



WYZNACZANIE GRANIC UŻYTKÓW ROLNYCH Z WYKORZYSTANIEM BEZZAŁOGOWYCH SYSTEMÓW LATAJĄCYCH

Grzegorz Stępień¹, Józef Sanecki¹, Andrzej Klewski¹, Krzysztof Beczkowski¹
¹Akademia Morska w Szczecinie

DETERMINATION OF AGRICULTURAL LAND BORDERS USING UNMANNED AERIAL SYSTEMS

Streszczenie

W artykule przedstawiono problematykę pomiarów geodezyjnych na terenach rolnych. Nakreślono tradycyjne metody pomiarów i wskazano na przyczyny nieścisłości osiąganych wyników tych pomiarów ze stanem faktycznym na gruncie. Przy ocenie niezgodności pomiarów ze stanem faktycznym wykorzystano doświadczenia jednego z autorów (Beczowski K.), który jest biegłym sądowym. Wskazano na możliwość wykorzystania metod fotogrametrycznych do wyznaczania granic działek i użytków, ze szczególnym uwzględnieniem Bezzałogowych Systemów Latających (BSL). Opisano metody przetwarzania zdjęć pomiarowych pozyskanych kamerami niometrycznymi zamontowanymi na BSL. Wskazano na potrzebę samokalibracji kamer, w wyniku której wyznaczane są ich elementy orientacji wewnętrznej, co w przypadku dokładnie wyznaczonej osnowy fotogrametrycznej, podnosi dokładność opracowań końcowych – Numerycznego Modelu (Pokrycia) Terenu i ortofotomapy. W celu uzyskania wysokich dokładności wyznaczania elementów orientacji kamer pomiarowych w niniejszym opracowaniu wykorzystano specjalnie zaprojektowaną połowę osnowę fotogrametryczną. W eksperymencie pomiarowym wykonano naloty fotogrametryczne dwoma rodzajami BSL – konstrukcją wiełowirnikową (pionowego startu) i płatowcem (lotu horyzontalnego), który dodatkowo wyposażony był w pozycjonowanie GNSS środka rzutów z po-

prawkami w czasie rzeczywistym (RTK). Przetworzenie danych z nalołów wykonano w trybach GNSS RTK bez fotopunktów, GNSS z fotopunktami i GNSS bez fotopunktów. Następnie wyznaczono dokładności wszystkich przetworzeń i odniesiono je do granic wykazanych na mapie zasadniczej.

Słowa kluczowe: aerotriangulacja, samokalibracja, działka rolna, BSL, ortofotomapa.

Abstract

The article presents the problem of surveying on farmland. It outlines the traditional methods of measurement and indicated the reasons for inaccuracies performance of these measurements with the actual situation on the ground. In assessing of non-compliance measurements with the actual situation based on the experience of one of the authors (Beczkowski K), which is a legal expert. Paper indicates the possibility of using photogrammetric methods for determining the boundaries of plots and land, with emphasis on Unmanned Aerial System (UAS). Methods of image processing measurements obtained by non-metric cameras mounted on BSL were described. The need of self-calibration of cameras was pointed because determination of interior orientation of the cameras increase the accuracy of the studies Digital Elevation Model (DEM) and orthophotomap. In order to achieve high accuracy of determining the orientation elements of cameras in this study a specially designed field photogrammetric framework were used. In the experiment, the photogrammetric measurement were made using two types of UAS – multicopter construction (VTOL) and airframe (horizontal flight), which also was equipped with a GNSS RTK receiver. Processing of photogrammetric data were carried out in modes GNSS RTK without ground control points, GNSS with control points, GNSS without control points. Then the accuracy of all transformations were determined and compared to the principal map.

Key words: aerotriangulation, self-calibration, agricultural plot, UAS, orthophotomap.

WPROWADZENIE

Problematyka pomiarów geodezyjnych na terenach rolnych ma swoje źródła w sposobach i metodach zakładania ewidencji gruntów i budynków (egib) w latach 1955-1970. Zdarzają się sytuacje, gdzie na terenach rolnych była zakładana ewidencja z wykonywaniem wszelkich pomiarów na gruncie – jednak bez okazywania granic ówczesnym właścicielom gruntów. W ramach zakładania

ewidencji gruntów i budynków na terenie kraju tylko dla około 30% gruntów wykonano pomiar w terenie, dla pozostałych obszarów, wykorzystano istniejące materiały kartograficzne – podobnie jak w okresie międzywojennym (Fedorowski W., 1974). Tak wykonywane pomiary powodują liczne problemy przy aktualizacji ewidencji gruntów i budynków w czasach obecnych. Często właściciele nawet nie zdają sobie sprawy z tego, że choć użytkują dany grunt nie są ich prawnymi właścicielami (przykład na rysunku 1).



