

ОЦІНКА ТОЧНОСТІ ТА ЕФЕКТИВНОСТІ МОБІЛЬНОГО LiDAR-СКАНУВАННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ СМАРТФОНІВ ДЛЯ ШВИДКОЇ ФІКСАЦІЇ ДЕФЕКТІВ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

БРЕЧКО Зоряна Миколаївна
*студентка 3 курсу ОС «Бакалавр»
спеціальності «Геодезія та землеустрій»*

МАЙСТРУК Катерина Леонідівна
*студент 3 курсу ОС «Бакалавр»
спеціальності «Геодезія та землеустрій»*

Науковий керівник
РУСІНА Неля Григорівна
*к.п.н, викладач,
ВСП «Рівненський фаховий коледж
Національного університету
біоресурсів і природокористування України»,
м. Рівне, Україна,
RusinaN@i.ua*

Світловий детектор та довжина (LiDAR) використовується в багатьох галузях для виконання швидких і точних вимірювань об'єктів. Залежно від платформи розміщення, розрізняють кілька видів сканування: авіаційне (ALS) з боку літаків або гвинтокрилів; БПЛА-сканування: за допомогою дронів; Мобільне (MLS): з рухомих наземних платформ; наземне (TLS): зі стаціонарних штативів. Знаковим етапом розвитку технології стала її мініатюризація. Починаючи з 2020 року, завдяки компанії Apple, сенсори LiDAR інтегровані у смартфони, що зробило професійні вимірювання доступними для широкого загалу. Наукові дослідження підтверджують ефективність мобільного LiDAR у таких сферах, як цифровізація культурної спадщини, архітектурна діагностика, моніторинг лісових ресурсів, геологічні вишукування та навіть антропометрія [1].

Використання смартфона з LiDAR для вимірювання дефектів особливо виправдане у випадку важкодоступних місць. Робота LiDAR у смартфонах базується на двох принципах: структурованому світлі (SL) та вимірювання відстані за часом прольоту ToF. Технологія 3D-візуалізації називається SL (Structured Light) – структуроване світло. Метод сканування SL базується на принципі тріангуляції [2], в якому падаючі лазерні лінії проектуються на об'єкт, що сканується.

Вимірювання за допомогою смартфона виконуються під час руху у фіксованому напрямку, щоб охопити весь досліджуваний об'єкт. Рух смартфона означає, що кожне сканування здійснюється під різним кутом і з

різної відстані. У процесі сканування однорідної площини кожен прохід пристроєм (1– n циклів) супроводжується формуванням нової 3D-хмари точок. Оскільки на вимірюваній поверхні немає характерних точок, послідовні сканування не поєднуються належним чином. Відповідно, перше сканування точки на поверхні не відповідає тій самій точці в другому скануванні. Це призводить до захоплення кількох площин, кількість яких дорівнює кількості зупинок сканування телефону. У цьому випадку кілька вимірних хмар точок, що представляють площину, зміщуються та скручуються одна відносно одної. Для коректного виконання вимірювання необхідно зареєструвати так звані сполучні точки.

Ці опорні точки гарантують точне суміщення масивів даних під час ітерацій сканування. Зазвичай вони прив'язані до характерних геометричних особливостей об'єкта. Проте для роботи з плоскими й однотипними поверхнями необхідно штучно модифікувати їхню геометрію, використовуючи спеціальні накладні матеріали (SMT). Завдяки цій методиці формується єдина площина, що об'єднує всі результати сканувань в одну цілісну хмару через контрольні точки на маркувальному шарі [1].

Наступний етап методики передбачає програмну обробку та інтеграцію всіх отриманих масивів даних. Порівняльний аналіз хмар точок дозволяє ідентифікувати деформації або тріщини, а також точно обчислити їхні параметри. Для забезпечення точності на стіні встановлюється спеціальний маркер (SMT), що слугує опорною точкою для LiDAR-сенсора смартфона. Важливо враховувати, що стандартні геодезичні мішені для тахеометрів не є ефективними для мобільного сканування, особливо на обмежених ділянках, оскільки розмір мішені не має перевищувати площу досліджуваної поверхні. Використовуються два основні типи маркерів. Природний – це так званий тип розпізнається на скануванні на основі морфологічних особливостей об'єкта, таких як краї, вікна та ідентифіковані особливі елементи. Штучний представлений штучними цілями, які розміщують в області сканування та зазвичай складаються з матеріалів, особливо помітних і відбивають довжину хвилі лазерного сканера. Основна проблема, пов'язана з цілями, полягає в їх визначенні під час обстеження. Неправильно розташована ціль нечітко видно і тому потенційно марна. Перевага надається використанню цілей різної форми, а використання різних розмірів є переважно вигідним.

Перевірка корисності запропонованих поверхнево-матричних тестів (SMT) відбувалась вченими з кафедри геодезії Вармінсько-Мазурського університету [1]. Вимірювання проводилось за допомогою iPhone XR, зокрема фронтальний датчик TrueDepth (який Apple Inc. називає FaceID), вироблений компанією TSMC sensor та лазерним сканером Leica ScanStation C10. Для датчика LiDAR iPhone XR доступні кілька програм, таких як 3D Scanner App, Pix4Dcatch або ScandyPro. У дослідженні використовувався платний додаток «ScandyPro» версії 1.10.7 від Louisiana Entertainment. Сканування за допомогою програми ScandyPro виконувалось шляхом руху вздовж, вгору та вниз по стіні, при цьому фронтальний сенсор iPhone XR охоплював кожен

частину об'єкта інтересу; смартфон знаходився на відстані приблизно 10 см від стіни. Дані досліджень показано на рис.1.

