

Міністерство культури та стратегічних комунікацій України



НАЦІОНАЛЬНИЙ
ЗАПОМІНИК
«КИЄВО-ПЕЧЕРСЬКА
ЛАВРА»



АР *України*
асоціація реставраторів



МУЗЕЇ ТА РЕСТАВРАЦІЯ

*у контексті збереження
культурної спадщини:
актуальні виклики сучасності*

Матеріали X Міжнародної
науково-практичної конференції

*Костенко Анастасія,
Антоненкова Наталія*

ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ 3D МОДЕЛЮВАННЯ У ЗБЕРЕЖЕННІ КУЛЬТУРНОЇ СПАДЩИНИ: УКРАЇНСЬКИЙ ДОСВІД ТА ВИКЛИК

У статті розглянуто сучасні підходи до застосування 3D моделювання у сферах реставрації та реконструкції творів мистецтва. Особливу увагу приділено відмінностям між поняттями “віртуальна реставрація” та “віртуальна реконструкція”. Проаналізовано технічні засоби, що використовуються в моделюванні, зокрема фотограмметрію та 3D сканування. Наведено приклади реалізації цифрових проєктів в Україні в умовах війни як засобу збереження національної культурної спадщини.

Ключові слова: віртуальна реставрація, віртуальна реконструкція, 3D моделювання, 3D сканування.

*Костенко Анастасія,
Антоненкова Наталія*

Use of 3D modeling technologies in the Cultural Heritage preservation: Ukrainian experience and challenges

The article focuses on modern approaches to the use of 3D modeling in the restoration and reconstruction of works of art. Particular attention is given to the distinction between the concepts of “virtual restoration” and “virtual reconstruction”. The paper analyzes the technical tools employed in the modeling process, such as photogrammetry and 3D scanning. It also presents examples of digital projects implemented in Ukraine during wartime as a means of preserving the national cultural heritage.

Keywords: virtual restoration, virtual reconstruction, 3D modeling, 3D scanning.

На сьогодні практика створення цифрових реплік творів мистецтва для їх реставрації і реконструкції у контексті штучного моделювання є широко поширеною у сфері віртуальної спадщини. Віртуальні реконструкції отримали значні реалістичні та естетичні досягнення. Зважаючи на активний розвиток цієї галузі за кордоном, варто зазначити її цікавість та глибокий вплив на всесвітній культурний фонд.

Для українського фонду історико-культурної спадщини подібні технології є не менш цікавими і набувають важливості із урахування обставин сьогодення. Війна стала причиною зруйнування багатьох творів мистецтва, що зараз не підлягають оновленню через такі обставини, як брак коштів, їх повне знищення, розміщення на окупованій території тощо. Тому для нас питання комп'ютерного моделювання пам'яток є надзвичайно актуальним.

Метою цього дослідження є аналіз інформації щодо 3D моделювання у реставрації та реконструкції творів мистецтва та інтерпретація цих технологій для української історико-культурної спадщини.

Після здійснення пошуку та аналізу релевантної літератури сформульовано таке:

Різниця між поняттями

Перед тим, як розглядати технічні особливості 3D моделювання варто зазначити, що в нашому питанні воно може використовуватись для двох цілей – реставрації або реконструкції творів мистецтва. Через можливу плутанину між цими поняттями важливо окреслити їхні ключові розбіжності [1].

Віртуальна реставрація надає можливості для:

