

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ВАСИЛЯ СТУСА
ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНИХ І ПРИКЛАДНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ

ШВЕЦЬ ОЛЕНА ВІКТОРІВНА

Допускається до захисту:

в.о. завідувача кафедри
інформаційних систем управління,
д-р екон. наук, професор

_____ Ольга АНІСІМОВА

« _____ » _____ 2025 р.

**ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ У
ЗБЕРЕЖЕННІ ТА РЕСТАВРАЦІЇ КУЛЬТУРНОЇ СПАДЩИНИ**

Спеціальність 029 «Інформаційна, бібліотечна та архівна справа»

Кваліфікаційна (бакалаврська) робота

Керівник:

Олексій ПРИГУНОВ, канд. екон. наук,
доцент, доцент кафедри
інформаційних систем управління

Оцінка: ____ / ____ / _____

(бали за шкалою ЄКТС/за національною шкалою)

Голова ЕК: _____

(підпис)

Вінниця – 2025

АНОТАЦІЯ

Швець О. В. Перспективи застосування цифрових технологій у збереженні та реставрації культурної спадщини. Спеціальність 029 «Інформаційна, бібліотечна та архівна справа». Донецький національний університет імені Василя Стуса, Вінниця, 2025. 64с.

У роботі проаналізовано роль цифрових технологій у збереженні культурної спадщини. Розглянуто 3D-сканування, VR/AR, штучний інтелект, GIS-системи. Запропоновано рекомендації щодо їх впровадження.

Ключові слова: культурна спадщина, цифрові технології, реставрація, 3D-сканування, штучний інтелект, віртуальна реальність.

Табл. 2. Рис. 15. Бібліограф.: 56 найм.

SUMMARY

Shvets O. V. Prospects for the Use of Digital Technologies in the Preservation and Restoration of Cultural Heritage. Specialty 029 "Information, Library and Archival Studies". Vasyl Stus Donetsk National University, Vinnytsia, 2025. 64 p.

The paper analyzes the role of digital technologies in the preservation of cultural heritage. It explores 3D scanning, VR/AR, artificial intelligence, GIS systems. Recommendations for their implementation are proposed.

Keywords: cultural heritage, digital technologies, restoration, 3D scanning, artificial intelligence, virtual reality.

Tabl. 2. Fig. 15. Bibliography: 56 items.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1 ОСНОВНІ ТЕОРЕТИЧНІ ПОНЯТТЯ В ЗБЕРЕЖЕННІ КУЛЬТУРНОЇ СПАДЩИНИ	6
1.1 Поняття та значення культурної спадщини	6
1.2 Основні загрози та виклики у сфері збереження пам'яток.....	8
1.3 Роль цифрових технологій у реставрації та збереженні культурної спадщини.....	11
РОЗДІЛ 2 СУЧАСНІ ЦИФРОВІ ТЕХНОЛОГІЇ У ЗБЕРЕЖЕННІ ТА РЕСТАВРАЦІЇ ПАМ'ЯТОК	14
2.1 Використання 3D-сканування та 3D-друку в реставрації.....	14
2.2 Роль доповненої (AR) та віртуальної реальності (VR) в архівуванні та популяризації культурної спадщини.....	20
2.3 Використання штучного інтелекту та машинного навчання у відновленні пошкоджених пам'яток	23
2.4 Геоінформаційні системи (GIS) для моніторингу стану культурної спадщини.....	25
РОЗДІЛ 3 ПРАКТИЧНИЙ АНАЛІЗ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ЗБЕРЕЖЕННІ КУЛЬТУРНОЇ СПАДЩИНИ...	30
3.1 Аналіз успішних кейсів застосування цифрових технологій у світі	30
3.2 Досвід використання цифрових методів в Україні	35
3.3 Проблеми та виклики цифровізації в галузі культурної спадщини.....	38
3.4 Перспективи розвитку та впровадження новітніх технологій у сфері реставрації.....	45
ВИСНОВКИ.....	56
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ПОСИЛАНЬ	58

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. У сучасному світі культурна спадщина все частіше наражається на небезпеку: війни, стихійні лиха, зміни клімату, розростання міст і байдужість людей. У таких умовах питання збереження, фіксації та відродження об'єктів матеріальної та нематеріальної культури стає вкрай нагальним. Одним з найбільш перспективних засобів для цього є цифрові технології, зокрема 3D-моделювання, доповнена та віртуальна реальність, а також штучний інтелект.

Цифровізація в сфері охорони культурної спадщини відкриває нові горизонти для її відновлення, вивчення та популяризації. Разом з тим, впровадження цих технологій пов'язане з певними труднощами – від нестачі технічних засобів до ризиків втрати справжності. Тому дослідження перспектив, переваг та недоліків цифрових методів у цій галузі є вчасним та важливим.

Метою кваліфікаційної (бакалаврської) роботи є розробка рекомендацій до застосування цифрових технологій у збереженні та реставрації культурної спадщини за участі закладів вищої освіти.

Поставлена мета зумовила необхідність вирішення таких логічно пов'язаних теоретичних, науково-методичних та практичних завдань:

- проаналізувати поняття та значення культурної спадщини;
- дослідити основні загрози та виклики у збереженні пам'яток;
- ознайомитися з роллю цифрових технологій у збереженні та реставрації пам'яток;
- розглянути сучасні цифрові підходи у збереженні культурної спадщини;
- проаналізувати успішні кейси використання цифрових технологій;
- розібрати проблеми та виклики цифровізації в галузі культурної спадщини;
- дослідити можливості участі навчальних закладів у процесах збереження культурної спадщини;

– оцінити перспективи розвитку та впровадження новітніх технологій у сфері реставрації пам'яток.

Об'єктом дослідження є процеси збереження та реставрації культурної спадщини.

Предметом дослідження є цифрові технології та їх застосування у збереженні й реставрації культурної спадщини.

Наукова новизна цієї роботи полягає в аналізі можливостей участі навчальних закладів в процесах збереження культурної спадщини за допомогою сучасних технологій.

У цій роботі використані такі **методи** дослідження, як аналіз наукової літератури, порівняльний метод, метод систематизації, аналіз кейсів, а також елементи контент-аналізу цифрових проєктів.

Теоретичне та практичне значення. Результати дослідження можуть бути використані у практиці культурно-інформаційних установ, музейній сфері, державних органах охорони культурної спадщини, а також як навчальний матеріал у закладах вищої освіти.

Апробація результатів дослідження. Теоретичні та практичні результати дослідження були опубліковані у збірнику матеріалів X Всеукраїнської наукової конференції «Інформаційні технології і системи в документознавчій сфері» (11 квітня 2025 р., м. Вінниця).

Структура кваліфікаційної (бакалаврської) роботи. Робота складається зі вступу, 3 розділів та 10 підрозділів, 2 таблиць, 15 рисунків, висновку та списку використаних джерел (56 найменувань). Загальний обсяг роботи складає 64 сторінки друкованого тексту.

РОЗДІЛ 1

ОСНОВНІ ТЕОРЕТИЧНІ ПОНЯТТЯ В ЗБЕРЕЖЕННІ КУЛЬТУРНОЇ СПАДЩИНИ

1.1 Поняття та значення культурної спадщини

Культурна спадщина – це сукупність матеріальних і духовних цінностей, які успадковуються від попередніх поколінь і є важливим елементом ідентичності кожного народу чи групи людей. Культурна спадщина включає багато елементів включати мову, традиції, обряди, мистецтво, архітектуру, літературу та інше.

В Україні Законом від 8 червня 2000 року №1805–III «Про охорону культурної спадщини», який регулює правові, організаційні основи, соціальні та економічні відносини у сфері охорони культурної спадщини з метою її збереження, використання об'єктів культурної спадщини у суспільному житті, захисту традиційного характеру середовища в інтересах нинішнього і майбутніх поколінь, визначається, що: «культурна спадщина – сукупність успадкованих людством від попередніх поколінь об'єктів культурної спадщини; об'єкт культурної спадщини – визначне місце, споруда (витвір), комплекс (ансамбль), їхні частини, пов'язані з ними рухомі предмети, а також території чи водні об'єкти, інші природні, природно-антропогенні або створені людиною об'єкти незалежно від стану збереженості, що донесли до нашого часу цінність з археологічного, естетичного, етнологічного, історичного, архітектурного, мистецького, наукового чи художнього погляду й зберегли свою автентичність» [27].

Культурна спадщина відіграє важливу роль у збереженні історичної пам'яті, розвитку туризму та культурного обміну між націями. Відображає багату історію, традиції та цінності українського народу. За загальною кількістю пам'яток, Україну без перебільшення можна назвати державою з багатим культурним спадком. Його захист допомагає зберегти унікальну культурну ідентичність та

самобутність України в світі [51].

Культурна спадщина має два шляхи прояву: матеріальні, такі як будівлі або об'єкти, і нематеріальні, такі як процеси, мови та техніки, які породжують свята, ритуали та традиції.

Під «матеріальною культурною спадщиною» розуміються: пам'ятки, ансамблі, визначні місця, а також: вміст бібліотек, музеїв, архівів; архітектурні будівлі (церкви, монастирі, замки, палаци) та інші культурні та архітектурні пам'ятники.

Що ж стосується нематеріальної культурної спадщини, згідно з Конвенцією ЮНЕСКО (прийнятою у 2003 році, до якої Україна приєдналася у 2008 році), до неї відносяться усні традиції (такі як епоси, перекази, легенди і т. д.), форми вираження (мова), виконавське мистецтво (музика, спів, танці, театр і т. д.), звичаї, обряди, святкування, знання та практики, що стосуються природи і всесвіту (включаючи народну мудрість і медицину), традиційні ремесла. Нематеріальна культурна спадщина має глибокі зв'язки з матеріальною спадщиною і є фундаментальною складовою самоідентичності українського народу, важливим джерелом культурного розмаїття і носієм історичної пам'яті [51].

Усі об'єкти культурної спадщини потребують ретельного фіксування та зберігання, щоб забезпечити можливість їх передачі між поколіннями. Культурний спадок втілює в собі цінності, які були накопичені протягом розвитку людства. Кожен з таких об'єктів, будь то архітектурні пам'ятки, твори мистецтва, усна історія або традиційні ремесла, має значну історичну цінність і величезну значимість для майбутніх поколінь.

Збереження культурної спадщини є необхідним для підтримки зв'язку між минулим і сучасністю. Кожен об'єкт містить в собі багатий пласт інформації, який відображає соціальні, економічні та культурні умови певної епохи. Це знання про наше минуле допомагає не тільки в дослідженні історії, але й у формуванні ідентичності сучасних суспільств.

Отже, збереження об'єктів культурної спадщини не лише виконує роль у

вивченні минулого, але й сприяє формуванню майбутнього. Збереження і передача таких знань і цінностей є ключовими елементами для розвитку суспільства, забезпечуючи культурну різноманітність та сприяючи соціальній згуртованості серед поколінь. У сучасному світі, де глобалізація часто загрожує унікальності окремих культур, важливо вжити всіх заходів для охорони нашого культурного спадку, щоб він міг бути гідно переданий наступним поколінням.

1.2 Основні загрози та виклики у сфері збереження пам'яток

Важливість збереження культурної спадщини важко переоцінити. Пам'ятки служать основними джерелами історичної інформації, пропонуючи цінну інформацію про минуле. Вони є безцінними історичними джерелами, які допомагають розвитку науки, освіти й культури, сприяють формуванню почуття патріотизму та естетичному вихованню.

Збереження об'єктів культурної спадщини є складним завданням, яке ускладнюється різноманітними загрозами, що виникають та посилюються сучасними умовами. Одне з головних джерел руйнування – фізична деградація, спричинена природними факторами. Вітер, дощ, сніг і ультрафіолетове випромінювання поступово руйнують матеріали, з яких виготовлені пам'ятки – камінь, дерево, метал. Під впливом цих чинників з часом втрачаються архітектурні деталі, можливо навіть цілі конструкції.

Зміна клімату і екологічні фактори також негативно позначаються на збереженні пам'яток. Підвищення рівня води, повені, посухи, екстремальні температури – усе це прискорює руйнування будівель і архітектурних елементів.

Крім природних причин, значною загрозою є механічні пошкодження, які виникають під час землетрусів, обвалів чи аварій. Пожежі – ще одна серйозна проблема. Вони можуть виникати через коротке замикання, необережне поводження з відкритим вогнем або підпал.

Не менш важливою є людська діяльність. Туризм, особливо масовий, хоча і є важливим джерелом фінансування для збереження пам'яток, водночас може

спричиняти зношення та пошкодження об'єктів. Недбале поводження відвідувачів, вандалізм, крадіжки або пошкодження цінних артефактів і архітектурних деталей – це страшні виклики, що часто трапляються у популярних туристичних місцях.

Техногенні чинники також відіграють значну роль. Забруднення навколишнього середовища – повітря, води, ґрунту – швидко руйнує матеріали. Забруднююче середовище прискорює корозію металів, зношення каменю та деревини, що особливо критично для історичних споруд.

Конфлікти й війни стають руйнівними для культурної спадщини: багато пам'яток знищуються під час бойових дій, ворожих актів або внаслідок крадіжок та вивезення культурних цінностей. Це особливо актуально для збереження історичних об'єктів у зонах конфліктів. Зокрема, війна в Україні підкреслює актуальність проблеми, вимагаючи негайних дій для збереження української культурної спадщини.

Не менш важливий фактор – це недосконале законодавство й невідповідний рівень контролю. Відсутність чітких правил, їх слабе дотримання або корупція створюють додаткові ризики для охорони пам'яток. Без належної правової бази й відповідних інспекцій багато культурних об'єктів залишаються без належного захисту.

Культурна спадщина охоплює широкий спектр об'єктів, кожен з яких має свої особливості, рівень вразливості та потреби в захисті. Різні типи пам'яток – архітектурні, археологічні, мистецькі, музейні чи нематеріальні – зазнають специфічних загроз, що вимагають диференційованого підходу до збереження.

Архітектурні пам'ятки є одними з найбільш вразливих об'єктів через свій матеріальний характер і тривале перебування в агресивному середовищі. Основні загрози для них пов'язані з фізичним зношенням, наслідками стихійних лих, воєнними руйнуваннями та варварськими перебудовами. Часто ці об'єкти піддаються псевдореставрації або несанкціонованому знесенню, що призводить до втрати їх автентичності. Водночас бракує оновленої технічної документації, спеціалізованих матеріалів та фахівців, а також належного контролю з боку

відповідальних органів.

Археологічні пам'ятки часто потерпають від незаконних розкопок і забудови територій, де вони розташовані. Також на їхній стан негативно впливають сільськогосподарська діяльність та природна ерозія. Збереження таких об'єктів ускладнюється через труднощі з їхньою локалізацією, брак археологів і низький рівень використання цифрових картографічних технологій.

Монументальне мистецтво, зокрема пам'ятники, фрески й мозаїки, піддається дії кліматичних факторів, вандалізму та ідеологічного нищення. Атмосферні умови, кислотні дощі, зміна температур призводять до руйнування поверхонь і втрати первісного вигляду. Водночас процес відновлення таких об'єктів є складним, оскільки потребує залучення художників-реставраторів і спеціалізованих технологій.

