

УДК 623.746-517 (477.54)

А. О. СЕДОВ

Харківський національний аграрний університет імені В.В.Докучаєва
62483, Харківська область, Харківський район, п/в «Докучаєвське-2»
e-mail: a_sedov@knau.kharkov.ua

МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ БПЛА СЕРЕДНЬОГО ЦІНОВОГО СЕГМЕНТУ ДЛЯ КАРТОГРАФУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ РЕСУРСІВ

Мета. Розробка методичних підходів та рекомендацій до підготовки та виконання різних завдань щодо отримання даних за допомогою БПЛА, оцінити можливості та просторову точність отриманих даних з квадрокоптерів середнього цінового сегменту. **Методи.** Польові геодезичні, дистанційні, програми «Agisoft PhotoScan», «ArcGIS». **Результати.** Проведено знімання дослідного полігону різними моделями квадрокоптерів на різних висотах, отримано ортофотоплани та цифрові моделі рельєфу, проведено аналіз отриманих даних, розраховано просторову точність отриманих даних. **Висновки.** Рекомендується використання деяких моделей БПЛА для отримання планово-картографічних матеріалів певних масштабів.

Ключові слова: БПЛА, ортофотоплан, цифрова модель рельєфу, оцінка точності

Siedov A. O.

V.V. Djukchayev Kharkiv National Agrarian University

POSSIBILITIES OF USE OF THE UAVS OF THE AVERAGE PRICE SEGMENT FOR MAP- PING OF AGRICULTURAL RESOURCES

Purpose. Development of methodical approaches and recommendations for the preparation and implementation of various tasks for obtaining data using UAV, to assess the possibilities and spatial accuracy of the data obtained from the mid-price drones with the purpose of expediency of its use. **Methods.** Field geodetic surveys, UAV launches, cameral processing of the obtained data with use of the computer equipment. **Results.** Field geodetic works have been performed for fixing of checkpoints. Some methodological approaches for preparatory pre-flight and flight work have been formulated. The features of conducting flight missions are described. The aerial photography of the explored polygon is represented by various models of drones at different heights. Orthophotomaps and digital relief models have been obtained with using the software product «Agisoft PhotoScan». There is a discrepancy in the given overlay of photos and actual. For analysis, data with actual overlapping of photographs >70% was used. Received DEM and orthophotomaps were compared with the reference control points. An orthoplane is required to visualize the terrain, DEM - allows you to determine the value of each pixel in height (H). As expected, not all control points coincided with their image on orthophotomaps. Using the «ArcGIS» software system, an analysis of the data has been made, the spatial accuracy of the data obtained is calculated. **Conclusions.** It has been established that the use of certain models of UAVs at certain heights used in the researches is possible for obtaining scale maps of scale 1: 5000 - 1: 1000. As for the data corresponding to the accuracy of scale 1: 25000, the receipt and use of such data is ineffective.

Key words: UAV, drone, orthophotoplan, digital relief model, accuracy assessment

Седов А. А.

Харьковский национальный университет им.В.В. Докучаева

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БПЛА СРЕДНЕГО ЦЕНОВОГО СЕГМЕНТА ДЛЯ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РЕСУРСОВ

Цель. Разработка методических подходов и рекомендаций к подготовке и выполнению различных задач по получению данных с помощью БПЛА, оценить возможности и пространственную точность полученных данных с квадрокоптеров среднего ценового сегмента. **Методы.** Полевые геодезические работы, запуски БПЛА, камеральная обработка полученных данных с использованием компьютерной техники. **Результаты.** Проведена съёмка исследуемого полигона различными моделями квадрокоптеров на разных высотах, получены ортофотопланы и цифровые модели рельефа, проведен анализ полученных данных, рассчитана пространственная точность полученных данных. **Выводы.** Установлено, что использование некоторых моделей БПЛА, используемых в исследованиях, возможно для получения планово-картографических материалов определенных масштабов.