Реалізація вимірювань на близькій відстані за допомогою смартфона з LiDAR для невеликих площ з використанням спеціальних поверхнево-матричних моделей (SMT) може створювати хмари точок з вищою точністю, ніж хмари точок, отримані за допомогою TLS. Так роздільна здатність 5 мм в iPhone XR та невелика відстань смартфона від об'єкта дали можливість виміряти маленькі тріщини (близько 1 мм). Коли ширина тріщини менша за лазерну пляму TLS Leica ScanStation C10 (розмір плями дорівнює 4,5 мм від 0 до 50 м), тріщини не будуть видимими. Лазерна пляма LiDAR смартфона набагато менша, ніж TLS.

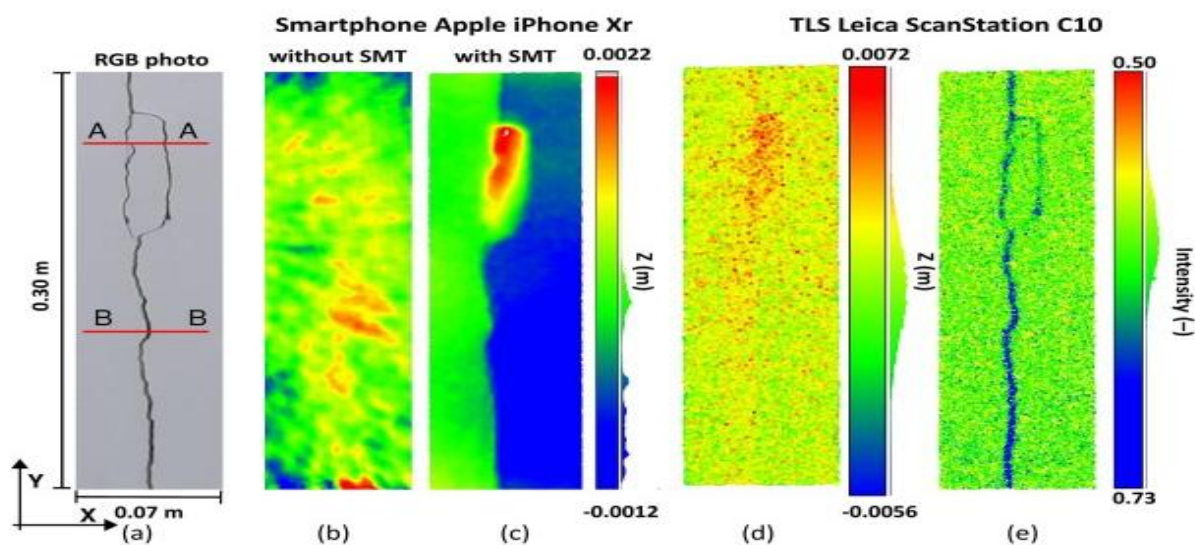


Рис. 1. Аналіз тріщини об'єкта 1: (а) реальний вигляд; хмари точок, отримані зі смартфона (b) без поверхневого моделювання (SMT) та (c) з SMT; та (d) та (e) хмари точок, отримані за допомогою TLS. Джерело: [1].

Результати вимірювань смартфонами з мішенями SMT є найбільш детальними для вимірювання квазіплоских та однорідних поверхонь стін, а вимірювання смартфонами без SMT дали значно гірші результати порівняно з вимірюванням TLS. Тому використання SMT для вимірювання однорідних, плоских поверхонь є виправданим. Це особливо важливо для недорогих інвентаризаційних вимірювань дефектів будівельних конструкцій, таких як тріщини та порожнини. Смартфони з технологією LiDAR мають потенціал для революціонування вимірювання дефектів у різних галузях промисловості, включаючи будівництво, виробництво та машинобудування, оскільки це легкодоступний, невеликий та легкий інструмент.

Список використаних джерел:

1. Błaszczak-Bąk W., Suchocki Cz, Kozakiewicz T., Janicka J., Measurement methodology for surface defects inventory of building wall using smartphone with light detection and ranging sensor, *Measurement*, 2023. V.219. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2023.113286>
2. Huang X., Zhang Y., Xiong Z. High-speed structured light based 3D scanning using an event camera. *Optics Express*. 2021. №29. PP. 1-13. <https://doi.org/10.1364/OE.437944>



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ ЗЕМЛЕВПОРЯДКУВАННЯ**

**ЗБІРНИК ТЕЗ МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ
КОНФЕРЕНЦІЇ**

«GEOPOINT»

5-6 березня 2026 року

**PROCEEDINGS OF INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND PRACTICAL
CONFERENCE**

«GEOPOINT»

March 5-6, 2026

УДК 332.2/.7:528.4/.9"364"(082)

ISBN 978-617-8798-98-7

«GEOPPOINT»: Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, Україна, 5-6 березня 2026 року: матеріали конференції. Київ: НУБіП України. 2026. 332 с.

Рекомендовано Вченою радою факультету землевпорядкування Національного університету біоресурсів і природокористування України (протокол № 5 від 19 березня 2026 року)

У збірнику матеріалів конференції подано результати сучасних наукових досліджень за секціями: землеустрій та кадастр в умовах воєнного стану та повоєнного відновлення, оцінка земель, врахування збитків та управління ризиками, геопросторові технології та ДЗЗ. Розраховано для науково-педагогічних працівників, представників науково-дослідних установ, науковців, спеціалістів установ та фахівців землевпорядного напрямку, аспірантів, студентів.

У разі повного або часткового використання матеріалів збірника посилання обов'язкове. Автори матеріалів несуть повну відповідальність за точність наведених фактів, цитат, власних імен та інших відомостей, відповідаючи принципам академічної доброчесності.

Відповідальні за випуск: І. А. Опенько, О. Д. Грищак