Музейні предмети, які зберігаються у фондах, стикаються з іншими загрозами: крадіжками, мародерством, вивезенням за кордон, пожежами, підтопленнями, а також – недотриманням температурно-вологісного режиму. Особливо вразливими є об'єкти з органічних матеріалів – паперу, дерева, тканин. Відсутність належних умов зберігання, брак реставраторів вузької спеціалізації та нестача цифрового обліку ускладнюють захист музейного фонду.

Нематеріальна культурна спадщина – традиції, обряди, мови – потерпає передусім від глобалізаційних процесів, втрати носіїв культурних практик та зниження інтересу до них серед молоді. Особливої актуальності набуває проблема фіксації й документування таких форм спадщини, адже вони не мають фізичного втілення. Важливо інтегрувати їх у сучасний культурний контекст та створювати архіви, аудіо- й відеозаписи, які допоможуть передати ці знання наступним поколінням.

Таким чином, кожен тип культурної спадщини стикається зі своїми, унікальними викликами, які потребують цілеспрямованих дій та міждисциплінарного підходу. Вирішення цих проблем неможливе без активної участі держави, науковців, фахівців та громади, а також – впровадження сучасних технологій у сферу охорони культурної спадщини.

Отже, збереження об'єктів культурної спадщини – це багатоаспектна задача, яка вимагає системного підходу, сучасних технологій та активної участі держави та суспільства. Тільки так можна зберегти багатий історичний і культурний досвід для майбутніх поколінь.

1.3 Роль цифрових технологій у реставрації та збереженні культурної спадщини

Упродовж століть традиційні методи реставрації та збереження культурної спадщини були основою збереження історичної пам'яті людства. Ці методи, засновані на досвіді поколінь майстрів, архітекторів, художників і консерваторів, передавалися через ремісничі школи, майстерні та спеціалізовані академії. Основним принципом традиційної реставрації є повага до автентичності об'єкта, що передбачає збереження оригінальної структури, матеріалів, стилістичних особливостей та історичного контексту.

Серед поширених традиційних методів можна виділити:

- механічну та ручну очистку поверхонь – видалення пилу, сажі, нашарувань з використанням м'яких інструментів і безагресивних засобів;
- консерваційне укріплення матеріалів – використання спеціальних сумішей, що запобігають подальшому руйнуванню, наприклад, просочення деревини натуральними смолами або обробка каменю вапняним розчином;
- відтворення втрачених елементів із використанням автентичних технологій – ручне різьблення, розпис темперою, відновлення фресок за технологіями відповідного історичного періоду;
- традиційну мулярську та теслярську роботу – відновлення кладки, дахів, вікон та інших елементів із дотриманням історичної техніки.

Однак, з розвитком технологій та зростанням загроз для культурної спадщини, таких як зміни клімату, урбанізація, війни та стихійні лиха, виникла потреба в нових підходах до збереження та реставрації. Це призвело до впровадження цифрових технологій у сферу охорони культурної спадщини.

Цифрові технології, такі як 3D-сканування, фотограмметрія, лазерне сканування та доповнена реальність, дозволяють створювати точні цифрові копії об'єктів культурної спадщини. Це не лише забезпечує збереження інформації про об'єкти, але й дозволяє дослідникам, реставраторам та громадськості взаємодіяти з ними без фізичного контакту. Наприклад, організація CyArk використовує лазерне сканування та цифрове моделювання для документування та збереження культурних об'єктів по всьому світу, включаючи такі пам'ятки, як Ангкор-Ват, Помпеї та Чичен-Іца [3].

Інші ініціативи, такі як проект Tirtha, спрямовані на демократизацію цифрового збереження, дозволяючи користувачам завантажувати зображення культурних об'єктів для створення 3D-моделей за допомогою сучасних алгоритмів комп'ютерного зору. Такі підходи особливо корисні для країн з обмеженими ресурсами, де традиційні методи можуть бути недоступними або недостатніми [11].

Таким чином, перехід від традиційних до цифрових методів у реставрації та збереженні культурної спадщини не лише розширює можливості збереження, але й забезпечує нові форми взаємодії з культурними об'єктами, сприяючи їхній популяризації та дослідженню.

Реставрація культурної спадщини – це сукупність науково обґрунтованих заходів, спрямованих на повернення пам'яткам їх автентичного вигляду, а також на зупинення процесів руйнування. Реставрація не передбачає створення нового об'єкта, а лише делікатне втручання з метою збереження первісної форми, структури та естетичної цінності. Основна мета реставраційної діяльності – забезпечення культурної безперервності та надання можливості майбутнім поколінням ознайомитися з автентичними культурними артефактами.

Збереження культурної спадщини – поняття ширше за реставрацію і включає цілий спектр дій, які сприяють фізичному, інтелектуальному, юридичному та соціальному захисту культурних об'єктів. Йдеться про документацію, консервацію, профілактичний догляд, створення цифрових архівів, а також правове регулювання охорони об'єктів культурної спадщини.

Збереження охоплює як дії щодо вже визнаних пам'яток, так і заходи з виявлення, ідентифікації та визнання нових об'єктів спадщини.

Реставрація і збереження тісно пов'язані між собою: реставрація виконується як частина ширшого комплексу дій зі збереження, особливо у випадках, коли культурна цінність об'єкта перебуває під загрозою руйнування або втрати. Сучасна практика вимагає поєднання традиційних методів з новітніми технологіями – такими як цифрове сканування, 3D-моделювання, хімічний аналіз матеріалів тощо. Такий міждисциплінарний підхід дозволяє забезпечити не лише фізичне збереження артефактів, але й інтеграцію культурної спадщини в сучасний інформаційний простір.

Охорона культурної спадщини є не лише культурною, а й соціальною, політичною, моральною відповідальністю. Вона сприяє формуванню громадянської свідомості, національної ідентичності, вихованню поваги до минулого та усвідомленню його значення для майбутнього [32].

Використання цифрових технологій відіграє важливу роль не лише у збереженні та реставрації об'єктів культурної спадщини, а й у забезпеченні доступу до інформації, яку вони містять, без необхідності безпосереднього фізичного контакту. Це особливо актуально в умовах, коли пам'ятки знаходяться у віддалених або небезпечних регіонах, перебувають у стані руйнування, або є надто крихкими для традиційного дослідження. Цифрове сканування, 3D-моделювання, віртуальні тури та доповнена реальність дозволяють не лише фіксувати їхній стан у деталях, а й забезпечувати їх вивчення, популяризацію та використання в освітніх і наукових цілях. Завдяки цьому, цифрові копії стають своєрідними «віртуальними музеями», відкритими для широкої аудиторії незалежно від географічного розташування чи фізичних обмежень.

Крім того, цифрові технології дозволяють створювати віртуальні музеї та виставки, що робить культурну спадщину доступною для ширшої аудиторії [10].

РОЗДІЛ 2

СУЧАСНІ ЦИФРОВІ ТЕХНОЛОГІЇ У ЗБЕРЕЖЕННІ ТА РЕСТАВРАЦІЇ ПАМ'ЯТОК

2.1 Використання 3D-сканування та 3D-друку в реставрації

3D-сканування та 3D-друк можна використовувати для зберігання цифрових двійників крихких, рідкісних і стародавніх історичних артефактів. Ці технології також можуть бути використані для відновлення пошкоджених культурних об'єктів та/або пам'яток. Цей посібник досліджує, як 3D-принтери та 3D-сканери використовуються для археології та музеїв [1].

Використання 3D-сканування в музейній та археологічній сферах має багато переваг:

1. Точні зйомки. 3D-сканування точніше, ніж людське око, і може в цифровому вигляді охопити високий рівень деталей. Тепер музеї можуть створювати власні 3D-архіви та зберігати цифрові 3D-моделі цілих своїх колекцій, замість того, щоб покладатися на лише 2D-зображення.

2. Збереження культурної спадщини. Деякі історичні об'єкти знаходяться в небезпеці, будь то через збройні конфлікти, стихійні лиха чи просто розмивання часу. Можна використовувати 3D-сканування, щоб зберігати точні 3D-відображення цих історичних місць.

3. Покращення доступності до музеїв та культурної спадщини. 3D-сканування відкриває двері для віртуальних відвідувань музеїв. Людина може відвідати виставку, не виходячи з власного дому.

4. Відновлення та тиражування історичних артефактів. Відновлювальне 3D-сканування, коли 3D-зйомка використовується в процесі реставрації, все частіше використовується в музеях по всьому світу. Щоб відтворити історичний об'єкт, спочатку потрібно виконати 3D-сканування. Згенерований файл потім можна використовувати для 3D-друку копії виробу з пластику чи інших

матеріалів (рис.2.1).



Рисунок 2.1 – Стародавній череп укомплектований 3D-друком.

3D-друк – це новий інструмент, доступний для музеїв і дослідників у всьому світі. 3D принтери можна використовувати кількома способами, серед яких:

1. Відтворення твору мистецтва або історичного артефакту за допомогою 3D-друку. Наявність точної копії історичного предмета дозволить музею розширити доступ до його колекції для публіки. Наприклад, дозволити студентам торкатися і маніпулювати 3D-друкованими творами мистецтва або артефактами є більш рекреаційним способом навчання, ніж просто показ об'єкта. 3D-друкована копія, заснована на 3D-скануванні оригінального об'єкта, також може використовуватися та маніпулюватися археологами або дослідниками, не боячись пошкодити оригінальний предмет.

2. Ремонт пошкоджених історичних артефактів. Наприклад, якщо в стародавньому творі мистецтва відсутня частина, 3D-друк можна використовувати для його ремонту, створивши ідеально підібрану нову деталь. Цей підхід часто вимагає спільного використання 3D-сканування та 3D-моделювання за допомогою програмного забезпечення для 3D-дизайну. Відновлювальний 3D-друк зростає, оскільки технологія вдосконалюється, а кількість доступних матеріалів для друку зростає [52].

3D сканери і 3D принтери все частіше використовуються при реставрації творів мистецтва, у тому числі статуй, для яких можна реконструювати відсутні

частини, наприклад, руки (рис.2.2).



Рисунок 2.2 – Бронзова статуя, чії зламані руки були замінені руками, надрукованими на 3D

Археологічні об'єкти часто знаходяться під будівельними майданчиками, і їх дослідження може зупинити або уповільнити будівництво. Тому археологи мають лише обмежений час для проведення пошуків на тих місцях розкопок.

Наземні лазерні 3D-сканери з великою зоною охоплення (іноді оснащені GPS або технологією SLAM для підвищення точності) дозволяють археологам здійснювати повне 3D-сканування всього об'єкта розкопок. Це дає змогу створити тривимірну модель місцевості, що значно полегшує візуалізацію археологічних залишків і оптимізує пошук артефактів на місці розкопок (рис 2.3).

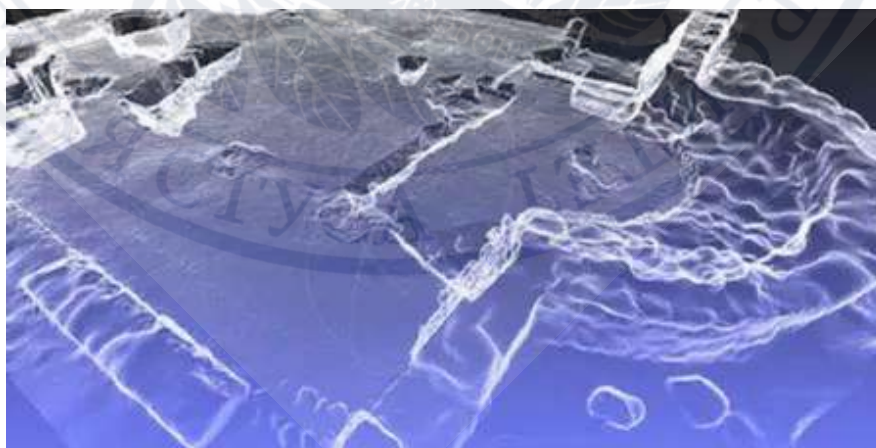


Рисунок 2.3 – 3D-модель місця розкопок, проведених Archéotec

Завдяки 3D-друку можна створювати точні копії як усього об'єкта, так і

окремих його частин. Дослідники можуть працювати з 3D-друкованими копіями, маніпулюючи ними без ризику пошкодити оригінали (рис. 2.4).



Рисунок 2.4 – 3D-відтворення черепа, яке дозволяє студентам розглянути його, зберігаючи оригінальний

Високий рівень деталізації, притаманний 3D-скануванню, є надзвичайно корисним для наукових досліджень, оскільки дозволяє виявляти майже непомітні деталі. Дослідники з усього світу можуть обмінюватися 3D-моделями, створеними за допомогою 3D-сканування, та співпрацювати дистанційно. Замість транспортування археологічних артефактів, вчені можуть створювати точні 3D-моделі об'єктів. Отримані 3D-файли легко передаються через Інтернет, що забезпечує доступ до них для міжнародної наукової спільноти (рис. 2.5-2.6).

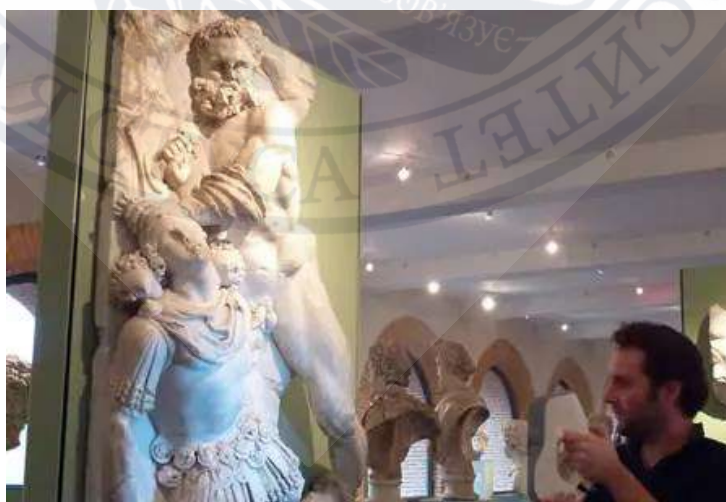


Рисунок 2.5 – 3D-сканування статуї з людський розмір за допомогою портативного 3D-сканера Artec Eva



Рисунок 2.6 – Член Arscan сканує в 3D статую за допомогою 3D-сканера FaroArm

Завдяки 3D-сканерам можна створювати «віртуальні дослідження» на основі тривимірного відображення археологічних об'єктів, пам'яток або витворів мистецтва. Наприклад, Музей на набережній Бранлі в Парижі використовує технологію 3D-сканування, щоб дозволити відвідувачам «зазирнути всередину» стародавніх трун, наповнених артефактами, які неможливо було б відкрити без ризику пошкодження їхнього вмісту.

За допомогою 3D-друку й 3D-сканування можливо навіть відновити або створити дублікат найбільш пошкоджених артефактів. Процес сканування статуї людського розміру займає лише кілька хвилин. Отриману 3D-модель у вигляді простого файлу можна зберігати, архівувати, редагувати за допомогою програмного забезпечення CAD і використовувати для 3D-друку.

