

## OCENA DOKŁADNOŚCI AEROTRIANGULACJI ZOBRAZOWAŃ ADS40

### ESTIMATION OF THE ACCURACY OF THE TRIANGULATION OF ADS40 IMAGERY

Artur Karol Karwel

Zakład Fotogrametrii, Instytut Geodezji i Kartografii w Warszawie

SŁOWA KLUCZOWE: zobrazowania ADS40, fotogrametria lotnicza, aerotriangulacja, analiza dokładności

STRESZCZENIE: W odróżnieniu od lotniczych kamer kadrowych kamera ADS40 wyposażona jest w trzylinijkowy skaner, dlatego aerotriangulacja obrazów pozyskanych tą kamerą musi przebiegać w oparciu o inne działania metodyczne, niż te, które stosuje się w przypadku aerotriangulacji obrazów kadrowych. Badania przeprowadzono w oparciu o blok zdjęć składający się z trzech pasów zobrazowań pozyskanych z wysokości 2000 m, z rozdzielczością geometryczną 20 cm. Proces aerotriangulacji wykonany został przy pomocy oprogramowania ORIMA (Leica Geosystems), które posiada specjalny moduł wyrównawczy przeznaczony dla zobrazowań ADS40. Analizę dokładności przeprowadzono na bloku zdjęć wykonanych w różnych kanałach spektralnych (panchromatyczny, czerwony, zielony). W badaniach została wykorzystana różna liczba fotopunktów. Ocena dokładności orientacji poszczególnych bloków bazowała na parametrach statystycznych, które uzyskano z analizy macierzy kowariancyjnej układu niewiadomych i poprawek do współrzędnych fotopunktów, punktów wiążących oraz punktów kontrolnych. Pomiar punktów kontrolnych wykonano manualnie na stacji fotogrametrycznej firmy Intergraph, w oparciu o moduł ISSD (Image Station Stereo Display).

## 1. WPROWADZENIE

Kamera ADS40 jest jak do tej pory jedną z nielicznych lotniczych kamer cyfrowych wykorzystującą w swoich pomiarach koncepcję liniowego skanera elektro-optycznego typu *pushbroom* pochodzącą z systemów satelitarnych (Ikonos, WorldView-2). Pierwszymi kamerami, w których zastosowano liniowy skaner CCD były między innymi: Wide Angle Airborne Camera WAAC, High Resolution Stereo Camera HRSC, Digital Photogrammetric Assembly DPA. Kamera ADS40 po raz pierwszy zaprezentowana została na

Międzynarodowym Kongresie Fotogrametrycznym w Amsterdamie w 2000 r. i stała się pierwszą komercyjną kamerą wykorzystującą liniowy skaner CCD. Kamera ta powstała przy współpracy firmy LH Systems oraz DLR (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt). W literaturze można znaleźć obszerne, głównie zagraniczne publikacje (Hinsken *et al.*, 2002; Kocaman *et al.*, 2008; Tempelmann *et al.*, 2003) dotyczące metodyki aerotriangulacji bloków obrazowań kamery ADS40. Szeroki zakres informacji na temat oceny dokładności aerotriangulacji obrazowań ADS40 zamieścił w swojej publikacji Kocaman *et al.* (2006). Wartości błędów średnich bloku testowego wyznaczonych na podstawie poprawek do współrzędnych punktów kontrolnych, jakie uzyskali dla piksela terenowego 20 cm wyniosły w płaszczyźnie  $m_{XY}=0.05$  m, a wysokościowo  $m_Y=0.06$  m, co odpowiada 0.25 i 0.30 piksela obrazu źródłowego. Należy podkreślić, że test był przeprowadzony na obszarze obejmującym głównie teren zurbanizowany na podstawie sygnalizowanej osnowy fotogrametrycznej. W Polsce jak dotąd przeprowadzone badania (Boczar *et al.*, 2006) nie dały szerszego poglądu na temat metodyki orientacji lotniczych obrazów skanerowych, a także nie podjęto próby analizy dokładności ich aerotriangulacji. Problem orientacji obrazowań ADS40 stał się jednym z zadań badawczych Zakładu Fotogrametrii Instytutu Geodezji i Kartografii realizowanych w ramach projektów finansowanych przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego w latach 2007-2009.

