

геодезичну і картографічну діяльність: Закон України від 23.12.98 р. N 353-XIV / у ред. від 27.07.2013 р. [Електронний ресурс] // [Офіційний сайт Верховної Ради України]. - Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua>. 3. Літнарівич Р.М. Основи вищої геодезії. Навчальний посібник для студентів денної і заочної форм навчання з спеціальності 7.07 09 04 Землевпорядкування та кадастр. Чернігів, ЧДІЕіУ, 2002.- 147 с. 4. Державна служба України з питань геодезії, картографії та кадастру. Науково-дослідний інститут геодезії і картографії. [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://dgm.gki.com.ua>. 5. Порядок побудови Державної геодезичної мережі: Постанова Кабінету Міністрів України від 07.08.2013 р. № 646 / у ред. від 16.11.2017 р. [Електронний ресурс] // [Офіційний сайт Верховної Ради України]. - Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua>.

**УДК 623.746-519:528**

**А.О. Сєдов, старший викладач**

**Харківський національний аграрний університет ім. В.В. Докучаєва**

### **ОЦІНКА ТОЧНОСТІ АЕРОФОТОЗЙОМКИ, ВИКОНАНОЇ ЗА ДОПОМОГОЮ БПЛА СЕРЕДНЬОГО ЦІНОВОГО СЕГМЕНТА**

На території дослідного поля ХНАУ ім. В.В. Докучаєва було проведено низку польотів (місій) на різних висотах, використовуючи різні БПЛА (DJI «Phantom 2 Vision+», «Phantom 3 Advanced», «Phantom 4 Pro»). Мета досліджень полягала в розробці методичних підходів та рекомендацій до підготовки та виконання різних завдань щодо отримання даних за допомогою квадрокоптерів; в оцінці точності отриманих даних окремих моделей дронів, використовуючи матеріали фотознімання в умовах однієї території, з метою раціонального використання їх технічних можливостей.

Перед початком тестових польотів, на полігоні було закріплено 14 опорно-контрольних точок. Вони закріплювались на місцевості кілками, а центри кілків були суміщені з центрами підготовлених маркерів, які яскраво вирізнялись серед рослинності та ґрунтового покриву – білі пластикові тарілки. Координати опорних точок було визначено двічі (для контролю точності) за допомогою електронного тахеометра «Leica TCR 405». Площа дослідного полігону складає 5,3 га. Територія має яскраво виражений рельєф – балку. Перевищення між самою нижньою та найвищою визначеними точками 23,872 м.

За допомогою спеціалізованого мобільного додатку «Pix4D Capture» було створено маршрут авто польоту дронів на висотах 25, 50 та 100 м з перекриттям фотознімків 80%, та середньою швидкістю руху.

Отримані фотознімки було оброблено в програмі «Agisoft PhotoScan», основним завданням якої є побудова цифрових 3D моделей, використовуючи

цифрові фотознімки, що реалізується завдяки наступному алгоритму: вказаний програмний продукт знаходить спільні точки фотографій і по них визначає всі параметри камер: положення, орієнтацію, внутрішню геометрію (фокусна відстань, параметри дисторсії і т.п.). Далі будується щільний масив точок (хмара точок) на основі якого будуються цифрові моделі місцевості (ЦММ) та цифрові моделі рельєфу (ЦМР) з можливістю їх 3D візуалізації. Всі операції виконуються в автоматичному режимі, в залежності від налаштувань виконавцем. Процес обробки даних дуже тривалий і залежить від потужності комп'ютерної техніки, об'єму вхідних даних та якості вихідних моделей [1].

«Agisoft PhotoScan» надає можливість виконати географічну прив'язку моделі за рахунок визначення опорних точок. В нашому випадку такої прив'язки не виконувалось, з метою дослідження точності бортових GPS-приймачів безпілотників (система «WGS 84 / UTM zone 37N») при виконанні зазначених робіт.

Наступний етап обробки цифрових даних виконувався в програмному комплексі «ArcGIS». Отримані ЦМР та ортофотоплани співставлялися з опорними точками. Ортофотоплан необхідний для візуалізації місцевості, ЦМР – дає можливість визначити значення кожного пікселя по висоті (Н). Як і очікувалось, не всі контрольні пункти співпали з їх зображенням на ортофотоплані (рис. 1).