Важливо зазначити, що для збереження крихких об'єктів часто рекомендується використовувати безконтактні 3D-сканери, щоб уникнути можливих пошкоджень (рис. 2.7).

Використовуючи 3D-друк музеї можуть створювати реалістичні копії предметів зі своїх колекцій. Відвідувачі мають змогу взаємодіяти з цими 3D-друкованими версіями, не ризикуючи пошкодити оригінали. Крім того, 3D-друк дозволяє створювати фізичні тривимірні зображення картин.



Рисунок 2.7 – Дві 3D-друковані статуетки Венери Мілоської

Музей Прадо та Музей Маніль вже скористалися цими можливостями. Зокрема, ще у 2015 року в Музеї Прадо відбулася виставка, що надала незрячим відвідувачам унікальну можливість «побачити» п'ять художніх шедеврів завдяки 3D-друку. Картини, виконані в рельєфі, дозволили відчути твори мистецтва на дотик – інноваційний підхід, що доводить: мистецтво може виходити за межі зору й бути доступним через інші відчуття (рис. 2.8).



Рисунок 2.8 – Картина, надрукована на 3D, виставлена в музеї Прадо в Мадриді

Отже, використання 3D-сканування та 3D-друку відкриває нові перспективи для збереження, вивчення та популяризації культурної спадщини. Ці технології

дозволяють створювати точні цифрові копії крихких, рідкісних і стародавніх артефактів, які можна архівувати, редагувати та використовувати для подальшого дослідження. Завдяки 3D-друку можна виготовляти фізичні дублікати об'єктів, що дає змогу дослідникам і відвідувачам взаємодіяти з ними без ризику пошкодження оригіналів. Музеї вже активно впроваджують ці інновації, створюючи тактильні експозиції, які роблять мистецтво доступним для людей з порушенням зору. Крім того, можливість віддаленої співпраці між вченими через обмін 3D-моделями сприяє розвитку міжнародної наукової взаємодії. Усе це доводить, що 3D-технології відіграють дедалі важливішу роль у сучасній археології та музейній справі, не лише зберігаючи минуле, а й роблячи його більш доступним для майбутніх поколінь

2.2 Роль доповненої (AR) та віртуальної реальності (VR) в архівуванні та популяризації культурної спадщини

Використання віртуальної реальності (VR) в галузі культурної спадщини та музеїв стає все більш популярним, оскільки це дозволяє забезпечити глибше занурення та інтерактивний досвід з освітньою цінністю.

Віртуальна реальність (VR) – це технологія, яка відтворює реальний або вигаданий світ, занурюючи користувача повністю в нову цифрову реальність. Використання VR зазвичай вимагає спеціального обладнання, такого як шоломи віртуальної реальності, окуляри та іноді рукавички або інші пристрої для відстеження рухів, що дозволяють користувачам взаємодіяти з віртуальним світом [13]

Віртуальна реальність активно використовується в музеях та архівах для збагачення досвіду відвідувачів. Вона дозволяє реалістично реконструювати минуле, забезпечуючи глибше занурення в експонати та історичні події. VR також розширює можливості інтерактивності, доповнюючи традиційні музейні формати та створюючи віртуальні музеї. Це особливо актуально для збереження культурної спадщини, оскільки дозволяє розширити доступ до експонатів і

зробити їх більш привабливими для різноманітних аудиторій.

Застосування VR-технологій у сфері культурної спадщини:

1. Повноцінні 3D-моделі для VR-огляду. Музеї та організації, що займаються збереженням культурної спадщини, активно використовують 3D-моделювання для створення точних цифрових копій артефактів. У віртуальній реальності користувачі можуть не лише розглядати ці об'єкти з усіх боків, але й «тримати» їх у руках, обертати, детально вивчати текстури та інші дрібні елементи.

2. Сферичні панорами та прості 3D-тури. Цей підхід дозволяє створити доступний, хоча й менш інтерактивний, формат віртуального огляду. За допомогою 360-градусних панорам користувачі можуть «переміщатися» між точками огляду, отримуючи загальне уявлення про простір – наприклад, галерею чи виставковий зал. Однак взаємодія з об'єктами обмежена, а детальне вивчення можливе не завжди.

3. Розширені 3D-тури з мапами глибин. Цей тип VR-контенту створює ефект фізичної присутності. Завдяки мапам глибин користувачі можуть «прогулюватися» віртуальними просторами, наприклад, між руїнами стародавніх будівель або всередині відтворених історичних інтер'єрів. Такий формат забезпечує більш глибоку взаємодію з середовищем і значно підсилює відчуття реалізму.

Окрім віртуальної реальності (VR), існують й інші подібні технології, що дозволяють відтворювати реальність у цифровому форматі. Однією з таких є доповнена реальність (AR). Доповнена реальність – це сучасна технологія, яка поєднує елементи віртуального світу з реальним оточенням, створюючи унікальний інтерактивний досвід для користувачів. Попри те, що широке визнання AR отримала лише в середині 2000-х років, її потенціал продовжує активно зростати. Особливо динамічний розвиток цієї технології пов'язаний із поширенням смартфонів та інших мобільних пристроїв, що дали змогу мільйонам людей використовувати доповнену реальність у повсякденному житті – від розваг і освіти до комерції й культурних проєктів.

Ще одним схожим інструментом є змішана реальність (Mixed Reality, MR) – це технологія, яка поєднує елементи віртуальної та доповненої реальності, створюючи середовище, де фізичний та віртуальний світи співіснують та взаємодіють в реальному часі. У змішаній реальності, віртуальні об’єкти можуть бути інтегровані в реальне оточення таким чином, що вони виглядають та “поводяться” як реальні, здатні взаємодіяти фізично з реальними об’єктами. MR, як і AR, відтворює цифрові зображення чи інформацію на тлі навколишнього середовища, не відокремлюючи користувача від реального світу. Проте для перегляду цифрового контенту використовують окуляри, які дублюють існуючий світ та додають поверх нього цифровий [13].

В області культурної спадщини та туризму, доповнена реальність відкриває нові можливості для відновлення та представлення історичних будівель і місць, які вже не існують або були змінені часом, надаючи відвідувачам можливість бачити і відчувати історичне середовище в його первісному вигляді [29].

Поширення використання технології віртуальної реальності у сфері роботи з об’єктами культурної спадщини сприяло появі повноцінних віртуальних музеїв. Такі цифрові простори дозволяють відвідувачам з усього світу ознайомлюватися з унікальними експонатами, не виходячи з дому.

Створення віртуальних музеїв дозволяє зберегти унікальні об’єкти культурної спадщини, які можуть бути в небезпеці або піддаються руйнуванню. Завдяки VR технологіям, можна створити докладні 3D-моделі пам’яток, музейних експонатів та історичних місць, що дозволяє широкій аудиторії відвідувати та досліджувати їх в будь-який час та з будь-якого місця. Саме це є однією з найбільших переваг віртуальних музеїв є саме їх доступність для всіх. Люди з будь-якого куточка світу можуть відвідати віртуальний музей і вивчати українську культурну спадщину, незалежно від своєї фізичної присутності. Це особливо важливо для людей з обмеженими можливостями або тих, хто не може відвідувати фізичні музеї [13].

Загалом, використання віртуальної реальності у сфері культурної спадщини та музейної справи набуває дедалі більшого значення, відкриваючи нові

можливості для збереження, реконструкції та популяризації культурних цінностей. Технологія VR забезпечує глибоке занурення у віртуальні середовища, надає користувачам змогу взаємодіяти з цифровими копіями артефактів та досліджувати історичні простори у форматі повноцінних 3D-турів. Окрім цього, створення віртуальних музеїв значно підвищує доступність культурної спадщини для широкої аудиторії, включаючи людей з обмеженими можливостями чи тих, хто не має змоги відвідати фізичні музеї. У поєднанні з доповненою та змішаною реальністю, VR-технології формують нову парадигму у сфері цифрової культурної комунікації, забезпечуючи збереження історії для майбутніх поколінь.

2.3 Використання штучного інтелекту та машинного навчання у відновленні пошкоджених пам'яток

Штучний інтелект, або ШІ – це процес використання роботів для імітації людського інтелекту з метою виконання різноманітних завдань, які раніше були властиві тільки людям.

Машинне навчання (МО) – це галузь штучного інтелекту, яка займається навчанням систем шляхом багаторазового використання різних методів, що дозволяє їм виконувати різноманітні завдання.

Хоча багато технологій підпадають під поняття штучного інтелекту, важливо пам'ятати, що машинне навчання – це окремий метод, зосереджений на використанні даних [Помилка! Джерело посилання не знайдено.].

Використання сучасних технологій, зокрема штучного інтелекту (ШІ), відкриває нові можливості для збереження, відновлення та популяризації культурної спадщини. Культурна спадщина включає велику кількість різноманітних даних, таких як зображення, тексти, відео, аудіо та 3D-моделі. Методи ШІ дозволяють опрацьовувати та аналізувати ці дані з високою швидкістю та точністю, що дозволяє виявляти, класифікувати та зберігати інформацію про культурні об'єкти ефективніше.

Існує кілька методів штучного інтелекту, які дозволяють ефективно опрацьовувати та аналізувати великі обсяги даних, що сприяє виявленню, класифікації та збереженню інформації про культурні об'єкти. Для вирішення цих завдань доцільно використовувати методи машинного навчання, глибинного навчання, комп'ютерного зору, аналізу великих даних. Методи ШІ дозволяють ефективно опрацьовувати та аналізувати великі обсяги даних, що сприяє збереженню, класифікації та популяризації культурної спадщини. Завдяки цим технологіям можна автоматизувати процеси відновлення та архівування, забезпечувати доступ до культурних об'єктів та захищати їх від підробок [19].

Працівникам бібліотек, які зберігають великі архіви історичних матеріалів – фотографій, відео та аудіозаписів – варто пам'ятати, що з часом ці ресурси можуть зіпсуватися через зовнішні впливи або неналежне зберігання. Такі пошкодження ускладнюють їх використання для досліджень. Щоб зберегти цінні матеріали, бібліотеки можуть застосовувати штучний інтелект: він здатен автоматично відновлювати зіпсовані зображення й записи, усуваючи дефекти, як-от подряпини, плями, вицвітання чи шум, а також відтворювати втрачені фрагменти зображення та звуку.

Зіпсовані матеріали оцінюються на рівень їх пошкодження. Потім матеріали оцифровуються та скануються, щоб створити цифрові файли. Алгоритми машинного навчання аналізують оцифровані зображення та аудіозаписи для виявлення пошкоджень. ШІ використовується для видалення пошкоджень та реконструкції втрачених деталей зображення та звуку. Відновлені зображення та аудіозаписи оцінюються бібліотекарами та за потреби доопрацьовуються вручну. Відновлені та доопрацьовані матеріали архівуються в безпечному цифровому сховищі. Методи ШІ значно спрощують створення високоякісних цифрових копій культурних об'єктів та забезпечують їхню доступність для науковців, дослідників та широкої аудиторії. Використання технологій комп'ютерного бачення, глибокого навчання, 3D-сканування, опрацювання природної мови, хмарних технологій, блокчейн та інтерактивних платформ дозволяє автоматизувати та покращити процеси збереження культурної спадщини,

роблячи її доступною для дослідження та збереження для майбутніх поколінь [19].

Алгоритми машинного навчання можуть використовуватися для очищення та покращення якості цифрових зображень, видалення шуму, а також для підвищення чіткості тексту. ШІ використовується для розпізнавання та вилучення тексту з рукописних та друкованих документів, що робить їх доступними для пошуку та машинного перекладу. Цифрові копії культурних об'єктів організовуються в тематичні колекції, які можна легко переглядати та досліджувати. Перевагами такого підходу є збільшення доступності, збереження спадщини, покращення освіти та досліджень. Цифрові копії роблять культурні об'єкти доступними для людей з усього світу, незалежно від їхнього фізичного розташування, можуть використовуватися для покращення освіти та досліджень у галузі історії, літератури та інших гуманітарних наук.

Отже, сучасні методи ШІ відкривають нові можливості для збереження та популяризації культурної спадщини. Завдяки ШІ бібліотеки та архіви можуть ефективно обробляти й аналізувати зображення, відео, аудіозаписи, тексти та 3D-моделі. Алгоритми здатні виявляти пошкодження, відновлювати втрачені фрагменти, очищати зображення від шуму, підвищувати чіткість текстів і розпізнавати інформацію з рукописів чи друкованих джерел. Відновлені об'єкти зберігаються в безпечних цифрових архівах і організовуються в тематичні колекції, які можна легко переглядати та досліджувати. Такий підхід сприяє широкому доступу до культурних об'єктів незалежно від географічного розташування, покращує умови для наукових досліджень та освітніх проєктів.

2.4 Геоінформаційні системи (GIS) для моніторингу стану культурної спадщини

ГІС – інформаційна система, що забезпечує збір, збереження, обробку, доступ, відображення й поширення просторових даних або це складний програмний продукт, який реалізує функції, що призначені для 7 комп'ютерного

модельовання різноманітних процесів з метою вирішення широкого кола завдань, стосовно об'єктів управління з просторовою прив'язкою [21].

Технологія (ГІС) має широкі можливості інтеграції і сумісного аналізу різнорідних даних та є незамінним інструментом для вирішення завдань управління, зокрема прийняття управлінських рішень. ГІСтехнології застосовуються при автоматизації обробки інформації про об'єкти будь-якого походження: штучні чи природні, моніторинг, опис, аналіз, модельовання стану яких і прийняття управлінських рішень щодо поліпшення їх характеристик є неповним без просторового аналізу **[Помилка! Джерело посилання не знайдено.]**.

Геоінформаційна система слугує інструментом удосконалення державного управління стосовно обліку та реєстрації об'єктів культурної спадщини, забезпечує безперешкодний доступ широких верств користувачів до публічної частини інформації про нерухомі пам'ятки регіону [20].

Можливості геоінформаційної системи:

- візуалізація, оперативний доступ, адміністрування та актуалізація інформації про об'єкти культурної спадщини регіону;
- оперативна інвентаризація об'єктів культурної спадщини (археологічних, історичних, монументального мистецтва, архітектури та містобудування, садово-паркового мистецтва, ландшафтних) з метою швидкого реагування на різноманітні загрози для них і їх збереження;
- автоматизація ведення обліку паспортів об'єктів культурної спадщини з можливістю розміщення додаткових відомостей про об'єкти культурної спадщини (фотографії, схеми, описи, скановані копії документів тощо);
- автоматизація ведення та фіксації документації передбаченої Порядком обліку об'єктів культурної спадщини, а саме Актів стану збереження, Актів візуального обстеження, Актів огляду пам'ятки та її території та ін.;
- забезпечення ведення уніфікованого електронного обліку наявних об'єктів культурної спадщини, визначення площ їх охоронних зон;

– визначення планувальних обмежень з урахуванням охоронних зон об'єктів культурної спадщини та вимог містобудівної документації на обласному та місцевому рівнях;

– візуалізація об'єктів культурної спадщини в режимі суміщення з популярними картографічними сервісами (Google Maps, Open Street Maps), державними (Державний земельний кадастр) і регіональними (містобудівний) кадастрами тощо;

– забезпечення обміну інформацією та постійного оновлення відомостей, необхідних при узгодженні та прийнятті рішень з питань соціально-економічної, культурної чи містобудівної політики тощо [20].