Ключевые слова: БПЛА, ортофотоплан, цифровая модель рельефа, оценка точности

Вступ

Безпілотні літальні апарати (БПЛА) останнім часом впевнено завоюють своє місце в різних сферах цивільного життя. Діапазон використання так званих дронів можна назвати безмежними: якщо раніше вони використовувались лише для проведення військових операцій, то сьогодні це і іграшка, і засіб оперативного моніторингу, надійний інструмент виробничника та науковця [1]. Розглядаючи використання безпілотників, як науково-технічного інструментарію, то останнім часом постає питання доцільності використання тих чи інших апаратів для різних видів робіт, що впливає на час їх виконання, вартість та якість отриманих результатів.

Зважаючи на зростаючий попит використання БПЛА та значну актуальність даного напрямку отримання даних дистанційного зондування земної поверхні, на сьогодні існує велика кількість національних публікацій та триває активний процес досліджень: стану та перспектив розвитку цих

технологій [2, 3]; можливостей безпілотників різних модифікацій для різних сфер використання [4, 5, 6]. В той же час багато інформації за даним напрямком можна знайти на рівні тематичних блогів, рекламних промо-матеріалів із переліком основних характеристик того чи іншого БПЛА та оцінкою прогнозованої точності кінцевого результату. Здебільшого дані матеріали ґрунтуються на наукових дослідженнях закордонних фахівців [7, 8, 9, 10], для яких використання даних технологій має певну історію і не є новим. Мета ж наших досліджень – розробити певні методичні підходи та рекомендації до підготовки та виконання різних завдань щодо отримання даних за допомогою БПЛА, оцінити можливості та просторову точність отриманих даних квадрокоптерів середнього цінового сегменту, використовуючи матеріали фотознімання в умовах однієї території, з метою раціонального використання їх технічних можливостей.

Об'єкти та методи дослідження

Дослідження проводились на дослідному полігоні ХНАУ ім.В.В. Докучаєва (сел. Докучаєвське Харківського району Харківської області).

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 рослин-

ності та ґрунтового покриття – 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 23,872м.

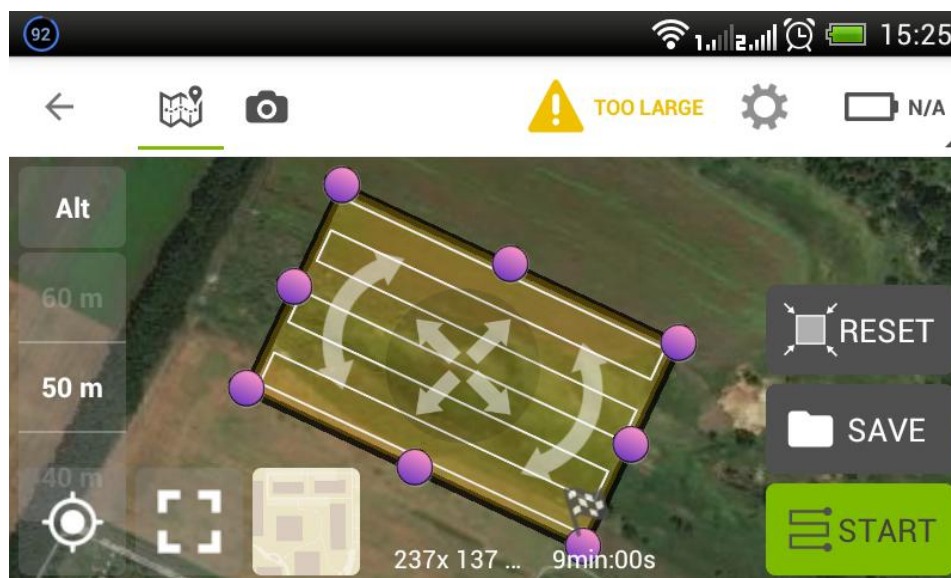


Рис. 1 – Приклад робочого вікна мобільного додатку «Pix4D Capture»

За допомогою спеціалізованого мобільного додатку «Pix4D Capture» (рис.1) було створено маршрут автопольоту на висотах 25, 50 та 100м з перекриттям фотознімків 80%, та середньою швидкістю руху.

