічного оновлення й перевірки сумісності форматів.

Отже, методи цифрового збереження у кризових умовах базуються на поєднанні кількох принципів: точна фіксація культурних об'єктів за допомогою сучасних технологій оцифрування; багаторівневий захист отриманих даних; стандартизація процесів; інтерактивне використання VR та AR для моніторингу й презентації; участь громадськості через мобільний запис і краудсорсинг; інтеграція результатів у міжнародний інформаційний простір. Це створює передумови для того, щоб навіть за найскладніших умов війни чи стихійних лих культурна спадщина України залишалася частиною живого соціального й освітнього середовища та продовжувала виконувати свою роль носія національної пам'яті.

Майбутні перспективи розвитку цифровізації культурної спадщини України із використанням VR- та AR-технологій тісно пов'язані із загальними тенденціями у сфері інформаційних технологій, а також із національними цілями з охорони та популяризації культурного надбання. Перспектива полягає, зокрема, у створенні цілісних інтегрованих платформ, де різні типи об'єктів, від архітектурних пам'яток до нематеріальних практик, будуть представлені у взаємопов'язаному цифровому просторі. Такий підхід дозволить поєднувати бази даних архівів, музеїв та бібліотек у

єдину інтероперабельну систему з доступом як для дослідників, так і широкої публіки [16]. Розширення можливостей VR та AR зумовлюватиметься розвитком технічних стандартів і програмних інструментів. Платформи на зразок VRTK або авторські бібліотеки в поєднанні з системами трекінгу дають змогу створювати складніші механізми взаємодії користувача із середовищем і передбачати нові формати участі аудиторії [9]. Це означає не лише перегляд об'єктів у 3D, а й моделювання сценаріїв використання пам'яток у історичному контексті, що розширює освітній і дослідницький потенціал проєктів.

Подальший розвиток напрямку ймовірно спиратиметься на поглиблену інтеграцію крос-дисциплінарних технологій. Такі сфери як штучний інтелект, блокчейн і IoT можуть бути залучені для вирішення проблем аутентифікації цифрових копій, відстеження змін стану об'єктів та забезпечення прозорого управління правами [13]. Наприклад, алгоритми машинного навчання здатні оптимізувати процеси 3D-моделювання, автоматично відновлювати втрачені фрагменти текстур чи архітектурних деталей на основі історичних фото.

Блокчейн-технології можуть стати основою для реєстру цифрових репрезентацій спадщини із незмінними записами про походження й авторські права, що особливо актуально в умовах активного онлайн-розповсюдження контенту. В умовах війни пріоритетом залишатиметься мобільність рішень і швидкість реагування. Використання дронів для аерофотозйомки та лазерного сканування зі значної висоти значно прискорює процес документування особливо небезпечних або важкодоступних ділянок [7]. Інтеграція цих даних із VR-платформами дозволяє не тільки миттєво створювати моделі пошкоджених об'єктів, але й оперативно поширювати їх серед міжнародної експертної спільноти для отримання рекомендацій щодо консервації чи реставрації. Швидкість обробки та синхронізації таких ресурсів може бути покращена завдяки хмарним сервісам із паралельною локальною архівацією. Ще одним перспективним напрямком є розбудова віртуального туризму на основі культурної спадщини. Поєднання VR/AR з інтерактивними гідами забезпечить персоналізацію маршруту і можливість відвідування навіть тих локацій, які перебувають за межами фізичної досяжності через воєнні чи природні причини [9]. Економічний ефект від такої діяльності вже продемонстровано в окремих дослідженнях. Підвищення туристичної привабливості регіонів через віртуальні екскурсії сприяє розвитку місцевої економіки та міжнародному іміджу країни [6].