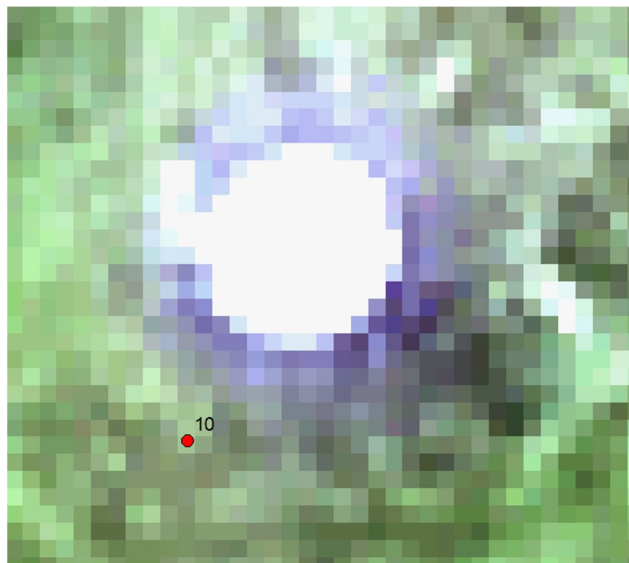


Рис. 1. Фрагмент зображення контрольного пункту та закріпленого пункту на місцевості

Виконавши низку операцій було порівняно координати (X, Y, H) опорних пунктів з відповідними координатами цих самих пунктів, зображених на ЦМР. При аналізі та подальших розрахунках до уваги бралися результати сформованого в «Agisoft PhotoScan» звіту про побудовані моделі та ортофотоплани, а саме – місце розташування камери та перекриття зображення (рис. 2). Практика показує, що при плануванні місії автопольоту при заданому перекритті фотознімків 80%, фактичне перекриття має коливання 70-90%. Дану закономірність відслідкувати дуже складно, за відсутності систематизації її прояву. В свою чергу це пояснюється недоліками програмного

забезпечення як для управління (мобільні додатки), так і прошивки БПЛА на даному етапі їх експлуатації. Проте, слід зазначити, що з оновленнями програмного забезпечення функціональні можливості використовуваного інструментарію здебільшого покращуються. Тому з аналізу виключалися контрольні пункти, місцезположення яких попадали в зону <7 (перекриття менше 70%). Очевидно, що такі значення мають краї робочої площини, що є логічним явищем.

Було розраховано середні абсолютні похибки, середні похибки по висоті, середні квадратичні похибки планові та висотні, визначено мінімальні та максимальні значення абсолютної та висотної похибок.

В результаті виконаних робіт було встановлено, що не по всіх місцях вдалося отримати результат, що пояснюється недостатнім перекриттям фотознімків. Даний недолік виявився при аналізі даних (перекриття за звітом <7). В цьому є одна з особливостей виконання певних видів робіт за допомогою БПЛА. По суті, це «чорний ящик», з обмеженою можливістю візуалізації отриманих результатів. Більшість недоліків можна визначити лише під час обробки та аналізу отриманих даних.