Отримані фотознімки було оброблено в програмі «Agisoft PhotoScan», а побудовані моделі опрацьовувалися в програмному комплексі «ArcGIS».

Перед початком виконання польових робіт було проведено камеральне рекогноситування місцевості та певні підготовчі роботи. Як правило, за допомогою он-лайн карт та космічних знімків необхідно детально вивчити місцевість, на якій планується проводити польоти. Необхідно вивчити територію на наявність висотних перешкод – дерева, лінії електромереж тощо, наявність технічної та цивільної інфраструктури, режимних об'єктів. Також було завантажено в кеш-пам'ять смартфона, який виконує функцію пульту керування з відображенням телеметрії, територію об'єкту що знімається, адже дуже часто буває недостатньо якісний мобільний зв'язок в певній місцевості. Було сплановано маршрути польотів, побудовано їх у програмі-додатку, з метою врахування їх загальної кількості та тривалості, визначення оптимальної точки для старту. При складанні маршруту в спеціальних програмних засобах також вказується орієнтовний час виконання польоту (місії), та видається інформаційне повідомлення: чи може бути виконана ця зйомка, враховуючи ресурс акумулятора. Проте даний час приблизний і припускає, що зйомка буде виконуватися при ідеальних атмосферних умовах, тому, як правило, до вказаного часу необхідно додавати 3-4 хв.

Слід звернути увагу на метеорологічні показники на об'єкті досліджень. Найбільш сприятлива – тепла, ясна безвітряна погода, адже при пониженні температури

або поривах вітру автономний час роботи БПЛА значно знижується. Як правило, температурні режими роботи дронів наведено у керівництвах користувача. Дуже важливим є обраний час проведення фотознімання: якщо зйомка, наприклад, сільськогосподарського поля виконується на звичайну оптичну камеру, то бажано, щоб були відсутні тіні від лісосмуг, хмар та інших об'єктів; при зніманні ярів, яружно-балкових систем тощо, необхідно планувати час польотів таким чином, щоб сонячне світло падало на експозицію схилу, не створюючи тіней всередині яру. Ефект тіні, при роботі зі звичайною камерою, створює нерівномірне освітлення об'єкту, що впливає на якість передачі кольорів та може негативно вплинути на результати обробки, аналіз отриманих даних, та оцінку їх результату.

Після проведення необхідних підготовчих камеральних та польових робіт, перш ніж розпочати польоти в автоматичному режимі, необхідно зробити пробний запуск дрона в ручному, керованому режимі, щоб перевірити: його готовність до виконання завдання, відсутність збоїв, чи є потоки повітря (вітер) на певних висотах. Переходячи до польотів в програмному (автоматичному) режимі, слід завжди бути готовим до можливих технічних збоїв, коли дрон не слідує заданому маршруту та намагається «улетіти». В таких випадках треба негайно вмикати режим ручного керування і направляти його до пункту старту чи будь-якого безпечного місця вручну. На практиці такі збої трапляються один на дев'ять-десять польотів (використовували дрони DJI «Phantom 2 Vision+», «Phantom 3 Advanced», «Phantom 4 Pro»; смартфони HTC, Samsung, Lenovo, Meizu). Дуже складно встановити закономірність даних збоїв, адже експериментально використовувались різні комбінації дрон+гаджет [11].