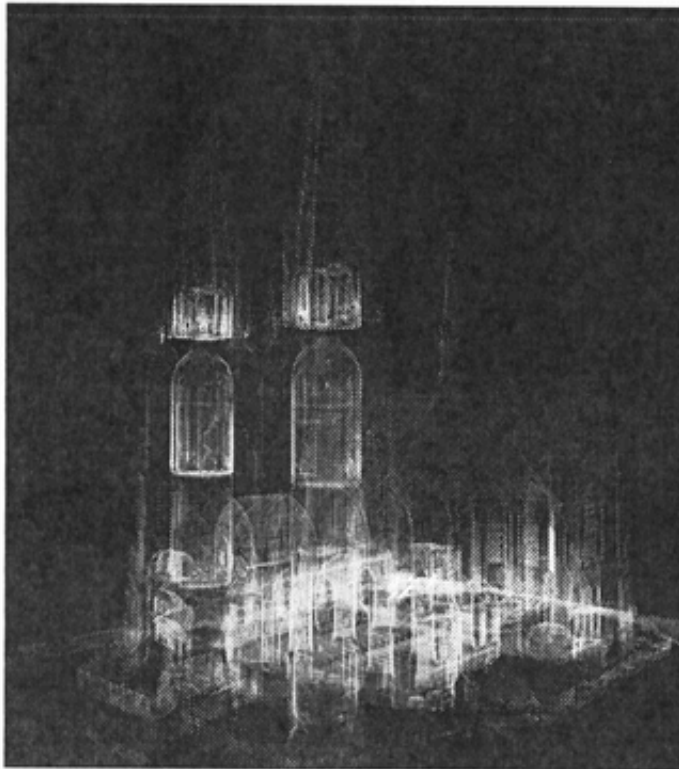
планування та надання допомоги у фізичній реставрації [2; 3; 4; 5]. Це є найпоширенішим напрямом у роботі з



Іл. 1. Дві тематичні карти, що отримано у результаті автоматичного вилучення регіонів інтересу з растрових виходів ІСА. Для кожної інформації призначено певний колір [2, 13]

віртуальною реставрацією. Вона дає змогу у віртуальному просторі створити імітацію реставраційного процесу, його варіацій та фінальних результатів без фізичного втручання, що запобігає небажаним втратам (іл. 1).

відновлення втраченої спадщини [6; 7; 8]. Потенційне знищення культурної спадщини на територіях, що зазнали уражень



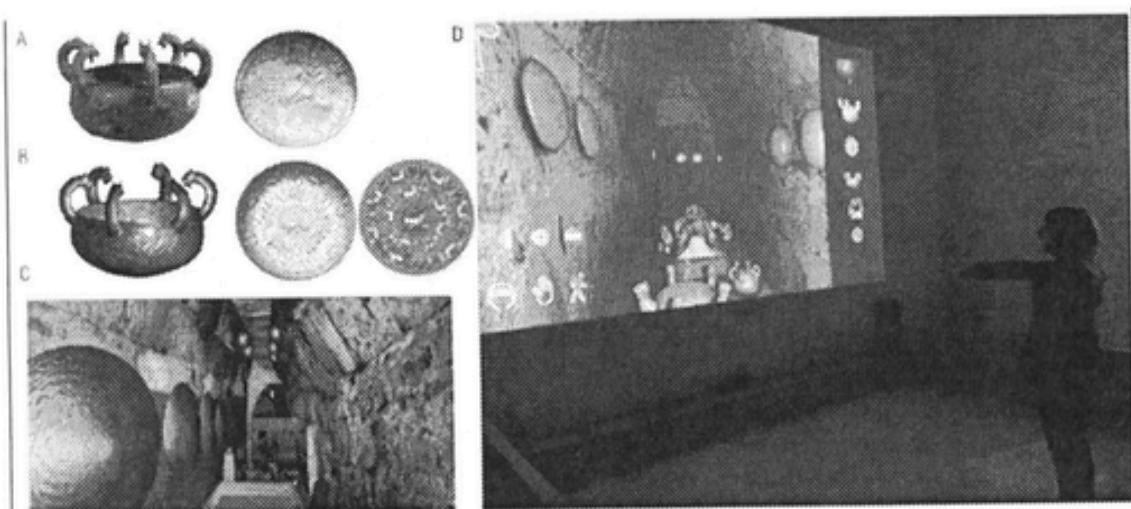
Іл. 2. Оцифрований Костел Св. Миколая у Києві. Скриншот з інстаграма *skeiron.llc*

від воєнних конфліктів, терактів призвела до безпрецедентної потреби у цифровому збереженні та відновленні втраченої спадщини через проекти віртуальної реставрації (іл. 2).

