

УДК 528.06:528.932

МЕТОДИКА І РЕЗУЛЬТАТИ СТВОРЕННЯ 3D МОДЕЛЕЙ ІСТОРИКО-КУЛЬТУРНИХ ОБ'ЄКТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ СМАРТФОНА, ОСНАЩЕНОГО LIDAR-СКАНЕРОМ

І. П. Ковальчук, доктор географічних наук, професор

В. О. Юхимюк, здобувач освітнього ступеня магістр

В. А. Богданець, к. с.-г.н., доцент

E-mail: v_bogdanets@nubip.edu.ua

Національний університет біоресурсів і природокористування України

***Анотація.** У статті висвітлена методика і результати створення 3D моделей об'єктів історико-культурної і наукової спадщини України з використанням технології знімання досліджуваних об'єктів за допомогою смартфона, оснащеного LiDAR-сканером. В якості об'єкта дослідження, на прикладі якого апробувалася придатність даного LiDAR-сканера для виконання знімальних робіт, опрацювання хмари точок отриманої інформації про об'єкт дослідження та створення 3D моделей історико-культурної і наукової спадщини України, обрано Музей ґрунтів ім. проф. М. М. Годліна, Національного університету біоресурсів і природокористування України, який розташований в аудиторії №53 та в фойє навчального корпусу № 2. Експозиція нараховує понад 200 монолітів ґрунтів, відібраних у різних природних зонах України за більш як 100-річний період функціонування музею. Враховуючи високу наукову та дидактичну цінність цього об'єкта, було вирішено створити його цифрову 3D модель. Для реалізації цього завдання спочатку була розроблена принципова схема (алгоритм) виконання знімальних робіт за допомогою смартфона з LiDAR-сканером та опрацювання отриманої хмари точок, які відображають контури сканованих об'єктів. Цей алгоритм покладений в основу обґрунтованої методики створення 3D моделей об'єктів історико-культурної та наукової спадщини України. В будові мобільних пристроїв вперше технологія LiDAR з'явилася на задніх камерах у 2020 році з випуском iPad Pro та iPhone 12*

Pro/iPhone 12 Pro Max. LiDAR в них використовується для визначення віддалей від камери до досліджуваних об'єктів за допомогою лазерного випромінювання. Використовуючи смартфон, оснащений LiDAR-сканером, було виконано знімання основної експозиції Музею ґрунтів з задіянням програми Polycam. У процесі подальших робіт, базуючись на створеній при лідарному 3D скануванні Музею ґрунтів хмарі точок, була побудована (з використанням таких програмних засобів, як Auto CAD, PIX4D, 3D MAX, Blender) цифрова 3D модель експозиції ґрунтових монолітів цього об'єкта. Результатом виконаних робіт виступає 3D модель експозиції ґрунтових монолітів Музею ґрунтів, розміщених в аудиторії 53 другого навчального корпусу НУБіП України. На завершальному етапі досліджень проведено верифікацію отриманих результатів через порівняння лінійних розмірів стендів, визначених з застосуванням рулетки безпосередньо в Музеї та цих же показників, відображених на 3D моделі. Похибка вимірювання лінійних параметрів експозиції за допомогою LiDAR не перевищила 3,10%, тобто є прийнятною. Створений варіант 3D моделі експозиції ґрунтових монолітів Музею ґрунтів НУБіП України може використовуватися як з навчальною, так і популяризаційною метою.

Ключові слова: *LiDAR-сканер, програма Polycam, 3D знімання смартфоном, 3D модель, 3D сканування, хмара точок.*

Актуальність дослідження. Мобільні 3D сканери на сучасному етапі технічного й інформаційного оснащення суспільства знаходять нові галузі застосування при вирішенні як геодезичних, так і землевпорядних та будівельно-реконструкційних задач. Цьому сприяє як удосконалення їхньої технологічної складової, так і введення обмежень на застосування БПЛА при виконанні знімальних робіт в умовах воєнного стану, введеного в Україні у зв'язку з воєнною агресією росії. Необхідність 3D сканування цінних історико-культурних та історико-архітектурних об'єктів і створення їхніх 3D моделей зумовлена існуючим високим ризиком ураження та руйнування під час терористичних атак росії на об'єкти енергетичної, цивільної та культурної і науково-освітньої інфраструктури в різних регіонах України. З цих позицій застосування 3D

сканування різноманітних об'єктів, формування хмари точок, які відображають їхні контури і будову та її опрацювання і створення цифрових 3D моделей є вкрай актуальним завданням геодезії.