Результати досліджень

Як вже зазначалося, отримані знімки по кожній із місій було оброблено в програмі «Agisoft PhotoScan». Основним завданням даного програмного продукту є побудова цифрових 3D моделей, використовуючи цифрові фотознімки, що реалізується завдяки наступному алгоритму. «PhotoScan» знаходить спільні точки фотографій і по них визначає всі параметри камер: по-

ложення, орієнтацію, внутрішню геометрію (фокусна відстань, параметри дисторсії і т.п.). Далі будується щільний масив точок на основі якого будуються цифрові моделі місцевості (ЦММ) та цифрові моделі рельєфу (ЦМР) з можливістю їх 3D візуалізації (рис. 2). Всі операції виконуються в автоматичному режимі, в залежності від налаштувань виконавцем. Процес обробки даних

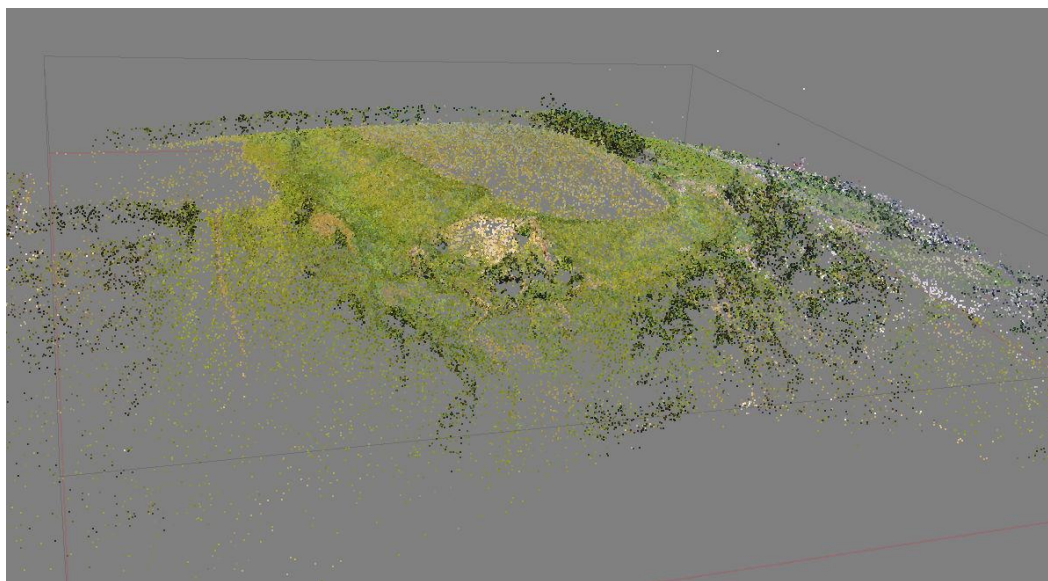


Рис. 2 – Щільний масив точок, створений в «PhotoScan»

дуже тривалий і залежить від потужності комп'ютерної техніки, об'єму вхідних даних та якості вихідних моделей [12].

«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 comple-

ксі «ArcGIS» [13]. Отримані ЦМР та ортофотоплани співставлялися з опорними точками (рис.3). 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. 4).

Виконавши низку операцій було порівняно координати (X, Y, Н) опорних пунктів з відповідними координатами цих самих пунктів, зображених на ЦМР. При аналізі та подальших розрахунках до уваги