Необхідність здійснення регулярного моніторингу стану територій, на яких розташовуються об'єкти культурної спадщини, обумовлена їхньою безперервною динамікою внаслідок впливу природних і антропогенних факторів (будівництво, прокладання інфраструктурних об'єктів, сільськогосподарська діяльність тощо). Масштаби цього впливу майже не різняться за регіонами.

Завдання моніторингу об'єктів культурної спадщини з метою визначення стратегії раціонального землекористування та захисту цих територій передбачає необхідність широкого застосування технологій ДЗЗ(дистанційне зондування Землі), супутникових навігаційних систем і ГІС-технологій для збирання, обробка та аналіз інформації у поєднанні з даними аеровізуальних обстежень і матеріалами традиційних наземних методів пам'яткоохоронних досліджень. Такий комплексний підхід дозволяє зібрати великий масив актуальних даних і на цій основі створити достовірні карти, що характеризують стан об'єктів, використовувати отримані результати у процесах ведення державного земельного кадастру, комплексного обліку, моніторингу стану об'єктів охорони культурної спадщини [42].

Дослідження об'єктів культурної спадщини за допомогою ГІС здійснюється за схемою, показаною на рисунку 2.9.

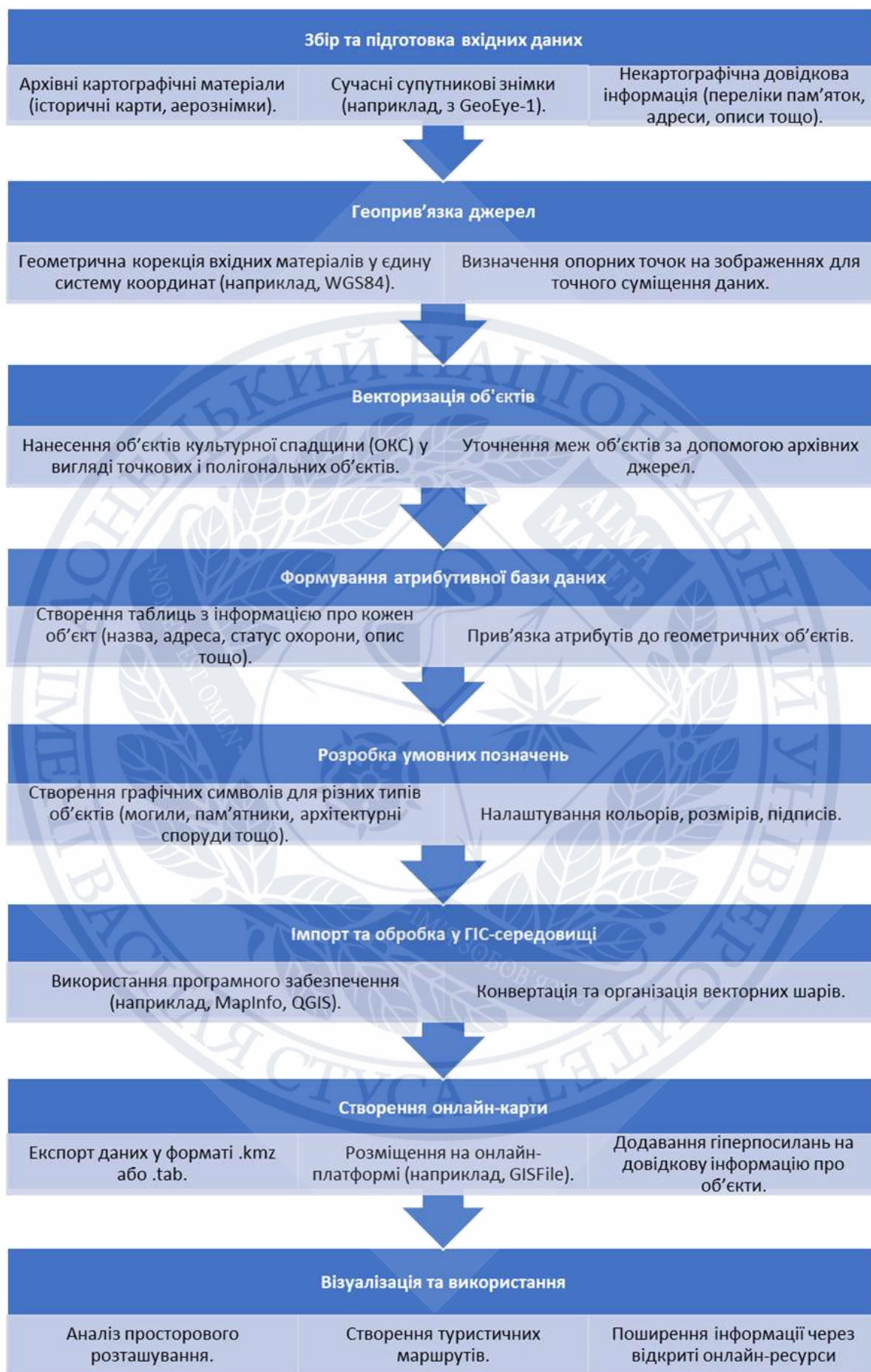


Рисунок 2.9 – Етапи побудови карти об'єктів культурної спадщини

Отже, геоінформаційні системи (ГІС) – це ефективний інструмент для збереження, обліку та моніторингу об’єктів культурної спадщини. Вони дозволяють збирати, зберігати, аналізувати та візуалізувати просторові дані, автоматизувати документацію, оперативно реагувати на загрози та приймати обґрунтовані управлінські рішення. Завдяки поєднанню з супутниковими знімками, ДЗЗ і кадастровими сервісами ГІС забезпечують точність і доступність інформації для фахівців і громадськості.



РОЗДІЛ 3

ПРАКТИЧНИЙ АНАЛІЗ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ЗБЕРЕЖЕННІ КУЛЬТУРНОЇ СПАДЩИНИ

3.1 Аналіз успішних кейсів застосування цифрових технологій у світі

Впровадження цифрових технологій у процес збереження культурної спадщини відкриває нові можливості не лише для фіксації та захисту пам'яток, а й для їх популяризації, вивчення та інтерактивної взаємодії з ними. Завдяки оцифруванню, 3D-моделюванню, використанню геоінформаційних систем (ГІС), технологій штучного інтелекту та доповненої реальності, культурні об'єкти стають доступними для широкої аудиторії – незалежно від місця її перебування.

У світі вже існують успішні приклади впровадження цифрових технологій у сфері збереження культурної спадщини, які демонструють їхню високу ефективність. Одним з прикладів таких впроваджень є, проєкт "Digitalkoot", який залучає громадськість до оцифрування історичних документів через гейміфіковані онлайн-ігри. Цей підхід сприяє масовій участі у збереженні культурної спадщини. Цей проєкт було впроваджено в Національній бібліотеці Фінляндії – найстаріша та найбільша наукова бібліотека Фінляндії, а також один з найбільших незалежних інститутів Гельсінського університету. Вона відповідає за збирання, опис, збереження та доступність друкованої національної спадщини Фінляндії та унікальних колекцій, що перебувають під її опікою. Бібліотечні фонди зберігають мільйони й мільйони сторінок історично та культурно цінних журналів, газет та журналів в Інтернеті. Проблема полягає в тому, що оптичне розпізнавання символів часто містить помилки та пропуски, які ускладнюють пошук. Для усунення цих помилок необхідна ручна корекція, щоб тексти стали машинозчитуваними, що дозволить науковцям та архівістам шукати потрібну інформацію в матеріалах [5]. Digitalkoot – це електронна програма для оцифрування історичних документів та матеріалів Фінляндії. Перша у своєму

роді в Європі, програма використовує можливості краудсорсингу для мобілізації людей для допомоги в оцифруванні мільйонів сторінок архівних матеріалів. Онлайн-волонтери виконують невеликі частини роботи, або мікрозавдання, щоб допомогти правильно оцифрувати історичний контент. Програма, реалізована у вигляді двох онлайн-ігор, поєднує розваги та волонтерську роботу. Постачальником технології електронних програм є Microtask, чия автоматизована платформа розділяє нудні повторювані завдання на крихітні мікрозавдання та розповсюджує їх через Інтернет. Після виконання зацікавленими мікропрацівниками по всій Фінляндії або по всьому світу Microtask об'єднує результати у завершене завдання.

На сьогоднішній день оцифровано чотири мільйони сторінок різних типів текстів XVIII–XX століть, але величезна частина культурної спадщини все ще зберігається лише у паперовому вигляді. Електронна програма дозволяє кожному зробити свій внесок у перетворення частин фінської культурної спадщини у довготривалий формат. Мета полягає в тому, щоб залучити тисячі волонтерів для участі онлайн, використовуючи сучасні технології, розроблені у Фінляндії [5].

Ще одним яскравим прикладом є компанія CyArk, метою якої є розкрити можливості 3D-технологій, щоб зробити світову культурну спадщину доступною для нової аудиторії та майбутніх поколінь. Разом з партнерами компанія працює над такими завданнями:

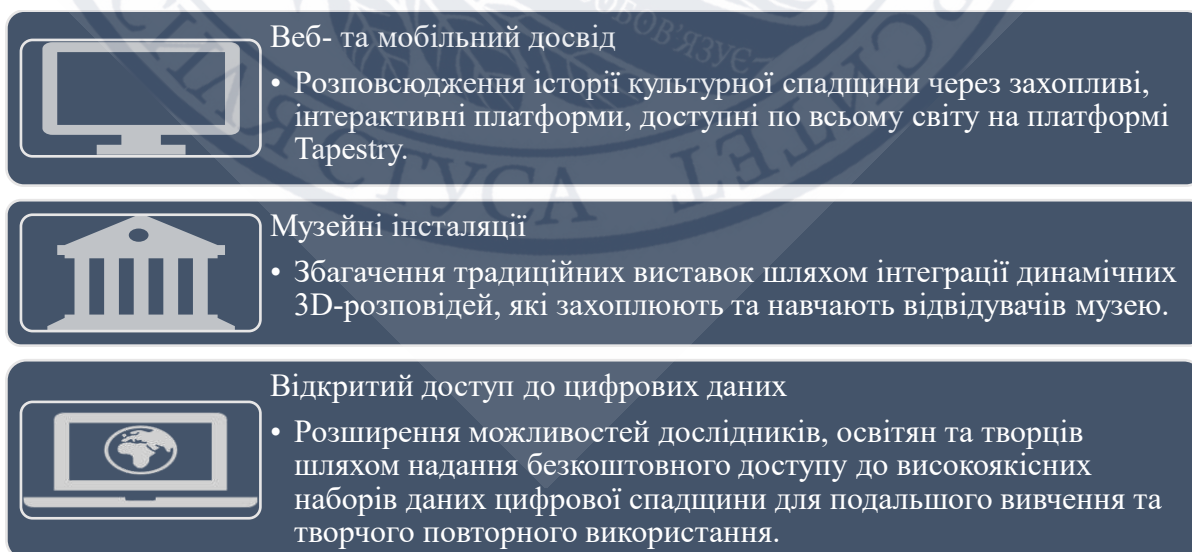


Рисунок 3.1 – Сфери над яким працює компанія CyArk

Визнаючи, що культурна спадщина стикається з безпрецедентними загрозами через зміну клімату, конфлікти та швидку урбанізацію, CyArk створив методологію документування для створення фотореалістичних та точних цифрових двійників об'єктів, які можна використовувати для запису та аналізу [2]. Завдяки детальній документації, навчання та архівуванню ми зберігаємо спадщину спільного минулого людства (рис.3.2).



Рисунок 3.2 – Методи збереження спадщини, які використовує компанія CyArk

Google запустив новий інструмент, який дозволяє будь-кому з підключенням до Інтернету віртуально спостерігати за зміною клімату у п'яти найцінніших культурних пам'ятках світу. Проєкт під назвою «Спадщина на межі» використовує 3D-картографування та інші фотоінструменти для отримання зображень об'єктів Всесвітньої спадщини, які можна використовувати для підтримки збереження та підвищення обізнаності серед туристів і широкої громадськості. Серед п'яти об'єктів спадщини, які були нанесені на карту, – Рапа-Нуї (острів Пасхи); Кілва-Кісівані на узбережжі Суахілі в Танзанії; Старе та Нове міста Единбурга, Шотландія; місто-мечеть Багерхат у Бангладеш; та стародавнє місто Чан-Чан у Перу. Усі п'ять об'єктів були класифіковані як об'єкти

Всесвітньої спадщини ЮНЕСКО. Мета цих зусиль, за словами Google, – «пролити світло на різноманітний вплив зміни клімату на культурні пам'ятки та місця». На веб-сторінці «Спадщина на межі» представлено 50 онлайн-експозицій, включаючи 3D-моделі, екскурсії вулицями та інтерв'ю з місцевими фахівцями, а також короткі посібники про те, як зміна клімату загрожує кожній пам'ятці та як це впливає на місцеву громаду. Не дивно, що картографування кожної пам'ятки виявило значну шкоду, завдану зміною клімату. Перегляд окремих зображень кожної пам'ятки надає детальну ілюстрацію того, як стародавні статуї Рапануї ризикують бути повалені через підвищення рівня моря, як руїни міста Чан-Чан стираються штормами та посухами, або як безперервні дощі можуть призвести до руйнування Единбурзького замку [7]. Щоб задокументувати кожну із пам'яток, Google співпрацював із CyArk, для отримання фотографій та 3D-зображень. Один із яскравих прикладів використання технологій III є проєкт відтворення картин Рембрандта, зокрема його Нічної варти. У 2019 році команда фахівців із Рейксмузеуму (Амстердам) за допомогою III відтворила втрачені частини цього полотна, які були відрізані у XVII столітті для зручності експозиції. Алгоритми аналізували подібні роботи Рембрандта, вивчали його стиль і техніки, що дозволило створити гармонійні доповнення до оригінального твору (рис.3.3) [Помилка! Джерело посилання не знайдено.].



Рисунок 3.3 – ШІ відновив втрачені частини картини Рембрандта Нічна варта

Проект RePAIR (Reconstructing the Past: Artificial Intelligence and Robotics meet Cultural Heritage) використовує технології штучного інтелекту для реконструкції пошкоджених фресок у археологічному комплексі Помпеї. У рамках цього проекту ШІ і робототехніка допомагають скласти тисячі фрагментів розбитих фресок, що залишилися після виверження Везувію в 79 р. н. е. та подальших руйнувань, наприклад, під час бомбардувань у Другій світовій війні. Використовуючи алгоритми машинного навчання, система аналізує форму уламків, порівнює кольорові зразки й ідентифікує їхнє належне місце у загальній композиції. Після цифрової реконструкції ці фрагменти можуть бути фізично зібрані завдяки роботизованим маніпуляторам, які використовуються для точного й безпечного поводження з артефактами. Ця ініціатива є важливим кроком у використанні ШІ для археології й реставрації мистецтва, однак кольорова гама та текстури залишаються предметом складних досліджень і не можуть бути повністю відновлені без наявності оригінальних матеріалів чи аналогів [Помилка! Джерело посилання не знайдено.].

