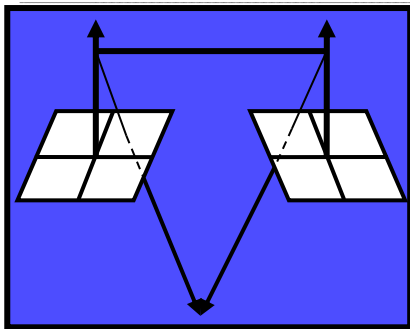




ФОТОГРАММЕТРІЯ ТА ДИСТАНЦІЙНЕ ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ

УДК 528.11

Ю.Ю. Атаманенко, асп. кафедри геодезії
Криворізький національний університет

ОЦІНКА ТОЧНОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ВІДСТАНЕЙ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ОПРАЦЮВАННЯ АЕРОФОТОЗНІМКІВ З БПЛА

Для встановлення обґрунтованості використання БПЛА під час картографування ДТП виконано порівняння класичних методів створення планів з методом побудови плану на основі використання технологій дронів DJI. Експериментальне випробування, здійснене на дослідному полігоні, полягало у виконанні тахеометричної зйомки, GPS-зйомки та аерофотозйомки з DJI Phantom 3 Professional. Матеріали зйомок опрацьовано в програмному забезпеченні Delta Digital, кінцевим результатом стали варіаційні ряди відстаней визначених зйомок. Виконано математичну обробку результатів подвійних нерівноточних вимірів відстані між марками на дослідному полігоні. Наведено математичні моделі апроксимації залежності середніх квадратичних похибок від різниці між довжиною вимірюваних відстаней, різниці між довжиною вимірюваних відрізків і довжиною вимірюваних відстаней, середніх квадратичних похибок довжини вимірюваних відстаней.

Ключові слова: БПЛА, відстані, тахеометрична зйомка, GPS-зйомка, програмне забезпечення Delta Digital, подвійні нерівноточні виміри, середня квадратична похибка.

Вступ. Останнім часом стрімко зростає застосування БПЛА в аерозніманні, це пояснюється тим, що собівартість аерознімання на порядок менша від застосування пілотованих літаків. Аерофотознімання є ефективним інструментом виконання геодезичних робіт, геофізичних досліджень та різноманітних видів моніторингу, тому отримані матеріали беруть за основу перед початком будівельних робіт, моніторингу стану автомобільних та залізничних доріг, аеропортів [1].

Аналіз досліджень і публікацій. Авторами публікації [2] здійснено критичний аналіз літературних джерел стосовно можливостей застосування сучасних БПЛА для великомасштабного аерознімання, у статті [3] наведено результати й аналіз аерознімання з БПЛА сільських населених пунктів, визначено проблеми, які виникають під час аерознімального процесу, та можливості їх

вирішення. В публікації [4] описано технічні можливості застосування безпілотних мобільних моделей для фіксування дорожньо-транспортних пригод. Для дослідження точності отриманих результатів подвійних нерівноточних вимірювань автор статті [5] розробляє методику визначення систематичної похибки з урахуванням ваг вимірів та виключення її з різниць і середніх значень виконаних вимірів.

Постановка завдання. Виконати оцінку точності визначення відстаней за результатами опрацювання аерофотознімків з БПЛА, тахеометричної зйомки та GPS-зйомки.

Основна частина. Кафедрою геодезії Криворізького національного університету проводяться дослідження з метою встановлення обґрунтованості використання БПЛА для фіксування ДТП. Для досягнення цієї мети виконано порівняння класичних методів створення планів з методом побудови плану на підставі використання технологій дронів DJI.

У практиці геодезичних вимірювань кожен величину вимірюють незалежно не менш як два рази, оскільки один вимір є безконтрольним. Наприклад, лінії вимірюють два рази – в прямому і зворотному напрямку, під час геометричного нівелювання перевищення на станції визначають за чорною і червоною стороною рейки, у тригонометричному нівелюванні та нівелюванні II і III класу перевищення визначають в прямому і зворотному напрямку. Такого роду пари вимірювань дістали назву подвійних вимірювань [6].

Аналіз подвійних нерівноточних вимірювань [7; 8] засвідчив, що трапляється випадки, коли подвійні виміри між собою – рівноточні, а в кожній парі – нерівноточні, тобто якщо значення тих самих величин одержано різними за точністю приладами. Саме такий випадок представлено в експериментальному вимірюванні відстані між марками на дослідному полігоні, коли довжина ліній була виміряна в процесі тахеометричної зйомки, GPS-зйомки та аерофотозйомки з БПЛА.