Rysunek 1. Niezgodność użytku gruntowego z granicami działki.

Źródło: geoportal.gov.pl (dostęp na dzień 1.04.2016 r).

Figure 1. Non-compliance with the land use of the plot borders.

Source: geoportal.gov.pl (access on 1.04.2016r).

Z doświadczeń z pracy biegłego sądowego wynika, że podczas zakładania egib na terenach rolnych często pomiary były wykonywane bez osnowy tj. od załamania między lub przecięcia dróg. Drogi, jak i miedze, często zmieniły swój przebieg czyniąc tym samym problem w określeniu granic nieruchomości. W pracach wykonywanych na terenach rolnych zdarzały się przypadki, że jednocześnie były wykonywane prace na sąsiadujących ze sobą nieruchomości przez różnych wykonawców. Niestety brak koordynacji i wymiany informacji powodował, że z różnych operatów technicznych dane do tych samych punktów granicznych były zupełnie inne. Dlatego też wykorzystanie danych z egib w obecnych pracach jest bardzo utrudnione i często niezbędne jest przeprowadzenie ustalenia przebiegu granic nieruchomości. Dużym utrudnieniem w pracach na terenach rolniczych jest brak danych dotyczących osnowy pomiarowej. O ile

dane do granic nieruchomości znajdują się w operatach technicznych, o tyle nie ma ich już w stosunku do osnowy. Często zatem brakuje podstawowych danych od których geodeci rozpoczynają swoje pomiary. Jeśli w terenie nie ma możliwości odszukania osnowy pomiarowej to z dużą ostrożnością trzeba podchodzić także do pomiarów które w latach wcześniejszych były wykonywane (często metodami niemożliwymi obecnie do zweryfikowania).

Problem dostrzegł Główny Urząd Geodezji i Kartografii (GUGiK), który zlecając prace pozwala na wykonywanie ustalenia przebiegu granicy za pomocą pomiarów fotogrametrycznych. Obecnie realizowany jest projekt dotyczący oceny możliwości wykorzystania współczesnej fotogrametrii w pracach z zakresu ewidencji gruntów i budynków. W krajowej praktyce wymaga się, aby błąd położenia punktu był mniejszy od 3 pikseli, co w cyfrowych opracowaniach fotogrametrycznych jest spełnione – błąd wynosi średnio 2-2,5 piksela (Kurczyński Z., 2015). W powszechnie stosowanych obecnie zdjęciach lotniczych rozdzielczość terenowa zdjęć (piksel) wynosi 0,1 m. W celu podniesienia dokładności należałoby zmniejszyć wielkość piksela w terenie, czyli zwiększyć rozdzielczość zdjęcia. Operacja ta przy kamerach stałogniskowych stosowanych w fotogrametrii jest możliwa poprzez obniżenie wysokości lotu nad terenem. Taka sytuacja ma miejsce w przypadku zdjęć wykonanych z BSL (Sanecki J., Stępień G., Konieczny J., i in., 2015), gdzie wysokość lotu jest znacznie mniejsza niż wysokość samolotu i z reguły nie przekracza 150 m nad fotografowanym terenem. Z drugiej strony obrazowany jest niewielki obszar, ale za to z bardzo dużą rozdzielczością informacyjną.

Jednocześnie zgodnie z Rozporządzeniem 1 (patrz literatura) pomiar na ortofotomapie rozumiany jest jako geodezyjny pomiar kartometryczny. Natomiast zgodnie z Rozporządzeniem 2 (patrz literatura) w przypadku pomiaru granic działek: zbiór punktów pomiarowych załamania granicy względem osnowy I klasy powinien być określony na podstawie geodezyjnych pomiarów sytuacyjnych z błędem średnim nieprzekraczającym 0,30 m. „Pomiar sytuacyjny 2D może być zatem wykonywany na cyfrowej ortofotomapie, utworzonej ze zdjęć lotniczych (geodezyjny pomiar fotogrametryczny) (Kurczyński Z., 2015).

