

ВИВЧЕННЯ ТА УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСІВ СТВОРЕННЯ 3D-МОДЕЛЕЙ НА ОСНОВІ ФОТОГРАММЕТРІЇ У ПРОГРАМІ RECAP AUTODESK

Ботвіновська С.І., д. т. н., професор, завідувач кафедри НГ та ІГ
botvinovska.si@knuba.edu.ua ORCID: 0000-0002-1832-1342

Колган А.В., асистент кафедри НГ та ІГ
kolhan.av@knuba.edu.ua ORCID: 0000-0002-2167-2864

Карімлі Г.Н., студентка архітектурного факультету
karimli_hn-2023@knuba.edu.ua

*Київський національний університет будівництва і архітектури
(Київ, Україна)*

***Анотація** - у роботі розглянуто застосування програмного забезпечення Autodesk ReCap Pro [1] для створення 3D-моделей архітектурних об'єктів на основі фотограмметрії в освітньому процесі. Проведено апробацію методики на двох типах об'єктів — малих скульптурах та архітектурних спорудах. Проаналізовано типові помилки, що виникають під час побудови моделей, та запропоновано підходи до їх усунення шляхом оптимізації фотозйомки. Отримані результати демонструють доцільність впровадження ReCap у навчальну і проєктну практику для студентів архітектурного факультету КНУБА.*

***Ключові слова** - фотограмметрія, 3D-моделювання, Autodesk ReCap Pro, цифрова реконструкція, архітектурна спадщина, освітній процес.*

Постановка проблеми. Сучасні цифрові технології відкривають нові можливості для документування, збереження та реконструкції архітектурних об'єктів, зокрема шляхом використання фотограмметрії. Фотограмметрія це дисципліна яка вивчає явища, форми, положення та розміри різних предметів у просторі шляхом вимірювань з фотографічного зображення. Проте на практиці при створенні 3D-моделей на основі фотографій часто виникають дефекти: артефакти, неточності геометрії, "дірки" в текстурах, що знижує якість кінцевого результату. Особливо це стосується складних за формою або масштабом об'єктів, які не можливо охопити повністю під час фотознімання. У зв'язку з цим актуальним є дослідження впливу умов фотознімання, кількості та якості знімків на точність побудови цифрової моделі, а також пошук способів оптимізації цього процесу в рамках навчальних завдань.

Аналіз останніх досліджень Фотограмметрія активно використовується для цифрової реконструкції архітектурних об'єктів, зокрема у сфері збереження культурної спадщини [2].

У багатьох дослідженнях підкреслюється ефективність застосування програмного забезпечення, такого як Autodesk ReCap Pro, для створення високоточної 3D-документації архітектурної спадщини.

Значна увага приділяється проблемам якості моделей, що залежать від умов фотографування, якості камер, кількості знімків та алгоритмів обробки [3]. Розвиток нових спеціалізованих програм для роботи з 3D-об'єктами, що починають активно впроваджуватись у навчальні програми створюють потребу в адаптації методик викладання фотограмметрії.

Формулювання цілей. Метою дослідження є вивчення можливостей програмного забезпечення Autodesk ReCap Pro для створення 3D-моделей архітектурних об'єктів, а також удосконалення підходів до фотографування та обробки фотоматеріалу з метою підвищення точності та якості цифрової реконструкції.

Основна частина. Представники кафедри інформаційних технологій в архітектурі й кафедри нарисної геометрії та інженерної графіки КНУБА займаються дослідженнями, які дозволять створити репозитарій даних історико-архітектурних пам'яток. У процесі проведення таких досліджень пропонується використання кількісно-якісного аналізу проектних характеристик історико-будівельної інформаційної моделі із застосуванням лазерного сканування та фотограмметрії, а кінцевою метою є автоматизація такого аналізу. Створення складної організаційної структури сучасного архітектурного середовища, яка виходить із різних критеріїв, дозволить в разі пошкодження або руйнування пам'ятки архітектури під час військових дій, реставрувати, відновити історичну будівлю у вигляді максимально наближеному до оригіналу. З'являється можливість оперативно виготовити проєкт реставрації будівлі.

У сучасній архітектурній та реставраційній практиці все ширше застосовуються цифрові методи фіксації та моделювання об'єктів культурної спадщини. Одним із перспективних інструментів є програмне забезпечення Autodesk ReCap Pro, яке дозволяє перетворювати фотознімки реальних об'єктів на високоточні 3D-моделі.

Метою дослідження є вивчення ефективності та удосконалення методики створення фотограмметричних моделей в освітньому процесі з використанням Autodesk ReCap. Завданням стало апробування цього інструменту в умовах навчального середовища із залученням студентів архітектурних спеціальностей.