Наземне лазерне 3D сканування може виконуватися з використанням широкого спектру геодезичної апаратури, вибір якої залежить від розмірів сканованого об'єкта, мети і призначення створюваної цифрової 3D моделі [1]. Лазерне сканування широко застосовується при вирішенні завдань консервування пошкоджених і реставрації давніх пам'яток архітектури через його здатність точно зафіксувати як форму, так і розміри та зовнішню і внутрішню структуру об'єкта. У порядку вирішуваних завдань найважливішими є: документування стану об'єкта через створення точних 3D моделей пам'яток архітектури, музеїв, пам'ятників тощо; створення інформаційно-аналітичних передумов для реставрації та консервації пошкоджених пам'яток архітектури чи цінних об'єктів іншого типу, для яких існують загрози руйнування чи знищення; вирішення задач підвищення рівня доступності та популяризації інформації про пам'ятки архітектури, музеї і навіть їхні експонати. Завдяки використанню 3D моделей можна створювати віртуальні експозиції, поширювати інформацію про культурну спадщину серед широких мас населення, зберігати її в цифровому вигляді як історичну пам'ять, використовувати 3D моделі для дослідження, аналізу та моніторингу змін, які відбуваються в стані чи будові того чи іншого об'єкта [1; 5].

Починаючи з 2020 року, у дослідників з'явилися нові відносно недорогі інструменти, за допомогою яких можна виконувати лазерне 3D сканування різноманітних об'єктів: *iPad Pro та iPhone 12 Pro/iPhone 12 Pro Max* [1; 5]. Ми спробували апробувати цю технологію для створення 3-D моделі Музею ґрунтів ім. проф. М. М. Годліна, розташованого в навчальному корпусі № 2 НУБіП України (м. Київ).

Таким чином, лазерне сканування з використанням смартфона може слугувати важливим інструментом забезпечення збереження та дослідження архітектурної спадщини, бо продукує детальну і точну інформацію про об'єкти,

яка в подальшому може бути використана для вирішення широкого спектру завдань – від освітньо-популяризаційних та консерваційно-реконструкційних до збереження історичної пам'яті про важливі історико-архітектурні, музейні та наукові об'єкти.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанням, пов'язаним зі створенням 3D моделей об'єктів навколишнього світу з допомогою LIDAR-сканерів, присвячено чимало досліджень як вітчизняних, так і зарубіжних вчених. Вони відображають різноманітність способів і прийомів використання цієї технології при скануванні різноманітних невеликих споруд та об'єктів за допомогою iPhone та iPad [1], при реконструкції та відтворенні об'єктів історичних міст і різноманітних споруд [2, 3] та створенні фантомних моделей архітектурних компонентів [7], отриманні цифрових версій об'єктів культури [8], удосконаленні методів створення 3D моделей з використанням креслень і фотографій [9], вирішенні подібних завдань комплексом геодезичних методів [10 - 12] .

В Україні є кілька команд та компаній, які здійснюють спеціалізоване сканування та створення 3D моделей об'єктів історико-культурної спадщини, розташованих в різних регіонах нашої держави. До них належать [6]:

- SKEIRON. Ця команда оцифровує українську спадщину вже понад вісім років. За цей час компанія оцифрувала палац культури «Енергетик» у Прип'яті, Софійський собор, Золоті ворота, костел святого Миколая, Чернівецький університет, серію архітектурних пам'яток Львова та більшість пам'яток ЮНЕСКО, розташованих в Україні. З них більше 100 об'єктів оцифровано у високій деталізації;

- ГО “Пікселейтід Реалітіз”. Фахівці цієї організації запустили військово-документальний проєкт «Музей Української перемоги», головним завданням якого є збереження культурно-історичної спадщини у вигляді 3D моделей та демонстрація світові боротьби і прагнень українського народу через відображення об'єктів, постраждалих від війни росії проти України, у вигляді

віртуальних 3D моделей. “Пікселейтід Реалітіз” вже відсканувала більш як 85 об’єктів, створила 2 скани міст та 175 сканів монументів і статуєток;

- AERO3D – українська інженерна компанія, яка спеціалізується на 3D-моделюванні, лазерному скануванні, виконанні геодезичних і фотограмметричних робіт, створенні віртуальних 3D-турів, фото- і відеозніманні цінних об’єктів. Компанією вже створено моделі 25 об’єктів культурного значення та 16 моделей знищених росією військових і цивільних об’єктів, таких, наприклад, як церкви;

- My Future Heritage – проєкт що займається оцифруванням матеріальної культурної спадщини, створенням тактильних експозицій для незрячих та слабозорих осіб, 3D скануванням та друком, а також фотограмметрією. За ініціативи команди створено проєкт, в межах якого планується оцифрувати понад 1100 творів Львівської національної галереї мистецтв імені Б.Г. Возницького.