Проект оцифрування сувоїв Мертвого моря, здійснений Управлінням старожитностей Ізраїлю у співпраці з Google, є новаторською ініціативою у сфері збереження та забезпечення доступності стародавніх рукописів. Сувої Мертвого моря, виявлені в печерах Кумрану поблизу Мертвого моря в середині 20 століття, складають колекцію релігійних текстів та біблійних рукописів, яким понад 2000 років. Через їхню крихкість та історичне значення, збереження та забезпечення доступності цих сувоїв для вчених та громадськості становило значні труднощі.

Оцифрування сувоїв Мертвого моря демонструє трансформаційну силу цифрових технологій у збереженні культурної спадщини.

Проект оцифрування включав фотографування та оцифрування тисяч фрагментів сувоїв Мертвого моря за допомогою методів візуалізації високої роздільної здатності. Ці цифрові зображення потім були зібрані в онлайн-базу даних, доступну для дослідників, освітян та широкої громадськості в усьому

світі. Роблячи сувої доступними в цифровому форматі, проєкт сприяє віддаленому доступу до цих безцінних артефактів, долаючи бар'єри, пов'язані з фізичним доступом та збереженням крихких матеріалів [44].

Світовий досвід переконливо демонструє, що цифрові технології стають ключовим інструментом у збереженні та популяризації культурної спадщини. Завдяки оцифруванню артефактів музеї, бібліотеки та інші культурні установи можуть покращити доступність, сприяти науковим дослідженням та залучати громадськість до архівних ресурсів.

3.2 Досвід використання цифрових методів в Україні

Україна, маючи багату культурну спадщину та унікальні історичні пам'ятки, має значний потенціал для впровадження подібних цифрових рішень. В умовах воєнних загроз, руйнування інфраструктури та недостатнього захисту об'єктів, використання цифрових технологій стає не лише бажаним, а критично необхідним кроком. Українські організації, стартапи та державні структури вже мають низку прикладів успішної реалізації цифрових ініціатив.

«Музей – це організація, яка спеціалізується на оцифруванні культурної спадщини України. Працює над збереженням історичних та мистецьких артефактів за допомогою сучасних технологій, роблячи їх доступними для кожного (рис. 3.4).

3D-сканування

- Точні тривимірні моделі: Створення високоякісних 3D моделей музейних експонатів.
- Детальне збереження: Збереження унікальних деталей та характеристик артефактів.
- Віртуальні виставки: Можливість використовувати моделі для віртуальних виставок та досліджень.

Віртуальні Тури

- Інтерактивні подорожі: Віртуальні тури в форматі 360°, які дозволяють досліджувати музеї з будь-якої точки світу.
- Зручність та ефективність: Доступ до культурних скарбів незалежно від місця і часу.
- Освітні програми: Віртуальні тури, які доповнюють навчальні матеріали та освітні програми.

Віртуальна та Доповнена Реальність

- Інтерактивні музеї: Створення інтерактивних віртуальних музеїв для глибокого занурення у світ культури.
- Реконструкції артефактів: Відтворення втрачених артефактів за допомогою VR та AR технологій.
- Освітні програми: Розширення можливостей для вивчення культурної спадщини через інтерактивні програми.

Рисунок 3.4 – Послуги, що надає єМузей

На офіційному сайті представлено місію організації, яка звучить так: «Ми прагнемо зберегти та популяризувати культурне надбання України, використовуючи найсучасніші технології. Наша робота допомагає зробити історичні та мистецькі скарби доступними для всіх, незалежно від місця проживання чи фізичних можливостей» **[Помилка! Джерело посилання не знайдено.]**.

Компанія Гугл використовує штучний інтелект, щоб зберегти культурну спадщину різних країн світу у цифровому форматі. Серед них і Україна. Українські пам'ятники, церкви, музеї, рідкісні артефакти, пам'ятки архітектури як у великих містах, так і в найменших селах, тепер є у форматі 3D у пошуковику Гугл на сайті Google Art and Culture у проєкті “Україна поруч” (Ukraine is Here) [6].

Співпраця Google з культурними закладами України триває вже понад 5 років. Google має операційний офіс у Києві, і працює з міністерством культури та різними національними та місцевими музеями.

Проєкт «Україна поруч» активно розпочався, у 2020 році, мета полягала в тому, щоб зосередитися на збереженні та розповіді історії про культурну

спадщину України світові та Україні. Щоб люди могли отримати до нього доступ онлайн **[Помилка! Джерело посилання не знайдено.]**.

У 2022 році було запущено перший етап проєкту за підтримки першої леді України, у тісній співпраці з Міністерством культури та близько 10 інших партнерів з України.

У першій частині проєкту, він був більше зосереджений на мистецтві, тому що були художні музеї, які тоді закрилися (через повномасштабне російське вторгнення). Люди не могли потрапити в музеї, тож у музейників виникла ідея викласти мистецтво в Інтернет, створити віртуальні галереї, щоб люди могли побачити і досліджувати його. Вже на наступних етапах втілення проєкту додали пам'ятники, місця культурної спадщини, об'єкти всесвітньої спадщини ЮНЕСКО, велику частину яких складають церкви зняті у форматі 3D **[Помилка! Джерело посилання не знайдено.]**.

Ще один український досвід – проєкт #SaveUkrainianHeritage започаткований командою Skeiron задля збереження культурної спадщини України через її оцифрування. Ця ініціатива ставить собі за мету створення реалістичних тривимірних (3D) моделей архітектурних та культурних надбань, які перебувають під загрозою знищення або пошкодження.

В умовах повномасштабного вторгнення та систематичного пошкодження історичних та культурних пам'яток, цифрове збереження культурної спадщини набуває надзвичайної актуальності. За інформацією від Міністерства культури та інформаційної політики України, від початку повномасштабної війни понад пів тисячі об'єктів культурної спадщини були ушкоджені або зруйновані. Проєкт #SaveUkrainianHeritage покликаний зменшити наслідки таких втрат.

Основна мета проєкту виникає у створенні детальних цифрових моделей пам'ятки архітектури та культури для:

- фіксації сучасного стану об'єктів;
- сприяння подальшій реставрації та реконструкції у випадку їх пошкодження;
- збереження історичної пам'яті для майбутніх поколінь;

– популяризація культурної спадщини широкого кола громадськості [9].

Об'єкт охоплює значну частину території України з пріоритетом на об'єкти ЮНЕСКО та пам'ятки національного значення. Вже створено понад 100 цифрових моделей архітектурних пам'яток у Львові, Києві, Чернівцях, Жовкві, Кам'янці-Подільському та інших містах. Одним із наймасштабніших об'єктів став архітектурний комплекс резиденції митрополитів Буковини та Далмації в Чернівцях, де було здійснено понад 3000 станцій сканування [9].

Оцифровані моделі стають основою для проектів реставрації, реконструкції та наукових досліджень. У майбутньому планується створення спеціалізованого ресурсу, доступного для фахівців, дослідників та реставраторів.

Україна вже має низку успішних ініціатив у сфері цифрового збереження культурної спадщини. Ці проекти демонструють як потужність технологій, так і зацікавленість громадськості у захисті історичної спадщини. Подальший розвиток цифрових платформ, державна підтримка і міжнародна співпраця є ключовими чинниками для збереження культурної ідентичності в умовах сучасних викликів.

25 лютого 2025 р. Верховна Рада України ухвалила Закон України «Про ратифікацію Конвенції Ради Європи про правопорушення, пов'язані з культурними цінностями». Це рішення стало важливим кроком на шляху України до зміцнення правової системи та забезпечення належного захисту культурної спадщини від незаконних посягань. Законопроект № 0297, розроблений Міністерством юстиції України та внесений Президентом України, був прийнятий парламентом в цілому [49].

3.3 Проблеми та виклики цифровізації в галузі культурної спадщини

Виклики, пов'язані зі збереженням як матеріальної, так і нематеріальної культурної спадщини в її історико-культурному середовищі, завжди вважалися актуальними та перебували у фокусі уваги науковців та громадськості. Таке зосередження було зумовлено прагненням запобігти можливим втратам для

майбутніх поколінь через, наприклад, поступове природне руйнування або внаслідок непослідовної культурної політики та ін. У сучасних умовах розвитку інформаційного суспільства та впровадження цифрових технологій процес діджиталізації культурної спадщини та об'єктів культури може вирішити ці проблеми, надаючи широкі можливості для збереження та доступу до них [22].

Значний інтерес для дослідників різних сфер становлять трансформації, що відбуваються в культурі у зв'язку з широким упровадженням цифрових технологій. Діджиталізація (в перекладі з англ. «digitalization» означає «цифровізація», «оцифровування», «приведення у цифрову форму») як соціальне явище почало набувати поширення у різних сферах життя: в економіці, промисловості, освіті, культурі, обслуговуванні з другої половини ХХ століття. Зміст терміна «діджиталізація», як слушно вважає Б. Тетерятник, охоплює дещо ширший спектр значень, аніж поняття «цифровізація». Це пов'язано з тим, що саме в західноєвропейській, а також американській наукових традиціях особливості переходу у кодуванні інформації від аналогового до цифрового типу почали досліджуватися не як суто технологічні, але і як антропологічні, суспільні та культурні процеси [47].

Культурна спадщина та сучасні технології традиційно сприймаються як протилежні явища – перша пов'язана з минулим і традиціями, друга – з майбутнім і новаціями. Проте в умовах глобалізації та культурної взаємодії ці протилежності все більше поєднуються. Відбувається синергія минулого й інновацій, що відкриває нові можливості для інтеграції культурної спадщини в цифрову епоху.

Пріоритетними напрямками в аналізованій проблематиці є: збереження культурної спадщини у цифровій формі; надання громадянам доступу до цифрових технологій та послуг; застосування цифрових технологій з метою популяризації культурної спадщини. У поєднанні це обов'язково стане ефективним засобом, що залучає суспільство до культурного контенту [8].

Хоча метавсесвіт пропонує інноваційні способи збереження та знайомства з культурними об'єктами та об'єктами спадщини, існує кілька факторів ризику та

проблем, які необхідно враховувати:

1. Втрати автентичності та історичної точності у цифровій реконструкції. Вкрай важливо забезпечити автентичність та історичну точність віртуальних зображень об'єктів культурної спадщини. Консерватори часто стикаються з етичними дилемами, такими як баланс між збереженням оригінальної цілісності артефакту та необхідністю реставрації, що вимагає міждисциплінарних підходів, що об'єднують історію, археологію, етику та матеріалознавство для інформування про практику збереження [53].

2. Спотворення культурного контексту у віртуальному середовищі. Під час використання передових технологій, таких як 3D-моделювання та віртуальна реальність, для створення цифрових копій об'єктів спадщини та артефактів існує ризик того, що спрощення або неточності у віртуальних моделях можуть спотворити культурний чи історичний контекст, що може призвести до спотвореного розуміння спадщини [40].

3. Однією з критичних проблем є втрата деталей, особливо коли цифрові моделі можуть не відображати всі сліди оригінальних артефактів чи архітектури через неповні дані або обмеження сучасних технологій [31]. Такі деталі можуть включати текстури, кольори, матеріали та невеликі, але культурно значущі аспекти, що призводить до менш точного представлення. Інтерпретація даних також важлива при створенні цифрових моделей, на які можуть впливати особисті, культурні чи академічні упередження творців [33]. Наприклад, на обґрунтовані рішення щодо особливих особливостей або їх незнання може вплинути власний вибір чи уподобання творців, що може незначно змінити сприйняте значення місця.

4. Технологічна недосконалість цифрового відтворення. Хоча технології відіграють вирішальну роль у збереженні культурної спадщини, технологічні обмеження можуть впливати на точність цифрового відтворення об'єктів спадщини. Наприклад, взаємодія світла та тіні протягом дня або старіння матеріалів протягом століть може вплинути на те, наскільки реалістично ці місця зображуються у віртуальному середовищі [25]. Крім того, адекватність цифрових

моделей також може бути сумнівною з точки зору ширшого контексту місця спадщини, такого як його географічне розташування, його зв'язок з навколишніми будівлями чи ландшафтами та його історична еволюція з часом [17]. Такі контексти відіграють важливу роль у розвитку розуміння та культурних знань віртуальних відвідувачів про значення та призначення об'єкта спадщини. Це також може сприяти негативному освітньому впливу, особливо якщо ці цифрові моделі використовуються як освітні інструменти в школах чи музеях. Неточності можуть увічнювати міфи або невірні факти, які пізніше може бути важко виправити. Тому для творців та розробників цифрового відтворення важливо прагнути та забезпечувати максимально можливу точність за допомогою вичерпних даних, залучення експертів та застосування новітніх технологій.

5. Культурна апропріація. Почуття культурної чутливості є надзвичайно важливим при роботі з віртуальними репрезентаціями культурної спадщини. Воно також передбачає сильне почуття поваги до культур та спільнот, які представляють ці культурні активи. Однак існує ризик культурної апропріації або перекручування, якщо не проводити належних консультацій та співпраці з місцевими громадами [36].

Культурна апропріація відбувається, коли елементи культури вириваються з контексту, як правило, іншою культурою, та використовуються таким чином, що не визнає з повагою їхнє первісне значення та не віддає належного значення їхнім вихідним спільнотам. У віртуальному середовищі це може проявлятися у використанні культурних символів, практик або артефактів способами, які розглядаються як неповага або применшення їхнього культурного значення [35]. Відсутність участі місцевих громад та експертів з культури у збереженні віртуальної спадщини може призвести до перекручування місць спадщини та артефактів, що призведе до спотвореного розуміння культури, впливу на стереотипи або навіть дезінформацію про культурні практики відповідних спільнот. Культурна чутливість також передбачає ініціативи консультацій та співпраці з місцевими громадами та експертами для поваги до культурних цінностей та їх точного представлення [34]. Крім того, ця чутливість пов'язана з

етичними наслідками щодо того, як збираються, використовуються та поширюються культурні дані. Невідповідність культурним наративам спільнот та їхньому використанню культурної спадщини може призвести до серйозних проблем щодо прав інтелектуальної власності та комерційного використання культурних репрезентацій [16]. У світлі цієї дискусії, підтримка культурної чутливості у віртуальних репрезентаціях культурної спадщини вимагає відданості автентичності, поваги та етичної взаємодії з джерельними спільнотами. Крім того, належні консультації та співпраця є ключовими для уникнення культурної апропріації та перекручування.