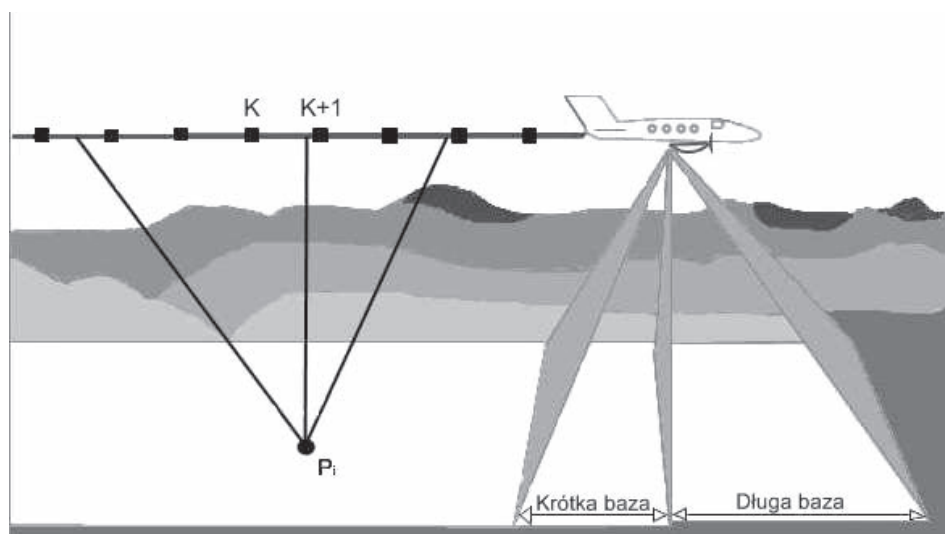
## 2. CHARAKTERYSTYKA SYSTEMU POZYSKIWANIA DANYCH ADS40

### 2.1. Parametry techniczne kamery ADS40

Kamera ADS40 typu SH52 składa się z 12 linijek CCD, z których każda zawiera 12 000 detektorów o wielkości 6.5  $\mu\text{m}$ . Kamera pozyskuje obrazowania w kanale panchromatycznym (trzy linijki w kierunkach: do przodu - 27°, nadirowo - 2° i do tyłu - 14°), RGB (każdy kanał po dwie linijki w kierunkach: nadirowym i do tyłu), NIR (dwie linijki w kierunkach: nadirowym i do tyłu). Dla kanałów RGB oraz NIR obrazy pozyskiwane są dla położenia sensora 0° (nadir) oraz 16° (do tyłu). System ADS40 dla kanałów RGB oraz NIR i kanału panchromatycznego (do przodu, do tyłu) pozyskuje informacje z tą samą rozdzielczością, natomiast rozdzielczość ta jest dwukrotnie większa dla kanału panchromatycznego pozyskiwanego w nadirze. Kąt widzenia kamery ADS40 wynosi 64°, zaś jej ogniskowa 62.5 mm. Położenie każdej linijki obrazu wyznaczone jest na podstawie interpolacji między punktami mierzonymi w przestrzeni za pomocą systemu GPS/IMU.

### 2.2. Geometria danych ADS40

Podobieństwo położenia zafiksowanego środka rzutów ADS40 linii skanowania jest zbliżone do położenia środka rzutów używanego dla obrazów kamery kadrowej. Promienie z punktu P nie przechodzą z terenu przez środek rzutów by osiągnąć płaszczyznę ogniskową, lecz pomiędzy dwoma sąsiednimi środkami rzutów (Rys. 1). Dla scen ADS40 każdy pomierzony punkt obrazu związany jest z dwoma środkami rzutów. Położenie



**Rys. 1.** Określenie zafiksowanych środków rzutów poszczególnych linii skanowania w odpowiednim interwale czasowym  
*Źródło Leica Geosystems.*

punktów wiążących (wzór pokrycia geometrycznego) na scenie zależy od interwału środków rzutów linii skanowania. Chcąc zachować wysoką precyzję pomiaru, długość interwału nie powinna przewyższać długości krótszej bazy. Dla kamery ADS40 według specyfikacji określającej dokładność żyroskopu interwał musi mieć przynajmniej 8 sekund. Pozyskiwane dane GPS i IMU w trakcie misji lotniczej dają ciągłą pozycję i położenie kamery ADS40. W procesie aerotriangulacji bazującej na zasadzie wyrównania wiązek metodą najmniejszych kwadratów wykorzystuje się wspomniane wcześniej zafiksowane środki rzutów, pomierzone w regularnych interwałach wzdłuż toru lotu samolotu.

