

МЕДВЕДСЬКИЙ Ю.В.*к.т.н., доцент кафедри інженерної геодезії**Київський національний університет будівництва і архітектури,**м. Київ**orcid.org/0000-0003-0342-7088*

УДК 528.4

ДОСВІД ЗАСТОСУВАННЯ ВІЗУАЛЬНОГО ГНСС ПРИЙМАЧА ДЛЯ ЗАДАЧ КАРТОГРАФУВАННЯ МІСЦЕВОСТІ

Вступ. В сучасному світі використання геодезичних та топографічних даних має велике значення у багатьох галузях, таких як будівництво, геологія, екологія та інженерія. Одним із ключових інструментів для отримання точних геопросторових координат є глобальна навігаційна супутникова система (ГНСС). В останні роки ГНСС приймачі стали популярними засобами для виконання топографо-геодезичних робіт, завдяки їх здатності забезпечувати високу точність та ефективність при зборі даних у польових умовах. Сьогодні існують так звані візуальні ГНСС приймачі, що за конструкцією є класичним ГНСС приймачем з доданою камерою. Використовуючи знімки об'єктів з камери та координати центрів знімків з ГНСС приймача можна використати сучасні фотограмметричні підходи «структура в русі» (SfM) [1-3] для отримання додаткових геопросторових даних у вигляді цифрових моделей місцевості та цифрових моделей висот [4,5], координат контурів місцевості для створення картографічного матеріалу [6] чи даних про споруди [7].

Мета дослідження. Дослідження спрямоване на вдосконалення процесів збору та обробки геодезичних даних з метою створення топографічних карт та планів.

Методи. Для визначення можливостей візуального ГНСС приймача запропоновано обрати територію в м. Києві по вул. Бажана 7, на яку були матеріали лазерного знімання сканером Leica Pegasus і наявна хмара точок могла бути використана у вигляді опорних даних при подальшій оцінці точності. Знімання точок та візуальна зйомка була виконана за допомогою ГНСС приймача Hi-Target vRTK, який отримував коригуючі поправки від базової станції. Було зроблено 17 проходів з візуальним ГНСС приймачем (Рис.1). В результаті цих проходів було отримано 2429 фотографій, кожна з цих фотографій мала координату, визначену за допомогою RTK рішення.

Для оцінки точності отриманих даних запропоновано наступну методику:

- Розрахунок абсолютних помилок (різниця координат характерних точок на обох хмарах).
- Визначення відносних помилок (різниця промірів характерних контурів на обох хмарах).

- Оцінка відхилення «хмара до хмари».

Результати. Для розрахунку абсолютних помилок обрано характерні точки (стовп, кут вікна), які чітко визначались на хмарі точок з лазерного сканування та отриманій фотограмметричній хмарі. Обидві хмари точок були зорієнтовані в системі координат УСК-2000, результат порівняння координат представлений в таблиці 1.