6. Ще однією серйозною проблемою є цифровий розрив. Оскільки метавсесвіт є відносно новим, доступ до технологій метавсесвіту та віртуальної реальності не є універсальним, і існує ризик того, що цифровий розрив може виключити певні групи з віртуальної культурної спадщини. Метавсесвіт та інші імерсивні технології часто вимагають дорогого обладнання, такого як VR-гарнітури, та високошвидкісного підключення до Інтернету. Ці витрати можуть бути непосильними для окремих осіб та громад з нижчих соціально-економічних категорій, потенційно позбавляючи їх доступу до віртуального досвіду культурної спадщини. Зокрема, міські райони частіше мають необхідну інфраструктуру та зв'язок для підтримки таких технологій порівняно з сільськими районами [14]. Ця географічна нерівність може перешкоджати людям у віддалених регіонах отримати доступ до цього цифрового досвіду, ще більше посилюючи регіональну нерівність. Що ще важливіше, концепція цифрового розриву резонує з концепцією цифрової грамотності, оскільки програми метавсесвіту часто вимагають певного рівня цифрової грамотності [23]. Її відсутність може бути перешкодою для людей похилого віку або тих, хто не має формальної освіти в галузі технологій. Без навичок навігації на цих платформах деякі люди можуть бути не в змозі скористатися перевагами віртуальної культурної спадщини. Крім того, існує також ризик того, що досвід віртуального ознайомлення з культурною спадщиною може не бути розроблений з урахуванням культурних реалій чи мов різних світових спільнот [43]. Це може

відчужити користувачів, які не бачать точного відображення своєї ідентичності чи історії. Тому необхідні зусилля для забезпечення доступності цих технологій для широкого кола користувачів. У цьому випадку уряди та організації можуть зосередитися на субсидуванні 3D та передових технологій разом із широкосмуговим доступом для освітніх та відповідних установ [24]. Бібліотеки, громадські центри та школи можуть забезпечити публічний доступ до обладнання віртуальної реальності та спеціалізованих просторів для ознайомлення з віртуальною культурною спадщиною. Впровадження програм для підвищення цифрової грамотності, спеціально спрямованих на використання метавсесвіту та інших імерсивних платформ, може допомогти більшій кількості людей скористатися цими технологіями. Більше того, інтеграція багатомовності та культурної інклюзивності з досвідом цифрового ознайомлення з культурною спадщиною може допомогти залучити ширшу та різноманітнішу аудиторію [4].

7. Зміщення пріоритетів з фізичної спадщини на цифрову. Хоча віртуальне збереження є цінним, воно не повинно замінювати збереження об'єктів фізичної спадщини. Існує занепокоєння, що залежність від цифрових зображень може призвести до нехтування реальними об'єктами, які є важливими для їхньої історичної, культурної та екологічної цінності [4]. Цифрові моделі не можуть повністю відобразити контекст та середовище місця. Атмосфера, навколишній ландшафт та сенсорні враження, такі як звуки, запахи та тактильні взаємодії, є невід'ємною частиною повного розуміння об'єктів спадщини. Ці елементи можуть бути зменшені або втрачені у віртуальному середовищі. Віртуальні тури можуть вплинути на економічні зусилля, необхідні для постійних зусиль зі збереження фізичної спадщини, що з часом може призвести до погіршення стану об'єктів [37]. Вони також можуть мати освітній та емоційний вплив. Наприклад, відчутний досвід перебування на місці, розуміння його масштабу та безпосереднього спостереження за матеріалами та майстерністю не може бути повністю відтворений цифровим досвідом [30]. Крім того, також важливим є вплив на навколишнє середовище, який може з часом змінювати об'єкти фізичної спадщини через природні або антропогенні фактори. Для управління цими

змінами та захисту місця від потенційної шкоди для навколишнього середовища необхідні постійні зусилля щодо фізичного збереження. Покладання виключно на цифрове збереження може ігнорувати необхідність управління навколишнім середовищем. Іншими словами, цифрове збереження не може задовольнити вимоги фізичного збереження об'єктів спадщини [48]. Тому цифрові ініціативи слід розглядати як додатковий інструмент для збереження спадщини, а не як заміну її фізичного збереження. Використання цифрових інструментів має доповнювати, а не замінювати фізичні відвідування об'єктів спадщини. Це також вимагає навчання громади або громадськості щодо важливості збереження фізичних аспектів об'єктів спадщини, забезпечуючи розуміння ними того, що цифрові репліки є доповненнями, а не заміниками.

8. Питання безпеки та конфіденційності даних однаково важливі у збереженні цифрової спадщини, особливо коли в процесі задіяні передові технології, такі як метавсесвітні програми. Оскільки точність представлень впливає на історичне розуміння, існує ризик фальсифікації або пошкодження даних, як зловмисного, так і випадкового, що може призвести до перекручування культурних артефактів або місць. Що стосується цифрових сховищ, існує ризик того, що неавторизовані особи можуть отримати доступ до даних спадщини та використовувати їх не для цілей, ніж ті, що передбачені, наприклад, для комерційної експлуатації без належного зазначення авторства або згоди [39]. Це може призвести до правових та етичних проблем, особливо з чутливими або священними культурними матеріалами. Це також пов'язано з питаннями прав інтелектуальної власності щодо того, хто володіє даними та як використовувати або дозволяти їх використання, обмін, зберігання та відтворення даних, що потенційно може призвести до неправильного використання. Для живих культур цифрові представлення можуть містити конфіденційну інформацію про сучасних осіб або спільноти, які вважають певні знання, практики або місця приватними або священними. Тому обробка даних з урахуванням культурних норм та очікувань щодо конфіденційності є важливою.

9. Забезпечення довгострокового доступу до цифрових даних та їх

збереження є ще одним викликом. Цифрові формати можуть швидко застарівати, а підтримка необхідної технологічної інфраструктури для підтримки постійного доступу та сумісності може бути дорогою та технічно складною. Системи зберігання даних також піддаються ризикам кібербезпеки. Хакери можуть націлитися на ці сховища з метою крадіжки, викупу або просто завдання шкоди. Ці виклики вимагають ретельного планування та надійних технічних, правових та етичних рамок, щоб забезпечити безпеку, повагу та сталий розвиток зусиль щодо збереження цифрової спадщини з використанням метавсесвіту та інших передових технологій. Вирішення цих проблем вимагає спільного підходу, що охоплює технологів, фахівців з культурної спадщини, громад, політиків та освітян. Враховуючи ці фактори, потенціал метавсесвіту для збереження та поширення культурної спадщини може бути реалізований відповідальним та інклюзивним чином [18].

Отже, Спираючись на досвід упровадження цифрових технологій, є доцільним виконання таких практичних рекомендацій щодо вдосконалення діджиталізації культурної спадщини: підвищувати рівень кваліфікації працівників закладів культури з використання цифрових технологій, зокрема, у центрах безперервної освіти; забезпечувати доступність оцифрованих культурних ресурсів для широкого загалу; оптимізувати формування Національної електронної бібліотеки та інших державних інформаційних систем, що включають об'єкти культурної спадщини; сприяти громадянам України у формуванні та розвитку цифрової грамотності та компетенцій цифрової культури, включаючи навчання за онлайн-програмами розвитку цифрової грамотності; забезпечити оцифрування культурної спадщини та пам'яток історії та культури для кращого доступу населення до культурних цінностей.

3.4 Перспективи розвитку та впровадження новітніх технологій у сфері реставрації

Основною метою реставрації є збереження оригінальних елементів та

матеріалів пам'яток. Це означає відновлення пошкоджених частин, але без зміни їх суттєвих характеристик.

Якщо деякі частини пам'ятки зникли або важко відновити, може застосовуватись відтворення на підставі досліджень та з використанням аналогічних матеріалів і технологій. Деякі пам'ятки можуть бути відновлені так, щоб вони залишилися функціональними, наприклад, музеї.

Реставраційні роботи виконуються командою спеціалістів, яка може включати архітекторів, істориків, консерваторів, археологів, інженерів та інших експертів. Особливо важливо враховувати етичні аспекти, які полягають в тому, щоб реставрація не спотворила оригінального духу та історії об'єкта [46].

Процес реставрації включає кілька етапів: попереднє дослідження об'єкта, планування робіт, безпосередня реставрація та подальший моніторинг стану. Для успішної реконструкції необхідні такі роботи, як очищення, зміцнення конструкцій, заміна пошкоджених елементів та використання відповідних матеріалів. Важливо також ретельно планувати реставраційні проекти, враховуючи як технічні аспекти, так і культурні особливості.

До основних технологій реставрації культурної спадщини відносять: 3D-сканування та моделювання; інформаційне моделювання будівель (BIM); віртуальну та доповнену реальність (VR/AR); штучний інтелект та робототехніку; неруйнівні методи контролю (NDT); аналіз матеріалів на мікрорівні; цифрові архіви та бази даних. 3D-сканування та моделювання методи дозволяють створювати точні цифрові копії артефактів, творів мистецтва та архітектурних пам'яток. В Україні такі технології активно застосовуються для документування та збереження культурної спадщини. BIM-технології використовуються для створення детальних цифрових моделей історичних споруд, що сприяє ефективному плануванню реставраційних робіт та збереженню архітектурної цілісності об'єктів. Застосування VR та AR дозволяє створювати інтерактивні експозиції та віртуальні тури, що робить культурну спадщину доступнішою для широкої аудиторії. Проекти, такі як RePAIR в Італії, використовують штучний інтелект та робототехніку для аналізу та реконструкції

пошкоджених артефактів, що значно прискорює процес реставрації. Методи, такі як георадар, ультразвукове дослідження та термографія, дозволяють виявляти приховані дефекти в структурах без пошкодження об'єктів, що є критично важливим для збереження їхньої цілісності. Використання спектроскопії, рентгенівської флуоресценції та хроматографії допомагає точно визначити склад матеріалів, що дозволяє підбирати відповідні методи реставрації та зберігати автентичність об'єктів [45]. Створення цифрових архівів забезпечує довготривале збереження інформації про культурні об'єкти та полегшує доступ до них для дослідників і громадськості.

Основні етапи реставрації включають дослідження, проектування та виконання робіт. На початковому етапі необхідно провести детальне дослідження об'єкта, що дозволить виявити його історичну цінність та поточний стан. Документування кожного етапу процесу є важливим, оскільки воно допомагає відстежувати зміни та зберігати інформацію про проведені роботи. Кожен етап впливає на кінцевий результат, оскільки від якості виконання залежить, наскільки вдало буде відновлено спадщину [45].

Збереження автентичності історичних об'єктів є основою реставрації. Неправильний підхід може призвести до втрати унікальності та культурної цінності. Наукове обґрунтування рішень у реставрації дозволяє мінімізувати ризики. Приклади успішних реставрацій підтверджують, що ретельне дотримання принципів збереження автентичності сприяє відновленню історичної значущості об'єктів. Реставратори історико-культурної спадщини щодня стикаються з рядом серйозних викликів, які можуть суттєво вплинути на ефективність їхньої роботи та якість кінцевого результату. По-перше, одним з найбільших перешкод є нестача фінансування. На реставрацію історичного об'єкта часто виділяються обмежені кошти, що робить неможливим виконання всіх необхідних робіт у строк. Наприклад, під час відновлення історичної будівлі може виникнути необхідність у рідкісних або спеціалізованих матеріалах, які потребують додаткових витрат, що часто призводить до затримок та компромісів у якості. По-друге, робота з історичними матеріалами вимагає особливого

підходу та високої кваліфікації. Ці матеріали можуть бути крихкими та підлягати руйнуванню, що накладає зобов'язання на реставраторів використовувати лише перевірені методи та технології. Це вимагає не лише знань, але й уважності, щоб уникнути непоправної шкоди.

Нарешті, дотримання законодавства є критично важливим аспектом реставрації. Безліч норм і правил регулює процеси роботи з історичними пам'ятниками, і недотримання цих вимог може призвести до серйозних юридичних наслідків, аж до штрафів і призупинення робіт. Тому реставратори повинні не лише бути майстрами своєї справи, але й добре орієнтуватися в правових аспектах своєї професії (табл.3.1) [45].

Отже, впровадження новітніх технологій у реставрацію культурної спадщини є не лише перспективним, а й необхідним напрямом розвитку цієї сфери так як, дає змогу ефективніше зберігати і відновлювати об'єкти; робить спадщину доступнішою та зрозумілішою для сучасного суспільства; відповідає глобальним тенденціям сталого збереження культурного надбання.

Таблиця 3.1 – «Порівняльний аналіз традиційних методів реставрації та з використанням цифрових технологій»

Критерій	Традиційна реставрація	Реставрація з використанням сучасних технологій
Точність відновлення	Залежить від навичок фахівця та історичних джерел	3D-сканування, фотограмметрія, BIM забезпечують міліметрову точність
Час виконання	Тривалий, особливо для складних об'єктів	Значно скорочений завдяки автоматизації та цифровому моделюванню
Вартість	Залежить від обсягу ручної праці та рідкісних матеріалів	Висока початкова вартість, але економія на довгостроковій перспективі
Автентичність матеріалів	Висока, часто використовують оригінальні матеріали (камінь, тиньк)	Зберігає форму та колір, але не завжди можливо відтворити матеріал

Критерій	Традиційна реставрація	Реставрація з використанням сучасних технологій
Залежність від людського фактору	Повна: майстер повинен мати великий досвід	Частково автоматизовано, ризик людської помилки знижений
Можливість віддаленого доступу/демонстрації	Обмежена	Віртуальні тури, AR/VR дозволяють знайомити світ із культурною спадщиною онлайн
Відновлюваність у разі втрати/руйнування	Потребує повторної роботи з оригіналом (якщо він вцілів)	Оцифровані моделі можна швидко відтворити (наприклад, на 3D-принтері)
Можливість дослідження без пошкодження	Часто вимагає фізичного втручання	Неруйнівні методи дослідження (ультразвук, рентген, термографія)
Збереження історичних даних	Архівується вручну, може загубитися	Створюються цифрові бази даних, що доступні дослідникам по всьому світу

Збереження культурної спадщини має не лише історико-ціннісне, а й освітнє значення, оскільки забезпечує безперервність культурного досвіду, формує національну ідентичність та сприяє розвитку критичного мислення й громадянської свідомості. Вивчення та залучення до процесів охорони спадщини дозволяє закладам вищої освіти не лише інтегрувати міждисциплінарні знання, а й формувати практичні навички у студентів, пов'язані з аналізом, документацією, цифровізацією та популяризацією культурних надбань. У цьому контексті освітня спільнота виступає не пасивним спостерігачем, а активним учасником культурного процесу.

Взаємодія організацій, задіяних у сфері збереження культурної спадщини, має мережевий і координований характер, де кожна установа виконує свою специфічну роль, але при цьому залежить від узгодженості дій інших.

Міністерство культури та інформаційної політики України (МКІП) – виступає центральним координатором. Воно формує загальнодержавну політику у сфері охорони спадщини, затверджує програми, ініціює законодавчі зміни, розробляє концепції цифровізації та реставрації. МКІП також визначає пріоритетні напрями для фінансування та співпраці з міжнародними

структурами, а також координує роботу підпорядкованих інституцій.

Український культурний фонд (УКФ) – реалізує частину політики МКІП через механізм відкритих конкурсів і грантів. МКІП може задавати стратегічні рамки, а УКФ, як оперативна структура, оголошує тендери на проєкти цифровізації, реставрації чи популяризації спадщини. УКФ тісно співпрацює з культурними організаціями, університетами, громадськими ініціативами та заповідниками.

