

**ANALIZA DOKŁADNOŚCI PODSTAWOWYCH PRODUKTÓW
FOTOGRAMETRYCZNYCH UZYSKANYCH Z ZOBRAZOWAŃ
POZYSKANYCH TRZYLINIJKOWĄ CYFROWĄ LOTNICZĄ
KAMERĄ ADS40**

**ANALYSIS OF THE ACCURACY OF THE PHOTOGRAMMETRIC
PRODUCTS OBTAINED FROM THREE-LINE DIGITAL AERIAL CAMERA
ADS40 IMAGES**

Bartłomiej Kraszewski

Zakład Fotogrametrii, Instytut Geodezji i Kartografii

SŁOWA KLUCZOWE: fotogrametria, ADS40, NMT, ortoobrazy, analiza dokładności

STRESZCZENIE: W artykule zaprezentowano wyniki analizy dokładności numerycznych modeli terenu oraz ortoobrazów wygenerowanych na podstawie zobrażeń ADS40. Przeprowadzono analizę dokładności produktów fotogrametrycznych w funkcji metody orientacji zobrażeń wykorzystanych do ich generowania. Badania wykonano w Zakładzie Fotogrametrii Instytutu Geodezji i Kartografii w ramach projektu badawczo-rozwojowego finansowanego ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego w latach 2007-2009. W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że przy wykorzystaniu do generowania NMT zobrażeń zorientowanych na podstawie wyrównania z fotopunktami można uzyskać dla terenów równinnych produkt o dokładności $m_z=0.12$ m. Ortoobrazy o dokładności 1 piksela obrazu źródłowego uzyskuje się przy zastosowaniu do ortorektyfikacji zobrażeń nadirowych zorientowanych na podstawie wyrównania bez fotopunktów lub zobrażeń zorientowanych na podstawie wyrównania z fotopunktami. W przypadku ortoobrazów wygenerowanych na podstawie zobrażeń wyrównanych blokowo z fotopunktami uzyskuje się jednakową dokładność niezależnie od kąta obrazującego kamery.

1. WPROWADZENIE

Wykorzystanie zobrażeń pozyskanych wielkoformatowymi lotniczymi kamerami cyfrowymi do generowania podstawowych produktów fotogrametrycznych dużych obszarów, wiąże się z opracowaniem setek, a nawet tysięcy pojedynczych obrazów. Wprowadzenie na rynek linijkowych cyfrowych kamer lotniczych wykorzystujących

technologię skanerową *pushbroom* oraz pomiar elementów orientacji zewnętrznej poszczególnych linijek za pomocą systemu GPS/IMU, wpłynęło znacząco na zmniejszenie liczby zobrazowań oraz fotopunktów potrzebnych do fotogrametrycznego opracowania wielkoobszarowych bloków obrazowych. Dodatkowo wprowadzenie różnych kątów obrazujących dla poszczególnych linijek, daje możliwość własnej konfiguracji obrazów biorących udział w procesie wyrównania, jak i w procesie generowania numerycznych modeli terenu oraz ortoobrazów (Boczar *et al.*, 2006).

Wobec aktualności na rynku polskim oraz zagranicznym zagadnień związanych z zastosowaniem zobrazowań z trzylinijkowej cyfrowej kamery lotniczej ADS40, w Instytucie Geodezji i Kartografii podjęto badania nad wykorzystaniem lotniczych danych obrazowych typu skanerowego do generowania podstawowych produktów fotogrametrycznych. Podstawą tych badań było zrealizowanie projektu badawczo-rozwojowego „Metodyka opracowania produktów fotogrametrycznych z trzylinijkowej lotniczej kamery cyfrowej” obejmującego swym zakresem możliwość implementacji danych ADS40 do tworzenia podstawowych produktów fotogrametrycznych. Tematyka powyższego artykułu obejmuje wyniki analizy dokładności numerycznych modeli terenu oraz ortoobrazów uzyskanych w ramach realizacji projektu. Dokonano analizy wpływu metody orientacji źródłowych danych obrazowych na dokładność produktów fotogrametrycznych wygenerowanych na ich podstawie. Dodatkowo przeanalizowano możliwość wykorzystania w procesie autokorelacyjnego pomiaru zbioru punktów wysokościowych zobrazowań pozyskanych dla różnych kanałów spektralnych (Ewiak *et al.*, 2008)

2. DANE REFERENCYJNE

Do badań wykorzystano blok zobrazowań z trzylinijkowej cyfrowej kamery ADS40 składający się z trzech szeregów. Każdy szereg zawierał zobrazowania wykonane:

- w kanale panchromatycznym dla wychylenia wiązki obrazującej o 28° w przód (PanF) i 14° w tył od nadiru (PanB);
- w kanale czerwonym (RedN) i zielonym (GrnN) w nadirze.