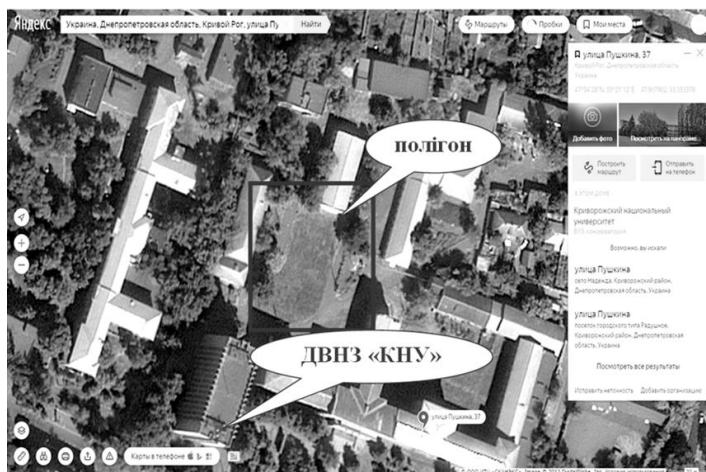


Рис. 1. Тестовий дослідний полігон на карті Яндекс

Тестовий дослідний полігон являє собою ділянку місцевості невеликої площі на території університету (рис. 1). Вдовж контуру та всередині газонного насадження закріплено 55 марок, координати яких були визначені в процесі різних видів зйомок.

У дослідженні використано тахеометр Sokkia SET 530 R, GPS-приймач TOPCON Hiper+ та квадрокоптер DJI Phantom 3 Professional [9–11].

Для опрацювання матеріалів обрано програмне забезпечення Delta Digital [12]. Фотоматеріали, одержані в процесі аерофотозйомки, були зшиті, відмасштабовані до масштабу 1:500. Спираючись на координати трьох пунктів тахеометричної зйомки, визначено координати усіх марок на знімку з БПЛА в обраному програмному комплексі. Таким чином, після опрацювання матеріалів одержано три масиви визначених відстаней за результатами виконання трьох видів зйомок (рис. 2). Для порівняння точності визначення довжини ліній виконано оцінку точності за різницею подвійних нерівноточних вимірів.

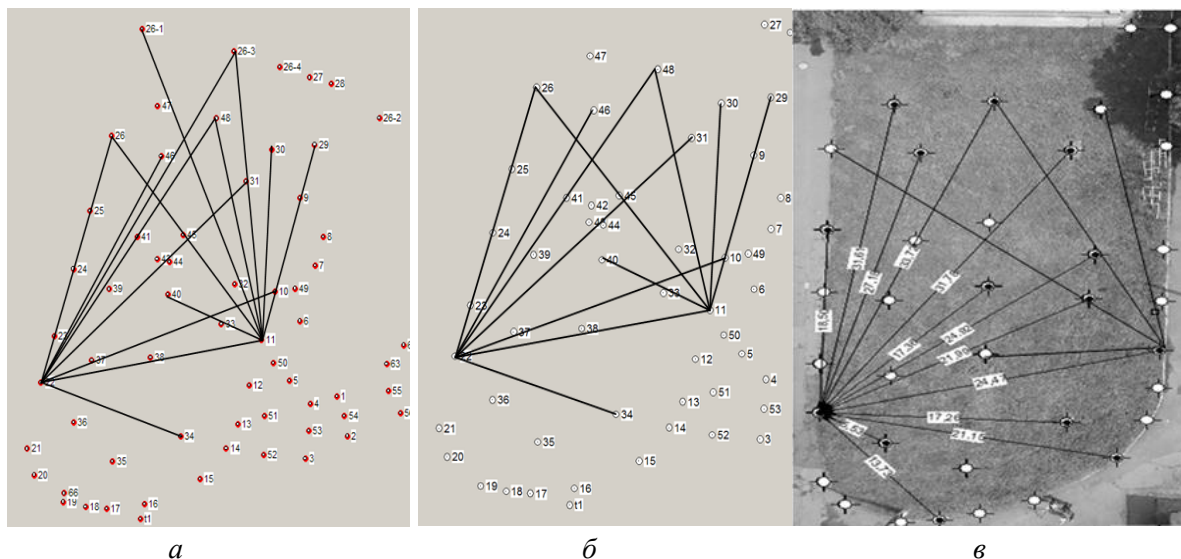


Рис. 2. Фрагменти робочих вікон програми Delta Digital
а – тахеометрична зйомка; б – GPS-зйомка; в – аерофотознімок з БПЛА

У табл. 1 наведено масиви відстаней, виміряних на дослідному полігоні в результаті виконання трьох видів зйомок та обчислені знаменники відносних похибок.