Окрім описаних організацій у сфері створення цінних для України 3D об’єктів та моделей, також працюють такі компанії, як Town Image Studio, Немо, MEMORYSAVERS та інші. Ця галузь має значний потенціал та цінність для нашої країни, тому розвиток подібних ініціатив є актуальною задачею.

Сканування і створення 3D пам’яток культурної спадщини є важливим для України з огляду на можливість збереження унікальних об’єктів, які перебувають під загрозою знищення природними і техногенними процесами та російським агресором. Крім того, ці технології дозволяють зробити культурну спадщину доступнішою для громадськості, навіть для тих, хто не може відвідати ці об’єкти фізично. Технологія створення 3D моделей об’єктів дозволяє віртуально досліджувати та вивчати культурні пам’ятки, що відкриває нові можливості для освіти, туризму та популяризації культурної спадщини України як в межах країни, так і за її межами». Виконаний стислий аналіз свідчить про значні перспективи лазерного сканування історико-культурних об’єктів, в т. ч. з використанням LIDAR-сканера.

Метою дослідження є опрацювання методичних засад виконання знімання та створення 3D моделей цінних історико-культурних і наукових об'єктів з використанням смартфона, оснащеного LiDAR-сканером.

Матеріали і методи наукового дослідження. При виконанні наукового дослідження було використано такі методи: польового знімання з використанням смартфона, оснащеного LiDAR-сканером [1]; опрацювання результатів знімання з використанням програми Polycam [4] та Auto CAD, PIX4D, 3D MAX, Blender; верифікації отриманої 3D моделі музейної експозиції, метод узагальнення отриманих результатів та їх відображення у вигляді 3D моделі.

Результати дослідження та їх обговорення. *Сутність технології LiDAR-сканування об'єктів із застосуванням смартфону.* LiDAR-датчик в смартфоні представлений невеликим модулем, розташованим на задній панелі пристрою. Він складається з лазерного випромінювача, приймача світла та процесора для опрацювання отриманих даних (рис. 1).



Рисунок 1. Розташування LiDAR-сканера на панелі смартфона [1].

Лідар дозволяє вимірювати відстані до об'єктів з високою точністю та швидкістю [1; 4; 8]. Це досягається за рахунок використання інфрачервоних променів світла, які не поглинаються атмосферою. LiDAR працює наступним чином (рис. 2):

- датчик LiDAR випромінює короткі імпульси інфрачервоних променів світла;

- інфрачервоні промені світла відбиваються від об'єктів, які ми знімаємо, і потрапляють у поле зору датчика у смартфоні;
- датчик вимірює час, за який світло повертається назад;
- на основі цього часу датчик обчислює відстань до об'єкта;
- на основі хмари точок формується образ (3D модель) об'єкта.