Zobrazowania wykonane zostały z wysokości 2000 m z rozdzielczością terenową 0.20 m.

Z powodu braku nadirowych zobrazowań panchromatycznych, do autokorelacyjnych pomiarów punktów wysokościowych wykorzystano zobrazowania kanału czerwonego oraz zielonego.

Kontrolę dokładności wygenerowanych NMT przeprowadzono wzdłuż profilu kontrolnego składającego się ze 171 punktów pomierzonych techniką GPS na odcinku 620 m. Ocena dokładności ograniczona została do fragmentu opracowania zawartego w pasie wzajemnego pokrycia między szeregami: pierwszym i drugim z powodu braku możliwości pomiaru profilu w pasie wspólnego pokrycia trzech szeregów.

Dane referencyjne niezbędne do oceny dokładności wygenerowanych ortoobrazów stanowiły fotopunkty kontrolne pomierzone w terenie techniką GPS. Fotopunkty kontro-

lne stanowiły szczegóły terenowe, których dokładność pomiaru i identyfikacji na zobrazeniach wynosiła 0.5 piksela obrazu źródłowego.

3. NUMERYCZNY MODEL TERENU

Celem badań była ocena dokładności numerycznych modeli terenu wygenerowanych z zastosowaniem autokorelacyjnego pomiaru danych obrazowych ADS40.

Analizę numerycznych modeli terenu przeprowadzono na podstawie:

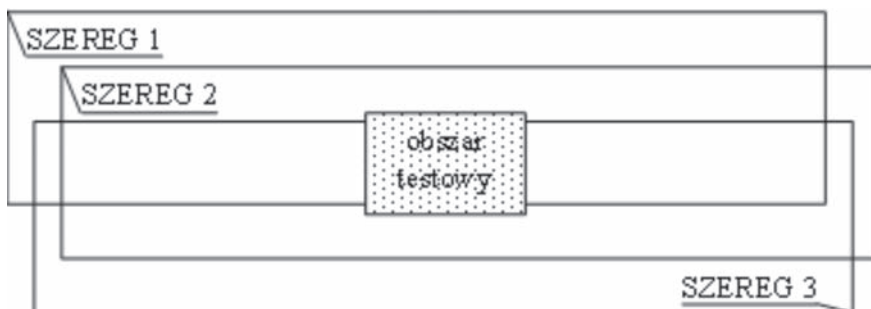
- sposobu orientacji zobrażeń ADS40;
- zakresu spektralnego wykorzystanych zobrażeń;
- kąta obrazującego kamery.

Do wygenerowania NMT wykorzystano zobrażenia panchromatyczne pozyskane w kierunku „w przód” i „wstecz” oraz zobrażenia nadirowe kanału czerwonego i zielonego.

Numeryczne modele terenu wygenerowano z:

- zobrażeń panchromatycznych i kanału czerwonego wyrównanych blokowo bez fotopunktów (dane GPS/IMU i punkty wiążące);
- zobrażeń panchromatycznych i kanału czerwonego wyrównanych blokowo z fotopunktami;
- zobrażeń panchromatycznych i kanału zielonego wyrównanych blokowo z fotopunktami;
- zobrażeń panchromatycznych wyrównanych blokowo z fotopunktami.

Wygenerowanie zbioru punktów wysokościowych z wykorzystaniem techniki korelacji obrazów z trzylinijkowej cyfrowej kamery lotniczej ADS40 przeprowadzono w środowisku oprogramowania ImageStation Automatic Elevation (ISAE) firmy Intergraph. Numeryczne modele terenu wygenerowano na podstawie pojedynczych par stereoskopowych w siatce o boku równym 5 m. Rysunek 1 przedstawia położenie obszaru testowego w bloku zobrażeń.



Rys. 1. Położenie obszaru testowego, w którym generowano numeryczne modele terenu w bloku zobrażeń ADS40.

3.1. Analiza wyników NMT

Miarą oceny dokładności NMT były wartości błędów średnich (RMSE) obliczone na podstawie różnic między wysokością punktu kontrolnego profilu terenowego, a wysokością wyinterpolowaną z wynikowego numerycznego modelu terenu.