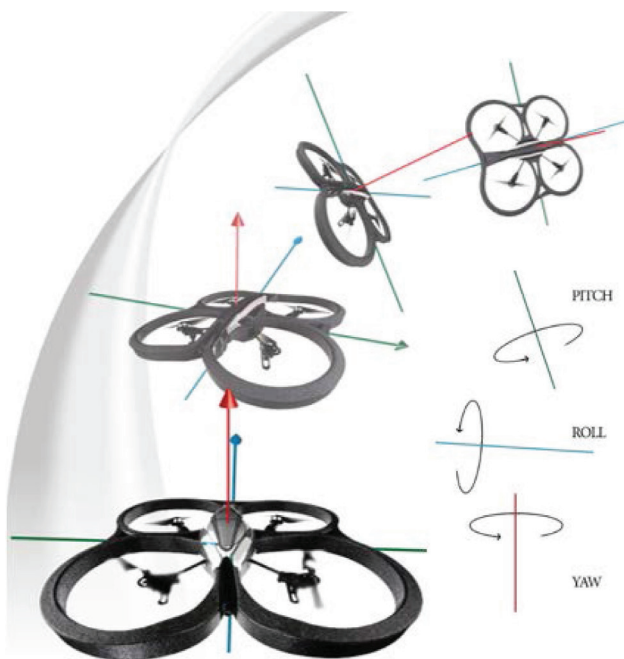
Dotychczas BSL wykorzystywane są w rolnictwie m. in. do określania kondycji roślin, głównie za pomocą indeksów wegetacyjnych (Sanecki J., Konieczny J., Klewski A., i in., 2014). Coraz częściej podejmowane są próby wykorzystania tych systemów w warunkach miejskich. Wyniki opracowań fotogrametrycznych w terenach zabudowanych są na ogół zadowalające i mieszczą się w I grupie dokładnościowej szczegółów sytuacyjnych (dokładność 0,1 m) lecz największy problem stanowi geodezyjny pomiar kartometryczny (no ortofotomapie) obrysów budynków (Lewandowski P., Gołuch P., Józków G., i in., 2015, Kurczyński Z., 2015).

W tej sytuacji zachodzi również pytanie o dokładność takiego pomiaru z wykorzystaniem opracowań z BSL i ich przydatności w pomiarach sytuacyj-

nych dla celów wyznaczania granic działek rolnych. Zbadania tego problemu jest głównym celem niniejszej publikacji. Jednocześnie autorzy stawiają tezę, że geodezyjny pomiar kartometryczny na ortofotomapie opracowane na podstawie zdjęć z BSL zapewnia dokładność bezwzględną – 0,1 m – pomiarów sytuacyjnych na terenach rolnych, co jednocześnie sprawia, że dane te mogą posłużyć jako podstawowy materiał do budowy Zintegrowanego Systemu Informacji o Nieruchomościach (<http://www.gugik.gov.pl/geodezja-i-kartografia/projekty/zsin-faza-i>).

METODA BADAWCZA

Dokładność wyznaczania punktów (granicznych) w pomiarach fotogrametrycznych uzależniona jest głównie od dokładności określania orientacji kamery w trakcie ekspozycji, jakości wykorzystanego sensora i związanych z nią zniekształceń optycznych oraz warunków ekspozycji (m.in. temperatura, wilgotność, ciśnienie, oświetlenie obiektu, tłumienie atmosfery). Duże wpływa również osnowa fotogrametryczna lub jej brak oraz metody jej wyznaczenia.



Rysunek 2. Kąty obrotu: Pitch (górną-dół w ruchu postępowym), Roll (na boki w ruchu postępowym), Yaw (kąt znosu, lewo-prawo w ruchu postępowym).

Figure 2. The rotations angles: Pitch, Roll, Yaw.

Fotogrametryczne zdjęcie pomiarowe (fotogram) jest odwzorowaniem perspektywicznym terenu – wykonanym w rzucie środkowym (Kaczyński R., Butowtt J., 2010). W pomiarach z niskiego pułapu wykorzystywane są na ogół kamery niometryczne zamontowane na BSL. W celu podniesienia dokładności opracowań, w przypadku tych kamer niezbędne jest przeprowadzenie ich kalibracji (Kędziński M., Fryškowska A., Wierzbicki D., 2015, Wierzbicki D., 2013). Proces ten przeprowadzany jest na ogół łącznie z aerotriangulacją przestrzenną i określany jest mianem samokalibracji lub kalibracji z dodatkowymi elementami (Sitek Z., 1991, Kurczyński Z., 2014).

W fotogrametrii i teledetekcji wyznaczenie elementów przestrzennej orientacji sensorów wykonywane jest poprzez złożenie trzech macierzy obrotów, wokół kolejnych osi (rysunek 2), co można zapisać (Kurczyński Z., 2015, Zalas., Sanecki, Klewski A., i in., 2016):

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{bmatrix} + \lambda \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\omega & \sin\omega \\ 0 & -\sin\omega & \cos\omega \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos\varphi & 0 & -\sin\varphi \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin\varphi & 0 & \cos\varphi \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos\kappa & -\sin\kappa & 0 \\ \sin\kappa & \cos\kappa & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} \quad (1)$$

gdzie:

- ω – obrót wokół osi x ,
- φ – obrót wokół osi y ,
- κ – obrót wokół osi z ,
- X, Y, Z – współrzędne w układzie wtórnym (terenowe),
- x, y, z – współrzędne w układzie pierwotnym (sensora),
- X_0, Y_0, Z_0 – wektor translacji (przesunięcia układów),
- λ – współczynnik zmiany skali (w przekształceniu izometrycznym).