Таблиця 1

Виміряні відстані на дослідному полігоні

Лінія	Довжини ліній			Знаменник відносної похибки	
	Тахеометрична зйомка	GPS-зйомка	БПЛА	Тахеометрична зйомка – БПЛА	GPS-зйомка – БПЛА
22 - 25	18,570	18,569	18,577	2700	2300
22 - 47	31,569	31,569	31,582	2400	2400
22 - 46	27,253	27,255	27,266	2100	2500
22 - 48	34,228	34,230	34,238	3400	4300
22 - 31	31,879	31,879	31,892	2500	2500
22 - 40	17,630	17,630	17,638	2200	2200
22 - 32	25,132	25,132	25,142	2500	2500
22 - 33	22,215	22,211	22,221	3700	2200
22 - 12	24,558	24,560	24,568	2500	3100
22 - 34	17,392	17,392	17,398	2900	2900
22 - 15	21,271	21,271	21,279	2700	2700
22 - 18	13,765	13,765	13,770	2600	2600

Закінчення табл. 1

22 - 30	36,351	36,351	36,363	3000	3000
22 - 9	36,115	36,115	36,126	3400	3400
22 - 10	29,231	29,231	29,245	2100	2100
22 - 11	26,512	26,512	26,524	2200	2200
22 - 13	23,711	23,711	23,721	2400	2400
22 - 14	22,949	22,949	22,959	2300	2300
22 - 16	17,444	17,444	17,452	2200	2200
22 - 29	40,643	40,643	40,657	2900	2900
22 - 20	9,490	9,488	9,492	5400	2500
22 - 24	12,345	12,345	12,350	2300	2200
22 - 26	26,749	26,749	26,758	3000	3000
22 - 39	12,525	12,525	12,529	3100	3100
22 - (26 - 3)	41,011	41,011	41,024	3200	3200
22 - (26 - 1)	38,351	38,351	38,363	3300	3300
22 - 17	15,078	15,078	15,085	2200	2200
11 - (26 - 3)	29,887	29,892	29,900	2300	3900
11 - (26 - 1)	34,982	34,988	34,997	2400	4100
11 - 30	19,605	19,605	19,613	2500	2500
11 - 31	16,403	16,403	16,410	2300	2300
11 - 48	23,397	23,397	23,407	2300	2300
11 - 34	13,765	13,765	13,771	2300	2300
11 - 29	21,113	21,118	21,123	2100	4200
11 - 38	13,276	13,276	13,282	2200	2200
11 - 40	12,084	12,084	12,089	2300	2300
11 - 47	26,983	26,983	26,996	2100	2100
11 - 44	13,551	13,551	13,556	2700	2700

У літературі [13; 14] вказано, що в кожній парі подвійних нерівноточних вимірів різниця становить:

$$d_i = x_i - x'_i, (i = 1, 2, \dots, n), \quad (1)$$

де x_i, x'_i – результати двох вимірювань одного й того самого об'єкта.

Проте сукупності різниць d_i за достатньо великої їх кількості дають можливість оцінювати точність вимірювання, а в ряді випадків виявляти систематичні похибки.

Зазначимо відразу, що з п'яти розглянутих факторів різниці d_i залежать від виконавця, приладу, методу вимірювання і зовсім не залежать від об'єкта вимірювання [15]. Тому в деяких випадках оцінка точності за різницями подвійних вимірів може виявитися завищеною, оскільки не враховує похибки центрування приладів під час вимірювання горизонтальних кутів, осідання закріплених пунктів та інших зовнішніх факторів. З цієї причини оцінку точності за різницями подвійних вимірів іноді називають оцінкою точності з внутрішньою збіжністю.

Якщо різниці подвійних вимірів d_i отримано за нерівноточними вимірами x_i , але попарно рівноточними, тобто $p_{x_i} = p_{x'_i}$, тоді маємо вагу різниць, яку визначають за формулою

$$\frac{1}{p_{d_i}} = \frac{1}{p_{x_i}} + \frac{1}{p'_{x_i}} = \frac{2}{p_{x_i}} \text{ і } p_{d_i} = \frac{p_{x_i}}{2} = \frac{p_i}{2}. \quad (2)$$

З метою дослідження постійної систематичної похибки розглянуто нерівність

$$|[p_d d]| \leq 2,5 \frac{[|p_d d|]}{\sqrt{[p_d]}}. \quad (3)$$

Для аналізу параметрів оцінки точності використано алгоритм. У випадку, коли різниця d_i містить систематичну похибку, обчислення виконували за формулою

$$\theta = \frac{[p d]}{[p]}, \quad (4)$$

для знаходження помилки одиниці ваги була застосована формула

$$\mu = \sqrt{\frac{[d'^2 p]}{2(n-1)}}, \quad (5)$$

а середні квадратичні похибки середніх значень $x_{i \text{ ср}} = \frac{x_i + x'_i}{2}$ розраховано за формулою

$$m_{(x_i) \text{ ср}} = \frac{\mu}{\sqrt{2p_i}}. \quad (6)$$

Узагальнювальні дані оцінки точності визначення відстаней за результатами виконаних зйомок представлено у табл. 2.