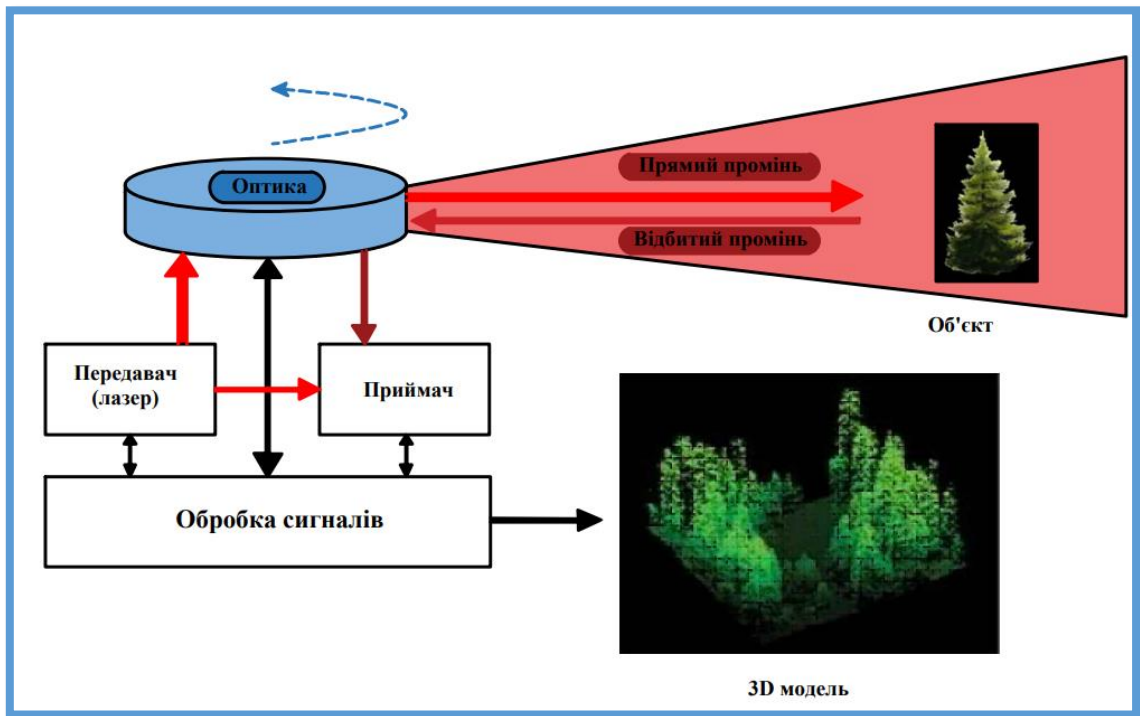


Рисунок 2. Принципова схема виконання знімальних робіт з використанням смартфона з LiDARом (за [12]).

Основний принцип дії цієї технології знімання полягає в тому, що датчик випромінює світлові промені та засікає час, необхідний цим променям на рух до об'єкта знімання, відбиття від нього та повернення назад. Цей процес враховує фактор впливу розсіювання середовища, що дозволяє досягти високої точності у визначенні відстаней до об'єктів.

Серед мобільних пристроїв вперше технологія LiDAR з'явилася на задніх камерах у 2020 році з випуском iPad Pro та iPhone 12 Pro/iPhone 12 Pro Max [1; 8]. LiDAR – це метод визначення віддалей від камери до досліджуваних об'єктів з використанням лазерного випромінювання. У результаті зйомки отримують хмару точок, за допомогою яких окреслюються контури досліджуваного об'єкта.

Наступне опрацювання цієї хмари точок дозволяє створювати 3D моделі досліджуваних об'єктів.

Створення 3D моделі об'єкта історико-культурної спадщини із застосування програмного засобу Polycam у смартфоні. LiDAR можна використовувати для створення точних 3D моделей історико-архітектурних об'єктів та музейних приміщень. Ця технологія може бути корисною для вирішення різних завдань, таких як: архітектурне проектування, знімання цінних пам'яток архітектури і створення їхніх об'ємних зображень, супровід ремонтних робіт, створення віртуальної і доповненої реальності тощо. Реалізація цих завдань особливо важлива в період воєнного стану, коли існує небезпека руйнування цінних історико-культурних об'єктів, тому завчасне створення їхніх 3D-моделей вкрай важливе для збереження нашої історико-архітектурної, музейної, культурної спадщини.

Загальний принцип створення 3D моделі одного з таких об'єктів – Музею ґрунтів у навчальному корпусі №2 НУБіП України – охарактеризовано нижче.

1. Відкриваємо програму Polycam [4] та натискаємо «створити новий проект».

2. Обираємо функцію LiDAR та починаємо сканувати поверхню досліджуваного об'єкта.

3. Після завершення сканування отримуємо готову полігонометричну модель, яку в подальшому можна експортувати в різні розширення, які підійдуть для подальшого опрацювання в додатковому програмному забезпеченні, такому як Auto CAD, PIX4D, 3D MAX, Blender.

4. Після експорту проекту в файл з розширенням DXF, відкриваємо його в AutoCAD (рис. 3) та визначаємо точність передачі параметрів експозиції на створеній хмарі точок, яка відображає експонати Музею ґрунтів НУБіП України – ґрунтові розрізи з різних природних зон України.