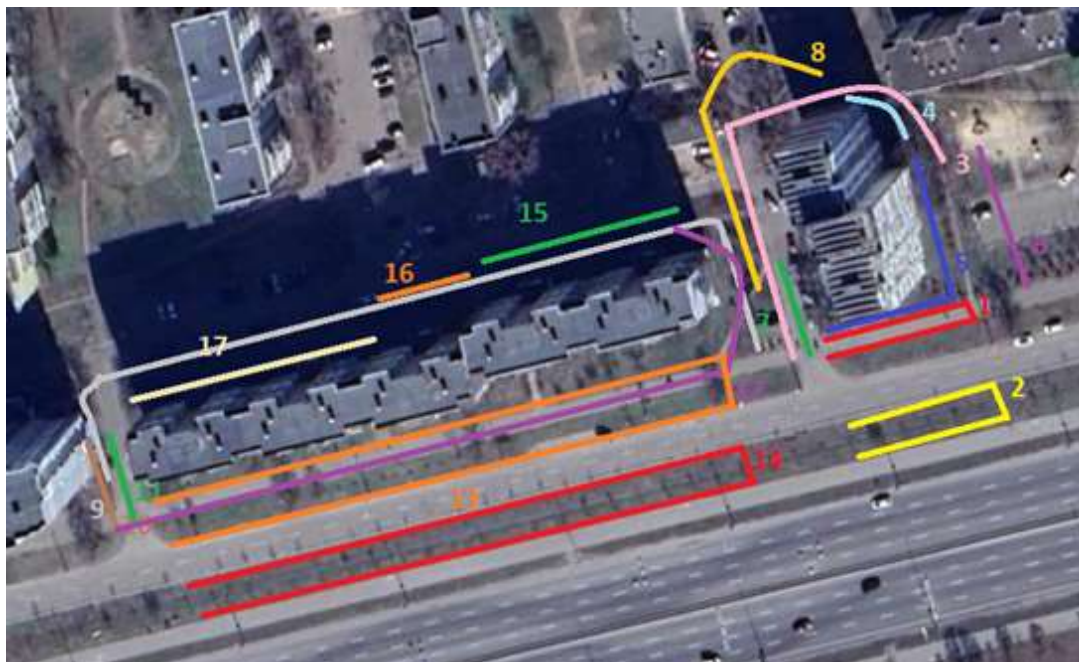


Рис. 1. Проходи візуальним ГНСС приймачем

Таблиця 1. Розрахунок абсолютних помилок

| № точки | Назва точки | Δx , м | Δy , м | Δz , м | M_{xy} , м | M_z , м |
|---------|-------------|----------------|----------------|----------------|--------------|-----------|
| 1 | кут дома 1 | -0,12 | -0,12 | 0,33 | 0,07 | 0,41 |
| 2 | 1балкон2 | -0,02 | -0,1 | 0,29 | 0,05 | 0,36 |
| 3 | 1балкон3 | -0,05 | -0,09 | 0,32 | 0,05 | 0,40 |
| 4 | стовп 1 | 0,01 | 0,1 | 0,12 | 0,05 | 0,15 |
| 5 | стовп 2 | -0,04 | 0,01 | 0,11 | 0,01 | 0,14 |
| 6 | стовп 3 | 0,01 | 0,03 | 0,22 | 0,02 | 0,28 |
| 7 | стовп 4 | 0,01 | 0,06 | 0,18 | 0,03 | 0,23 |
| 8 | арка 2 | -0,01 | -0,1 | 0,29 | 0,05 | 0,36 |
| 9 | окно1лв | -0,03 | -0,07 | 0,21 | 0,04 | 0,26 |
| 10 | окно2пв | 0,01 | -0,14 | 0,24 | 0,07 | 0,30 |
| 11 | окно3пв | -0,04 | -0,14 | 0,23 | 0,07 | 0,29 |

| | | | | | | |
|---------|---------|------|-------|-----|------|------|
| 12 | окно4лв | 0,04 | -0,14 | 0,2 | 0,07 | 0,25 |
| Середнє | | | | | 0,04 | 0,26 |

Для визначення відносних помилок було запропоновано порівняти лінійні проміри характерних об'єктів на місцевості. Результат порівняння лінійних промірів представлений в таблиці 2.

Таблиця 2. Розрахунок відносних помилок

| № лінії | Назва лінії | Лазерне сканування $S_1, \text{ м}$ | Візуальний GNSS приймач $S_2, \text{ м}$ | δS | M_s |
|---------|-----------------|--|---|------------|-------|
| 1 | Арка | 3,22 | 3,25 | 0,03 | 0,06 |
| 2 | Ширина дд 1 | 5,61 | 5,66 | 0,05 | |
| 3 | Ширина дороги 1 | 7,37 | 7,35 | 0,02 | |
| 4 | Ширина дороги 2 | 7,42 | 7,33 | 0,09 | |
| 5 | Ширина дома | 13,60 | 13,60 | 0,00 | |
| 6 | Стовп1-Стовп2 | 41,10 | 41,00 | 0,10 | |

Для визначення відхилень між хмарами точок використано програмне забезпечення CloudCompare, яке має відповідний функціонал. Обрано три частини хмари точок для порівняння, результати наведено в таблиці 3.