Державна підтримка цього сектору може включати податкові стимули або грантове фінансування стартапів у сфері VR/AR культурного

призначення. Особливе місце займає перспектива удосконалення освітніх функцій цифрової спадщини. Створення курсів та навчальних модулів на основі VR дозволить майбутнім менеджерам культури й реставраторам отримувати практичний досвід роботи з моделями пам'яток ще під час навчання [5]. Це не лише економить ресурси (зменшуючи потребу у фізичних виїздах), але й створює умови для симуляції сценаріїв роботи з надбанням різного ступеня пошкодження. У найближчому майбутньому можна очікувати активнішого залучення громадськості до цифрового збереження через краудсорсингові платформи. Вони дозволять користувачам завантажувати власні фото- чи відеоматеріали для поповнення баз даних оцифрованих об'єктів. Така модель уже показала свою цінність під час кризових ситуацій, оскільки аматорські записи стають джерелом важливих деталей для реконструкції автентичного вигляду пам'яток [11]. Водночас існують виклики, які необхідно враховувати при плануванні розвитку – загроза послаблення автентичності цифрових копій через надмірну художню інтерпретацію або комерціалізацію VR-контенту без належної наукової експертизи. Тому співпраця розробників із музейними кураторами та істориками має бути постійною складовою будь-якого проєкту.

Інституційна перспектива передбачає посилення координації між державними органами культури й міністерствами, відповідальними за цифровий розвиток, включаючи створення міжвідомчих груп з питань цифровізації культурного надбання [16]. Це сприятиме швидшому впровадженню новітніх технологій оцифрування на практиці та забезпечить узгодженість політик захисту матеріальної й цифрової складових спадщини. Можна сказати, що стратегічний розвиток полягає не лише у впровадженні технічних новацій, але й у створенні стійкої екосистеми цифрової спадщини, гнучкої до загроз війни чи стихійних лих, відкритої до громадської участі та здатної інтегрувати найновіші технологічні досягнення без втрати автентичності культурного змісту [2].

Наукова новизна статті полягає у виокремленні інтегрованого підходу до цифрового збереження культурних об'єктів, який поєднує VR/AR-технології, мобільне документування, краудсорсинг та стандартизацію метаданих для забезпечення доступності та автентичності культурних ресурсів. Запропоновано концепцію «культурного резервного фонду», що дозволяє зберегти культурні цінності навіть за втрати фізичних оригіналів.

Висновки. Цифровізація культурної спадщини України за допомогою технологій віртуальної та доповненої реальності відкриває нові можливості для збереження національного надбання в умовах воєнних загроз і природних катастроф.

Впровадження VR і AR дозволяє створювати точні тривимірні моделі пам'яток, які можуть слугувати як науковими ресурсами для реставрації, так і доступними платформами для широкої аудиторії, забезпечуючи безперервний доступ до культурних цінностей незалежно від фізичного стану оригіналів. Ці технології сприяють збереженню як матеріальної, так і нематеріальної спадщини, поєднуючи в цифровому просторі архітектурні об'єкти, традиції, мистецькі практики та соціокультурні явища.

Водночас важливо враховувати виклики, пов'язані з кібербезпекою, технологічним старінням платформ і правовим статусом цифрових копій. Забезпечення надійного зберігання, регулярного оновлення форматів і захисту авторських прав є необхідними умовами для довготривалої життєздатності цифрових архівів. Залучення громадськості через краудсорсингові ініціативи та інтерактивні платформи підвищує рівень суспільної свідомості і сприяє формуванню колективної відповідальності за збереження культурної спадщини.

Інтеграція цифрових ресурсів у національні та міжнародні інформаційні системи створює передумови для культурного діалогу і взаємного

визнання цінності спадщини різних народів. Подальший розвиток технологій, зокрема штучного інтелекту, блокчейну та інтернету речей, відкриває перспективи для автоматизації процесів моделювання, аутентифікації та управління правами, що підвищить ефективність і прозорість збереження культурних об'єктів.

Особливу увагу слід приділяти мобільним і оперативним методам документування, які дозволяють швидко фіксувати стан пам'яток у кризових ситуаціях, а також створенню інтерактивних освітніх і туристичних продуктів, що розширюють доступ до культурної спадщини. Координація між державними органами, науковими установами та технологічними розробниками сприятиме формуванню єдиної екосистеми цифрової спадщини, здатної адаптуватися до викликів часу і зберігати автентичність культурного змісту.

Отже, цифрові технології стають не просто інструментом презентації, а важливим елементом стратегії збереження і популяризації культурної спадщини, що забезпечує її стійкість і доступність для майбутніх поколінь, зберігаючи національну ідентичність і пам'ять у складних історичних умовах.

