

УДК 004.5, 004.9

Т. О. Крамар; О. М. Дуда, к.т.н.

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

МЕТОДИ РЕКОНСТРУКЦІЇ РЕАЛЬНИХ ОБ'ЄКТІВ У ЦИФРОВОМУ СЕРЕДОВИЩІ

T. O. Kramar; O. M. Duda Ph.D.

RECONSTRUCTION METHODS OF REAL OBJECTS IN A DIGITAL ENVIRONMENT

З часом, через війни, природні катастрофи та людське втручання руйнується матеріальна культурна спадщина. Тому процеси відновлення елементів культурної спадщини викликають інтерес не лише істориків та культурологів, а й дослідників у галузі інформаційних технологій. З використанням інформаційних технологій можна ефективно відтворити старовинні експонати та відобразити їх в графічних середовищах. Результати досліджень у цій області сприяють точному відтворенню реальних об'єктів у вигляді комп'ютерних моделей та доповнюють наше розуміння історії, культурних та наукових аспектів людської цивілізації. Розширення області досліджень у сфері комп'ютерної графіки, обробки зображень та комп'ютерного зору стає все більш актуальним. Підходи, інформаційні технології, програмно-алгоритмічні комплекси та інструменти активно впроваджуються та широко використовуються для формування цифрової спадщини. Інформаційні технології та цифрова трансформація музеїв, бібліотек та архівів активно розвиваються, створюючи умови для проведення заходів масштабної цифровізації культурної спадщини.

Створення тривимірних об'єктів на основі геометричного моделювання та графічних методів на даний час є популярною областю наукових досліджень в галузі комп'ютерної графіки. Різноманітні підходи до формування графічних моделей широко застосовуються при оцифруванні історичної спадщини та розробці тривимірних ігор. Сучасні напрямки досліджень [1], такі як віртуальна реальність (VR) і доповнена реальність (AR), успішно впроваджуються засобами цифрових технологій для освіти в медичній галузі, оцифрування історичної та культурної спадщини, індустрії розваг, туризму, музеїв, архівів, бібліотек тощо. Ці інноваційні рішення та застосунки сприяють збереженню і відтворенню культурної спадщини та розширюють можливості доступу для широкої аудиторії громадян завдяки цифровим технологіям.

В [2] описано оригінальний метод реконструкції 3D об'єктів матеріальної культурної спадщини у віртуальному середовищі на основі поєднання геометричного моделювання, комп'ютерної графіки, VR та AR технологій. Метод складається з етапів:

- Збір даних про реальний об'єкт за допомогою 3D-сканера.
- Обробка отриманих даних та генерація тривимірної хмари точок.
- Видалення зашумлених даних та триангуляція поверхні об'єкта.

Цей метод зосереджений на реконструкції 3D-об'єктів шляхом заповнення прогалін.

Дослідники та розробники розглядають різні підходи до реконструкції реальних об'єктів у цифрових середовищах з використанням VR та AR технологій, зокрема:

- Автори [3] розробили метод 3D-моделювання, що дозволяє взаємодіяти, візуалізувати та управляти підземною міською інфраструктурою в режимі реального часу. Цей метод реалізовано у веб-застосунку, що використовує VR для взаємодії з геоінформаційною системою.

- Дослідники [4] описують експеримент із візуалізації просторово-часових 3D-даних з використанням VR-інтерфейсу на основі Unity 3D. При цьому вони описують реалізацію VR-застосунку.

- У статті [5] описано використання гібридної VR та AR системи для відображення оцифрованих об'єктів культурної спадщини. Автори задіяли середовище

Unity 3D для налаштування моделі з використанням HTC Vive для VR та Samsung Galaxy S7 для AR.

- В [6] описано метод реконструкції стародавніх об'єктів з розбитих фрагментів на основі обробки зображень засобами згорткових нейронних мереж (англ. Convolutional Neural Network – CNN).

- Автори [7] запропонували ненаскрізний метод класифікації на основі глибинного навчання для даних хмари точок, отриманих за допомогою лазерного сканування.

Зважаючи на активний розвиток цифрових технологій для реконструкції матеріальної культурної спадщини, доцільно відзначити, що завдяки використанню VR та AR можливо ефективно відтворити та зберегти об'єкти, які піддалися руйнуванню. Ці інноваційні технології дають змогу відтворювати вигляд та структуру об'єктів, формувати інтерактивні віртуальні середовища, що допомагають користувачам взаємодіяти з історичними артефактами та архітектурними пам'ятками. Такий підхід сприяє збереженню історичної спадщини та робить її доступнішою та зрозумілішою для широкої аудиторії, популяризуючи освіту в галузі історичної та культурної спадщини. Результати наукових досліджень у цій області вказують на те, що вдається не лише точно відтворити реальні об'єкти у вигляді комп'ютерних моделей, а й значно поглибити розуміння історичних, культурних, та наукових аспектів людської діяльності. Розширення досліджень у сферах комп'ютерної графіки та обробки зображень важливе для подальшого формування цифрової спадщини. Методи та інструменти, що розробляються в галузі інформаційних технологій, широко застосовуються для збереження та відтворення історичних та культурних артефактів. Однак, незважаючи на швидкий розвиток технологій, залишається невирішеним завдання оптимізації процесів вибору методів реконструкції 3D-об'єктів. Попри значний прогрес, на даному етапі розвитку AR та VR застосунків доцільно проаналізувати безпекові аспекти, що пов'язані з використанням цифрових технологій у реконструкції спадщини. Формування підходів та етичних директив для забезпечення історичної достовірності та культурологічного контексту відтворених об'єктів є важливою частиною подальшої розробки цих технологій. Активна взаємодія з експертами та представниками спільнот, які представляють об'єкти культурної спадщини, сприятиме створенню повнішого та вірного образу минулого.

Література

1. Sirazhiden, D. (2020). VR and AR technologies in the modern cultural space and their role in environmental education. In E3S Web of Conferences (Vol. 217). EDP Sciences.
2. Van Nguyen, S., Le, S. T., Tran, M. K., & Tran, H. M. (2022). Reconstruction of 3D digital heritage objects for VR and AR applications. *Journal of Information and Telecommunication*, 6(3), pp. 254-269.
3. Jurado, J. M., Ortega, L. M., & Felto, F. R. (2018). 3D Underground reconstruction for real-time and collaborative virtual reality environment, pp. 38–45. <https://doi.org/10.24132/CSRN.2018.2802.6>
4. Quant, H., Banerjee, S., & Banerjee, N. K. (2018). A virtual reality interface for interactions with spatio-temporal 3D data. In K. Schoeffmann et al. (Eds.), *MultiMedia Modeling. MMM 2018. Lecture Notes in Computer Science 10705*.
5. Li, Y., Chng, E., Cai, S., & See, S. (2018). Multiuser Interaction with Hybrid VR and AR for Cultural Heritage Objects. 3rd Digital Heritage International Congress (DigitalHERITAGE) held jointly with 2018 24th International Conference on Virtual Systems & Multimedia (VSMM 2018), pp. 1–8. <https://doi.org/10.1109/DigitalHeritage.2018.8810126>
6. Rasheed, N. A., & Nordin, M. J. (2020). Classification and reconstruction algorithms for the archaeological fragments. *Journal of King Saud University -- Computer and Information Sciences*, pp. 883–894. <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2018.09.019>
7. Kumar, A., Anders, K., Winiwarter, L., & Hofle, B. (2019). Feature relevance analysis for 3D point cloud classification using deep learning. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, IV-2/W5*, pp. 373–380.