

## ОСОБЛИВОСТІ ПРОВЕДЕННЯ ОРТОФОТОЗНІМАННЯ В ГЕОДЕЗІЇ ТА ЗЕМЛЕУСТРОЇ З ВИКОРИСТАННЯМ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

*Ткаченко І.В., доц., к.т.н., Міщенко Р.А. доц., к.т.н., Ільченко В.В. доц., к.т.н.  
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»*

Протягом останніх років безпілотні літальні апарати (БПЛА) набули широкого застосування як інструмент для швидкого збору зображень високої роздільної здатності, бази даних для кадастрового картографування [1]. Однак той факт, що геопросторова інформація, отримана з БПЛА, підтримує процеси прийняття рішень, пов'язані із правами людей на землю, виникає питання щодо якості та точності даних. В роботі досліджуються різні конфігурації польоту, щоб зрозуміти які налаштування підходять для ефективного та надійного збору даних БПЛА. Зображення з досліджуваної території є основою для інтегрованої оцінки якості, включаючи три основні аспекти:

- вплив ґрунтового покриття на кількість зв'язувальних точок як показник того, наскільки добре можна виконати коригування пучкового блоку;
- вплив кількості наземних контрольних точок (НКТ, GCP- ground control points) на кінцеву геометричну точність;
- вплив різних планів польоту на можливість вилучення кадастрових об'єктів.

БПЛА звичайно функціонують у складі безпілотного авіаційного комплексу (БпАК). До складу БпАК залежно від класифікації та технічних особливостей БПЛА повинні входити: засоби зв'язку з органом управління повітряним рухом (УПР) та обладнання спостереження (зв'язку “керівник польотами – зовнішній пілот (оператор)” по лінії передачі даних, система радіомовного автоматичного залежного спостереження, прийомо-відповідач вторинного оглядового радіолокатора тощо); навігаційне обладнання; обладнання, що забезпечує зліт та посадку БПЛА (залежно від способу зльоту та посадки); обчислювач управління польотом, система управління польотом та автопілот; обладнання контролю технічного стану комплексу; система припинення польоту, яка дає змогу в аварійній ситуації контрольованим чином безпечно завершити політ; обладнання, що забезпечує повернення БПЛА в район зльоту у разі виходу з ладу лінії керування та контролю; спеціальне обладнання для завдань за призначенням [2].

Експериментальне ортофотознімання виконано с. Андріївка, яке розташоване за 44 км від міста Полтава та 25 км від міста Карлівка. Село Андріївка знаходиться на березі річки Лип'янка. Площа населеного пункту становить 1,165 км<sup>2</sup>. Висота вища за рівень моря становить 115 м. Географічні координати: 49° 22' Пн. ш. та 34° 53' Сх. д. Андріївка – село Полтавського району Полтавської області центр сільської ради, якій підпорядковане село Красногірка.



Рис. 1. Вигляд точок орієнтування які використовувалися при ортофотозніманні

Ортофото знімання проводилося в жовтні місяці при плюсовій температурі у світлий час доби, погода безвітряна та безхмарна. Політ виконувався на висоті 70 метрів з боковим і поздовжнім перекриттям 70 % і 75 % відповідно. Велике значення перекриттів, особливо поздовжнього, є однією з основних вимог до використання легких і надлегких літаків. Це дозволить мінімізувати похибки крену та ризикання БПЛА при подальшій обробці результатів зйомки. Загалом політ тривав приблизно одну годину, було виконано 396 фотознімків.

Основні характеристики безпілотного літального апарата, що використовувався для зйомки наведені в табл.1.

Таблица 1.

Назва	
Класифікація	Надлегкий квадрокоптер
Вага	899 г.
Двигун	Електричний 4 шт
Швидкість	70 км/год
Тривалість польоту	46 хв
Відстань	До 30 км
Висота	Максимальна висота над рівнем моря 6 км
Встановлені сенсори	Ширококутний датчик 4/3 CMOS, 48 МП Mavic 3T, Модуль D-RTK 2
Керування	Портативний пульт керування або зйомка по попередньо заданому маршруту
Запуск/Посадка	Може виконуватися з руки оператора або з рівної та чистої від сміття та рослинності поверхні

Фотограмметричні роботи при створенні ортофотоплану виконувались у програмному забезпеченні Agisoft Photoscan (рис. 2). Методика обробки поділена на кроки:

- Крок 1. Завантаження фотографій в PhotoScan;
- Крок 2. Огляд завантажених зображень і видалення непотрібних кадрів;
- Крок 3. Вирівнювання фотографій;
- Крок 4. Побудова щільної хмари точок;
- Крок 5. Побудова тривимірної полігональної моделі;
- Крок 6. «Текстурування» об'єкта;
- Крок 7. Побудова цифрової моделі місцевості;
- Крок 8. Побудова ортофотоплану (рис.3);
- Крок 9. Побудова плану висот (рис. 4)
- Крок 10. Експорт результатів.