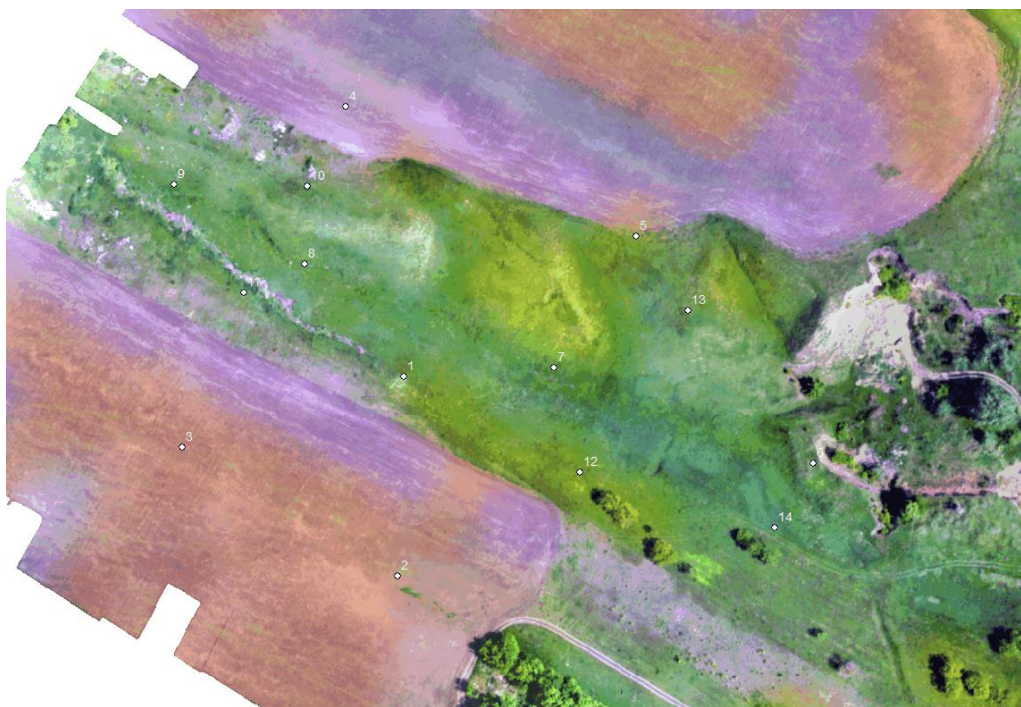


Рис. 3 – Ортофотоплан з контрольними пунктами

бралися результати сформованого в «Agisoft PhotoScan» звіту про побудовані моделі та ортофотоплани, а саме – місце розташування камери та перекриття зображення (рис. 5). 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, місцезнаходження яких попадали в зону <7 (перекриття менше 70%). Очевидно, що такі значення мають краї робочої площини, що є логічним явищем.

Розраховано середні абсолютні похибки ($f_{\text{абс.ср.}}$), середні похибки по висоті ($\Delta H_{\text{ср.}}$), середні квадратичні похибки планові та висотні (СКП), визначено мінімальні та максимальні значення абсолютної ($f_{\text{абс.мін}}$, $f_{\text{абс.макс}}$) та висотної ($\Delta H_{\text{мін}}$, $\Delta H_{\text{макс}}$) похибок (табл.).

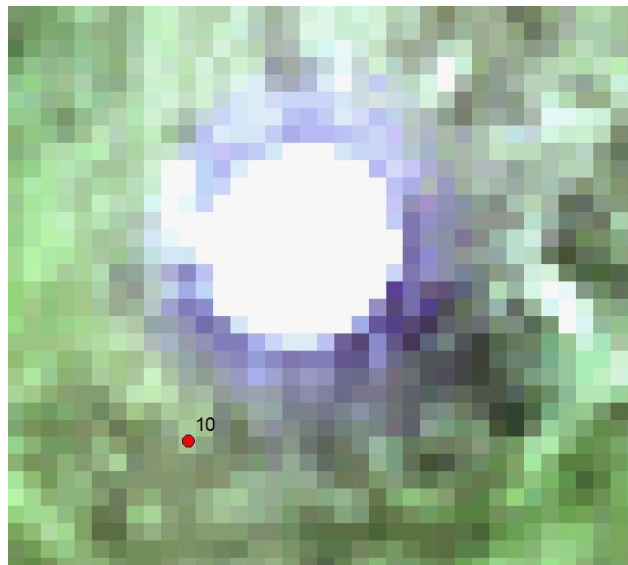


Рис.4 – Фрагмент зображення контрольного пункту та закріпленого пункту на місцевості