Таблиця 3. Визначення відхилення між хмарами точок

| Параметр | Частина 1 | Частина 2 | Частина 3 | $\Delta, \text{ м}$ | $M_{xyz}, \text{ м}$ |
|---------------|-----------|-----------|-----------|---------------------|----------------------|
| Min dist., м | 0 | 0 | 0 | 0,18 | 0,23 |
| Max dist., м | 10,13 | 7,81 | 5,71 | | |
| Avg. dist., м | 0,17 | 0,16 | 0,21 | | |
| Sigma, м | 0,67 | 0,12 | 0,32 | | |
| Max error, м | 0,68 | 0,09 | 0,18 | | |

Значення отриманих СКП за всіма трьома етапами оцінки точності результатів обробки даних візуального GNSS приймача порівнюємо з вимогами до топографічного знімання різних масштабів (табл.4)

Таблиця 4. Оцінка можливостей виконання топографо-геодезичних робіт

| Масштаб | З інструкції | | Абсолютні помилки | | Відносні помилки | Відхилення між хмарами |
|---------|------------------|------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------------|
| | $M_x, \text{ м}$ | $M_z, \text{ м}$ | $M_x, \text{ м}$ | $M_z, \text{ м}$ | $M_s, \text{ м}$ | $M_{xyz}, \text{ м}$ |
| | | | | | | |

| | | | | | | |
|--------|------|------|------|------|------|------|
| 1:500 | 0,05 | 0,17 | 0,04 | 0,26 | 0,06 | 0,23 |
| 1:1000 | 0,1 | 0,17 | | | | |
| 1:2000 | 0,2 | 0,33 | | | | |
| 1:5000 | 0,5 | 0,33 | | | | |

Висновки. Використання технології знімання ситуації за допомогою візуального ГНСС приймача надає можливість отримувати геопросторову інформацію, що по точності відповідає вимогам до топографічного знімання масштабу 1:2000.

Список літератури:

1. Poelman, C. J., & Kanade, T. (1997). A paraperspective factorization method for shape and motion recovery. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. <https://doi.org/10.1109/34.584098> [in English]
2. Tomasi, C., & Kanade, T. (1992). Shape and motion from image streams under orthography: a factorization method. *International Journal of Computer Vision*. <https://doi.org/10.1007/BF00129684>[in English]
3. Snavely, N., Seitz, S. M., & Szeliski, R. (2008). Modeling the world from Internet photo collections. *International Journal of Computer Vision*. <https://doi.org/10.1007/s11263-007-0107-3>
4. Polat, N., & Uysal, M. (2018). An Experimental Analysis of Digital Elevation Models Generated with Lidar Data and UAV Photogrammetry. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*. <https://doi.org/10.1007/s12524-018-0760-8> [in English]
5. Escobar Villanueva, J. R., Iglesias Martínez, L., & Pérez Montiel, J. I. (2019). DEM Generation from Fixed-Wing UAV Imaging and LiDAR-Derived Ground Control Points for Flood Estimations. *Sensors*, 19(14), 3205. <https://doi.org/10.3390/s19143205>
6. Schumann, Muhlhausen, & Andreadis. (2019). Rapid Mapping of Small-Scale River-Floodplain Environments Using UAV SfM Supports Classical Theory. *Remote Sensing*, 11(8), 982. <https://doi.org/10.3390/rs11080982> [in English]
7. Luhmann, T., Chizhova, M., Gorkovchuk, D., Hastedt, H., Chachava, N., & Lekveishvili, N. (2019). Combination of terrestrial laserscanning, uav and close-range photogrammetry for 3D reconstruction of complex churches in Georgia. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 42(2/W11), 753–761. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W11-753-2019> [in English]