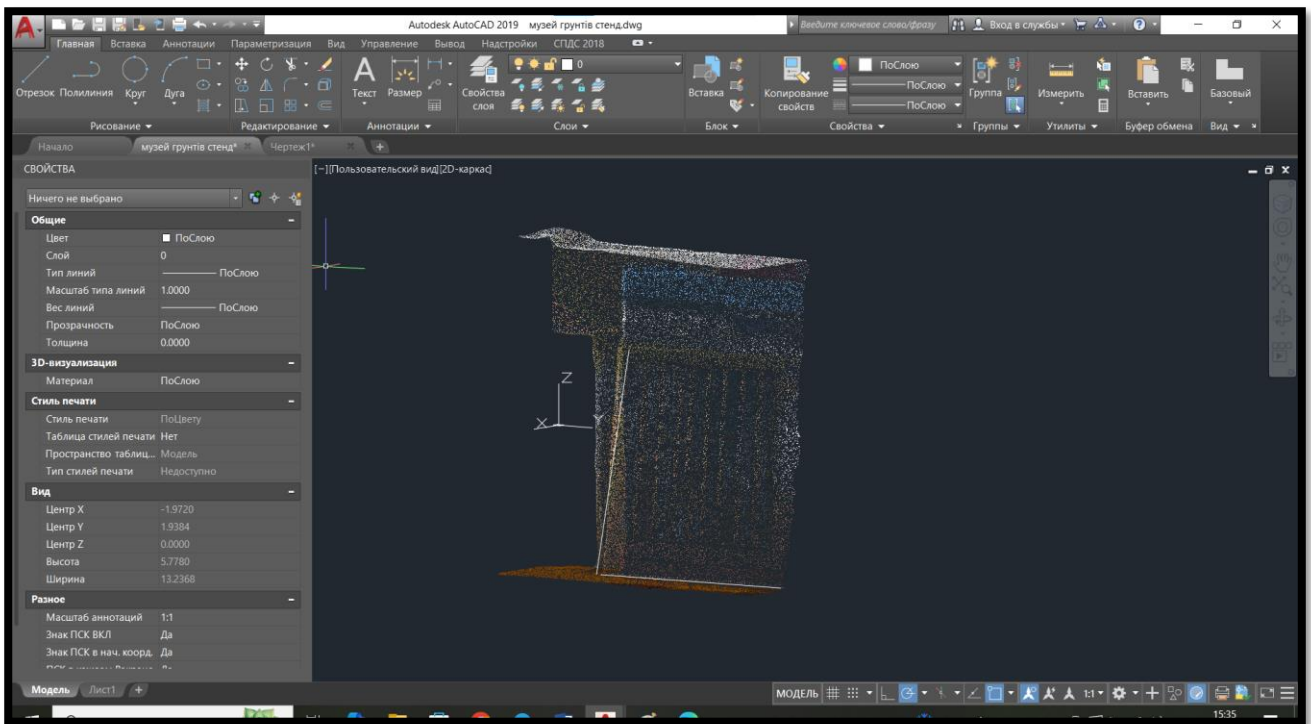


Рисунок 3. Хмара точок, які відображають елементи експозиції Музею та їх експорт у файл з розширенням DXF

5. Завантажена у програму хмара точок має щільність, достатню для визначення відображення розмірів ґрунтових монолітів на створеній 3D моделі експозиції Музею ґрунтів (рис. 6) із достатньою точністю. За еталонне значення довжини експозиційного стенду нами обрано величину, виміряну рулеткою, яка становила 258 см. (рис. 4, 5).

6. Для визначення точності вимірювання довжини стенду ґрунтових монолітів можна використати відносну похибку, яка обчислюється як відношення різниці середнього еталонного та середнього виміряного значення до величини середнього еталонного значення, вираженого у відсотках. Виміряні нами дані становили:

- середнє (з 3 вимірів) еталонне значення довжини, виміряне рулеткою: 258 см;
- середнє виміряне значення з допомогою LiDAR – сканера: 250 см.

Обчислена таким чином відносна похибка складає 3,1%.



Рисунок 4. Фрагмент експозиції ґрунтових розрізів у Музеї ґрунтів НУБіП України з відображенням їх лінійних розмірів, визначених рулеткою.