реконструювання цінного артефакту [9]. Містить у собі цифрове видання ілюстрації без пошкодження оригіналу, особливо коли відновлення оригіналу в його цілісності є неможливим (іл. 3).

це цифровий процес, який використовує віртуальну модель візуальної реставрації будівлі або об'єкта, яку було створено людьми раніше, з наявних фізичних доказів цих будівель або об'єктів, і взагалі всіх досліджень в галузі археології та історії. Як і віртуальна реставрація, віртуальна реконструкція передбачає реституцію артефакту під час його створення або послідовних етапів використання; але в останньому випадку домінуючу роль відіграє поняття "гіпотеза".

На той час *віртуальна реконструкція* – якщо порівнювати між собою ці два терміни, то можна визначити, що віртуальна реставрація спрямована здебільшого на академічний контекст реставрації, натомість віртуальна реконструк-



Іл. 3. Віртуальна реконструкція гробниці Реголіні Галассі та віртуальна реставрація деяких предметів похоронного інвентаря. (A) археологічні артефакти; (B) віртуальна реставрація; (C) віртуальна реконструкція гробниці; (D) музейна інсталяція. CNR Institute of Technologies Applied to The Cultural Heritage, Visual Dimension, Музеї Ватикана, 2013. [1, 18]

ція більш розповсюджена у археології. Ці два терміни час від часу можуть зливатися і використовуватися у схожих розуміннях. Основною причиною такого є схожість робочих контекстів. Археологія та реставрація можуть працювати разом, але варто розуміти, що це дві різні галузі зі своїми дисциплінами, методологіями та теоріями.

Загальна інформація про техніку та технологію у 3D моделінгу

Робота із тривимірною моделлю потребує використання різних технік та технологій в комплексному процесі [10]. Найбільш розповсюджений метод для отримання 3D-моделей є фотограмметрія [11] та 3D сканінг [12; 13; 14].

Фотограмметрія – це метод, який використовують для точних вимірювань і створення детальних 3D-моделей із фотографій. Фотограмметрія дозволяє витягувати тривимірну інформацію з двовимірних даних. Цей метод засновано на принципах геометрії, оптики та комп'ютерного зору для аналізу та реконструкції форми, розміру та просторового зв'язку об'єктів. Фотограмметрія доволі популярна у використанні через легкість, адаптивність до різних середовищ, гнучкість, швидкий і ефективний збір даних, відносно низьку вартість і дуже широкі постможливості оброблення.

