

УДК 528.021

А. ГОРБ¹, І. ТРЕВОГО²¹ CHC Navigation, Шанхай, Китай, +38(050)693-28-27, ел. пошта: andrei_gorb@chcnav.com² Кафедра геодезії, Національний університет “Львівська політехніка”, вул. С. Бандери, 12, Львів, 79013, Україна, +38(032)258-27-60, ел. пошта: itrevoho@gmail.com

АНАЛІЗ КОМПОНЕНТІВ ІСНУЮЧИХ МОБІЛЬНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ВИБОРУ ОПТИМАЛЬНОГО ВНУТРІШНЬОГО ОБЛАДНАННЯ ПРОЄКТОВАНОЇ СУЧАСНОЇ СИСТЕМИ

Проаналізовано мобільні системи, пропоновані на ринку, та їх компоненти, на основі яких сучасні розробники обладнання цього класу вибирають внутрішнє обладнання для проектування нової системи. Роз’яснено основні теоретичні засади структури сучасної системи. **Мета роботи** – проаналізувати технології виконання мобільного лазерного сканування та геодезичних вимірювань загалом для виявлення процесів у технології приладобудування, які можна покращити, та запропонувати конкретний спосіб поліпшення з безпосередньою участю у розробленні.

Ключові слова: лазерне сканування; мобільне знімання; фотограмметрія; хмари точок; навігація; ГНСС.

Ми живемо у час четвертої індустріальної революції, у якій цифровізація займає одне з головних місць. DigitalTwinCity – це складна і всеосяжна технічна система, яка підтримує будівництво нових смарт-міст. Це також вдосконалена модель безперервного інноваційного та інтелектуального розвитку міст та майбутньої модернізації світу “віртуального та реального поєднання”.

Для побудови цифрового міста-побратима передбачено чіткі вимоги до традиційних інструментів знімання: знімання з різних ракурсів, багатовимірність та висока роздільна здатність. Сьогодні зростає попит на глобальні, точні геопросторові дані в режимі реального часу, які поєднують в собі повний обсяг та високу точність 2D та 3D інформації.

Перші геодезичні прилади з’явилися ще в незапам’ятні часи, ще тоді, коли люди тільки почали зводити більш-менш серйозні споруди. Природно, із плином часу пристрої та інструменти для проведення геодезичних досліджень зазнали істотних змін, сучасні високотехнологічні геодезичні прилади вже мало схожі на вимірювальні інструменти, якими люди користувалися для будівництва в давнину.

Основним трендом сьогоdnішнього ринку отримання геопросторової інформації стає стрімкий розвиток рішень для мобільного сканування. Системи і програмні продукти представляють не тільки імениті бренди, але і нові гравці цього напрямку. На рис. 1 відображено еволюцію мобільної системи фірми Trimble за десять років.

Кілька років тому увесь світ захопила ідея знімання з повітря із застосуванням безпілотної авіації, а 2018 р., безперечно, став роком еволюційного розвитку технології лазерного сканування із мобільних пла-

форм. За час, що минув від створення перших зразків систем (початок 2000-х років), істотно поліпшилась якість (точність і швидкість) одержуваних даних, зменшилися масогабаритні характеристики, платформи стали універсальними. Системи можна встановлювати вже не тільки на автомобілі, але і на залізничний транспорт, безпілотні гідрографічні системи, безпілотні літальні апарати. Можна сказати, що системи мобільного картографування, представлені в 2018 р., досягли рівня “закінчене рішення” – тепер системи готові до роботи “з коробки”: немає необхідності прокладання під них спеціальних кабелів, підготовки електроживлення, свердління отворів у даху автомобіля, систему можуть встановлювати і знімати один-два фахівці.

Розвиток систем супутникового позиціонування, інерційних систем, системи отримання цифрових фотографій високої роздільної здатності, лазерного сканування (лідарів) привело до появи на початку 2000-х років перших систем мобільного лазерного сканування. У той час системи по суті були розрізненим набором компонент. За наступні 19 років системи стали повністю інтегрованими, програмне забезпечення (ПЗ) – універсальним.