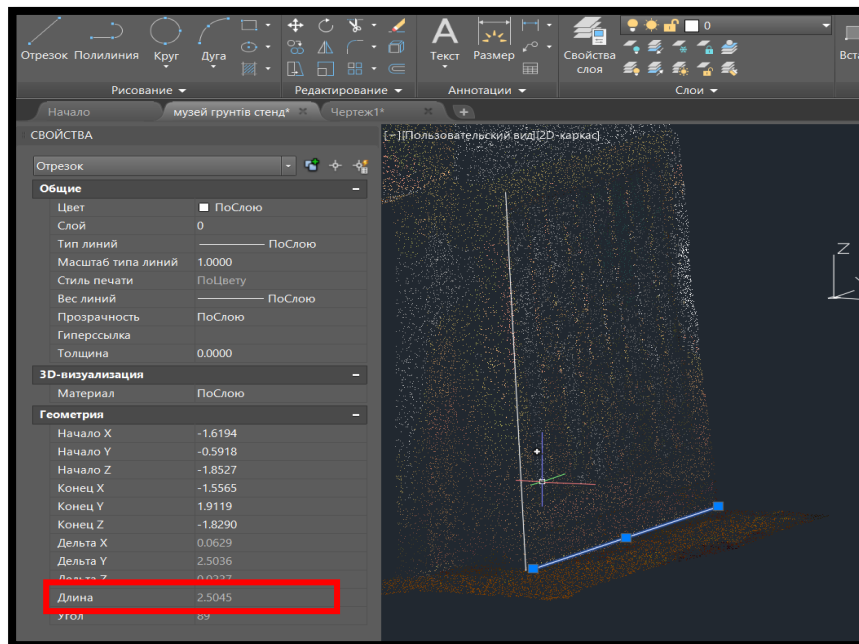


Рисунок 5. Оцінка точності створеної 3-D моделі експозиції Музею ґрунтів.

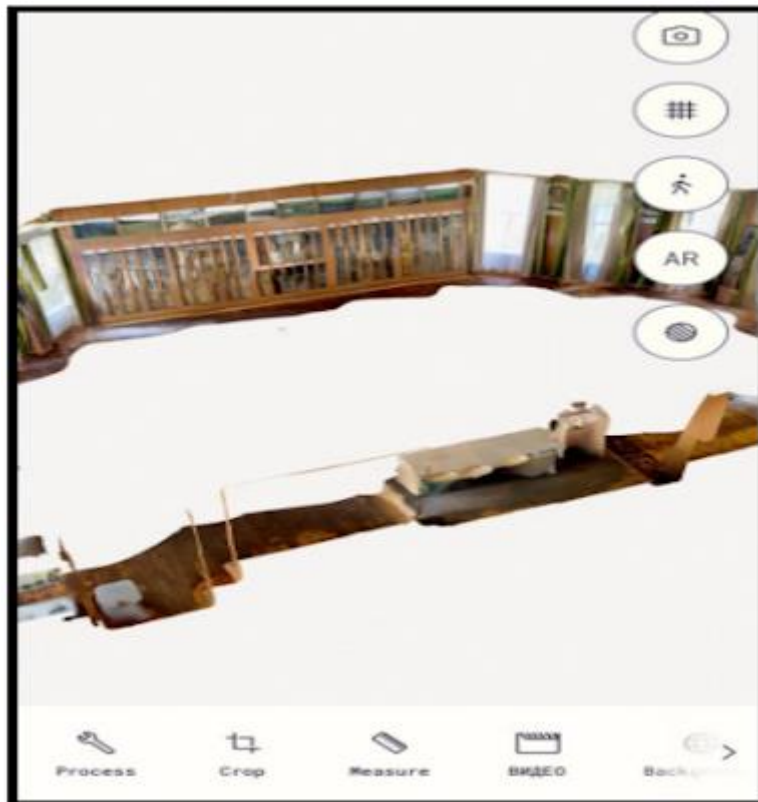


Рис. 6. Створена 3-D модель експозиції Музею ґрунтів

Отже, похибка вимірювання лінійних параметрів експозиції створеної за допомогою LiDAR – сканера моделі (рис. 6) не перевищує 3,1%, тобто є прийнятною.

Висновки. На сучасному етапі розвитку нашої держави, коли росія впродовж майже трьох років веде загарбницьку війну на території України, руйнуючи міста і села, знищуючи історико-культурні, архітектурні, наукові цінності, будівлі, складові інженерно-технічної інфраструктури, існує потреба у проведенні знімальних робіт для створення 3D моделей найцінніших об'єктів національної спадщини. У вирішенні цього завдання великим потенціалом володіє геодезія, зокрема такі її дослідницькі технології, як лазерне сканування і знімання з допомогою LiDAR сканера у смартфоні. Для реалізації завдання створення 3D моделі Музею ґрунтів НУБіП України як об'єкта наукової спадщини спочатку була розроблена принципова схема (алгоритм) виконання знімальних робіт з допомогою смартфона з LiDAR-сканером та опрацювання

отриманої хмари точок, які відображають контури сканованих об'єктів. Цей алгоритм покладений в основу обґрунтованої методики створення 3D моделей об'єктів історико-культурної та наукової спадщини України з використанням технологій лазерного сканування досліджуваних об'єктів.

У статті охарактеризовані результати застосування LiDAR-сканера для створення 3D моделі експозиції ґрунтових розрізів (монолітів), зібраних за більш як 100-річний період в Музеї ґрунтів НУБіП України. Отримана 3D модель експозиції Музею ґрунтів (рис. 6) з достатньою точністю передає реальні розміри і властивості його експонатів.