### 3. METODYKA ORIENTACJI BŁOKU ADS40

W procesie orientacji bloku zobrażeń ADS40 założono projekt roboczy w oprogramowaniu LPS (*Leica Photogrammetry Suite*) firmy Leica Geosystems poprzez dołączenie wybranych obrazów poziomu L1 (wstępnie zrektyfikowane obrazy). Obrazy poziomu L1 nie pozwalają na stworzenie modelu stereoskopowego pozbawionego paralaksy poprzecznej. W celu jej wyeliminowania niezbędne jest wykonanie procesu orientacji wzajemnej zobrażeń, do którego wykorzystano oprogramowanie ORIMA (*Orientation Management*) firmy Leica Geosystems.

### 3.1. Pomiar punktów osnowy fotogrametrycznej

Przed przystąpieniem do procesu wyrównawczego bloku zobrazowań ADS40 wykonano pomiar punktów osnowy fotogrametrycznej. Manualny pomiar fotopunktów był wykonywany w taki sam sposób, jak dla kamer kadrowych, w jednym z komponentów oprogramowania Leica Geosystems – Viewplex.

### 3.2. Pomiar punktów wiążących

Pierwszy etap orientacji bloku stanowił automatyczny pomiar punktów wiążących (APM-*Auto Point Measurement*). Dla każdego bloku liczba punktów wiążących użyta w wyrównaniu wyniosła 850. Do przeprowadzenia APM zdefiniowano następujące parametry wejściowe:

- wzór pokrycia geometrycznego zobrazowania punktami wiążącymi,
- strategia wyboru punktów homologicznych,
- zobrazowania wybrane do pomiaru (w zależności jaki kanał spektralny chcemy wykorzystać w orientacji bloku).

Po wprowadzeniu danych wejściowych program wygenerował zbiór punktów wiążących. Następnie ze zbioru tego usunięto punkty błędnie skorelowane z powodu niewłaściwej automatycznej identyfikacji. Po zakończeniu pomiaru przystąpiono do procesu wyrównania bloku metodą niezależnych wiązek.

### 3.3. Wyrównanie bloku

Przed przystąpieniem do procesu wyrównawczego zdefiniowano następujące parametry wyrównania, w tym:

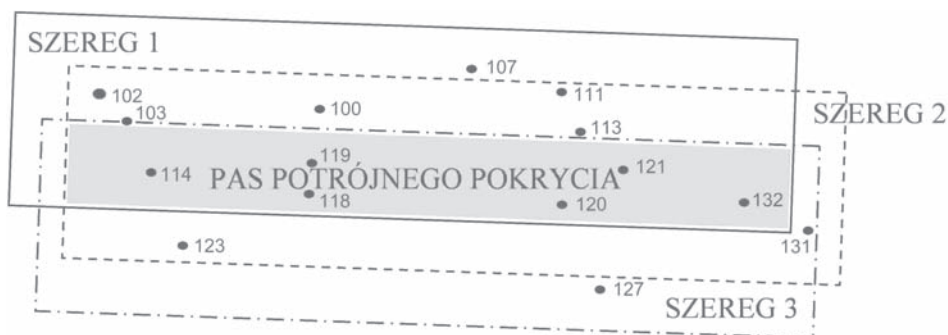
- maksymalną liczbę iteracji,
- wartość sigma *a priori*, związaną z typem punktu, wielkością piksela, typem terenu, algorytmem łączenia punktów, efektem kompensowania błędów systematycznych (dla systemów cyfrowych wartość sigma powinna wahać się w przedziale 0.3-0.2 wielkości piksela),
- korekcję wpływu krzywizny Ziemi i refrakcji atmosferycznej,
- poziom automatycznego wykrywania błędów grubych,
- miarę jednostki terenowej,
- automatyczną eliminację błędów grubych na fotopunktach i punktach kontrolnych,
- określenie parametrów GPS i IMU,
- możliwość zmian parametrów kamery,
- wagowanie elementów orientacji zewnętrznej.

Po wprowadzeniu elementów uruchamiany jest proces wyrównania aerotriangulacji. Pierwszą analizą wyrównania było zapoznanie się z wielkością wag elementów orientacji zewnętrznej  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ ,  $\omega$ ,  $\varphi$ ,  $\kappa$ . Po wprowadzeniu poprawek wagowych ponownie wykonano wyrównanie obserwacji w bloku. Następnie wyłączono z wyrównania błędne wiązania. Po ich wyeliminowaniu przeprowadzono ponownie wyrównanie.