W tabeli 1 zestawiono dokładności NMT wzdłuż profilu terenowego dla dwóch użytych w badaniu sposobów wyrównania bloku składającego się z obrazów panchromatycznych pozyskanych w kierunku „w przód” (PanF) i „wstecz” (PanB) oraz obrazów nadiowych kanału czerwonego (RedN). Zastosowanie w procesie autokorelacyjnego pomiaru zbioru punktów wysokościowych zobrazowań wyrównanych blokowo bez fotopunktów skutkuje uzyskaniem najdokładniejszego produktu dla sekwencji obrazowej o najmniejszym stosunku bazowym dla dwóch rozpatrywanych szeregów. Najwyższe dokładności w przypadku zastosowania obrazów zorientowanych na podstawie wyrównania blokowego z fotopunktami uzyskano dla par zobrazowań o stosunku bazowym równym 0.53. Dla obu badanych bloków widoczny jest spadek dokładności wygenerowanych numerycznych modeli terenu w zależności od położenia obszaru testowego względem środka szeregu. Dokładność numerycznego modelu terenu wygenerowanego na podstawie zobrazowań szeregu pierwszego dla obszaru testowego położonego na jego skraju jest mniejsza niż w przypadku zobrazowań szeregu drugiego, na którym obszar testowy położony jest w centralnej części szeregu. Jedynie dla NMT wygenerowanego z sekwencji zobrazowań RedN_PanF zorientowanych na podstawie wyrównania z fotopunktami wartości błędów średnich NMT nie są zależne od położenia obszaru testowego

Tab. 1. Charakterystyka dokładności NMT wygenerowanego za pomocą narzędzi dostępnych w oprogramowaniu ISAE z wykorzystaniem sekwencji zobrazowań PanB_RedN_PanF poddanych wyrównaniu z wykorzystaniem tylko danych GPS/IMU i punktów wiążących oraz wyrównaniu w którym dodatkowo wykorzystano fotopunkty.

Numer szeregu	Liczba zobrazowań	Sekwencje zobrazowań	Stosunek B/H	Błąd średni wysokości punktów NMT [m]	
				Wyrównanie bez fotopunktów	Wyrównanie z fotopunktami
1	2	PanB_PanF	0.78	0.37	0.16
1	2	PanB_RedN	0.25	0.13	0.51
1	2	RedN_PanF	0.53	0.49	0.12
2	2	PanB_PanF	0.78	0.32	0.13
2	2	PanB_RedN	0.25	0.09	0.30
2	2	RedN_PanF	0.53	0.45	0.12

w szeregu. Przy wykorzystaniu sekwencji obrazów panchromatycznych wyrównanych z fotopunktami uzyskujemy dokładności porównywalne z sekwencjami o stosunku bazowym 0.53.

W tabeli 2 zestawiono wyniki analizy dokładności NMT wygenerowanych na podstawie wyrównanego z zastosowaniem fotopunktów:

- bloku zobrazowań panchromatycznych i kanału czerwonego (RED);
- bloku zobrazowań panchromatycznych i kanału zielonego (GRN);
- bloku zobrazowań panchromatycznych (PAN).

Tab. 2. Charakterystyka dokładności NMT wygenerowanego za pomocą narzędzi dostępnych w oprogramowaniu ISAE na podstawie bloku zobrazowań wyrównanych z fotopunktami.

Numer szeregu	Liczba zobrazowań	Sekwencje zobrazowań	Stosunek B/H	Błąd średni wysokości punktów NMT [m]		
				RED	GRN	PAN
1	2	B_F	0.78	0.16	0.17	0.19
1	2	B_N	0.25	0.51	0.77	-
1	2	N_F	0.53	0.12	0.12	-
2	2	B_F	0.78	0.13	0.12	0.14
2	2	B_N	0.25	0.30	0.31	-
2	2	N_F	0.53	0.12	0.23	-

Na podstawie analizy wyników zamieszczonych w tabeli 2 należy stwierdzić, że nastąpiła zmiana dokładności NMT wygenerowanych na podstawie niemal wszystkich analizowanych sekwencji obrazowych. Porównując wszystkie otrzymane wyniki można stwierdzić, że dla uzyskania optymalnych dokładności NMT spośród wszystkich sekwencji obrazowych należy wykorzystać w procesie tworzenia siatki punktów wysokościowych blok zobrazowań panchromatycznych w połączeniu z kanałem czerwonym. W przypadku generowania NMT dla par zobrazowań panchromatycznych (B_F) wyższe dokładności uzyskano dla sekwencji pochodzących z bloków zobrazowań pozyskanych dla wszystkich kątów obrazujących kamery (RED, GRN).