Список використаних джерел

1. 10 цікавих способів використовувати LiDAR на вашому iPhone та iPad. [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://mezha.media/articles/yak-vykorystovuvaty-lidar-na-iphone-ta-ipad>

2. Дегтяренко Д.О., Оболонков Д.Ф. (2024). Цифрові методи реконструкції та відтворення стародавніх міст та споруд за допомогою геодезії. Збірник наукових праць ДонНАБА № 1 (32), С. 11-16. URL: <https://donnaba.edu.ua/journal/wp-content/uploads/2024/04/11-16.pdf>

3. Коцюбівська К., Баранський С. (2020). 3D-моделювання при відновленні історико-культурних цінностей. Цифрова платформа: інформаційні технології в соціокультурній сфері, № 3(1), С. 59–68. DOI: <https://doi.org/10.31866/2617-796x.3.1.2020.206109>

4. Polycam — AI інструмент для створення 3D моделей за допомогою мобільного сканування. [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://www.komarov.design/polycam-ai-instrument-dlia-stvoriennia-3d-modieliei-za-dopomoghoiu-mobilnogho-skanuvannia>

5. Принципи створення 3D моделей. [Електронний ресурс] / Режим доступу: https://addtive.com.ua/shcho_take_3d_modelyuvannya

6. Спадщина Львова у 3D. [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://www.uois.lviv.ua/spadshchyna-u-3d>

7. Товбич, В., Попович, Є. (2023). Засоби та методи 3-D сканування для створення фантомних моделей архітектурних об'єктів. Сучасні проблеми Архітектури та Містобудування, (67), 372–381. URL: <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2023.67.372-381>

8. 3D пам'ятки: технологія створення цифрових версій об'єктів культури. [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://mcsc.gov.ua/news/3d-pamyatku-tehnologiya-stvorennya-cyfyrovyyh-versij-obyektiv-kultury>

9. Котлик С.В., Романюк О.Н., Соколова О.П., Шинкар О.В. Удосконалення технології створення тривимірних 3-D моделей з використанням креслень і фотографій механізмів старих зразків. *Автоматизація технологічних і бізнес-процесів*. Том 16, Вип. 1. DOI: <https://doi.org/10.15673/atbp.v16i1.2765>

10. Shevchenko O., Openko I., Tykhenko R., Stepchuk Y. Comparative analysis of geodetic surveys for building facad: laser scanning, total station surveying and smartphone lidar. International Conference of Young Professionals «GeoTerrace-2023», Oct 2023. DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2023510102>

11. Shevchenko O., Mykhailyk K., Pron O., Moskalenko A., Illiashov I. (2024). Features of 3D modelling of building facades using i89 GNSS receiver with dual camera. *International Conference of Young Professionals "GeoTerrace 2024"*, P.1–5. Published by European Association of Geoscientists & Engineers. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2024510050>

12. Spreafico A., Chiabrando F., Teppati Losè L., Giulio Tonolo F. (2021). The iPad pro built-in lidar sensor: 3D rapid mapping tests and quality assessment. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. 2021. XLIII-B1-2021. 63–69. URL: <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-xliii-b1-2021-63-2021>

References

1. 10 cool ways to use LiDAR on your iPhone and iPad. Available at : <https://mezha.media/articles/yak-vykorystovuvaty-lidar-na-iphone-ta-ipad/>

2. Dehtiarenko, D. O., Obolonkov, D. F. (2024). Tsyfrovi metody rekonstruktsii ta vidtvorennia starodavnikh mist ta sporud za dopomohoiu heodezii. [Digital methods of reconstruction and reproduction of ancient cities and structures using geodesy]. Collection of scientific papers of DonNABA, 1 (32), 11-16. Available at : <https://donnaba.edu.ua/journal/wp-content/uploads/2024/04/11-16.pdf>

3. Kotsiubivska, K., Baransky, S. (2020). 3D-modeliuvannia pry vidnovlenni istoryko-kulturnykh tsinnosti. Tsyfrova platforma: informatsiini tekhnolohii v sotsiokulturnii sferi [3D modeling in the restoration of historical and cultural values]. Digital platform: information technologies in the socio-cultural sphere, 3(1), 59–68. doi: <https://doi.org/10.31866/2617-796x.3.1.2020.206109>

4. Polycam – AI tool for creating 3D models using mobile scanning]. Available at : <https://www.komarov.design/polycam-ai-instrument-dlia-stvoriennia-3d-modieliei-za-dopomoghoiu-mobilnogho-skanuvannia/>