Таблиця 2

Результати оцінки точності визначення відстаней

Показники	Результати обчислень	
	Тахеометрична зйомка — БПЛА	GPS-зйомка — БПЛА
Критерій $ [p_d d] \leq 2,5 \frac{[p_d d]}{\sqrt{[p_d]}}$	$769,35 \geq 2,5 \cdot 769,35/\sqrt{76}$	$727,29 \geq 2,5 \cdot 727,29/\sqrt{76}$
Систематична похибка (θ)	$\pm 10,12$ мм	$\pm 9,57$ мм
Помилка одиниці ваги (μ)	$\pm 14,04$ мм	$\pm 14,55$ мм

Розгляд знаменників відносних похибок визначення відстаней (див. табл. 1), обчислених за координатами марок виконаних зйомок, показав, що відстані отримано з похибками, меншими ніж 1:2000, отже, використання БПЛА є обґрунтованим для знімання невеликих за протяжністю територій.

Дослідження дали змогу створити математичні моделі апроксимації залежності середніх квадратичних похибок від різниці між довжиною виміряних відстаней, залежності різниці між довжиною виміряних відрізків і довжиною виміряних відстаней, а також середніх квадратичних похибок від довжини виміряних відстаней, які представлено на рис. 3 – 5.

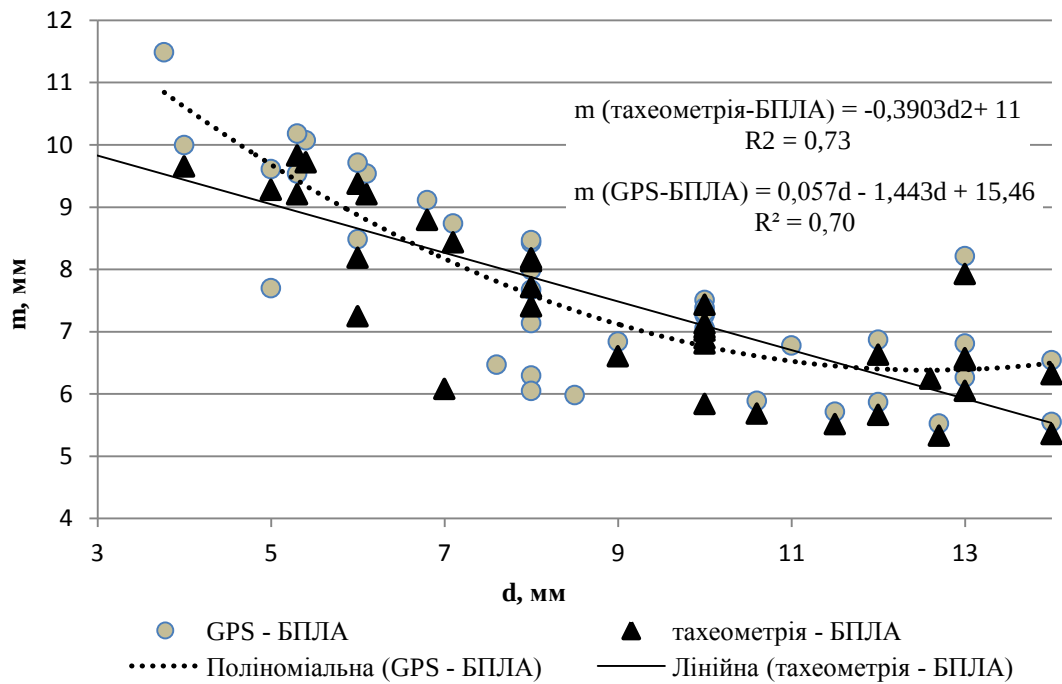


Рис. 3. Залежність середніх квадратичних похибок від різниці між довжиною вимірних відстаней