Список використаних джерел

1. Вовк Н. С. Особливості метаданих Європіани як сукупності інформації для опису цифрової культурної спадщини. *Вісник Харківської державної академії культури*. 2023. Вип. 64. С. 7–15. DOI: <https://doi.org/10.31516/2410-5333.064.01>.
2. Колеко М. Нормативно-правові основи оцифрування книжкових пам'яток України. *Український журнал з бібліотекознавства та інформаційних наук*. 2023. № 12. С. 39–54. DOI: <https://doi.org/10.31866/2616-7654.12.2023.293570>.
3. Рачков Є. Знищення, збереження та переосмислення міської культурної спадщини України під час російсько-української війни. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Історія*. 2022. Вип. 62. С. 12–48. DOI: <https://doi.org/10.26565/2220-7929-2022-62-01>.
4. Тур О. М., Шабуніна В. В., Саранча В. І. Дигіталізація архівних фондів, музейних та бібліотечних колекцій як чинник збереження національної культурної спадщини України. *Бібліотекознавство. Документознавство. Інформологія*. 2023. № 3. С. 49–56. DOI: <https://doi.org/10.32461/2409-9805.3.2023.290983>.
5. Boyko O., Ziakun A., Povalii T., Zhylenko E. Development of a video tour as a component of the activities of the manager of socio-cultural sphere: Memorialization and digitization // *Socio-Cultural Management Journal*. 2023. Vol. 6, № 2. P. 52–71. DOI: <https://doi.org/10.31866/2709-846X.2.2023.291286>.
6. Chen X. Virtual reality (VR) for cultural heritage preservation in China. *Asian Journal of Computing and Engineering Technology*. 2024. Vol. 5, № 1. DOI: <https://doi.org/10.47604/ajcet.2807>.
7. Ioniță S., Turcanu-Carutiu, D. Use of drones for digitization and monitoring the built cultural heritage: Indoor and outdoor. *Heritage – New Paradigm*. 2022. DOI: <https://doi.org/10.5772/intechopen.100346>.
8. Miao F., Zhang N. Digitization, preservation, and dance narrative exploration of Red Music cultural heritage in Hebei Province: A multidisciplinary approach. *International Journal of Social Sciences and Public Administration*. 2024. Vol. 2, № 2. P. 211–221. DOI: <https://doi.org/10.62051/ijsspa.v2n2.31>.
9. Muhammad Shoaib Siddiqui, Syed T. A., Nadeem A., Nawaz W., Alkhodre A. Virtual tourism and digital heritage: An analysis of VR/AR technologies and applications. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*. 2022. Vol. 13, № 7. P. 303–315. DOI: <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2022.0130739>.
10. Nguyen C. D. Digital cultural heritage in the crossfire of conflict: Cyber threats and cybersecurity perspectives. *Insights: The UKSG Journal*. 2024. Vol. 37. DOI: <https://doi.org/10.1629/uksg.647>.
11. Ortega-Sánchez D., López-Sanvicente A. B. Design, content validity, and inter-observer reliability of the “Digitization of Cultural Heritage, Identities, and Education” (DICHIE) instrument. *Humanities and Social Sciences Communications*. 2023. Vol. 10. Art. 53. DOI: <https://doi.org/10.1057/s41599-023-01550-z>.