Державна архівна служба України – забезпечує збереження документальної спадщини. Співпрацює з МКІП у формуванні політик, бере участь у наукових програмах і може отримувати фінансування або проєктну підтримку через УКФ для оцифрування чи оновлення архівних систем. Також підтримує фахову комунікацію з університетами та науковими установами.

Національні заповідники – реалізують конкретні проєкти охорони, реставрації та інтерпретації спадщини на місцях. Їхня діяльність регулюється МКІП і часто фінансується через УКФ або напряду з державного бюджету. Заповідники можуть бути заявниками на проєкти, а також базами для студентської практики та досліджень.

Міжнародні організації (ЮНЕСКО, ICOMOS, ICCROM) – надають Україні статуси охоронних об'єктів, проводять моніторинг, надають експертну допомогу, навчальні програми, а іноді – фінансову підтримку. Їхні рекомендації враховуються при розробці національної політики (через МКІП) або проєктів реставрації (реалізованих через УКФ чи заповідники).

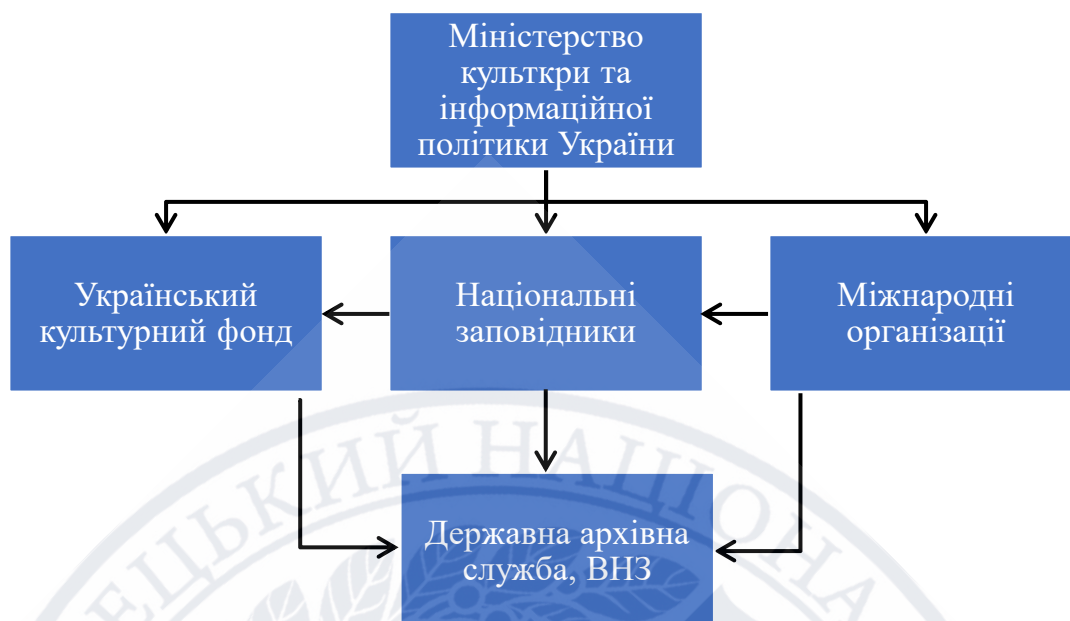


Рисунок 3.5 - Взаємодія організацій, задіяних у сфері збереження культурної спадщини

Проекти зі збереження культурної спадщини проходять кілька послідовних етапів. Спочатку Міністерство культури та інформаційної політики України (МКІП) визначає ключові напрями роботи – наприклад, реставрацію, цифровізацію чи охорону нематеріальної спадщини. Після цього Український культурний фонд (УКФ) оголошує конкурс на фінансування проєктів у цих напрямках. Організації (архіви, заповідники, ЗВО, громадські об’єднання) подають заявки з описом ідеї, бюджету, команди, строків реалізації та очікуваних результатів. Також додають технічні документи та листи підтримки. Далі проєкти оцінюють незалежні експерти. Вони звертають увагу на важливість і новизну ідеї, досвід виконавців і якість підготовки. Якщо заявку схвалено, з організацією підписують договір. У ньому вказано умови фінансування, строки, звітність. Після цього починається реалізація проєкту – наприклад, ремонт пам’ятки, створення бази даних або дослідження. Протягом усього процесу організація подає проміжні звіти. На завершення УКФ або МКІП перевіряють результати: чи все виконано якісно та вчасно. Проєкт завершується підсумковим звітом із фото, матеріалами чи посиланнями на публікації. Такий порядок забезпечує прозору та

ефективну співпрацю між державою і виконавцями (рис.3.6).

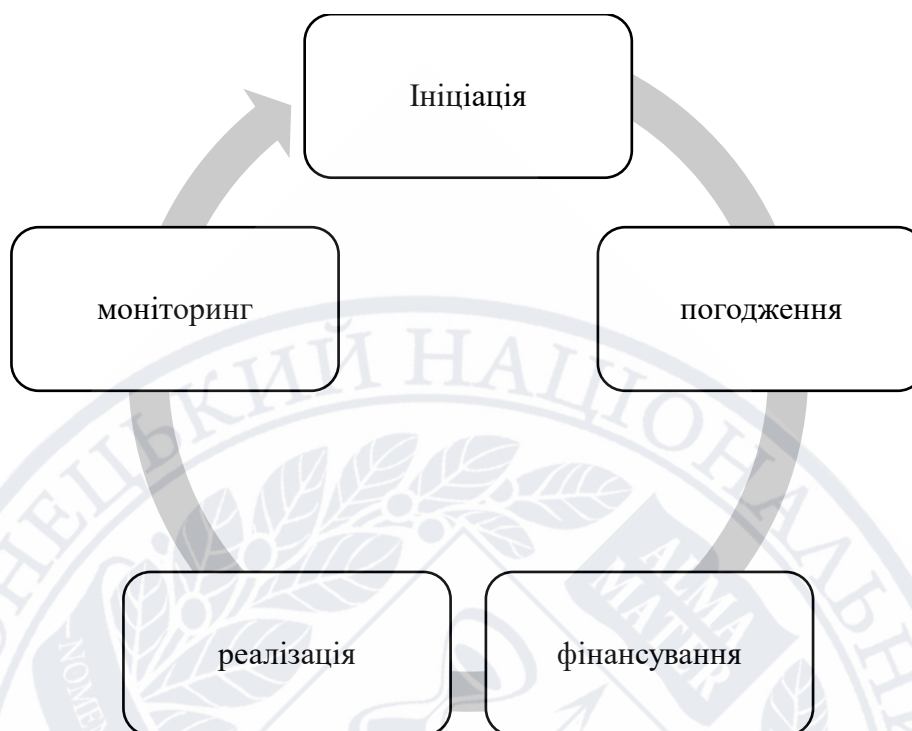


Рисунок 3.6 - Типовий цикл реалізації проєкту

Охорона культурної спадщини в Україні регулюється комплексом нормативно-правових актів, що визначають статус об'єктів, повноваження органів управління, вимоги до проєктування, використання й утримання пам'яток, а також порядок фінансування заходів (табл.3.2).

Фінансування охорони спадщини здійснюється через кілька каналів:

1. Кошти державного бюджету, які МКІП спрямовує на підтримку національних музеїв, заповідників, архівів та реалізацію загальнодержавних програм.

2. Гранти від Українського культурного фонду. В межах конкурсних програм (наприклад, «Українська культурна спадщина», «Культура+ІТ») підтримку можуть отримати як державні, так і недержавні організації, включно з університетами. Суми варіюються від 100 тисяч до кількох мільйонів гривень. Обов'язковою є детальна поетапна звітність.

3. Міжнародні гранти – від ЮНЕСКО, House of Europe, Creative Europe

тощо. Вони, як правило, підтримують інноваційні або партнерські ініціативи.

4. Публічні закупівлі, замовник – музей, архів або університет – проводить тендер у системі Prozorro. Переможець обирається на конкурсній основі для реалізації проєкту.

Таблиця 3.2 – Нормативна база у сфері збереження культурної спадщини

№	Назва документа	Тип документа	Основні положення
1	Закон України «Про охорону культурної спадщини» (2000) Перейти	Закон	Визначає поняття, порядок обліку, охорони, використання, реставрації та статусу пам'яток; повноваження органів охорони.
2	Закон України «Про культуру» (2010) Перейти	Закон	Визначає правові основи культурної політики, принципи підтримки культурних інституцій, у тому числі у сфері спадщини.
3	Закон України «Про архітектурну діяльність» (1999) Перейти	Закон	Регулює проєктування, будівництво, реконструкцію, реставрацію пам'яток архітектури.
4	Постанова КМУ № 870 від 13.07.2011 Перейти	Постанова	Визначає порядок обліку об'єктів культурної спадщини, процедуру внесення до Державного реєстру.
5	Постанова КМУ № 878 від 26.07.2001 Перейти	Постанова	Встановлює критерії та процедуру визначення категорії пам'яток (національного/місцевого значення).
6	Постанова КМУ № 318 від 25.05.2011 Перейти	Постанова	Порядок погодження проєктів реставрації та науково-проєктної документації.
7	Накази МКІП Сайт МКІП	Відомчі нормативи	Регулюють охоронні договори, погодження втручань, вимоги до проєктної документації, архітектурних конкурсів тощо.
8	Закон України «Про публічні закупівлі» (2015) Перейти	Закон	Регулює тендерні закупівлі робіт, товарів та послуг для реставрації, досліджень і цифровізації спадщини.

Для реалізації проєктів із збереження спадщини залучаються:

- архівісти та музеєзнавці;
- ІТ-фахівці (оцифрування, бази даних, платформи);
- юристи (охорона прав власності на об'єкти);
- історики, етнологи, археологи;

– дизайнери (створення інтерактивних презентацій, віртуальних турів).

Однак виникає кадрова проблема: у державних і навіть приватних проєктах часто бракує сучасно підготовлених фахівців з міждисциплінарними навичками (архівознавство + ІТ, історія + менеджмент проєктів тощо).

Зараз в Україні працює лише невелика група фахівців-реставраторів найвищого класу, але їхніх можливостей не вистачає для покриття всіх потреб. Варто зазначити, що для розв'язання всіх цих питань, зусиль лише держави та громадських організацій недостатньо [38].

Заклади вищої освіти можуть відігравати активну роль у процесі збереження спадщини:

- формувати проєктні групи з викладачів і студентів;
- ініціювати власні проєкти (оцифрування, дослідження, популяризація);
- співпрацювати з МКІП або УКФ для отримання фінансування;
- обмінюватися досвідом та знаннями.

Чинники, які стають на заваді участі ЗВО:

1. *Недостатнє фінансування.* Обмежені фінансові ресурси університетів не дозволяють забезпечити сучасну матеріально-технічну базу для реставраційної діяльності. Відсутність стабільного державного чи грантового фінансування для практичних проєктів з реставрації.

2. *Складна бюрократична система.* Залучення ЗВО до реставраційних робіт вимагає численних дозволів та узгоджень від державних органів охорони культурної спадщини.

3. *Недостатня практична підготовка та інфраструктура.* Бракує сучасних реставраційних майстерень, лабораторій, обладнання. Навчальний процес часто орієнтований більше на теорію, ніж на реальну практику.

4. *Слабка співпраця з іншими секторами.* Відсутність ефективної взаємодії між університетами, музеями, органами місцевої влади, громадськими організаціями. Недостатнє залучення до національних і міжнародних реставраційних програм (зокрема ЮНЕСКО, Erasmus+, Horizon Europe).

5. *Низький рівень мотивації та зацікавленості студентів.* Спеціальності,

пов'язані з реставрацією, вважаються малоперспективними через низький рівень заробітної плати та складність професії.

6. *Відставання у використанні сучасних технологій.* Недостатній рівень цифровізації реставраційної діяльності (відсутність 3D-сканування, цифрової документації, віртуальних реконструкцій).

7. *Відсутність державної стратегії залучення ЗВО.* Немає чіткої державної політики, що регулює або заохочує участь університетів у збереженні культурної спадщини.

Виходячи з аналізу, пропонується:

1. Створити університетські офіси підтримки грантових проєктів, які допомагатимуть ЗВО отримувати фінансування від УКФ, міжнародних програм та місцевих ініціатив.
2. Упровадити спрощену процедуру участі ЗВО у реставраційних проєктах через типові договори співпраці з МКІП та УКФ.
3. Відкрити при університетах навчально-практичні реставраційні центри для студентської практики та малих проєктів з консервації.
4. Ініціювати створення регіональних об'єднань (ЗВО + музеї + громади + органи влади) для спільної реалізації проєктів.
5. Запровадити стипендії, конкурси та премії за участь у реальних реставраційних проєктах і популяризувати ці спеціальності серед молоді.
6. Інтегрувати ІТ-факультети в проєкти спадщини – через курси з 3D-моделювання, цифрової архівізації та віртуальної реставрації.
7. Розробити та затвердити на національному рівні програму участі ЗВО у збереженні культурної спадщини з чіткими повноваженнями та фінансуванням.

Отже, участь закладів вищої освіти у реставрації та збереженні культурної спадщини є потенційно ефективним механізмом збереження історико-культурних цінностей, та важливою складовою формування освітнього середовища, що поєднує науку, практику та громадянське виховання. ЗВО можуть стати активними учасниками культурного процесу, створюючи міждисциплінарні проєктні групи, розвиваючи цифрові та реставраційні

ініціативи, а також взаємодіючи з державними, місцевими та міжнародними інституціями.



ВИСНОВКИ

У ході дослідження проаналізовано поняття та значення культурної спадщини, виявлено основні загрози для її збереження, досліджено роль і можливості цифрових технологій у реставрації пам'яток, розглянуто сучасні цифрові підходи та успішні кейси їх застосування, визначено проблеми цифровізації галузі, оцінено перспективи впровадження новітніх технологій, а також вивчено потенціал участі закладів вищої освіти у цих процесах.

Здобуті результати кваліфікаційної (бакалаврської) роботи свідчать про досягнення поставленої мети дослідження і дають змогу зробити такі висновки:

1. Проведений аналіз засвідчив важливість культурної спадщини для формування національної ідентичності, збереження історичної пам'яті та сталого розвитку суспільства, а також підкреслив роль її збереження як чинника культурної різноманітності й соціальної згуртованості.

2. Визначено ключові загрози для об'єктів культурної спадщини, серед яких – фізичне руйнування, кліматичні зміни, воєнні дії, людський та техногенний фактори, а також недостатній рівень правового й технологічного захисту.

3. Цифрові технології визначено ефективним засобом для збереження та реставрації матеріальної й нематеріальної спадщини. Досліджено такі інструменти, як 3D-сканування і 3D-друк, доповнена та віртуальна реальність, штучний інтелект, геоінформаційні системи.

4. Аналіз успішних прикладів цифровізації спадщини у світі й в Україні, зокрема, проєкт Digitalkoot (Фінляндія), діяльність CyArk, ініціативи українських музеїв і архівів дозволяє переконливо демонструє, що цифрові технології стають ключовим інструментом у збереженні та популяризації культурної спадщини.