3.2. Wytyczne dla generowania NMT

W toku badań przeprowadzono porównanie dokładności siatki punktów wysokościowych wygenerowanej z zobrazowań wyrównanych blokowo bez fotopunktów, z dokładnościami NMT wygenerowanego na podstawie zobrazowań wyrównanych z fo-

topunktami. Jak wynika z danych w tabeli 1, najwyższą dokładność NMT, $m_z=0.09$ m, uzyskano dla przypadku sekwencji zobrazowań PanB_RedN, zorientowanych na podstawie wyrównania bez fotopunktów. Jednakże takiego wyniku nie można uznać za pewny, gdyż NMT wygenerowano z zobrazowań o najmniejszym kącie wcinającym. W praktyce najdokładniejszy i najbardziej wiarygodny rezultat autokorelacyjnego pomiaru punktów wysokościowych otrzymuje się z wykorzystaniem zobrazowań o największym stosunku bazowym. Należy podkreślić również, że numerycznych modeli terenu wygenerowanych z zobrazowań poddanych jedynie wyrównaniu blokowemu bez fotopunktów nie można uznać za wiarygodne, gdyż obciążone są błędami systematycznymi systemu GPS/IMU.

Zastosowanie w aerotriangulacji fotopunktów pozwala na wyeliminowanie błędów systematycznych numerycznych modeli terenu w porównaniu z modelami wygenerowanymi na podstawie zobrazowań bloku wyrównanego bez fotopunktów. Numeryczny model terenu, o dokładności $m_z=0.12$ m, wygenerowany metodą autokorelacyjnego pomiaru punktów wysokościowych z zobrazowań ADS40 zorientowanych na podstawie wyrównania z fotopunktami uzyskano dla pojedynczej stereopary „nadir – do przodu” o stosunku bazowym nie mniejszym niż 0.5.

NMT należy generować z zobrazowań pozyskanych dla wszystkich możliwych kątów obrazujących kamery i poddanych wyrównaniu blokowemu z zastosowaniem fotopunktów.

W przypadku braku zobrazowań pozyskanych w kanale panchromatycznym, należy wykorzystać obrazy w kanale czerwonym, które generują wyższą dokładność NMT niż obrazy w kanale zielonym.

W wyniku badań stwierdzono, że NMT powinny być generowane z zobrazowań centralnej części szeregu.

4. ORTOOBRAZY

Kolejnym produktem fotogrametrycznym opracowanym na podstawie zobrazowań pozyskanych z kamery cyfrowej ADS40 są ortobrazy. Do badania wykorzystano trzy rodzaje ortobrazów, w zależności od poziomu ich opracowania:

- ortobrazy wygenerowane na podstawie obrazów źródłowych poddanych orientacji pojedynczych linijek w oprogramowaniu GPro;
- ortobrazy wygenerowane na podstawie obrazów źródłowych poddanych wyrównaniu blokowemu bez fotopunktów;
- ortobrazy wygenerowane na podstawie obrazów źródłowych poddanych wyrównaniu blokowemu z fotopunktami.

W procesie ortorektifikacji wykorzystano numeryczny model terenu wygenerowany dla sekwencji obrazowej PanB_PanF z szeregu drugiego o dokładności $m_z=0.12$ m.

Ortobrazy wygenerowano w oprogramowaniu GPro z pikselem 0.25 m z wykorzystaniem bilinearnej metody resamplingu.

Miarą oceny dokładności ortobrazów były błędy średnie obliczone na podstawie różnic współrzędnych terenowych fotopunktów kontrolnych oraz współrzędnych pozyskanych z pomiarów na ortobrazach.

Producent kamery ADS40 zapewnia o możliwości aktualizacji map w skali 1:2000 przy wykorzystaniu zobrazowań o pikselu terenowym 0.20 m (rozdzielczość terenowa obrazowań użytych w badaniu). Do aktualizacji mapy w takiej skali potrzebne są zatem ortobrazy, dla których błąd średni położenia szczegółów sytuacyjnych nie przekracza 0.4 m.