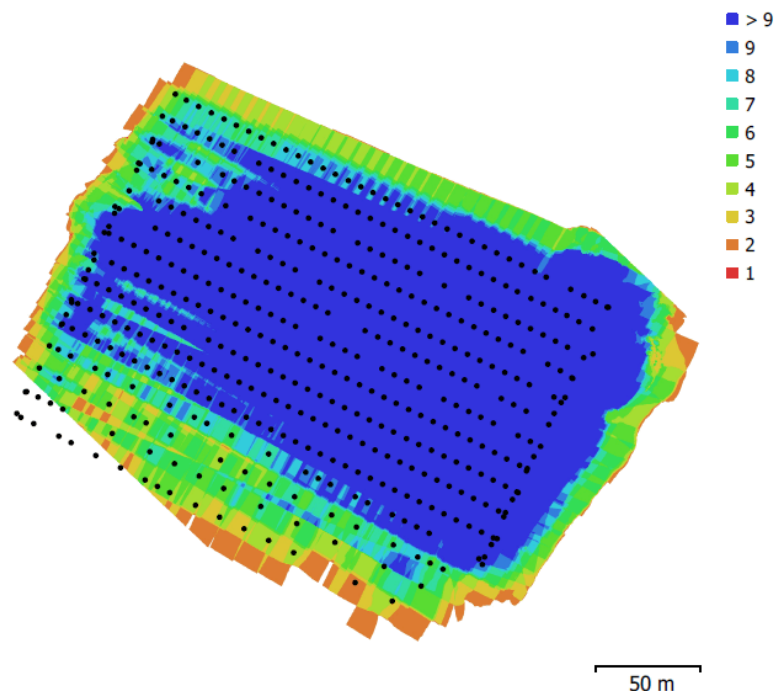


Рис. 5 – Місце розташування камери та перекриття зображення

Таблиця

Показники точності отриманих результатів

| Модель БПЛА | $f_{\text{абс.ср.}}$ | $\Delta H_{\text{ср.}}$ | СКП планова | СКП ΔH | $f_{\text{абс.min}}$ | $f_{\text{абс.max}}$ | ΔH_{min} | ΔH_{max} |
|-----------------------------|----------------------|-------------------------|----------------|-------------------|----------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|
| Висота знімання 25м | | | | | | | | |
| Phantom 2V+ | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Phantom 3 Adv | 0,319 | 0,388 | 0,382 | 0,455 | 0,102 | 0,766 | 0,007 | 0,761 |
| Phantom 4 Pro | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Висота знімання 50м | | | | | | | | |
| Phantom 2V+ | 2,491 | -0,011 | 2,711 | 0,265 | 1,509 | 4,311 | -0,008 | 0,543 |
| Phantom 3 Adv | 0,391 | 0,044 | 0,439 | 0,240 | 0,095 | 0,657 | -0,007 | 0,304 |
| Phantom 4 Pro | 1,315 | -0,384 | 1,799 | 0,658 | 0,558 | 5,157 | 0,001 | -1,102 |
| Висота знімання 100м | | | | | | | | |
| Phantom 2V+ | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Phantom 3 Adv | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Phantom 4 Pro | 1,449 | -0,508 | 1,784 | 0,787 | 0,629 | 4,738 | -0,092 | -1,901 |

З представленої таблиці видно що не по всіх місіях вдалося отримати результат, що пояснюється недостатнім перекриттям. 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.

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 елементу живлення (акумулятора). Для заданої території час знімання місій на висоті 25м становив

приблизно 25-35хв., 50м – 10-15хв., 100м 7-10хв.

З аналізу отриманих даних можна зробити висновки, що планові похибки отримані за результатами знімання з «Phantom 3 Advanced» на висотах 25 та 50м відповідають точності масштабу 1:5000, а що стосується висотних похибок, враховуючи рельєф, то дана точність допустима для побудови горизонталей із перерізом рельєфу 1-2м, 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 5м. 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».

Висновки

На даному етапі досліджень розроблено певні методичні підходи та рекомендації щодо експлуатації БПЛА. Проведено знімання дослідного полігону різними моделями квадрокоптерів на різних висотах та проведено аналіз отриманих даних. Встановлено, що використання моделей середнього цінового сегменту, які використовувались у дослідженнях, можливе для отримання планово-картографічного матеріалу масштабу 1:5000 та топопланів масштабів 1:5000 – 1:1000 з перерізом рельєфу 1-2м. Щодо

отриманих похибок, які відповідають масштабу 1:25000, то можна зробити висновок, що використання отриманих даних з БПЛА даного типу не є доцільним для побудови картографічного матеріалу такого масштабу. Наразі триває процес обробки матеріалів фотознімання цієї ж території, проте в процесі їх обробки в програмному комплексі «Agisoft PhotoScan», ортофотоплани та ЦМР будуть прив'язані до координат опорних пунктів, що дасть змогу повторно оці-

нити точність отриманих даних, використовуючи контрольні пункти.