Po przekształceniu równania (1), wymnożeniu macierzy obrotów i zapisaniu ich w postaci parametrycznej (dziewięć niewiadomych związanych z obrotami), przedstawieniu współrzędnych tłowych x, y, z (w układzie sensora) jako funkcji elementów orientacji wewnętrznej kamery oraz uwzględnieniu zniekształceń spowodowanych dystorsją obiektywu otrzymujemy związki (2):

$$\begin{aligned} x - x_0 &= -c_k \frac{a_{11}(X - X_0) + a_{12}(Y - Y_0) + a_{13}(Z - Z_0)}{a_{31}(X - X_0) + a_{32}(Y - Y_0) + a_{33}(Z - Z_0)} - \Delta x_r \\ y - y_0 &= -c_k \frac{a_{21}(X - X_0) + a_{22}(Y - Y_0) + a_{23}(Z - Z_0)}{a_{31}(X - X_0) + a_{32}(Y - Y_0) + a_{33}(Z - Z_0)} - \Delta y_r \end{aligned} \quad (2)$$

gdzie:

- x_0, y_0 – współrzędne środka rzutów (w układzie sensora);
- x, y – współrzędne rozpatrywanego punktu;
- a_{11}, \dots, a_{33} – współczynniki macierzy obrotów zawierające w sobie uwikłane elementy kątowej orientacji zewnętrznej;

- c_k – stała kamery;
- $\Delta x_r, \Delta y_r$ – dystorsja radialna;
- $\Delta x_t, \Delta y_t$ – dystorsja tangencjalna.

Współczynniki dystorsji radialnej i tangencjalnej wyznaczone są według różnych modeli obliczeniowych. Dystorsję teoretyczną można opisać wielomianem (Kurczyński, 2014):

$$\Delta x_r = (x - x_0) \cdot (K_1 \cdot r^2 + K_2 \cdot r^4 + K_3 \cdot r^6)$$

$$\Delta y_r = (y - y_0) \cdot (K_1 \cdot r^2 + K_2 \cdot r^4 + K_3 \cdot r^6)$$

(3)

$$\Delta x_t = P_1 \cdot (r^2 + 2 \cdot (x - x_0)^2) + 2 \cdot P_2 \cdot (x - x_0)$$

$$\Delta y_t = P_2 \cdot (r^2 + 2 \cdot (x - x_0)^2) + 2 \cdot P_1 \cdot (x - x_0)$$

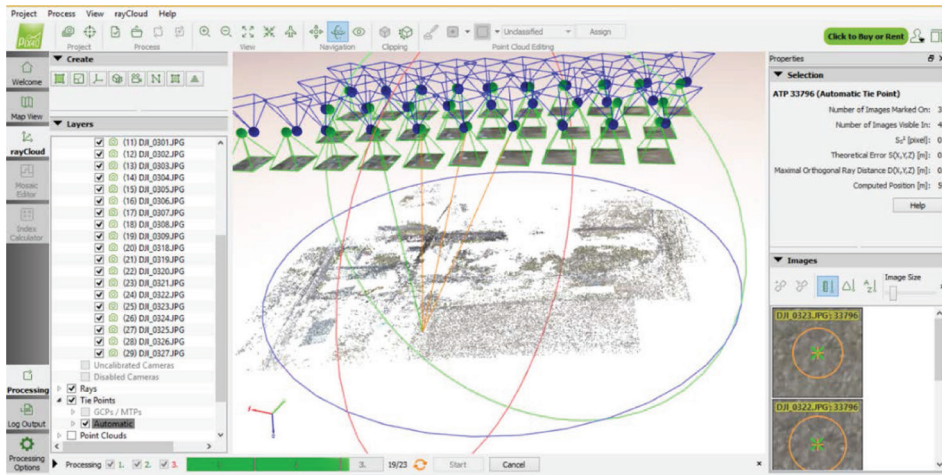
gdzie:

- K_1, K_2, K_3, \dots – współczynniki dystorsji radialnej;
- P_1, P_2, P_3, \dots – współczynniki dystorsji tangencjalnej;
- r – promień radialny wyznaczanego punktu – odległość punktu od środka rzutów.