12. Öztürk M. The use of immersive technologies as a representation tool in the protection of archaeological heritage. *Mimarlık ve Yaşam*. 2023. Vol. 8, № 4. P. 817–836. DOI: <https://doi.org/10.26835/my.1352984>.
13. Prasad T., Sehgal A., Ghiya S. A study on cultural heritage preservation in the digital era. *International Journal of Scientific Research in Engineering and Management*. 2024. Vol. 8, № 2. P. 1–13. DOI: <https://doi.org/10.55041/IJSREM28803>.
14. Qi G. Research on digital protection and revitalization of Wenzhou Shuomen ancient port site based on VRAR technology. *Scientific Journal of Technology*. 2024. Vol. 6, № 5. P. 101–109. DOI: <https://doi.org/10.54691/4zh8n98>.
15. Sančanin B., Penjišević A. The importance of the digitization process for the promotion of cultural heritage of the Republic of Serbia: Empirical and statistical findings. *International Journal of Cognitive Research in Science, Engineering and Education*. 2023. Vol. 11, № 2. P. 221–229. DOI: <https://doi.org/10.23947/2334-8496-2023-11-2-221-229>.
16. Shevchenko M. O. European Union experience in digitizing historical and cultural heritage: Ways of implementation in Ukraine. *Science and Education a New Dimension. Humanities and Social Sciences*. 2020. Vol. VIII (230), № 38. P. 71–75. DOI: <https://doi.org/10.31174/SEND-HS2020-230VIII38-17>.
17. Siliutina I., Tytar O., Barbash M., Petrenko N., Yepyk L. Cultural preservation and digital heritage: Challenges and opportunities. *Amazonia Investiga*. 2024. Vol. 13, № 75. P. 262–273. DOI: <https://doi.org/10.34069/AI/2024.75.03.22>.
18. Stewart R., Stewart C. Digital approaches for the presentation of tourist sites with historical significance. *Digital Presentation and Preservation of Cultural and Scientific Heritage*. 2023. Vol. 13. P. 325–332. DOI: <https://doi.org/10.55630/dipp.2023.13.34>.
19. Trach Y., Tolmach M., Chaikowska O., Gumeniuk T. Problems of cultural heritage preservation in the context of the armed conflict growth. *Information Technology in Disaster Risk Reduction (ITDRR 2019)*. IFIP Advances in Information and Communication Technology. Vol. 575. Cham: Springer, 2020. P. 31–44. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-48939-7_4.
20. Zheng Y. The copyright challenges of cultural heritage digitization and its countermeasures. *International Journal of Social Sciences and Public Administration*. 2024. Vol. 4, № 1. P. 371–389. DOI: <https://doi.org/10.62051/ijsspa.v4n1.44>.

References

1. Vovk, N. S. (2023). Osoblyvosti metadanykh Yevropiany yak sukupnosti informatsii dlia opysu tsyfrovoy kulturnoi spadshchyny [Features of European metadata as a set of information for describing digital cultural heritage]. *Visnyk Kharkivskoi derzhavnoi akademii kultury*, 64, 7–15. <https://doi.org/10.31516/2410-5333.064.01> [in Ukrainian].
2. Koleko, M. (2023). Normatyvno-pravovi osnovy otsyfruvannia knyzhkovykh pamiatok Ukrainy [Regulatory and legal foundations of digitization of book monuments of Ukraine]. *Ukrainskyi zhurnal z bibliotekoznavstva ta informatsiinykh nauk*, 12, 39–54. <https://doi.org/10.31866/2616-7654.12.2023.293570> [in Ukrainian].
3. Rachkov, Ye. (2022). Znyshchennia, zberezhennia ta pereosmyslennia miskoi kulturnoi spadshchyny Ukrainy pid chas rosiisko-ukrainskoi viiny [Destruction, preservation and rethinking of urban cultural heritage of Ukraine during the Russian-Ukrainian war]. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho universytetu imeni V. N. Karazina. Serii "Istoriia"*, 62, 12–48. <https://doi.org/10.26565/2220-7929-2022-62-01> [in Ukrainian].
4. Tur, O. M., Shabunina, V. V., & Sarancha, V. I. (2023). Dyhitalizatsiia arkhivnykh fondiv, muzeinykh ta biblioteknykh kolektsii yak chynnyk zberezhennia natsionalnoi kulturnoi spadshchyny Ukrainy [Digitization of archival, museum and library collections as a factor in preserving the national cultural heritage of Ukraine]. *Bibliotekoznavstvo. Dokumentoznavstvo. Informolohiia*, 3, 49–56. <https://doi.org/10.32461/2409-9805.3.2023.290983> [in Ukrainian].
5. Boyko, O., Ziakun, A., Povalii, T., & Zhylenko, E. (2023). Development of a video tour as a component of the activities of the manager of socio-cultural sphere: Memorialization and digitization. *Socio-Cultural Management Journal*, 6(2), 52–71. <https://doi.org/10.31866/2709-846X.2.2023.291286> [in English].
6. Chen, X. (2024). Virtual reality (VR) for cultural heritage preservation in China. *Asian Journal of Computing and Engineering Technology*, 5(1). <https://doi.org/10.47604/ajcet.2807> [in English].
7. Ioniță, S., & Turcanu-Carutiu, D. (2022). Use of drones for digitization and monitoring the built cultural heritage: Indoor and outdoor. *Heritage – New Paradigm*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.100346> [in English].
8. Miao, F., & Zhang, N. (2024). Digitization, preservation, and dance narrative exploration of Red Music cultural heritage in Hebei Province: A multidisciplinary approach. *International Journal of Social Sciences and Public Administration*, 2(2), 211–221. <https://doi.org/10.62051/ijsspa.v2n2.31> [in English].
9. Muhammad Shoaib Siddiqui, Syed, T. A., Nadeem, A., Nawaz, W., & Alkhodre, A. (2022). Virtual tourism and digital heritage: An analysis of VR/AR technologies and applications. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 13(7), 303–315. <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2022.0130739> [in English].
10. Nguyen, C. D. (2024). Digital cultural heritage in the crossfire of conflict: Cyber threats and cybersecurity perspectives. *Insights: The UKSG Journal*, 37. <https://doi.org/10.1629/uksg.647> [in English].
11. Ortega-Sánchez, D., & López-Sanvicente, A. B. (2023). Design, content validity, and inter-observer reliability of the “Digitization of Cultural Heritage, Identities, and Education” (DICHIE) instrument. *Humanities and Social Sciences Communications*, 10, Article 53. <https://doi.org/10.1057/s41599-023-01550-z> [in English].