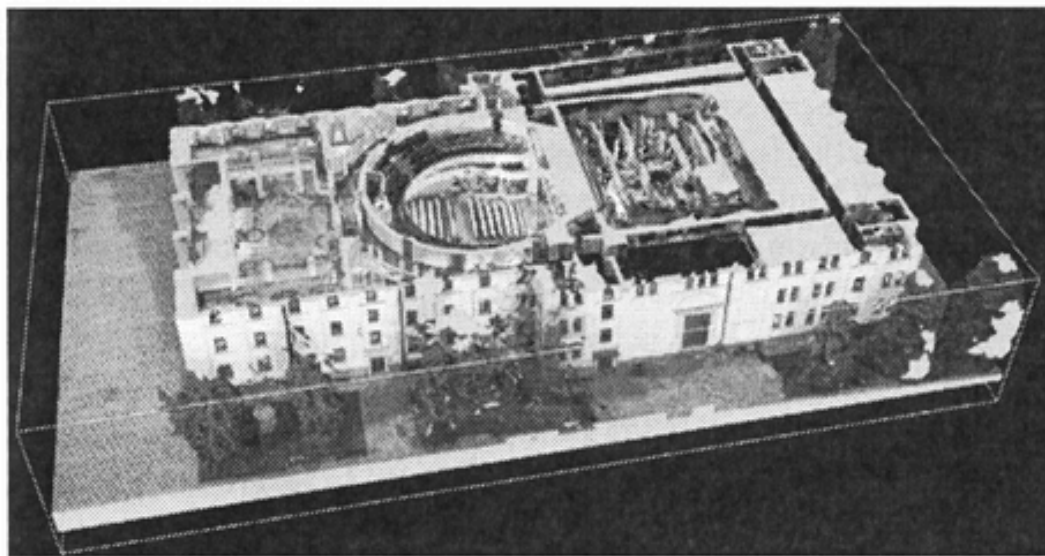
3D сканінг, у свою чергу, хоч і більше проблемний у використанні (природні умови, ціна апаратури, потреба у висококваліфікованому спеціалісті тощо), проте дозволяє більш точно і швидко виконати роботу. Основним принципом роботи 3D сканера є принцип стереоскопічного зору. Як і людське око, сканер здатний визначити відстань до об'єкта і його розміри. Для цього сканери мають дві камери, а щоб уникнути неточностей, 3D сканер оснащено освітленням для кожної камери. Після отримання необхідної інформації 3D сканер створює 3D модель об'єкта. У процесі моделювання використовуються професійні графічні редактори, зокрема Blender [15; 16], 3ds Max, Autodesk Maya, PRISMA [14], ZBrush, SketchUp та Fusion 360.

Приклади моделювання на теренах України

В Україні 3D моделювання щороку набуває дедалі більшого поширення. Цей напрям має різноманітні вектори розвитку, серед яких окремі фахівці обирають застосування технологій тривимірного моделювання із метою збереження культурної спадщини в оцифрованому форматі. Попри недостатнє висвітлення таких ініціатив у публічному просторі, їхній вплив є вагомим та перспективним.

На наших теренах подібними 3D моделюваннями займаються декілька компаній: львівські SKEIRON, київська AERO 3D, одеська Pixelated Realities, рівненська Town Image Studio. Кожна з цих компаній здійснює оцифрування пам'яток культурної спадщини по всій Україні [7; 8; 9]. На сьогодні оцифровано приблизно 300 об'єктів, що є вкрай недостатнім порівняно з кількістю пам'яток культурно-історичної спадщини, яка становить понад 152 тис. об'єктів та є на державному обліку в Україні. Робота команд надає можливість зберегти ті пам'ятки, що за тих чи інших обставин є на межі зруйнування. До того ж із такими 3D моделями можуть працювати реставратори, архітектори та інженери для відновлення творів мистецтва у майбутньому.

Наприклад, команда SKEIRON у 2023 р. створила 3D модель Маріупольського драматичного театру, який 16 березня 2022 р. було зруйновано внаслідок авіаційного удару (іл. 4). На жаль, можливостей фізично відсканувати театр не було, тож усю мо-



Іл. 4. 3D модель драмтеатру у Маріуполі. Скриншот із сайту skeiron.com.ua

дель, яку ми маємо зараз, було створено завдяки відтвореним фото та відео місцевих мешканців та гостей міста у довоєнні часи.

Отже, застосування технологій 3D моделювання є перспективним напрямом у збереженні культурної спадщини, передусім в умовах сучасних загроз. Віртуальна реставрація та реконструкція дозволяють не лише зберегти, а й відтворити об'єкти, що було зруйновано або стали недоступними. Українські ініціативи у галузі цифрової спадщини демонструють значний потенціал, хоча їх кількість поки що не відповідає масштабам наявних культурних пам'яток. Подальший розвиток цієї галузі вимагає підтримки із боку держави, наукових установ та суспільства загалом.