Для розуміння сучасних трендів на ринку проаналізовано продукцію різних виробників:

- LeicaPegasus:Two;
- Trimble MX2/MX7 (просто зображення)/MX9;
- Topcon IP-S3;
- Riegl VMQ-1HA/VMX-1HA/VMX-2HA;
- OptechMaverick/SG/SG(S)/HS600/HS600D – популярний у США;
- HiTarget SU1/SU2/S;
- CHC Alpha3D;

- Satlab SLS1 – підрозділ HiTarget, багато специфікацій однакові.

На ринку є більше компаній, але, на наш погляд, їхні розробки не настільки важливі для цього аналізу.

На основі аналізу встановлено найістотніші характеристики сучасних мобільних систем.

Два сканери в приладі. Більша щільність хмари точок навіть на високій швидкості: один профіль сканування кожні 2–2,5 см на швидкості 40 км/год проти 5 см на одному сканері. Оскільки сканери розташовані під різним кутом, немає несканованих ділянок. Ціна на подвійні сканери вища, порівняно з моделями з однією головкою. Однієї головки сканера може бути достатньо, але зі швидкістю обертання > 200 Гц. Основні моделі сканерів на ринку мобільних приладів зведено в таблицю.

Вища точність даних. Абсолютна точність означає поєднання точності від IMU, GNSS, DMI (як опція) та сканера. Для досягнення дуже високої абсолютної точності координат виробник повинен використовувати високу швидкість оновлення та точний IMU, високу швидкість оновлення приймача GNSS та низький шум/високу точність (рівень, мм) лазерного сканера. Сьогодні LeicaPegasus: Two – найточніша мобільна система з абсолютною точністю 15 мм, оскільки фірма Leica використовує оновлювання інформації Novatel 200 Гц в IMU і 100 Гц у GNSS із лазерним сканером ZF9012 (лінійна точність 1 мм). У новій системі Trimble MX9 використано також інерціальну систему високого рівня Arplanix AP60 та GNSS для отримання точності 20–50 мм, але в цьому випадку сканер від Riegl забезпечує точність лише 5 мм.

Легкий пристрій для швидкого та зручного налаштування. Деякі компанії роблять акцент на зменшення розміру та ваги обладнання. Невеликий розмір і вага дають перевагу під час перевезення (наприклад, до іншої країни), потрібна менша кількість осіб для встановлення системи на транспортний засіб.

Високий рівень IP захисту та діапазон температур. Потрібно пам'ятати, що таким приладам доводиться працювати в різних погодних умовах (дощ, сніг, пил, краплі води) протягом 12 місяців року. Сьогодні необхідний високий захист IP. Те саме стосується температурного діапазону – робота за низької температури може бути перевагою на ринку ЄС та країн Східної Європи.

Незалежне джерело живлення мобільної системи. Є два способи живлення систем сканування: внутрішній (зовнішній) акумулятор та живлення через автомобіль. Обидва мають певні переваги і недоліки. Деякі системи, такі як Leica P2, Trimble MX9, Topcon IP-S3, використовують зовнішній акумулятор. Переваги: просте і швидке (10–15 хв) встановлення на будь-якому типі платформи транспортного засобу, відсут-

ність спеціальних кабелів – тільки один на блок, знімання не припиняється у випадку пошкодження транспортного засобу. Мінуси: висока ціна на літій-іонні акумулятори та логістичні проблеми. На рис. 2 зображено негативний приклад проектування системи живлення.

Зображення із високою роздільною здатністю. Сьогодні рішення M3D переважно використовують поєднання даних із зображень та хмар точок, оскільки обидві технології мають деякі переваги та недоліки. Для виконання завдання зі створення зображень більшість компаній використовують панорамну камеру FLIR Ladybug через хорошу якість та помірну ціну. Але для деяких рішень застосовують власні камери високої роздільної здатності для каліброваного та високосинхронізованого фотограмметричного опрацювання хмари точок і цифрового зображення.