12. Öztürk, M. (2023). The use of immersive technologies as a representation tool in the protection of archaeological heritage. *Mimarlık ve Yaşam*, 8(4), 817–836. <https://doi.org/10.26835/my.1352984> [in English].
13. Prasad, T., Sehgal, A., & Ghiya, S. (2024). A study on cultural heritage preservation in the digital era. *International Journal of Scientific Research in Engineering and Management*, 8(2), 1–13. <https://doi.org/10.55041/IJSREM28803> [in English].
14. Qi, G. (2024). Research on digital protection and revitalization of Wenzhou Shuomen ancient port site based on VRAR technology. *Scientific Journal of Technology*, 6(5), 101–109. <https://doi.org/10.54691/4zh8n98> [in English].
15. Sančanin, B., & Penjišević, A. (2023). The importance of the digitization process for the promotion of cultural heritage of the Republic of Serbia: Empirical and statistical findings. *International Journal of Cognitive Research in Science, Engineering and Education*, 11(2), 221–229. <https://doi.org/10.23947/2334-8496-2023-11-2-221-229> [in English].
16. Shevchenko, M. O. (2020). European Union experience in digitizing historical and cultural heritage: Ways of implementation in Ukraine. *Science and Education a New Dimension. Humanities and Social Sciences*, VIII(230/38), 71–75. <https://doi.org/10.31174/SEND-HS2020-230VIII38-17> [in English].
17. Siliutina, I., Tytar, O., Barbash, M., Petrenko, N., & Yepyk, L. (2024). Cultural preservation and digital heritage: Challenges and opportunities. *Amazonia Investiga*, 13(75), 262–273. <https://doi.org/10.34069/AI/2024.75.03.22> [in English].
18. Stewart, R., & Stewart, C. (2023). Digital approaches for the presentation of tourist sites with historical significance. *Digital Presentation and Preservation of Cultural and Scientific Heritage*, 13, 325–332. <https://doi.org/10.55630/dipp.2023.13.34> [in English].
19. Trach, Y., Tolmach, M., Chaikovska, O., & Gumeniuk, T. (2020). Problems of cultural heritage preservation in the context of the armed conflict growth. In *Information Technology in Disaster Risk Reduction (ITDRR 2019)* (Vol. 575, pp. 31–44). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-48939-7_4 [in English].
20. Zheng, Y. (2024). The copyright challenges of cultural heritage digitization and its countermeasures. *International Journal of Social Sciences and Public Administration*, 4(1), 371–389. <https://doi.org/10.62051/ijsspa.v4n1.44> [in English].

*Стаття надійшла до редакції 06.11.2025
Отримано після доопрацювання 08.12.2025
Прийнято до друку 16.12.2025
Опубліковано 29.12.2025*