## 4. OPIS PRZEBIEGU BADAŃ

### 4.1. Charakterystyka danych

W badaniach wykorzystano blok główny zdjęć (Rys. 2) składający się z trzech szeregów, z których każdy posiadał: dwa zobrażenia panchromatyczne (pozyskane do przodu i do tyłu), jedno zobrażenie w kanale czerwonym (pozyskane nadirowo) i dwa zobrażenia w kanale zielonym (pozyskane do przodu i nadirowo). Średnia szerokość pasa zobrażenia wynosiła 2.3 km, zaś jego długość 10.8 km. Wysokość lotu wynosiła 1.9 km. Między pasami występowało pokrycie podłużne 83÷95% i pokrycie poprzeczne 39÷72%. Wielkość terenowa piksela wynosiła 20 cm. Zobrażenia obejmowały obszar nizinny, w większości rolniczy, częściowo pokryty lasem, z czego około 20% badanego obszaru stanowiły tereny zurbanizowane. Współpracujący z kamerą ADS40 system GPS/IMU pomierzył w przestrzeni współrzędne położenia kamery X, Y z dokładnością 10 cm, zaś dla współrzędnej Z z dokładnością 20 cm oraz kąty i wychylenia od nadiru dla  $\omega$ ,  $\varphi$  z dokładnością 0.006<sup>s</sup>, zaś dla  $\kappa$  z dokładnością 0.009<sup>s</sup>.



**Rys. 2.** Budowa bloku testowego wraz z rozmieszczeniem punktów osnowy fotogrametrycznej.

Wszystkie pomierzone punkty osnowy fotogrametrycznej stanowiły zbiór naturalnych szczegółów sytuacyjnych równomiernie rozmieszczonych w bloku głównym zobrażeń ADS40. Dokładność pomiaru punktów osnowy wynosiła  $m_x=1.5$  cm,  $m_y=1.5$  cm,  $m_z=2$  cm.

### 4.2. Analiza wyników

Aerotriangulację bloków scen pozyskanych z lotniczej kamery cyfrowej ADS40 przeprowadzono w dwóch wariantach. W pierwszym wariantcie (Tab. 1, 2) uwzględniono cztery bloki wydzielone z bloku głównego. Pierwszy bloku Red-Pan składał się z trzech

**Tab. 1.** Ocena wewnętrzna wyrównania bloków na podstawie fotopunktów i punktów wiążących (wariant pierwszy).

Blok	Liczba punktów kontrolnych–liczba fotopunktów	Fotopunkty			Punkty wiążące		
		$m_X$ [m]	$m_Y$ [m]	$m_Z$ [m]	$m_X$ [m]	$m_Y$ [m]	$m_Z$ [m]
Red-Pan	10–5	0.02	0.05	0.09	0.08	0.11	0.22
Green-Green	10–5	0.10	0.09	0.10	0.09	0.11	0.20
Red-Red	10–5	0.11	0.13	0.04	0.10	0.13	0.26
Pan-Pan	10–5	0.05	0.09	0.05	0.07	0.08	0.14

**Tab. 2.** Ocena bezwzględna wyrównania bloków w oparciu o pomiar na punktach kontrolnych (wariant pierwszy).

Blok	Liczba punktów kontrolnych–liczba fotopunktów	$m_X$ [m]	$m_Y$ [m]	$m_Z$ [m]
Red-Pan (bez fotopunktów)	10–0	0.27	0.20	0.66
Red-Pan	10–5	0.19	0.28	0.19
Green-Green	10–5	0.15	0.24	0.30
Red-Red	10–5	0.14	0.20	0.23
Pan-Pan	10–5	0.13	0.20	0.12

szeregów, z których każdy posiadał: dwa zobrazowania panchromatyczne (pozyskane do przodu i do tyłu) i jedno zobrazowanie w kanale czerwonym (pozyskane nadirowo). Drugi blok Green-Green składał się z trzech szeregów, z których każdy posiadał dwa zobrazowania w kanale zielonym (GrnN, GrnF). Trzeci blok Red-Red składał się z trzech szeregów, z których każdy posiadał dwa zobrazowania w kanale czerwonym (RedN, RedF). Czwarty blok Pan-Pan składał się z trzech szeregów, z których każdy posiadał dwa zobrazowania w kanale panchromatycznym pozyskane w kierunkach do przodu i do tyłu (PanF, PanB). W wariacie pierwszej dla każdego bloku w procesie orientacji wykorzystano 5 równomiernie rozmieszczonych fotopunktów.