Związki (2) są fundamentalnymi równaniami w fotogrametrii, wiążą bowiem ze sobą elementy orientacji wewnętrznej i zewnętrznej i realizują warunek kolinearności – współliniowości wektorów, wewnątrz i na zewnątrz środka rzutów, czego ideę pokazano na rysunku 3.

W praktyce każdy z punktów wyznaczany jest wielokrotnie i do obliczenia wszystkich niewiadomych stosowane jest wyrównanie łączne metodą najmniejszych kwadratów. Jednocześnie w obliczeniach można wyznaczyć poprawki do stałej kamery i do położenia punktu głównego zdjęcia lub potraktować te elementy jako niewiadome. W zależności od przyjętej lub wymuszonej konfiguracji, potrzebna jest różna liczba punktów znanych punktów w obu układach. Jednocześnie na dokładność wyznaczenia elementów orientacji kamery pomiarowej fundamentalny wpływ ma dokładność osnowy geodezyjnej w oparciu, o którą wykonywane są obliczenia (Preuss R., 2014).

Jednocześnie w terenach rolniczych brak jest dostatecznej liczby dobrze identyfikowalnych punktów terenowych, które mogłyby posłużyć również do samokalibracji kamery. Dlatego też w niniejszej publikacji zaproponowano wykorzystanie specjalnie zaprojektowanych znaków geodezyjnych oraz wyznaczenie ich położenia za pomocą odbiornika GNSS w trybie RTK.



Rysunek 3. Aerotriangulacja metodą niezależnych wiązek w oprogramowaniu Pix4D.
Figure 3. Aerotriangulation by independent rays in the software Pix4D

EKSPERYMENT BADAWCZY

Eksperyment badawczy przeprowadzono na obszarze Kalisza Pomorskiego, w tym na polu testowym dla BSL (Metynowska M., Stępień G., 2015) założonym przez Koło Naukowe studentów geodezji i kartografii „Metiri” Akademii Morskiej w Szczecinie. Naloty fotogrametryczne wykonano wykorzystując dwa systemy UAS: Sirius Pro firmy Topcon oraz Phantom 3 Professional firmy DJI. Dodatkowo płatowiec wyposażony był w system poprawek RTK do środka rzutów rejestrowanych za pomocą odbiornika GNSS.

Eksperyment polegał na wykonaniu nalołów fotogrametrycznych, przetworzeniu pomiarów za pomocą aerotriangulacji z niezależnych wiązek w różnych konfiguracjach wyznaczania środków rzutów lub fotopunktów: GNSS + RTK, GNSS + fotopunkty, GNSS bez fotopunktów i odniesieniu tych wyników do granic działek wykazanych na egib (element mapy zasadniczej). W przypadku nalotu systemem Sirius, który rejestrował środki rzutów z poprawkami RTK, nie korzystano z sygnalizowanych fotopunktów, a w przypadku systemu DJI wykorzystano specjalnie zaprojektowane znaki pomiarowe (rysunek 4).

Do przetwarzania danych obrazowych wykorzystano oprogramowanie PhotoScan firmy AgiSoft wykonując w nim pełen proces fotogrametryczny (Pruess R., 2014, Sanecki J., Klewski A., Stępień G., 2015):

- definiowanie projektu i wczytanie zdjęć;

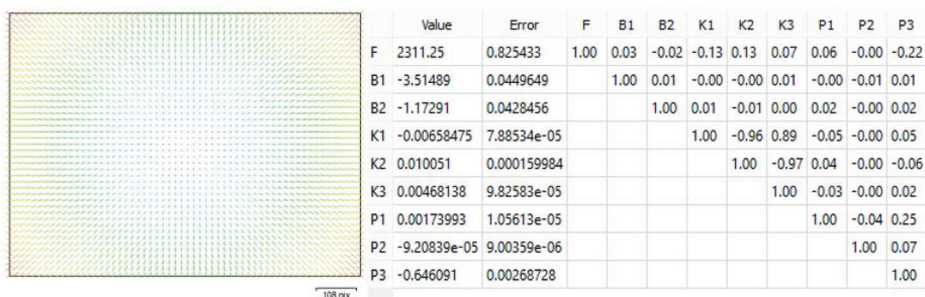
- aerotriangulacja metodą niezależnych wiązek (bazująca na metodzie dopasowania obrazów);
- pomiar fotopunktów i samokalibracja kamery;
- tworzenie i klasyfikacja gęstej chmury punktów;
- rekonstrukcja modelu szkieletowego (TIN);
- teksturowanie modelu 3D (TIN lub bezpośrednio chmury punktów);
- generowanie NMT (lub NMPT) oraz ortofotomozaiki.