У рамках експериментального курсу студентам було запропоновано обрати два типи об'єктів, що відрізняються за розміром та геометричною складністю [4]:

- 1) Малий архітектурний об'єкт, для якого можливе повне охоплення при фотографуванні, наприклад, скульптури з проекту «Шукай!» у місті Києві та інших містах України (рис. 1);



Рис. 1. Модель скульптури Галшки Гулевичівни проекту “Шукай!”

- 2) Архітектурна споруда або її частина, доступна для зйомки з декількох боків, зокрема, «Золоті ворота», «Храм Успіння Богородиці», «Музей гетьманства» тощо (рис. 2).



Рис. 2. Цифрова копія архітектурної будівлі

Для досягнення максимальної точності цифрової реконструкції необхідно забезпечити мінімальний набір знімків – не менше 20 фотографій у форматі .jpg. Зйомка повинна проводитися за короткий проміжок часу, щоб уникнути змін умов освітлення. Усі фотографії мають охоплювати об'єкт з різних ракурсів, забезпечуючи повне покриття його геометрії. Важливо, щоб джерела світла залишались стабільними, а на поверхні об'єкта були відсутні сильні тіні, які можуть призвести до спотворення геометрії в 3D-моделі [5]. Рекомендується дотримуватись основних принципів фотограмметрії: перекриття суміжних знімків має становити 50–80%, необхідно мінімізувати спотворення перспективи, дотримуватись однакової відстані до об'єкта, а також враховувати світлотіньове моделювання при виборі часу зйомки та положення камери.

У процесі виконання завдання було виявлено типові дефекти, які виникають при моделюванні будівель – артефакти, деформації, «дірки» в

геометрії та текстурах (рис. 3). Це спонукало до проведення додаткового дослідження аналізу впливу ракурсу, послідовності зйомки та освітлення на якість моделі, а також здійснення вибіркового підбору фотоматеріалу. Завдяки цьому вдалося суттєво зменшити кількість дефектів і підвищити деталізацію цифрової копії (рис. 4).



Рис. 3. Дефекти моделі цифрової копії



Рис. 4. Покращена деталізація моделі цифрової копії

Такий підхід підтверджує необхідність системного підходу до фотограмметрії в освітньому процесі, а також демонструє потенціал для розвитку індивідуальних дослідницьких проєктів у цій сфері.

Висновки. Використання Autodesk ReCap у навчальному процесі не лише дозволяє ознайомити студентів із сучасними цифровими технологіями, а й формує навички критичного аналізу результатів моделювання. Проведене дослідження показало, що якісний підбір фотоматеріалу та дотримання принципів фотограмметрії істотно впливають на точність та цілісність 3D-моделі. Отримані результати можуть бути використані для оптимізації методів цифрової фіксації архітектурних об'єктів у практиці реставрації та архітектурного проєктування.

Під час війни в Україні залишається очевидною практична значимість створення репозитарію даних історико-архітектурних пам'яток. Розробка програмного інструменту на основі представленого підходу та подальший аналіз створених BIM-моделей дозволить здійснювати керування якісними характеристиками історико-архітектурних об'єктів згідно існуючих нормативних параметрів, враховувати умови, задані замовником. Крім того, представлений підхід дозволить точніше визначити матеріалоємність архітектурної композиції та загальну вартість реставраційних робіт.

Бібліографічний список

1. Autodesk Recap Pro. Містить інформацію про продукт Recap Pro. URL: <https://www.autodesk.com/products/recap/overview> (дата звернення 11.05.2025).
2. Товбич. В.В., Михальченко С.В., Репозиторій історико-архітектурних пам'яток України / *Методологія збереження і регенерації історичного міського середовища. Колективна монографія*. Львів : НУ "Львівська політехніка", 2022. Том 1. С. 341-352.
3. Qingquan Li, Hui Huang. Optimized views photogrammetry end its precision analysis. July 2022. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica 51(6):996-1007 DOI:10.11947/j.AGCS.2022.20210685 URL: https://www.researchgate.net/publication/368363734_Optimized_views_photogrammetry_and_its_precision_analysis (дата звернення 11.05.2025).
4. Колган А.В. ReCap Photo. Створення 3D моделі з фотографій: Відеолекція URL : https://youtu.be/E0Fi2SjuiVw?si=SKC5_rO7PDVY_f-w (дата звернення 11.05.2025).
5. Object Reconstruction: Посібник користувача ReCap Photo (2025 та раніше) URL: https://help.autodesk.com/view/RECAP/ENU/?guid=recap_photo_object_reconstruction (дата звернення 11.05.2025).