Додаткова синхронізація з іншими датчиками. Синхронізація блока мобільного сканування із іншими датчиками, такими як GPR, теплові камери, мульти-спектральні камери, відкриє для користувачів нові сфери використання, такі як: оптимізація комунальних послуг, виявлення витікання води всередині тунелів, аналіз дорожніх шарів, аналіз асфальту, виявлення перегрівання трансформаторів, виявлення теплової дисперсії на житлових приміщеннях тощо.

Просте в експлуатації та зручне для користувача мобільне ПЗ для збирання даних. Сьогодні світ рухається до спрощення ПЗ, що повинно бути легким та інтуїтивним (потрібно лише невелике вступне навчання), підтримувати BYOD, щоб використовувати власний персональний контролер (або потужніший ПК), WLAN у транспортному засобі без кабелів та сенсорний екран, запуск/зупинка однією кнопкою – простий у користуванні інтерфейс.

Потужне програмне забезпечення для опрацювання результатів. Основні гравці на ринку (Leica, Trimble, Riegl, Optech) та інші фірми намагаються надати повне рішення, а не лише апаратне забезпечення. Вони приділяють велику увагу створенню потужного ПЗ, яке буде використовуватися для потреб багатьох фахівців. Оскільки розмір даних величезний, ПЗ повинно працювати з мільярдами точок.

Розробники системи повинні бути готовими відповісти на такі важливі питання, які можуть поставити користувачі:

- ця система від відомого бренду на ринку (як Leica, Trimble, Riegl або Topcon)?;
- вона достатньо точна (як Leica, Trimble чи CHC Navigation)?;
- достатньо легка (наприклад, Maverick або IP-S3, або HiScanC/SLS-1, або CHCAlpha3D)?;
- має IP захист високого рівня (наприклад, Trimble, Riegl або Topcon, CHC Navigation)?;
- у систему вбудований точний сканер (~ 5 мм)?;

- зберігає великі дані для більш ніж 100 км обстеження (наприклад, Trimble, СНС Navigation, Riegl або Ortech)?;
- має ПЗ для потужного оброблення хмар точок (як Leica чи Riegl)?;
- можливо, проста у налаштуванні та легка у транспортуванні (наприклад, Leica, СНС, Trimble або Topcon та інші)?;
- передбачено синхронізацію із додатковими пристроями, такими як GPR або теплові камери (як Leica, Riegl, СНС)?;
- виглядає професійно (як Leica, Riegl чи Trimble або СНС)?;
- чи може ціна бути нижчою порівняно з Leica Pegasus: Two, Topcon IP-S3, Riegl VMQ-1HA, Ortech Lunx 600?.



Рис. 1. Попередня та сучасна мобільні системи фірми Trimble

Порівняння основних моделей сканерів, які використовують у сучасних мобільних системах

Модель сканера	 ZF9012	 Velodyne HDL-32E	 Riegl VUX-1HA	 Lynx HS lidar
Частота сканування, Гц	200	20	250	600
Радіус сканування, °	360	360	360	360
Швидкість сканування, точок/с	1000000	700000	1000000	800000
Дальність сканування, м	119	100	235	130
Точність сканування, мм	1	20	5	5
Вага, кг	13,5	1,3	3,75	10



Рис. 2. Система прямого живлення через автомобіль системи Trimble MX2

Висновки

Розробляючи мобільну сканувальну систему, необхідно врахувати таке:

- досягнута висока абсолютна точність даних;
- покращені показники розмірів та ваги приладу;
- розроблено оптимальний інтерфейс ПЗ;
- система повинна мати вагомі переваги і можливості для подальшого вдосконалення.

Мобільний сканер стає необхідним, коли потрібно різко збільшити обсяг робіт, не вдаючись до збільшення штату фахівців або залучення субпідрядників. Повернення інвестицій, вкладених в нове обладнання, може потребувати від одного до трьох польових сезонів, залежно від рентабельності проєктів і щільності графіка робіт.