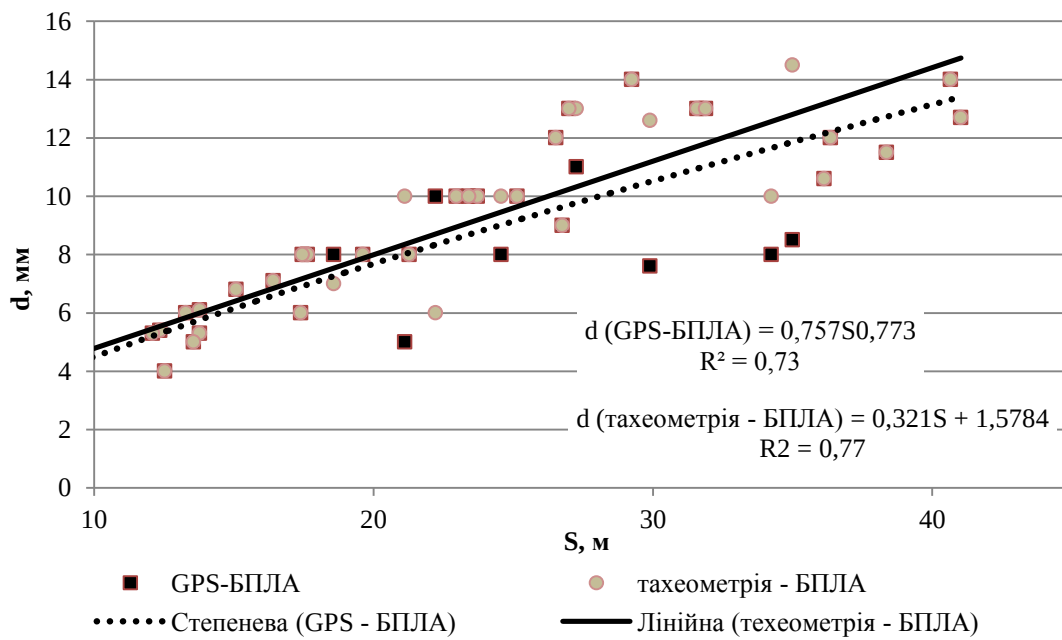


Рис. 4. Залежність різниці між довжиною вимірних відрізків і довжиною вимірних відстаней

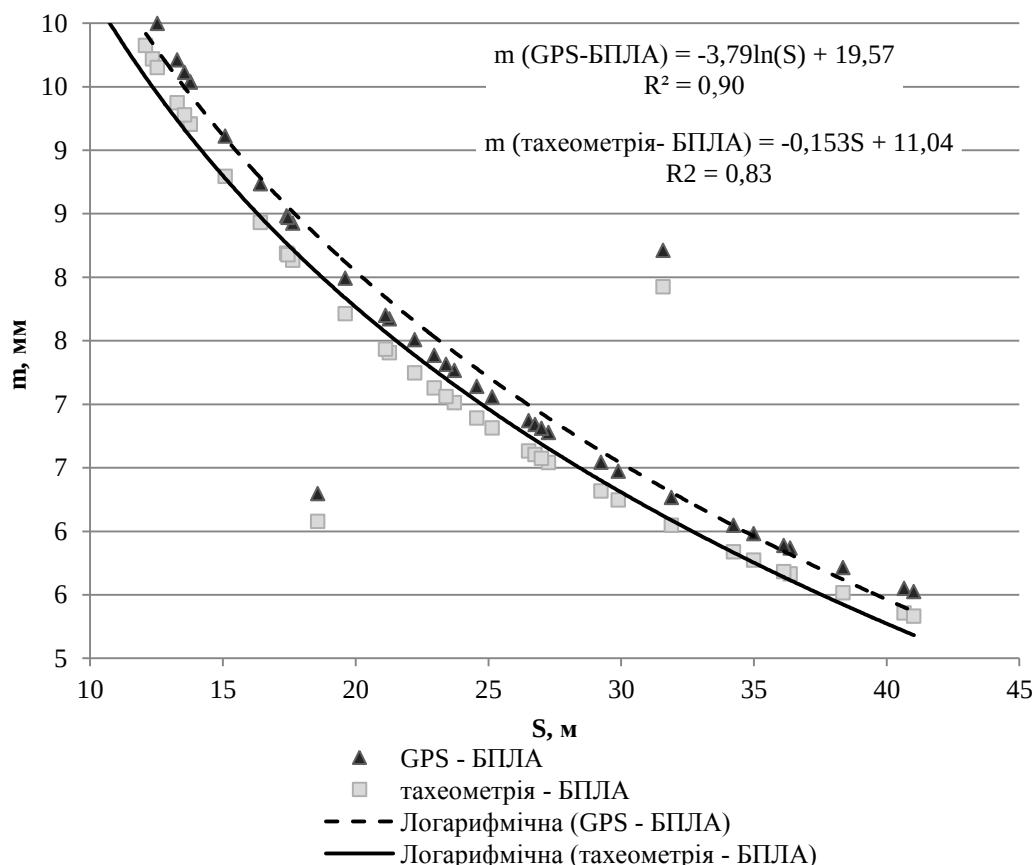


Рис. 5. Залежність середніх квадратичних похибок від довжини вимірюваних відстаней