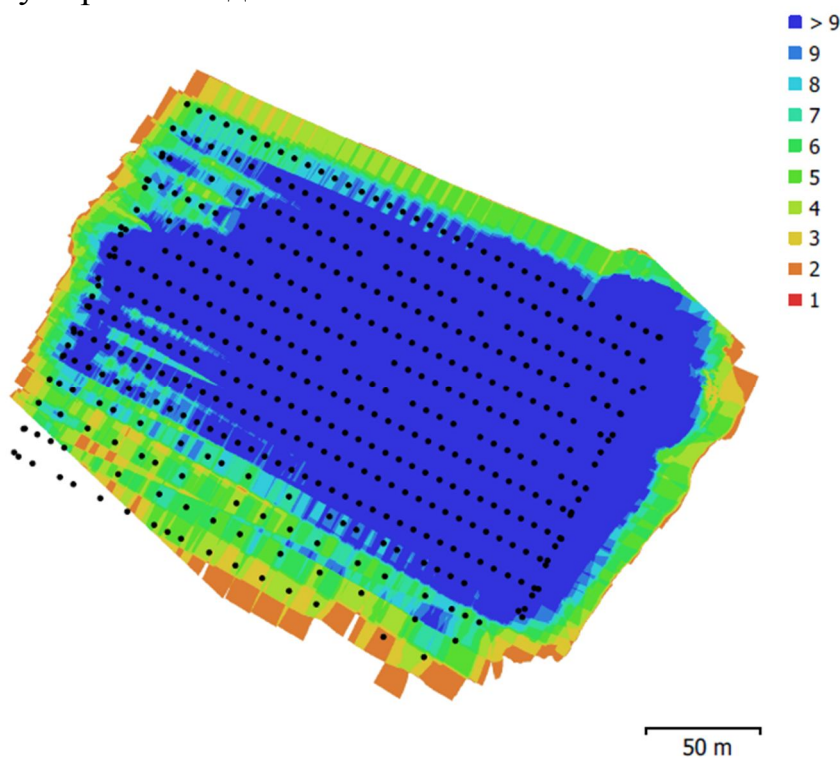


Рис. 2. Місце розташування камери та перекриття зображення

Прослідкувати якусь певну закономірність в залежності «модель БПЛА / висота знімання» також важко, адже відсутні повторності виконання польотів, що в свою чергу пояснюється і економічними чинниками. В середньому тривалість роботи квадрокоптерів зазначених моделей без врахування зовнішніх впливів (температура повітря, вітер, тривалість ініціалізації та калібрування) 20-27хв. від одного елемента живлення (акумулятора). Для заданої території час зніманні місій на висоті 25м становив приблизно 25-35хв., 50м – 10-15хв., 100м 7-10хв.

Проаналізувавши отримані дані можна зробити висновки, що планові похибки отримані за результатами знімання з «Phantom 3 Advanced» на висотах 25 та 50 м відповідають точності масштабу 1:5000, а що стосується висотних похибок, враховуючи рельєф, то дана точність допустима для побудови горизонталей із перерізом рельєфу 1-2 м, що відповідає масштабам 1:5000 – 1:1000 [14]. Щодо даних, отриманих з «Phantom 4 Pro», то результати знімання на висотах 50 та 100 м показують, що отримані планові похибки допустимі при побудові планів масштабу 1:25000, а висотна похибка відповідає масштабу 1:5000 з перерізом рельєфу 5 м. Щодо аналізу якісних даних лише по одній висоті польоту 50м «Phantom 2V+», то похибка планова вища за точність масштабу 1:25000. В той же час висотна похибка є аналогічною з «Phantom 3 Advanced».

**УДК: 528.4**

**Д.Д.Хайнус, к.е.н., доцент**

**Харківський національний аграрний університет ім. В.В. Докучаєва**

## **ОСНОВНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ГЕОДЕЗИЧНИХ ВИШУКУВАНЬ В СУЧАСНИХ УМОВАХ**

В сучасних реаліях стрімкого розвитку геодезичних технологій сільське господарство, будівництво, природоохоронна галузь, державне управління та військова сфера і надалі вимагатимуть від геодезичної галузі забезпечення надійного і точного встановлення глобальних, регіональних та локальних тривимірних моделей різноманітних об'єктів, визначення геометрії поверхні землі, моря та льодовиків тощо.

Розвиток суспільства потребує швидкого, надійного, низькозатратного, високоточного позиціонування у реальному часі з добре визначеними базами даних та мінімальними обмеженнями.

У топографо-геодезичній діяльності в останні десятиріччя спричинили своєрідну «революцію» три технології: супутникові радіонавігаційні системи (GNSS), лазерне 3D-сканування та оперативне картографування із використанням безпілотних літальних апаратів (БПЛА). Очевидно, що саме ці технології і надалі матимуть визначальний вплив на розвиток галузі у найближчій перспективі.

Саме завдяки технології GNSS позиціонування стало дешевим, масовим та швидким. Традиційну теодолітну зйомку та тахеометрію у найближчі роки очікує те ж саме, що вже відбулося із мензульною зйомкою — вони відійдуть в історію, а останні теодоліти займуть своє заслужене місце у технічних музеях.

В теперішній час досить розвинена лідарна технологія, що поєднує лазерне вимірювання відстаней, комп'ютер, інерційні вимірювання та диференціальний GPS в інтегральний інструмент, здійснила величезний прорив