4.1. Analiza wyników ortorektyfikacji

Wykorzystując zobrazowania, dla których wykonano orientację pojedynczych linijek w oprogramowaniu GPro można wygenerować ortobrazy o dokładności na poziomie $m_{xy}=0.16$ m. Dla ortobrazów generowanych na podstawie obrazów źródłowych pozyskiwanych przy wychyleniu wiązki obrazującej o 28° w przód (PanF) uzyskano ortobrazy o dokładności najniższej wynoszącej $m_{xy}=0.59$ m. Z wyników zamieszczonych w tabeli 3 możemy stwierdzić, że na dokładność ortobrazów wpływają głównie błędy systematyczne systemu GPS/IMU, ponieważ przy tym samym kącie obrazującym kamery (nadir) występują duże rozbieżności w wynikach. Ze względu na owe rozbieżności, tego rodzaju ortobrazów nie można użyć do aktualizacji map w skali 1:2000.

Tab. 3. Charakterystyka dokładności ortobrazów po orientacji pojedynczych linijek obrazów źródłowych w oprogramowaniu GPro (RgbN oznacza ortofotomapę wygenerowaną z zobrazowań nadirowych pozyskanych w kanałach czerwonym, zielonym i niebieskim).

Numer szeregu	Zobrazowanie	Błąd średni położenia szczegółów sytuacyjnych na ortobrazie [m]	Błąd średni położenia szczegółów sytuacyjnych na ortobrazie [piksel]
1	RgbN	0.47	2.4
2	RgbN	0.34	1.7
2	PanF	0.59	3.0
3	RgbN	0.16	0.8

W kolejnym etapie badań do ortorektyfikacji użyte zostały zobrazowania wyrównane blokowo z zastosowaniem danych systemu GPS/IMU oraz punktów wiążących. W tabeli 4 zestawiono dokładności położenia szczegółów sytuacyjnych na ortobrazach. Stwierdzono, że na podstawie zobrazowań nadirowych można wygenerować ortobraz z dokładnością większą niż zakładany dopuszczalny błąd średni dla skali 1:2000 wynoszący $m_{xy}=0.40$ m. Wykorzystując do ortorektyfikacji zobrazowania panchromatyczne wychylone „do przodu” (PanF) uzyskuje się ortobrazy o dokładności nieznacznie przekraczającej wartość błędu dopuszczalnego.

W tabeli 5 zestawiono wartości błędów średnich położenia szczegółów sytuacyjnych na ortobrazach, które wygenerowano na podstawie danych ADS40 poddanych wy-

Tab. 4. Charakterystyka dokładności ortobrazów wygenerowanych na podstawie obrazów źródłowych poddanych wyrównaniu blokowemu bez fotopunktów.

Numer szeregu	Zobrazowanie	Błąd średni położenia szczegółów sytuacyjnych na ortobrazie [m]	Błąd średni położenia szczegółów sytuacyjnych na ortobrazie [piksel]
1	RgbN	0.31	1.6
2	RgbN	0.25	1.2
2	PanF	0.41	2.0
3	RgbN	0.26	1.3

Tab. 5. Charakterystyka dokładności ortobrazów wygenerowanych na podstawie obrazów źródłowych poddanych wyrównaniu blokowemu z fotopunktami.

Numer szeregu	Zobrazowanie	Błąd średni położenia szczegółów sytuacyjnych na ortobrazie [m]	Błąd średni położenia szczegółów sytuacyjnych na ortobrazie [piksel]
1	PanB	0.23	1.2
1	RgbN	0.21	1.0
1	PanF	0.19	1.0
2	PanB	0.18	0.9
2	RgbN	0.18	0.9
2	PanF	0.16	0.8
3	PanB	0.18	0.9
3	RgbN	0.21	1.0
3	PanF	0.22	1.1

równaniu z zastosowaniem fotopunktów w oprogramowaniu ORIMA. Analizując wyniki zamieszczone w tabeli 5 należy stwierdzić, że wszystkie wygenerowane ortobrazy spełniają kryterium dokładności mapy w skali 1:2000 (tj. średnie błędy położenia są mniejsze niż 0.40 m) i można je wykorzystać do jej aktualizacji. Uzyskanie takich dokładności dla wszystkich kątów obrazujących trzylinijkowej cyfrowej kamery lotniczej ADS40 pozwalała na zwiększenie zakresu obserwacji obiektów przy jednoczesnym zachowaniu jednakowej dokładności dla wszystkich obserwacji.