5. Виявлено основні бар'єри цифрового збереження культурних цінностей – дефіцит фінансування, нестачу фахівців, відсутність технічного оснащення та

нормативно-правових механізмів.

6. Обґрунтовано перспективність інтеграції цифрових технологій у діяльність культурних інституцій і запропоновано рекомендації щодо залучення закладів вищої освіти до процесів цифрового збереження спадщини шляхом створення міждисциплінарних команд, розробки відповідних освітніх програм та реалізації інноваційних проєктів.



СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ПОСИЛАНЬ

1. 3D-друк і 3D-сканування для археології та музеїв - Служба 3D-друку FacFox - Знання - Технологія Makeit|FACFOX, INC. *Послуги 3D-друку в Китаї, лиття з уретану, виробники, постачальники, фабрика для лиття під тиском - FACFOX.* URL: <http://ua.insta3dm.com/info/3d-printing-and-3d-scanning-for-archeology-and-71989873.html>.
2. CyArk. URL: <https://cyark.org/whoweare/>
3. Contributors to Wikimedia projects. CyArk - Wikipedia. Wikipedia, the free encyclopedia. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/CyArk?utm_source=chatgpt.com
4. Daga E, Asprino L, Damiano R, Daquino M, Agudo BD, Gangemi A та ін. Інтеграція громадянського досвіду в архівах культурної спадщини: вимоги, сучасний рівень та виклики. J Comput Cult Herit. 2022;15(1):1–35. URL: <https://doi.org/10.1145/3477599>.
5. Sterling B. Digitalkoot, a game-ified social Finnish cultural endeavor. WIRED. URL: <https://www.wired.com/2011/03/digitalkoot-a-game-ified-crowdsourced-finnish-cultural-endeavor/>
6. Google за допомогою ІІІ зберігає культурну спадщину України. Інтерв'ю з директором проекту Ukraine is here. URL: <https://www.holosameryky.com/a/google-ukraina-spivpracya/7876654.html>
7. Google's New Tool Shows the Impact of Climate Change on World Heritage Sites URL: <https://www.cntraveler.com/story/googles-new-tool-shows-the-impact-of-climate-change-on-world-heritage-sites>
8. Novotny M., Lacko J., Samuelcik M. (2013). Applications of Multi-touch Augmented Reality System in Education and Presentation of Virtual Heritage. Procedia Computer Science. Vol. 25. p.231.
9. SaveUkrainianHeritage. URL: <https://skeiron.com.ua/projects/72?utm>
10. Saving temporary exhibitions in virtual environments: the Digital

Renaissance of Ulisse Aldrovandi -- acquisition and digitisation of cultural heritage objects URL: <https://arxiv.org/abs/2308.15920?utm.com>

11. Tirtha - автоматизована платформа для краудсорсингу зображень і створення 3D-моделей об'єктів спадщини.

URL: <https://arxiv.org/abs/2308.01246?utm.com>

12. 3D-друк і 3D-сканування для археології та музеїв - Служба 3D-друку FacFox - Знання - Технологія Makeit|FACFOX, INC. *Послуги 3D-друку в Китаї, лиття з уретану, виробники, постачальники, фабрика для лиття під тиском - FACFOX.*

URL: <http://ua.insta3dm.com/info/3d-printing-and-3d-scanning-for-archeology-and-71989873.html>

13. VR-музей: інновації для збереження культурної спадщини. URL: <https://mcsc.gov.ua/news/vr-muzej-innovacziyi-dlya-zberezhennya-kulturnoyi-spadshhyny/>

14. Аллам З., Шаріфі А., Бібрі С.Е., Джонс Д.С., Кругсті Дж. Метавсесвіт як віртуальна форма розумних міст: можливості та виклики для екологічної, економічної та соціальної стійкості в міському майбутньому. Розумні міста. 2022;5(3):771–801. URL: <https://doi.org/10.3390/smartcities5030040>.

15. Банфі Ф. Еволюція інтерактивності, занурення та сумісності в НВІМ: використання цифрових моделей, VR та AR для забудованої культурної спадщини. ISPRS Int J Geo Inf. 2021;10(10):685. URL: <https://doi.org/10.3390/ijgi10100685>

16. Бортолотто К., Убертацці Б. Інтелектуальна власність як сліпа пляма в конвенції ЮНЕСКО про охорону нематеріальної культурної спадщини. URL: <https://doi.org/10.1080/13527258.2023.2236590>.

17. Бруха Л., Лаштовичка Й., Палати Т., Штефанова Е., Штих П. Реконструкція втрачених об'єктів культурної спадщини та ландшафтів: контекст стародавніх об'єктів у часі та просторі. ISPRS Int J Geo Inf. 2020;9(10):604. URL: <https://doi.org/10.3390/ijgi9100604>.

18. Бурагохайн, Д., Менг, Ю., Ден, К. та ін. Оцифровування культурної спадщини за допомогою метавсесвітніх застосувань: виклики, можливості та

стратегії.2024р. URL: <https://doi.org/10.1186/s40494-024-01403-1>

19. Кунанець Н.А. ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ЗБЕРЕЖЕННЯ КУЛЬТУРНОГО НАДБАННЯ. Конференції НБУВ - Міжнародна наукова конференція «Бібліотека. Наука. Комунікація. Пріоритети сьогодення та перспективи». URL: <http://conference.nbuv.gov.ua/report/view/id/2012>

20. Геоінформаційна система управління об'єктами культурної спадщини. URL: <https://magneticonemt.com/mlgis-gis-upravlinnia-objektamy-kulturnoi-spadshyny/?utm.com>

21. ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В СУЧАСНОМУ СВІТІ. URL: <https://kegt.rshu.edu.ua/images/dustan/LME1.pdf>

22. Горбул Т. О. ДІДЖИТАЛІЗАЦІЯ КУЛЬТУРНОЇ СПАДЩИНИ В УКРАЇНІ: АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ В КОНТЕКСТІ РОЗВИТКУ ЦИФРОВОЇ КУЛЬТУРИ. *Culturological Almanac*. 2023. № 4. С. 212–218. URL: <https://doi.org/10.31392/cult.alm.2023.4.29>

23. Д. Анурого, Х. Л. Рамба, Н. Д. Путрі та У. М. П. Путрі. Цифрова грамотність 5.0 для покращення мультикультурної освіти. *Multicult Islam Educ Rev*. 2023; 1(2):109–179. URL: <https://doi.org/10.23917/mier.v1i2.3414>.

24. Девід А., Йігітджанлар Т., Лі РІМ, Корчадо Дж. М., Чонг П. Х., Моссбергер К., Мехмуд Р. Розуміння стратегій впровадження цифрових технологій місцевими органами влади: огляд PRISMA. Сталий розвиток. 2023;15(12):9645. URL: <https://doi.org/10.3390/su15129645>.

25. Дж. Хаппа та А. Артусі. Вивчення освітлення та культурної спадщини. Візуальні обчислення для культурної спадщини. Серія Springer про культурні обчислення. 2020; 23–42. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-37191-3_2.

26. Ancient Kyiv - A 3D model collection by eMuseum. *Sketchfab*. URL: <https://sketchfab.com/emuseum/collections/ancient-kyiv-53c22a04ba8a46ca98ca74b5a3eaf348>

27. eМузей – Оцифрування культурної спадщини України. *emuseum*. URL: <https://emuseum.com.ua/>

28. Закон України «Про охорону культурної спадщини»: від 8.06.2000 №1805–III // Відомості Верховної Ради. – 2000. – №39, ст. 333; Відомості Верховної Ради. – 2005. – № 5, ст. 114.

29. Застосування доповненої реальності для реновації об'єктів культурної спадщини Саченко Анатолій Олексійович, Кіт Іван Романович URL: <https://hait.od.ua/index.php/journal/article/view/202>]

30. Icağıre X.I., Ferrarì A.A., Aкуто Ф.А. Дослідження культурної спадщини та археологічних досліджень за допомогою VR-підходу. URL: <https://doi.org/10.1016/j.daach.2024.e00318>.

31. Кантарос А., Ганецос Т., Петреску ФІТ. Тривимірний друк та 3D-сканування: новітні технології з високим потенціалом у сфері культурної спадщини. Appl Sci. 2023;13(8):4777. URL: <https://doi.org/10.3390/app13084777>.

32. Колихаєва В. Г. Культурна спадщина України та її збереження в епоху цифрових технологій. Магістерські студії, 2024).

33. Куомо М.Т., Тортора Д., Форуді П., Джордано А., Феста Г., Металло Г. Цифрова трансформація та спільне проектування туристичного досвіду: великі соціальні дані для планування культурного туризму. Technol Forecast Soc Chang. 2021;162: 120345. URL: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120345>.

34. Лабаді С., Гіліберто Ф., Розетті І., Шетабі Л., Їлдирім Е. Спадщина та цілі сталого розвитку: політичні рекомендації для учасників діяльності у сфері спадщини та розвитку. Париж: Міжнародна рада з питань пам'яток та визначних місць (ІКОМОС); 2021.

35. Лін Дж. Д., Кім Нью-Джей, Удуехі Е., Кейнан А. Культура на продаж: розкриття споживчих уявлень про культурну апропріацію. J Cons Res. 2023. URL: <https://doi.org/10.1093/jcr/ucad076>.

36. Лохаконо Г. Тонка грань між локалізацією та культурною апропріацією у сфері предметів особистої розкоші: дослідницьке дослідження. Strateg Chang. 2022;31(5):487–96. URL: <https://doi.org/10.1002/jsc.2519>.

37. Мандич А. Ефективність управління природоохоронними територіями та COVID-19: випадок Національного парку Плітвіцькі озера, Хорватія. J Outdoor

Recreat Tour. 2023;41: 100397. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jort.2021.100397>.

38. Національна програма підготовки фахівців з реставрації пам'яток культурної спадщини. URL: <https://detector.media/infospace/article/225580/2024-04-17-v-ukraini-zapochatkovana-natsionalna-programa-pidgotovky-fakhivtsiv-z-restavratsii-pamyatok-kulturnoi-spadshchyny/?utm.com>

39. Оруч П. Питання інтелектуальної власності та культурної спадщини для музеїв археологічних матеріалів. Дослідницький посібник з питань інтелектуальної власності та культурної спадщини. URL: <https://doi.org/10.4337/9781800376915.00031>.

40. Павленко Л. А. Геоінформаційні системи : навчальний посібник / Л. А. Павленко. – Х. : Вид. ХНЕУ, 2013. – 260 с

41. Палчак М., Кудела П., Фандакова М., Кордек Й. Використання 3D-цифрових технологій у документуванні культурної спадщини: приклад маєтку Кунерад (Словаччина). Appl Sci. 2022;12(9):4376. URL: <https://doi.org/10.3390/app12094376>

42. Івакін В. Г. Перспективи використання супутникових знімків для моніторингу стану пам'яток культурної спадщини / Івакін Всеволод, Зоценко Іван // Пам'яткознавчі студії: проблеми, практики, перспективи розвитку : збірник наукових праць / [редкол.: Титова О. М. (голова) та ін.] ; Виконавчий орган Київ. міської ради (КМДА), Департамент охорони культурної спадщини [та ін.]. - Київ : [Київ. науково-методичний центр по охороні, реставрації та використанню пам'яток історії, культури і заповідних територій], 2020. - Вип. 1. - С. 301-308.

43. П'єтроні Е., Фердані Д. Віртуальна реставрація та віртуальна реконструкція культурної спадщини: термінологія, методології, методи візуального представлення та когнітивні моделі. Інформація. 2021;12(4):167. URL: <https://doi.org/10.3390/info12040167>.

44. Приклади та уроки успішних проєктів зі збереження культурної спадщини. URL: <https://limbd.org/examples-along-with-the-lessons-learned-of-successful-cultural-heritage-preservation-projects/>

45. Реставрація історичних будівель: Збереження минулого за допомогою

сучасних

технологій

-

Podyaka. *Podyaka*.

URL: <https://podyaka.com.ua/2024/03/07/restavracziya-istorichnih-budivel-zberezhennya-minulogo-za-dopomogoyu-suchasnih-tehnologij/?utm>

46. KROTENKO R. MODERN TECHNOLOGIES IN THE RESTORATION OF ARCHITECTURAL MONUMENTS IN UKRAINE. *Humanities science current issues*. 2023. Vol. 2, no. 68. P. 22–27. URL: <https://doi.org/10.24919/2308-4863/68-2-3> (date of access: 02.06.2025).

47. Тетерятник Б.С. (2018). Діджитизація та діджиталізація в контексті віртуалізації господарської діяльності. *Право та інновації*. №3. С. 182.

48. Трілло К., Абурамадан Р., Мубайдін С., Саламін Д., Макоре БКН. На шляху до системного підходу до цифрових технологій для збереження спадщини. *Дослідження з Йорданії. Preserv Dig Technol Cult*. 2020;49(4):121–38. URL: <https://doi.org/10.1515/pdtc-2020-0023>.

49. Україна ратифіку Нікосійську конвенцію: нові механізми захисту культурної спадщини - Media League. *Media League*. URL: <https://medialeague.com.ua/ukrayina-ratyfiku-nikosijsku-konvencziyu-novi-mehanizmy-zahystu-kulturnoyi-spadshhyny/>

50. Україна поруч - Google Arts & Culture. *Google Arts & Culture*. URL: <https://artsandculture.google.com/project/ukraine?hl=uk> .

51. Українська культурна спадщина: матеріальні та духовні надбання нації. URL: <https://mesc.gov.ua/news/ukrayinska-kulturna-spadshhyna-materialni-ta-duhovni-nadbannya-nacziyi/>

52. Уявлення про майбутнє 3D-сканування та 3D-друку в музеях Амелія. URL: [Ноулсон https://www.aniwaa.com/insight/3d-scanners/envisioning-the-future-of-3d-scanning-and-3d-printing-in-museums/](https://www.aniwaa.com/insight/3d-scanners/envisioning-the-future-of-3d-scanning-and-3d-printing-in-museums/)

53. Щепановська Г. М. Збереження культурної спадщини: ключові принципи та підходи. Лондон: Routledge; 2013., Стенлі-Прайс Н., Прайс Н., Теллі М.К., Ваккаро А.М. Історичні та філософські питання збереження культурної спадщини. Лос-Анджелес: Getty Publications; 1996.

54. Що таке штучний інтелект? Проблеми та ризики. *PayPro Global*.

URL: <https://payproglobal.com/uk/відповіді/що-таке-штучний-інтелект/>

55. Америки Г., Матвійчук Я. Як Google зберігає культурну спадщину України. Інтерв'ю із директором проекту Ukraine is here. *Радіо Свобода*.

URL: <https://www.radiosvoboda.org/a/google-kulturna-spadshchyna-ukrayiny-ukraine-is-here/33220271.html>

56. Як штучний інтелект допомагає відтворювати втрачені картини. *Картини олією* | Наталія Івчик. URL: <https://nataliaivchyk.com/yak-shtuchnyj-intelekt-dopomagaye-vidtvoryuvaty-vtracheni-tvory-mystetstva/>