Із побудованих графіків залежностей бачимо, що коефіцієнти кореляції варіюють в межах від + 0,70 до + 0,90, отже, зв'язок між змінними – сильний, а рівняння регресії є достовірними.

Висновок. Результати оцінки точності визначення відстаней, обчислених за координатами виконаних зйомок, свідчать проте, що довжину ліній знайдено з відносними похибками, меншими ніж 1:2000, отже, використання БПЛА є обґрунтованим для знімання невеликих за протяжністю територій і лінійних об'єктів, зокрема й для картографування ДТП, коли відносна похибка вимірювання відстаней на місці скоєння за вимогами «Інструкції про адміністративні правопорушення у сфері забезпечення безпеки дорожнього руху, зафіксовані не в автоматичному режимі» [16] є не більшою за 1:1000.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Барбасов В. К. Многоготорные беспилотные летательные аппараты и возможности их использования для дистанционного зондирования Земли / В. К. Барбасов, М. Н. Гаврюшин, Д. О. Дрыга и др. // Инженерные изыскания. – 2012. – № 10. – С. 38 – 42.

2. *Глотов В.* Аналіз можливостей застосування безпілотних літальних апаратів для аерознімальних процесів / В. Глотов, А. Гуніна // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 2014. – Вип. II (28). – С. 65 – 70.
3. *Глотов В.* Аналіз і перспективи аерознімання з безпілотного літального апарата / В. Глотов, В. Галицький, В. Колесніченко та ін. // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 2014. – Вип. I (27). – С. 131 – 136.
4. *Куліковська О. Є.* Технічні можливості застосування безпілотної мобільної моделі для фіксування дорожньо-транспортних пригод / О. Є. Куліковська, Ю. Ю. Атаманенко // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 2015. – Випуск I (29). – С. 84 – 87.
5. *Рябчій В. А.* Ймовірно-математичний аналіз обмеженої кількості результатів нерівноточних вимірів однієї величини [текст] / В. А. Рябчій, В. В. Рябчій // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва: зб. наук. праць Зах. геод. т-ва УТГК. – Л.: Вид-во ун-ту «Львівська політехніка», 2013. – Вип. II. – С. 25 – 30.
6. *Чеботарев А. С.* Способ наименьших квадратов с основами теории вероятностей: учебник для геодезических вузов и факультетов / А. С. Чеботарев. – М.: Геодезиздат, 1958. – 606 с.
7. *Большаков В. Д.* Теория ошибок наблюдений: учеб. для вузов / В. Д. Большаков. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1983. – 223 с.
8. *Войтенко С. П.* Математична обробка геодезичний вимірів. Теорія похибок вимірів: навч. посіб. / С. П. Войтенко. – К.: КНУБА, 2003. – 216 с.
9. *Руководство по эксплуатации. Электронный тахеометр серии GTS-230 (GTS-233, GTS-35, GTS-236, GTS-239).* – Москва, 2003. – 173 с.
10. *Инструкция пользователя Phantom 3 Professional [Электронный ресурс].* – Режим доступа: <http://quadrone.ru>.
11. *Руководство по эксплуатации. GPS-приемник TOPCON Hyper+.* – Москва, 2006. – 162 с.
12. *Федоров Д.* Digitals. Использование в геодезии, картографии и землеустройстве / Д. Федоров // Публикация ООО «Аналитика». – 2015. – 354 с.
13. *Мазмишвили А. И.* Теория ошибок и метод наименьших квадратов / А. И. Мазмишвили. – М.: Недра, 1978. – 311 с.
14. *Видуев Н. Г.* Вероятностно-статистический анализ погрешностей измерений / Н. Г. Видуев, Г. С. Кондра. – М.: Недра, 1969. – 320 с.
15. *Зазуляк П. М.* Основи математичного опрацювання геодезичних вимірювань / П. М. Зазуляк, В. І. Гавриш, Е. М. Євсєєва, М. Д. Йосипчук. – Львів: Растр-7, 2007. – 408 с.
16. *Інструкції про адміністративні правопорушення у сфері забезпечення безпеки дорожнього руху, зафіксовані не в автоматичному режимі [Електронний ресурс].* – Режим доступу: zakon.rada.gov.ua.