Література

1. Седов А. О. Огляд сфер використання БПЛА в повсякденному житті. 2016. – URL: <http://www.50northspatial.org/ua/uavs-everyday-life>.
2. Купріянова В.С., Матюшенко І.Ю. Стан та перспективи розвитку безпілотних літальних апаратів в Україні // Вісник економіки транспорту і промисловості, 2015. №50. С. 334-340.
3. Глотов В., Гуніна А. Аналіз можливостей застосування безпілотних літальних апаратів для аерознімальних процесів // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. Українське товариство геодезії та картографії. 2014. Вип.2. С.65-70.
4. Ачасов А. Б., Ачасова А. О., Тітенко Г. В., Селіверстов О. Ю., Седов А. О. Щодо використання БПЛА для оцінки стану посівів. //Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна Серія "Екологія", 2015, вип. 13, С.13-18.
5. Ачасов А. Б., Седов А. О., Ачасова А. О. Оцінка забур'яненості посівів соняшника за допомогою безпілотних літальних апаратів // Людина та довкілля. Проблеми неоекології. 2016. № 3-4 (26). С. 69–74.
6. Куліковська О.Є., Атаманенко Ю.Ю.. Результати застосування БПЛА при геодезичних вимірюваннях на дослідному полігоні – 2017. URL: <http://zgt.com.ua/wp-content/uploads/2014/09/Результати-застосування-бпла-при-геодезичних-вимірюваннях-на-дослідному-полігоні.pdf>.
7. Tampubolon W., Reinhardt W. UAV data processing for large scale topographical mapping . 2014. URL: <https://www.int-arch-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/XL-5/565/2014/isprsarchives-XL-5-565-2014.pdf>.
8. Gustafsson H., Zuna, L. Unmanned Aerial Vehicles for Geographic Data Capture: A Review // KTH skolan för arkitektur och Samhällsbyggnad. Stockholm- 2017.
9. Buczkowski A.. How accurate is your drone survey? Everything you need to know. 2017. URL: <http://geoawesomeness.com/accurate-drone-survey-everything-need-know>.
10. A. Lamb. 7 Common Questions About Drones in Agriculture. How high to fly, how to detect crop stress and more. 2016. URL: <https://blog.droneDeploy.com/7-common-questions-about-drones-in-agriculture-ffcef76200b8>.
11. Седов А. О. Поради дроноводам початківцям. 2017. URL: <http://www.50northspatial.org/ua/tips-getting-started-with-drones>.
12. Руководство пользователя Agisoft PhotoScan Professional Edition, версия 1.2. 2016. URL: http://www.agisoft.com/pdf/photoscan-pro_1_2_ru.pdf.
13. Ачасов А.Б., Седов А.О., Власов О.В.. Основы геоинформатики: метод. вказ. / уклад. - Х.: ХНАУ, 2013, - 53 с.
14. Інструкція з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500 (ГКНТА-2.04-02-98) № 90 від 27.07.1999р. / Верховна Рада України: Офіційний сайт. URL: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/z0393-98>.