W wyniku samokalibracji kamery (w systemie Phantom 3) w oparciu o punkty polowej osnowy fotogrametrycznej uzmienniono parametry orientacji wewnętrznej kamery (rysunek 5).



Rysunek 4. Punkt polowej osnowy fotogrametrycznej na fragmencie ortofotomozaiki z pikselem (GSD) 0,007 m.

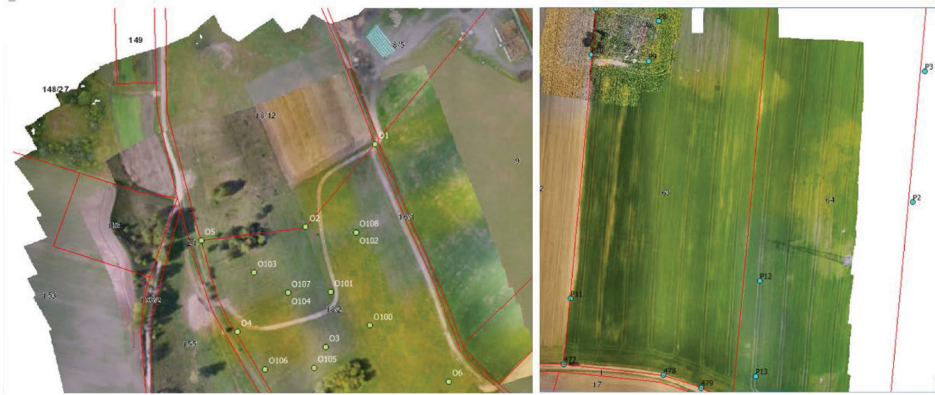
Figure 4. The signal of photogrammetry framework on the orthophotomosaic with 0,007 m spatial resolution (GSD).



Rysunek 5. Samokalibracja kamery niemetrycznej.

Figure 5. Self-calibration of non-metric camera.

W wyniku przetworzeń otrzymano ortofotomozaiki terenu, na które nałożono mapę ewidencyjną. (rysunek 6).



Rysunek 6. Dwa obszary testowe z nałożonymi wyświetlonymi ortofotomozaikami.
Figure 6. Two test sites with orthophotomosaics.

DYSKUSJA WYNIKÓW

Wyniki badań części eksperymentalnej zebrano w tabeli 1.

Systemem Sirius obrazowano z pikselem (GSD) 0,03 m a systemem Phantom 3 Professional z 0,02 m. Na polu testowym o rozpiętości około 300x300 m maksymalna deniwelacja wynosiła około 25 m. Najlepsze wyniki uzyskano przy aerotriangulacji ze znanymi środkami rzutów i z połową osnową fotogrametryczną (fotopunktami). Otrzymane dokładności na punktach kontrolnych (błąd średni) wyniósł 1,1 piksela i jest w granicach dokładności wyznaczenia osnowy fotogrametrycznej, względem której błędy były wyznaczane. Naloty oboma systemami zostały wykonane z pokryciem podłużnym 75 %, a w nalotach systemem Phantom 3 pokrycie poprzeczne zwiększono dodatkowo również do 75 %. W systemie Sirius z poprawkami RTK do środków rzutów błędy wyszły zaskakująco wysokie. Zdaniem autorów eksperyment z tym systemem należałoby powtórzyć, bowiem zachodzi przypuszczenie, że poprawki RTK nie zostały uwzględnione przy eksporcie środków rzutów do pliku tekstowego. W momencie opracowania publikacji jest to niemożliwe do weryfikacji, dlatego też ze względu na domniemanie błędu grubego należałoby powtórzyć pomiar, a w dalszej części rozważań system ten będzie traktowany jak bez poprawek RTK. Zgodnie z oczekiwaniami najmniej dokładnie wypadł system Phantom 3 Professional przy aerotriangulacji bez osnowy fotogrametrycznej, na same środki rzutów. Pomimo tego zaskakujące jest, że ten niewielki system przeznaczony

głównie do filmowania, osiągnął dokładności (błąd średni) na punktach kontrolnych 1,33 m.

Tabela 1. Zestawienie wyników przetwarzania danych na obszarach testowych.