Джерела та література

1. Eva Pietroni, Daniele Ferdani. Virtual Restoration and Virtual Reconstruction in Cultural Heritage: Terminology, Methodologies, Visual Representation Techniques and Cognitive Models. URL: <https://www.mdpi.com/2078-2489/12/4/167>

2. Annamaria Amura, Anna Tonazzini, Emanuele Salerno, Stefano Pagnotta, Vincenzo Palleschi. Color segmentation and neural networks for automatic graphic relief of the state of conservation of artworks. URL: https://www.researchgate.net/publication/343134989_Color_segmentation_and_neural_networks_for_automatic_graphic_relief_of_the_state_of_conservation_of_artworks

3. Hui Xu, Yonghua Zhang, Jiawan Zhang. Frescoes restoration via virtual-real fusion: Method and practice. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1296207423002121>

4. Pedro Martín Leronés, José Llamas, Jaime Gómez-García-Bermejo, Eduardo Zalama, Jesús Castillo Oli. Using 3D digital models for the virtual restoration of polychrome in interesting cultural sites. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1296207413000927>

5. Schirripa Spagnolo G., Somma F. Virtual restoration of cracks in digitized image of paintings. URL: https://www.researchgate.net/publication/231034073_Virtual_restoration_of_cracks_in_digitized_image_of_paintings

6. Папіна О. Без лазерів, дронів та фотоапаратів – лише інформація від людей: як робили 3D-модель маріупольського драмтеатру. *Суспільне*. URL: <https://suspilne.media/donbas/415026-bez-lazeriv-droniv-ta-fotoaparativ-lise-informacia-vid-ludej-ak-robili-3d-model-mariupolskogo-dramteatru/>

7. Денис Д. Зберегти те, що під прицілом. Як оцифровують культурну спадщину України. *Локальна історія*. URL: <https://localhistory.org.ua/texts/interviu/zberegti-te-shcho-pid-pritsilom-iak-otsifrovuiut-kulturnu-spadshchinu-ukrayini/>

8. Цаценко Є. Хто та як оцифровує спадщину в Україні. Інтерв'ю з диджитал-командою Skeiron – про створення 3D-моделей пам'яток, українську спадщину в попкультурі та відбудову. URL: <https://skvot.io/uk/blog/who-and-how-digitizes-heritage-in-ukraine>

9. 3D-друк і 3D-сканування для археології та музеїв. *FacFox*. URL: <http://ua.insta3dm.com/info/3d-printing-and-3d-scanning-for-archeology-and-71989873.html>

10. Silviu Butnariu, Florin Gîrbacia, Alex Orman. Methodology for 3D reconstruction of objects for teaching virtual restoration. URL: https://www.researchgate.net/publication/259442166_Methodology_for_3D_reconstruction_of_objects_for_teaching_virtual_restoration

11. Forough Farhadi. What is Photogrammetry in Restoration? Guide 2025. *Neuroject*. URL: https://neuroject.com/photogrammetry-in-restoration/#How_Photogrammetry_Works

12. Коцюбівська К., Баранський С. 3D-моделювання при відновленні історико-культурних цінностей. *Цифрова платформа: інформаційні технології в соціокультурній сфері*. Т. 3. № 1. Київ : КНУКіМ, 2020. URL: <http://infotech-soccult.knukim.edu.ua/article/view/206109>

13. 3D-сканер: 3D-сканування об'єктів і тривимірне моделювання. *KOLORO*. URL: <https://koloro.ua/ua/services/3d-skaner-3d-skanuvannya-obyektiv-ta-tryvymirne-modelyuvannya/>
14. Yue Ma, Qin Tong, Xiao He, Bing Su. Exploring virtual restoration of architectural heritage through a systematic review. URL: <https://www.nature.com/articles/s40494-025-01688-w>
15. Mónica Sánchez. Blender for Virtual Restoration. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=PvDGsrvouvk&list=LL&index=4>
16. Tijm Lanjouw. Digital 3D Techniques and Methodologies for Conservation and Art Technological Research. URL: <https://www.youtube.com/playlist?list=PLXdwpVfTMr3cQDn2jQEYeWrYVgJiPq3-H>