REFERENCES

1. Barbasov V. K., Gavryushin M. N., Dryga D. O. i dr. (2012) Mnogorotornye bespilotnye letatelnye apparaty i vozmozhnosti ih ispolzovaniya dlya distantsionnogo zondirovaniya Zemli [Multi-rotor unmanned aerial vehicles and

possibilities of their use for remote sensing of the Earth]. *Inzhenernye izyskaniya*, no. 10, pp. 38 – 42.

2. Glotov V., Gunina A. (2014) Analiz mozhlivostey zastosuvannya bezpilotnih litalnih aparativ dlya aeroznimalnih protsesiv [Analysis of the possibilities of using unmanned aerial vehicles for aerial survey processes]. *Suchasni dosyagnennya geodezichnoyi nauki ta virobnitstva*, (Is II (28)), (pp. 65 – 70) [in Ukrainian].

3. Glotov V., Galitskiy V., Kolesnichenko V., Prohorchuk O., Tserklevich A., Zbrutskiy O., Karnaushenko R. (2014) Analiz i perspektivi aeroznimannya z bezpilotnogo litalnogo aparata [Analysis i perspective of aeroznimannya z pyloplotnogo litalnogo aparata]. *Suchasni dosyagnennya geodezichnoyi nauki ta virobnitstva*, (Is I (27)), (pp. 131 – 136) [in Ukrainian].

4. Kulikovska O. E., Atamanenko Yu. Yu. (2015) Tehnichni mozhlivosti zastosuvannya bezpilotnoyi mobilnoyi modeli dlya fiksuвання dorozhno-transportnih prigod [Technical possibilities of application of unmanned mobile model for registering accidents]. *Suchasni dosyagnennya geodezichnoyi nauki ta virobnitstva*, (Is I (29)), (pp. 84 – 87) [in Ukrainian].

5. Ryabchiy V. A., Ryabchiy V. V. (2013) Ymovirno-matematichniy analiz obmezhenoyi kilkosti rezultativ nerivnotochnih vimiriv odnieyi velichini [Probable-mathematical analysis of a limited number of unevenly accurate measurements of a single value]. *Suchasni dosyagnennya geodezichnoyi nauki ta virobnitstva*, (Is II (26)), (pp. 25 – 30) [in Ukrainian].

6. Chebotarev A. S. (1958) Sposob naimenshih kvadratov s osnovami teorii veroyatnostey [The method of least squares with the basics of probability theory]. – Moscow: Geodezizdat [in Russian].

7. Bolshakov V. D. (1983) Teoriya oshibok nablyudeniy: ucheb. dlya vuzov [Theory of errors of observations: Textbook. For universities]. – Moscow: Nedra [in Russian].

8. Voytenko C. P. (2003) Matematichna obrobka geodezichniy vimiriv. Teoriya pohibok vimiriv: navch. Posib [Mathematical processing of geodetic measurements. Theory of measurement errors: Textbook]. – Kiev: KNUBA [in Ukrainian].

9. Rukovodstvo po ekspluatatsii Elektronnyy taheometr serii GTS-230 (GTS-233, GTS-35, GTS-236, GTS-239) (2003) [Manual. Electronic tacheometer GTS-230 series (GTS-233, GTS-35, GTS-236, GTS-239)]. – Moscow [in Russian].

10. Instruktsiya polzovatelya Phantom 3 Professional [Instruction manual for Phantom 3 Professional]. <http://quadrone.ru>. Retrieved from <http://quadrone.ru>. [in Russian].

11. Rukovodstvo po ekspluatatsii. GPS-priemnik TOPCON Hiper+ (2006) [Instruction manual. GPS-receiver TOPCON Hiper +]. – Moscow [in Russian].

12. Fedorov D. (2015) Digitaly. Ispolzovanie v geodezii, kartografii i zemleustroystve [Digitals. Use in geodesy, cartography and land management]. Publikatsiya OOO «Analitika» [in Ukrainian].

13. Mazmishvili A. I. Teoriya oshibok i metod naymenshih kvadratov (1978) [The theory of errors and the method of least squares]. – Moscow: Nedra [in Russian].