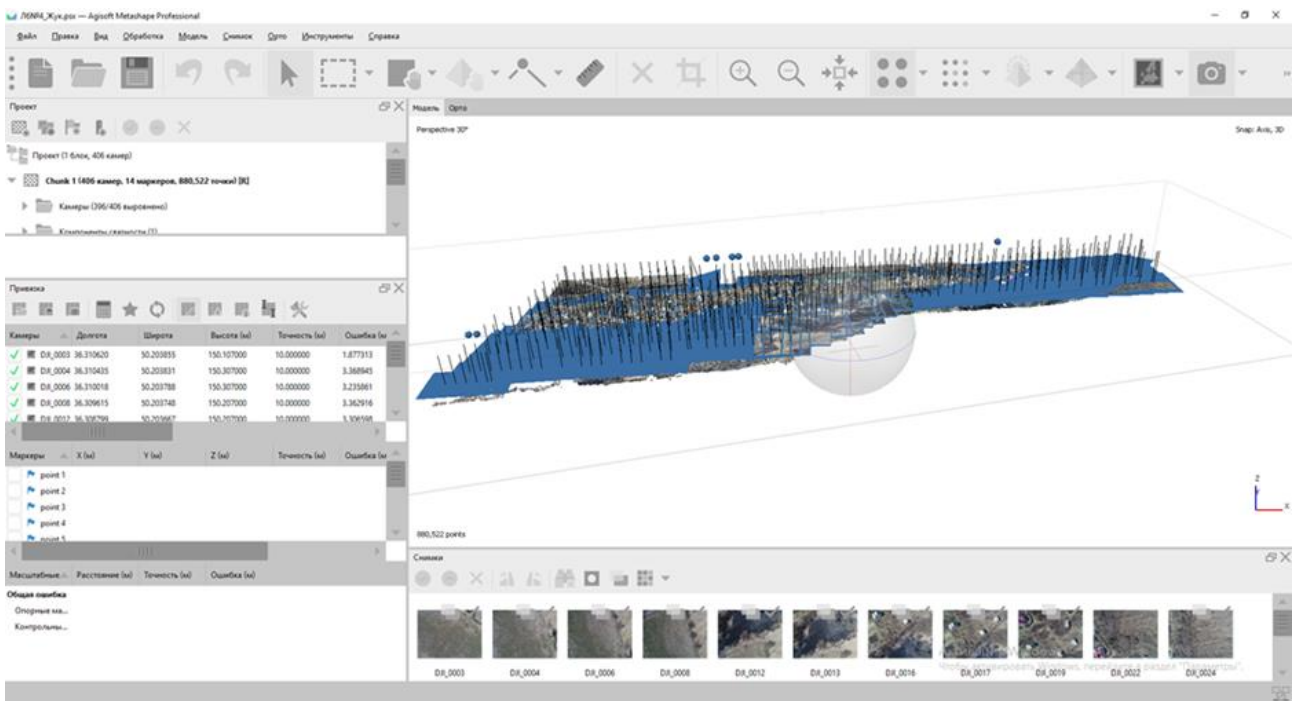


Рис. 2. Хмара точок в Agisoft Photoscan

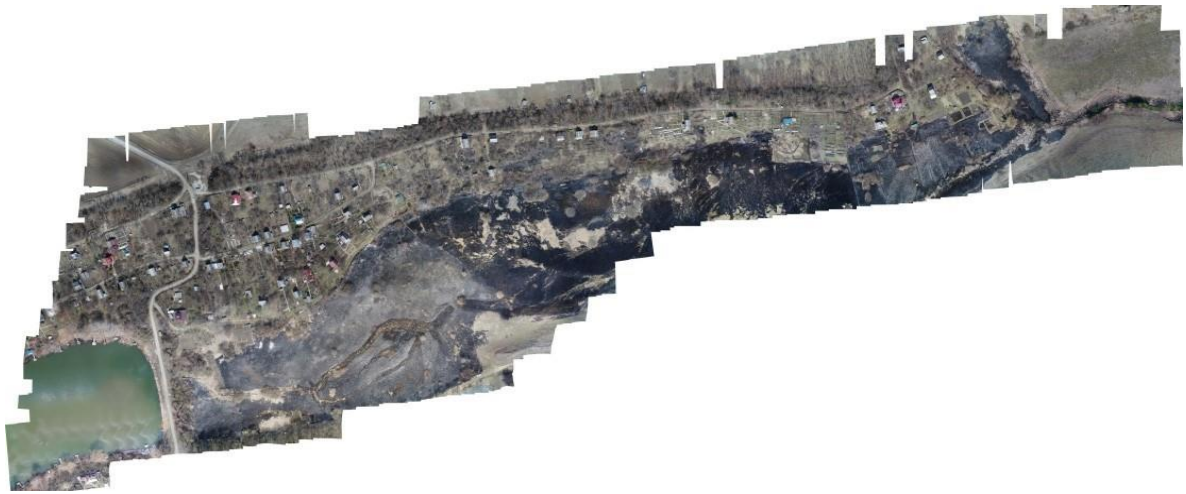


Рис. 3. Ортофотоплан

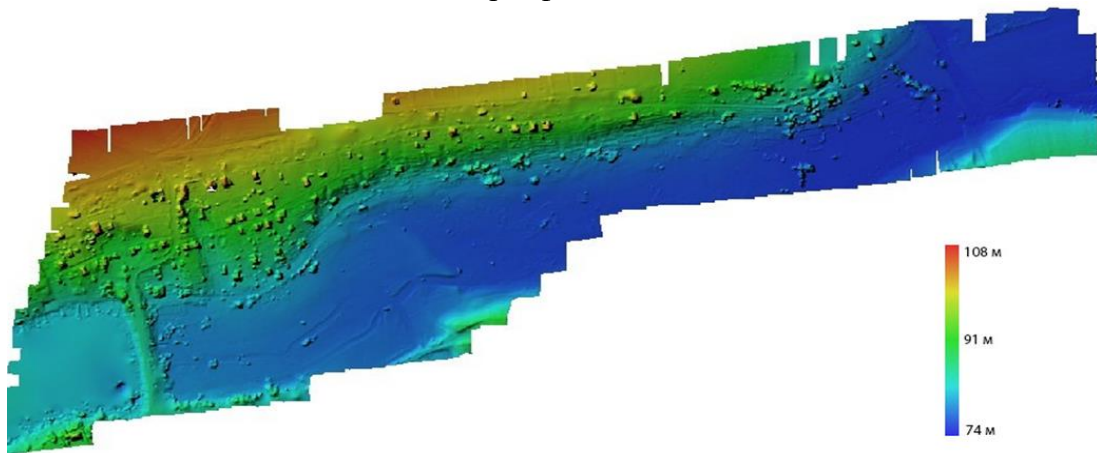


Рис 4. План висот

В роботі розглянуто використання непрофесійних БПЛА для отримання фотограмметричних даних які дозволяють значно знизити загальну вартість аерофотозйомки. Призначення польоту, а також його оперативна корекція може бути легко виконана в режимі реального часу кваліфікованим геотехніком. Крім того, можна стверджувати, що дані БПЛА придатні для створення 3D-моделей місцевості та відповідають вимогам для топографічного картографування та вирішення різноманітних економічних завдань. Передумовою для цього повинні бути наземні позначки, координати яких отримані за допомогою GNSS-спостережень. Серед проблемних моментів – втрата радіосигналу, неможливість перегляду телеметричної інформації на дисплеї мобільного пристрою. Також значну проблему при виконанні аерофотозйомки можуть створювати дії агресивних птахів, що підвищує аварійність використання малих БПЛА.

1. Бутенко Є.В., Невоїт Н.О. Особливості проведення геодезичних робіт із застосуванням БПЛА для потреб землеустрою. Землеустрій, кадастр і моніторинг земель, 2021, №1. С. 95-102.
2. Правила виконання польотів безпілотними авіаційними комплексами державної авіації України. Наказ Міністерства оборони України від 08.12.2016 URL: № 661.
3. Villanueva, J.K.S.; Blanco, A.C. Optimization of ground control point (GCP) configuration for unmanned aerial vehicle (UAV) survey using structure from motion (SFM). *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci.-ISPRS Arch.* 2019, 42, 167–174.
4. Prusov D., Boyko O., Chetverikov B., Malanchuk M. Conceptual principles of geospatial data geoinformation integration for administrative and economic management of transport infrastructure facilities. *Advances in Geodesy and Geoinformation.* 2022. Vol.71, No.1. e12.