References

1. Syedov, A. O. (2016). Oglyad sfer vy`kory`stannya BPLA v povsyakdennomu zhy`tti. [Review of the areas of UAV use in everyday life]. Available at: <http://www.50northspatial.org/ua/uavs-everyday-life>. [In Ukrainian].
2. Kupriyanova, V.S., Matyushenko, I.Yu.(2015). Stan ta perspekty`vy` rozvy`tku bezpilotny`x lital`ny`x aparativ v Ukrayini [Status and prospects of the development of unmanned aerial vehicles in Ukraine]. *Visnyk ekonomiky` transportu i promy`slovosti*. 50, 334-340. [In Ukrainian].
3. Glotov, V. , Gunina, A. (2014). Analiz mozhy`vostej zastosuvannya bezpilotny`x lital`ny`x aparativ dlya aeroxnimal`ny`x procesiv [Analysis of the possibilities of using unmanned aerial vehicles for aerodynamic processes]. *Suchasni dosyagnennya geodezy`chnoyi nauky` ta vy`robny`cztva. Ukrayins`ke tovary`stvo geodeziyi ta kartografiyi*. 2.,65-70. [In Ukrainian].
4. Achasov, A. B., Achasova, A. O., Titenko, G. V., Seliverstov, O. Yu., Siedov, A. O. (2015). Shhodo vy`kory`stannya bpla dlya ocinky` stanu posiviv [About the use of UAV for estimation of the state of crops]. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University Series «Ecology»*, , 13,13-18. [In Ukrainian].
5. Achasov, A. B., Siedov, A. O., Achasova, A. O. (2016). Ocinka zabur`yanenosti posiviv sonyashny`ka za dopomogoyu bezpilotny`x lital`ny`x aparativ [Estimation of bulb crops sown with non-pilot aircraft]. *Man and environment. Issues of neoecology*.3-4 (26), 69–74. [In Ukrainian].
6. Kulikovs`ka, O.Ye., Atamanenko, Yu.Yu (2017). Rezul`taty` zastosuvannya BPLA pry` geodezy`chny`x vy`miryuvannyax na doslidnomu poligoni. [Results of UAV application at geodetic measurements at experimental site] Available at:<http://zgt.com.ua/wp-content/uploads/2014/09/Rezul`taty`-zastosuvannya-bpla-pry`-geodezy`chny`x-vy`miryuvannyax-na-doslidnomu-poligoni.pdf> [In Ukrainian].
7. Tampubolon, W., Reinhardt, W. (2014). UAV data processing for large scale topographical mapping. Available at:<https://www.int-arch-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/XL-5/565/2014/isprsarchives-XL-5-565-2014.pdf> [In English].

8. Gustafsson, H., Zuna, L. (2017). Unmanned Aerial Vehicles for Geographic Data Capture: A Review . KTH skolan för arkitektur och Samhällsbyggnad. Stockholm [In English].
9. Buczkowski, A. (2017). How accurate is your drone survey? Everything you need to know. Available at: <http://geoawesomeness.com/accurate-drone-survey-everything-need-know> [In English].
10. A. Lamb. 7 Common Questions About Drones in Agriculture. How high to fly, how to detect crop stress and more Available at: <https://blog.dronedeploy.com/7-common-questions-about-drones-in-agriculture-ffcef76200b8> [In English].
11. Siedov, A. O. (2017). Porady` dronovodam pochatkivcyam [Tips for beginner dronovodam] Available at: <http://www.50northspatial.org/ua/tips-getting-started-with-drones> [In Ukrainian].
12. Rukovodstvo pol`zovatelya Agisoft PhotoScan Professional Edition, versy`ya 1.2 (2016). [Agisoft PhotoScan Professional Edition User Guide, version 1.2.]. Available at: http://www.agisoft.com/pdf/photoscan-pro_1_2_ru.pdf [In Russian].
13. . Achasov, A.B. Siedov, A.O., Vlasov, O.V. (2013). Osnovy geoinformatyky [Fundamentals of geoinformatics]: metod. vkaz. H.: HNAU, 53. [In Ukrainian].
14. Instrukciya z topografichnogo znimannya u masshtabax 1:5000, 1:2000, 1:1000 ta 1:500 [Instruction on topographic scaling at scale 1: 5000, 1: 2000, 1: 1000 and 1: 500].(1999).(GKNTA-2.04-02-98), Available at: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/z0393-98> [In Ukrainian].

Надійшла до редколегії 12.03.2018