Obszar testowy ok. 300x300 m Deniwelacja ok. 25 m	Rodzaj przetworzenia		
	Środki rzutów GNSS RTK bez fotopunktów	Środki rzutów GNSS z fotopunktami	Środki rzutów GNSS bez fotopunktów
System (UAS)	Sirius Pro	Phantom 3 Professional	Phantom 3 Professional
Rozdzielczość terenowa (GSD) [m]	0,03	0,02	0,02
Wysokość lotu [m]	121	50	50
Kamera [mm]	Panasonic Lumix GX1	DJI FC300X	DJI FC300X
Stąła kamery [mm]	14,00	3,61	3,61
Wielkość piksela [μm]	3,77 x 3,77	1,56 x 1,56	1,56 x 1,56
Liczba zdjęć w bloku	310	98	98
Liczba fotopunktów	—	7	—
Liczba punktów kontrolnych	11	6	13
m_{0xy} na fotopunktach (GCP) [piksel]	—	0,8	—
m_{0xy} na punktach kontrol- nych (ICP) [piksel]	27,0	1,1	66,7
m_{0xy} na punktach kontrol- nych (ICP) [m]	0,870	0,024	1,333
m_{0xy} na mapie zasadniczej [m]	0,943	0,098	1,152

Porównując te wyniki do badań innych autorów (Bosak K., Filipowski Ł., Maik T., 2013), ale przeprowadzanych w warunkach miejskich, należy stwierdzić, że wyniki przetworzeń z wykorzystaniem połowej osnowy fotogrametrycznej (opisane w niniejszej publikacji) są lepsze, bo w granicach dokładności pomiaru osnowy – 1,1 piksela, a w przywołanej publikacji jest to 3,3 piksela. Jedynie przetwarzanie bez osnowy jest porównywalne dla systemu Sirius (27), natomiast dla nefotogrametrycznego rozwiązania, jakim jest Phantom 3 wynik ten jest około dwukrotnie gorszy. Dokładności aerotriangulacji na punktach kontrolnych (GCP) o wartościach podpikselowych, przy wykorzystaniu kamery niemetrycznej, potwierdzają również inni autorzy (Bakuła K., Ostrowski W., 2013, Preuss R., 2014, Colomina I., Molina P., 2014), co świadczy o tym, że zasto-

sowana polowa osnowa fotogrametryczna zapewniła odpowiednią dokładność przetworzeń fotogrametrycznych.

WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych badań można wyciągnąć następujące wnioski:

1. Polowa osnowa fotogrametryczna zapewnia opracowanie danych z BSL na poziomie dokładności pomiarów GNSS RTK na punktach kontrolnych (ICP).
2. Błąd wyznaczenia punktów granicznych działek przy zastosowaniu fotopunktów jest w przybliżeniu w granicach dokładności wyznaczenia tych punktów, co jest rezultatem w pełni zadowalającym.
3. Biorąc pod uwagę wnioski wymienione w p. 1 i 2. geodezyjny pomiar kartometryczny na ortofotomapie wygenerowanej z wykorzystaniem polowej osnowy fotogrametrycznej przewyższa dokładnością punkty poziomej osnowy 3 klasy.
4. Opracowania fotogrametryczne na terenach rolniczych z wykorzystaniem osnowy fotogrametrycznej mogą być dobrym materiałem pomiarowym i informacyjnym w procesie budowy Zintegrowanego Systemu Informacji o Nieruchomościach.
5. W celu osiągnięcia wysokich dokładności, przy obrazowaniu kamerą niometryczną, należy wykonać aerotriangulację z parametrami dodatkowymi (samokalibracja) do czego niezbędna jest dokładnie wyznaczona osnowa fotogrametryczna.
6. Opracowania fotogrametryczne (aerotriangulacja) z wykorzystaniem tylko współrzędnych środków rzutów, nie spełniła wymagań dokładnościowych. Pomiarzy w trybie RTK należałoby powtórzyć, a przedstawione w niniejszej publikacji wyniki nie uprawniają do wyciągania jednoznacznych wniosków.
7. Przy nalotach fotogrametrycznych BSL z kamerą niometryczną wskazane jest aby pokrycie podłużne i poprzeczne były co najmniej 70%.
8. Zaprojektowana i wykorzystana w badaniach polowa osnowa fotogrametryczna sprawdziła się.

LITERATURA

Bosak K., Filipowski Ł., Maik T. (2013). Dron w praktyce geodezyjnej. Warszawa. Magazyn geoinformacyjny GEODETA.

Bakuła K., Ostrowski W. (2012). *Zastosowanie cyfrowej kamery niemetrycznej w fotogrametrii lotniczej na wybranych przykładach*. Warszawa. Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji Vol. 24, 2012, s. 11 – 20.

Colomina I., Molina P. (2014) *Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: A review*. ELSEVIER. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing

Fraser C. (2015). *Advances in Close-Range Photogrammetry*. Belin & Offenbach. Wichmann/VDE Verlag.

Fedorowski W (1974). *Ewidencja gruntów*. Warszawa. Wydawnictwo PPWK.