5. Principles of creating 3D models. Available at : https://addtive.com.ua/shcho_take_3d_modelyuvannya/

6. Lviv's heritage in 3D. Available at : <https://www.uois.lviv.ua/spadshchyna-u-3d>

7. Tovbych, V., Popovych, E. (2023). Zasoby ta metody 3-D skanuvannia dlia stvorennia fantomnykh modelei arkhitekturnykh ob'iektiv. [Means and methods of 3-D scanning for creating phantom models of architectural objects]. Modern problems of Architecture and Urban Planning, 67, 372–381. doi: <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2023.67.372-381>

8. 3D monuments: technology for creating digital versions of cultural objects. Available at : <https://mcsc.gov.ua/news/3d-pamyatky-tehnologiya-stvorenniya-cyfrovyyh-versij-obyektiv-kultury>

9. Kotlyk, S. V., Romanyuk, O. N., Sokolova, O. P., Shynkar, O. V. (2024). Udoskonalennia tekhnolohii stvorennia tryvymirnykh 3-D modelei z vykorystanniam kreslen i fotohrafii mekhanizmiv starykh zrazkiv. [Improving the technology of creating three-dimensional 3-D models using drawings and photographs of

mechanisms of old samples]. Automation of technological and business processes, 16, 1. doi: <https://doi.org/10.15673/atbp.v16i1.2765>

10. Shevchenko, O., Openko, I., Tykhenko, R., Stepchuk, Y. (2023). Comparative analysis of geodetic surveys for building facad: laser scanning, total station surveying and smartphone lidar. International Conference of Young Professionals «GeoTerrace-2023», 1–5. doi: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2023510102>

11. Shevchenko, O., Mykhailyk, K., Pron, O., Moskalenko, A., Illiashov, I. (2024). Features of 3D Modelling of Building Facades Using i89 GNSS Receiver with Dual Camera. International Conference of Young Professionals «GeoTerrace-2024», 1-5. doi: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2024510050>

12. Spreafico, A., Chiabrandò, F., Teppati Losè, L., & Giulio Tonolo, F. (2021). The ipad pro built-in lidar sensor: 3d rapid mapping tests and quality assessment. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 43, 63-69. doi: <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-xliiii-b1-2021-63-2021>

I. P. Kovalchuk, V. O. Yukhymyuk, V. A. Bogdanets

METHODOLOGY AND RESULTS OF CREATING 3D MODELS OF HISTORICAL AND CULTURAL OBJECTS USING A SMARTPHONE EQUIPPED WITH A LIDAR SCANNER

***Abstract.** The article describes the methodology and results of creating 3D models of objects of the historical, cultural and scientific heritage of Ukraine using the technology of shooting the investigated objects using a smartphone equipped with a LiDAR scanner. The Museum of Soils, named after Prof. M. M. Godlin, of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, which is located in auditorium No. 53 and in the foyer of educational building No. 2. The exposition includes more than 200 monoliths of soils, selected from various natural zones of Ukraine over more than 100-year period of the museum's operation. Considering the high scientific and didactic value of this object, it was decided to create a digital 3D*

model of it. In order to implement this task, a principal scheme (algorithm) was first developed for performing shooting works using a smartphone with a LiDAR scanner and processing the resulting points cloud that reflects the contours of the scanned objects. This algorithm is the basis of a methodology for creating 3D models of objects of historical, cultural and scientific heritage of Ukraine. In the construction of mobile devices, LiDAR technology first appeared on rear cameras in 2020 with the release of the iPad Pro and iPhone 12 Pro/iPhone 12 Pro Max. LiDAR is used in them to determine the distance from the camera to the objects under study using laser radiation. Using a smartphone equipped with a LiDAR scanner, the main exposition of the Museum of Soils was shot using the program Polycam. In the course of further work, based on the cloud of points created by lidar 3D scanning of the Museum of Soils, a cloud of points was constructed (using such software tools as Auto CAD, PIX 4D, 3DMAX, Blender) digital 3D model of the exposure of soil monoliths of this object. The result of the completed works is a 3D model of the exposition of the soil monoliths of the Museum of Soils, located in the auditorium of educational building No.2 of NUBiP of Ukraine. At the final stage of the research, the results were verified by comparing the linear dimensions of the stands, determined by using a tape measure directly in the Museum, and the same indicators displayed on the 3D model. The error of measurement of linear exposure parameters using LiDAR did not exceed 3.10%, that considered acceptable. The created version of the 3D model of the exposition of soil monoliths of the Museum of Soils of NUBiP of Ukraine can be used for both educational and popularization purposes.

Keywords: *LiDAR scanner, Polycam software, smartphone 3D shooting, 3D model, 3D scanning, point cloud.*