Література

- Куприянов А. О. (2017). Глобальные навигационные спутниковые системы: учеб. пособ. М.: МИИГАиК, 76 с.
- Антонович К. М. (2006). Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии: монография. В 2 т. Т. 2. / ГОУ ВПО “Сибирская государственная геодезическая академия”. М.: ФГУП “Картгеоцентр”, 360 с.
- Середович В. А., Комиссаров А. В., Комиссаров Д. В., Широкова Т. А. (2009). Наземное лазерное сканирование: монография. Новосибирск: СГГА, 261 с.
- A strategist's guide to Industry 4.0 URL: <https://www.strategy-business.com/article/A-Strategists-Guide-to-Industry-4.0?gko=7c4cf>.
- Середович В. А., Ферулев Д. А. (2014). Перспективные средства сбора геодезической информации. Новосибирск: СГГА, 4 с.
- Виноградов А. В., Войтенко А. В. (2012). Сучасні технології геодезичних вишукувань. СибАДИ, 112 с.
- Сарычев Д. С. (2016). Мобильное лазерное сканирование. ООО “ИндорСофт”. Томск, 16 с.
- Waypoint Software 8.80 User Manual v6 – Novatel Group, 2019, 212 с.
- Евстафьев О. В. (2009). Наземная инфраструктура ГНСС для точного позиционирования / под ред. В. В. Грошева. М.: ООО “Издательство “Проспект”, 48 с.
- Мобильное лазерное сканирование. Самый быстрый способ сбора высокоточной информации. URL: http://www.prin.ru/articles/mobil_noe_lazernoe_skanirovanie_novyy_trend_polucheniya_geoprostranstvennoj_informacii/
- Big Data: Are you ready for blast-off? URL: <https://www.bbc.com/news/business-2638305>

A. GORB¹, I. TREVOGO²

¹ CHC Navigation, Shanghai, China, +38(050)693-28-27, email: andrei_gorb@chcnv.com

² Lviv Polytechnic National University, 12, S. Bandery str., Lviv, 79013, Ukraine, +38(032)258-27-60, e-mail: itrevoho@gmail.com

ANALYSIS OF EXISTING MOBILE SYSTEMS COMPONENTS FOR SELECTING THE OPTIMAL INTERNAL EQUIPMENT OF DESIGNED MODERN SYSTEM

The analysis of the existing mobile mapping systems on the market and their constituent components on which the choice of the internal equipment for designing of new system by modern developers of the equipment of this class is based. The basic theoretical provisions about the structure of the modern system are explained. The aim of this work is to analyze the today's technologies for mobile laser scanning and geodetic measurements in general to identify processes in instrumentation technology that can be improved and suggest a specific way to improve with direct participation in the development.

Key words: laser scanning; mobile photography, photogrammetry; point clouds; navigation; GNSS.

References

- Kupriyanov A. O. (2017). Global navigation satellite systems: textbook. М.: MIIGAИK, 76 p.
- Antonovich K. M. (2006). Use of satellite radio navigation systems in geodesy: monograph. In 2 vols. Vol. 2. / GOU VPO “Siberian State Geodetic Academy”. FSUE “Kartgeocenter”, 360 p.
- Seredovich V. A., Komissarov A. V., Komissarov D. V., Shirokova T. A. (2009). Ground laser scanning: monograph. Novosibirsk: SGGA, 261 p.
- A strategist's guide to Industry 4.0. URL: <https://www.strategy-business.com/article/A-Strategists-Guide-to-Industry-4.0?gko=7c4cf>.
- Seredovich V. A., Ferulev D. A. (2014). Perspective means of collecting geodetic information. Novosibirsk: SGGA, 4 p.
- Vinogradov A. V., Voitenko A. V. (2012). Modern technologies of geodetic surveys. Omsk, SibADI, 112 p.
- Sarychev D. S. (2016). Mobile laser scanning. LLC “IndorSoft”. Tomsk, 16 p.
- Waypoint Software 8.80 User Manual v6. Novatel Group, 2019, 212 p.
- Evstafiev O. V. (2009). GNSS ground infrastructure for precise positioning / Ed. V. V. Money. М.: LLC “Prospect Publishing House”, 48 p.
- Mobile laser scanning. The fastest way to collect high-precision information. URL: http://www.prin.ru/articles/mobil_noe_lazernoe_skanirovanie_novyy_trend_polucheniya_geoprostranstvennoj_informacii/
- Big Data: Are you ready for blast-off? URL: <https://www.bbc.com/news/business-2638305>