Kaczyński R., Butowtt J.(2010). *Fotogrametria*. Warszawa. Wydawnictwo WAT.

Kędzierski M., Fryśkowska A., Wierzbicki D. (2015). *Opracowania fotogrametryczne z niskiego pułapu*. Warszawa, Wydawnictwo WAT.

Kurczyński Z. (2014). *Fotogrametria*. Warszawa. Wydawnictwo PWN.

Kurczyński Z. (2015). *Ocena możliwości wykorzystania współczesnej fotogrametrii w pracach z zakresu ewidencji gruntów i budynków*. Warszawa. Seminarium szkoleniowe dla przedstawicieli Służby Geodezyjnej i Kartograficznej Prezentacja doświadczeń projektu – Faza I

Lewandowski P., Gołuch P., Józków G., Borsuk E., Dymarska N., Podhorecki D., Siekanko B., Rohm W. (2015). *Ocena dokładności geodezyjnych pomiarów fotogrametrycznych w obszarze zurbanizowanym z wykorzystaniem bezzalagowych systemów latających (BSL)*. Warszawa. Magazyn Geoinformacyjny GEODETA.

Metynowska M., Stępień G. (2015). *Poligon testowy dla dronów*. Szczecin. Akademickie Aktualności Morskie nr 4 (88).

Preuss R. (2014). *Automatyzacja procesu przetwarzania danych obrazowych*. Dostępne pod adresem: <http://www.imageit.pl/doc/Automatyzacja%20R.Preuss.pdf> (na dzień 1.04.2016 r.).

Sanecki J., Konieczny J., Klewski A., Stępień G., Wołęjsza P., Konieczny K., Beczkowski K. *Kontrola upraw rolnych z wykorzystaniem Bezzalagowych Systemów Latających (UAS)*. (2014). Zeszyty Naukowe Polskiej Akademii Nauk, Infrastruktura i ekologia terenów wiejskich, ISSN 1732-5587, Nr II/3/2014 str. 891-902.

Sanecki J., Klewski A., Stępień G., Beczkowski K., Jasińska M. (2015). *Technological aspects of orthophotomap generation in rapid mapping mode*. Szczecin. Scientical Journals Maritime University of Szczecin, 41 (113), s. 48–51.

Sanecki J., Stępień G., Konieczny J., Niebylski J., Klewski A. (2016). *Teledetekcja. Wykorzystanie zdalnej informacji*. Szczecin. Wydawnictwo Naukowe Akademii Morskiej.

Sitek Z. (1991). *Fotogrametria ogólna i inżynierska*. Warszawa-Wrocław. Wydawnictwo PPWK.

Wierzbicki D. (2013). *Aspekty aerotriangulacji zdjęć cyfrowych pozyskanych kamerą niemetryczną zamontowaną na pokładzie bezzałogowego statku latającego*. Warszawa. Biuletyn WAT Vol. LXII, Nr 4.

Zalas E., Sanecki J., Klewski A., Stępień G. (2016). *Determining the spatial orientation of remote sensing sensors on the basis of incomplete coordinate systems*. Szczecin. Scientific Journals of the Maritime University of Szczecin 45 (117), p. 29–33.

Rozporządzenie 1 – Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 9 listopada 2011 r. w sprawie standardów technicznych wykonywania geodezyjnych pomiarów sytuacyjnych i wysokościowych oraz opracowania i przekazania wyników tych pomiarów do państwowego zasobu geodezyjnego i kartograficznego. Dz. U. 2011 nr 263 poz. 1572.

Rozporządzenie 2 – Rozporządzenie Ministra Administracji i Cyfryzacji z dnia 29. Listopada 2013 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie ewidencji gruntów i budynków. Dz. U. z 2013 r., poz. 1551.

[www. geoportal.gov.pl](http://www.geoportal.gov.pl) – dostęp na dzień 1.04.2016 r.

<http://www.gugik.gov.pl/geodezja-i-kartografia/projekty/zsin-faza-i> – dostęp na dzień 1.04.2016 r.

Podziękowania

Autorzy składają podziękowania rolnikom Państwu Sylwii i Piotrowi Wiśniewskim z Kalisza Pomorskiego, za udostępnienie działek rolnych do prowadzenia badań.

dr inż. Grzegorz Stępień
prof. dr hab. inż. Józef Sanecki
dr hab. inż. Andrzej Klewski, prof. AM
mgr inż. Krzysztof Beczkowski

Akademia Morska w Szczecinie, ul. Wały Chrobrego 1-2, 70-500 Szczecin
ig@am.szczecin.pl tel. 91 4877177

Wpłynęło: 11.04.2016

Akceptowano do druku: 7.06.2016