4.2. Wytyczne dla generowania ortoobrazów

W dwóch pierwszych rozpatrywanych przypadkach dokładność ortoobrazów spada wraz ze wzrostem wychylenia wiązki obrazującej kamery. Dla zobrazowań poddanych procesowi wyrównania z wykorzystaniem fotopunktów (trzeci rozpatrywany przypadek) dokładność położenia szczegółów sytuacyjnych na ortoobrazach jest jednakowa dla różnych kątów obrazujących.

Na podstawie uzyskanych wyników możemy stwierdzić, że wykorzystując numeryczny model terenu wygenerowany z zobrazowań kamery ADS40 metodą korelacji obrazów oraz zobrazowania nadirowe pozyskane trzylinijkową cyfrową kamerą lotniczą ADS40 poddane wyrównaniu blokowemu z zastosowaniem GPS/IMU i punktów wiążących, możliwe jest uzyskanie produktu fotogrametrycznego (ortoobrazu) o dokładności pozwalającej na aktualizację map w skali 1:2000. Zobrazowania poddane procesowi aerotriangulacji z wykorzystaniem fotopunktów, należy wykorzystać do generowania ortoobrazów dla wszystkich kątów obrazujących kamery. Takie podejście pozwala na wygenerowanie ortoobrazu o dokładności na poziomie 1 piksela obrazu źródłowego niezależnie od kąta wychylenia od nadiru wiązki obrazującej kamery ADS40.

5. WNIOSKI

Do wyrównania bloku obrazów ADS40 należy wykorzystać zobrazowania pozyskane dla wszystkich kątów obrazujących kamery. W przypadku braku zobrazowań panchromatycznych dla danego kąta obrazującego należy wykorzystać zobrazowanie pozyskane w kanale czerwonym.

Do generowania NMT należy wykorzystywać obrazy źródłowe poddane wyrównaniu blokowemu z zastosowaniem danych systemu GPS/IMU oraz fotopunktów.

Automatyczny pomiar siatki punktów wysokościowych NMT należy realizować z wykorzystaniem zobrazowań panchromatycznych lub zobrazowań pozyskanych w kanale czerwonym.

Wykorzystując algorytmy korelacji obrazów cyfrowych i dane ADS40 możliwe jest uzyskanie NMT o dokładności $m_z=0.12$ m w terenie równinnym. Do uzyskania NMT najwyższej możliwej dokładności, należy użyć pojedynczą parę zobrazowań ADS40 o stosunku B/H większym od 0.5.

Dokładności NMT uzyskane z wykorzystaniem automatycznej korelacji obrazów ADS40 można porównać z dokładnościami uzyskiwanymi przy zastosowaniu lotniczego skaningu laserowego.

Zobrazowania ADS40 pozwalają na wygenerowanie ortofotomapy o dokładności jednego piksela obrazu źródłowego dla wszystkich kątów obrazujących kamery (w przypadku wygenerowania ortoobrazów na podstawie zobrazowań wyrównanych z wykorzystaniem fotopunktów).

Zobrazowania z lotniczej kamery cyfrowej ADS40 są doskonałym materiałem źródłowym do generowania ortofotomap w skali map zasadniczych.

6. LITERATURA

Boczar S., Dąbrowski R., Fedorowicz-Jackowski W., Zych J., 2006. Kamera cyfrowa Leica ADS40, skaner laserowy Leica ALS50 – doświadczenia produkcyjne. *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*, Vol. 16, s. 41-51.

Ewiak I., Karwel A.K., Kraszewski B., 2008. Aspekty dokładności generowania NMT na podstawie obrazów z cyfrowej kamery ADS40. *Archiwum Fotogrametrii i Teledetekcji*, Vol. 18, s. 111-120.

ANALYSIS OF THE ACCURACY OF THE PHOTOGRAMMETRIC PRODUCTS OBTAINED FROM THREE-LINE DIGITAL AERIAL CAMERA ADS40 IMAGES

KEY WORDS: digital photogrammetry, ADS40, DEM, ortho, accuracy analysis

SUMMARY: The results of the accuracy analysis of digital terrain models and orthoimages generated from ADS40 images are presented. The analysis is concerned with photogrammetric products obtained from raw and oriented ADS40 image data. It was confirmed that the accuracy of digital terrain models generated on the basis of ADS40 oriented images is about 0.12 m for flat areas. It was found, that the accuracy of orthoimages generated from the nadir ADS40 images with pixel size 0.25 m is at the level of one pixel. Similar results can be obtained from off-nadir viewing of ADS40 images.

mgr inż. Bartłomiej Kraszewski
bartlomiej.kraszewski@igik.edu.pl
telefon: +48 22 3291987