14. Viduev N. G., Kondra G. S. Veroyatnostno-statisticheskiy analiz pogrishnostey izmereniy (1969) [Probabilistic-statistical analysis of measurement errors]. – Moscow: Nedra [in Russian].
15. Zazulyak P. M., Gavrish V. I., Evseeva E. M., Yosipchuk M. D. (2007) Osnovi matematichnogo opratsyuvannya geodezichnih vimiryuvan [Foundations of mathematical opraced geodesic vimiryuvan]. – Lviv [in Ukrainian].
16. Instruktsiyi pro administrativni pravoporushennya u sferi zabezpechennya bezpeki dorozhnogo ruhu, zafiksovani ne v avtomatichnomu rezhimi (2015) [About claim of instruction about administrative violation in the field of providing of safety of travelling motion fixer not in the automatic mode]. zakon.rada.gov.ua. Retrieved from: zakon.rada.gov.ua. [in Ukrainian].

Ю. Ю. Атаманенко

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАССТОЯНИЯ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ОБРАБОТКИ АЭРОФОТОСНИМКОВ С БПЛА

Для установления обоснованности использования БПЛА при картографировании ДТП выполнено сравнение классических методов создания планов по методу построения плана на основе использования технологий дронов DJI. Экспериментальное испытание осуществлялось на опытном полигоне, и состояло в выполнении тахеометрической съемки, GPS-съемки и аэрофотосъемки с DJI Phantom 3 Professional. Материалы съемок обрабатывали в программном обеспечении Delta Digital, конечным результатом стали вариационные ряды расстояний определенных съемок. Проведено математическую обработку результатов двойных неравноточных измерений расстояний между марками на опытном полигоне. Приведены математические модели аппроксимации зависимостей средних квадратических погрешностей от разницы между длинами измеренных расстояний, разницы между длинами измеренных отрезков от длин измеренных расстояний, средних квадратичных погрешностей от длин измеренных расстояний.

Ключевые слова: БПЛА, расстояния, тахеометрическая съемка, GPS-съемка, программное обеспечение Delta Digital, двойные неравноточных измерения, средняя квадратическая ошибка.

Yu. Yu. Atamanenko

EVALUATION OF DISTANCES DETECTION ACCURACY BY THE RESULTS OF AIR PHOTOGRAPHING PROCESSING WITH UAV

To establish the validity of the use of unmanned aerial vehicles for fixing and mapping of road accidents, a comparison is made between the classical methods of creating plans based on the method of designing a plan based on the use of modern technologies of DJI drones. The experimental test was carried out on the test site, namely on the territory of the State Institution of Higher Education "Kryvyi Rih National University" and consisted in performing tacheometric survey, GPS survey and aerial photography from an unmanned aerial vehicle - DJI Phantom 3 Professional. The materials of the filming were studied in the Delta Digital software, the final result was

the variation series of the distances of certain surveys. A detailed mathematical treatment of the results of double non-equal measurements of distances between brands at the test site in terms of the significance of the systematic error was made, the mean square errors of the mean measured distances and the denominators of the relative errors in the distance lengths of the surveys were calculated. The mathematical models of approximations of the dependencies of the mean square errors on the difference between the lengths of the measured distances, the difference between the lengths of the measured segments from the lengths of the measured distances, the mean square errors from the lengths of the measured distances are given. The regression equations and correlation coefficients are given, the relation between the obtained indices is determined.

Keywords: UAV, distances, tacheometric survey, GPS-survey, software Delta Digitals, double non-equal measurements, mean square errors.

Надійшла до редакції

26.05.2017

УДК 528.8.04

Л.Ю. Солом'янчук, асп. кафедри геоінформатики та фотограмметрії

Київський національний університет будівництва і архітектури

ТОВ «ЕСОММ Со», старший інженер комп'ютерних систем (ГІС)

АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ ДАНИХ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ

У статті проаналізовано використання даних дистанційного зондування землі в сільському господарстві. Розглянуто досвід використання даних дистанційного зондування землі в США, Китаї та Казахстані для моніторингу стану сільськогосподарських культур. Визначено основні завдання, які можуть бути вирішені за допомогою даних дистанційного зондування землі в сільському господарстві. Обґрунтовано потребу у створенні методичних рекомендацій щодо використання даних ДЗЗ для моніторингу стану сільськогосподарських культур в Україні.

Ключові слова: дані дистанційного зондування землі, роздільна здатність, сільське господарство, моніторинг.

Вступ. Сільське господарство є важливою галуззю економіки України. Агропромислова політика держави нині спрямована на те, щоб зробити цю галузь високоефективною та високорентабельною, а також орієнтованою на експорт вітчизняної сільськогосподарської продукції.

Для успішного ведення сільського господарства потрібно щодня обробляти й аналізувати велику кількість інформації, яка зазвичай є досить різнохарактерною та містить сукупність природних, економічних і соціальних показників, що взаємодіють між собою. Повноцінний багатофакторний аналіз