W drugim wariacie z bloku głównego (Tab. 3 i 4) wydzielono trzy bloki składające się z trzech szeregów, z których każdy posiadał dwa zobrazowania w kanale panchromatycznym pozyskane w kierunkach do przodu i do tyłu (PanF, PanB). Następnie bloki te poddano procesowi aerotriangulacji z następującą kombinacją liczby fotopunktów: 3, 6, 10.

Ocenę bezwzględną wyrównania bloków przeprowadzono na podstawie niezależnych pomiarów na punktach kontrolnych (Tab. 2 i 4). W wariacie pierwszym pomierzono 10 punktów kontrolnych dla wszystkich bloków, natomiast w wariacie drugim odpowiednio 12, 9, 5 w stosunku do wyżej wymienionej liczby fotopunktów. Ocenę wewnętrzną wyrównania bloków przeprowadzono na podstawie błędów średnich na fotopunktach i punktach wiążących.

W wariacie pierwszym najmniejsze wartości błędów średnich wyznaczonych na podstawie poprawek do współrzędnych na punktach kontrolnych po wyrównaniu (Tab. 2)

**Tab. 3.** Ocena wewnętrzna wyrównania bloków na podstawie fotopunktów i punktów wiążących (wariant drugi).

Blok	Liczba punktów kontrolnych – liczba fotopunktów	Fotopunkty			Punkty wiążące		
		$m_x$ [m]	$m_y$ [m]	$m_z$ [m]	$m_x$ [m]	$m_y$ [m]	$m_z$ [m]
Pan-Pan	12–3	0.02	0.07	0.01	0.11	0.12	0.18
Pan-Pan	9–6	0.09	0.07	0.02	0.09	0.10	0.17
Pan-Pan	5–10	0.08	0.07	0.04	0.08	0.09	0.17

**Tab. 4.** Ocena bezwzględna wyrównania bloków w oparciu o pomiar na punktach kontrolnych (wariant drugi).

Blok	Liczba punktów kontrolnych – liczba fotopunktów	Punkty kontrolne		
		$m_x$ [m]	$m_y$ [m]	$m_z$ [m]
Pan-Pan	12-3	0.11	0.22	0.13
Pan-Pan	9-6	0.08	0.12	0.12
Pan-Pan	5-10	0.06	0.14	0.10

uzyskano dla bloku zobrazowań Pan-Pan, gdzie  $m_x=0.13$  m,  $m_y=0.20$  m,  $m_z=0.12$  m. Największe wartości błędów średnich w ocenie bezwzględnej przypadły na blok Green-Green, dla którego błędy średnie kwadratowe położenia punktu wyniosły  $m_x=0.15$  m,  $m_y=0.24$  m,  $m_z=0.30$  m. Podobne rezultaty uzyskano dla bloku Red-Pan (Tab. 2). W ocenie wewnętrznej wyrównania bloku (Tab. 1) najmniejsze wartości błędów średnich wyznaczonych na podstawie poprawek do współrzędnych na fotopunktach i punktach wiążących po wyrównaniu uzyskano dla bloku Pan-Pan, dla którego błędy średnie na fotopunktach wyniosły  $m_x=0.05$  m,  $m_y=0.09$  m,  $m_z=0.04$  m, zaś na punktach wiążących  $m_x=0.05$  m,  $m_y=0.09$  m,  $m_z=0.14$  m.

Dla bloku Red-Pan (Tab.2) wartości błędów średnich wyznaczonych na podstawie poprawek do współrzędnych na punktach wiążących wyniosły:  $m_x=0.27$  m,  $m_y=0.20$  m,  $m_z=0.66$  m. Natomiast w orientacji tego samego bloku uwzględniającego w wyrównaniu fotopunkty wartość błędów zmniejszyła się i wyniosła:  $m_x=0.19$  m,  $m_y=0.28$  m,  $m_z=0.19$  m. Niższa dokładność aerotriangulacji w bloku wyrównanym na punktach wiążących, bez użycia fotopunktów (Tab.2) szczególnie jest zauważalna dla współrzędnej Z, gdzie wartość błędu dla tej współrzędnej wyniosła 0.66 m (3.3 piksel). Natomiast w wyrównaniu tego bloku uwzględniającym dodatkowo użycie fotopunktów wartość ta wyniosła 0.19 m (1 piksel).

W wariantcie drugim w ocenie wewnętrznej wyrównania (Tab. 3) w oparciu o fotopunkty najlepszą dokładność aerotriangulacji uzyskał blok Pan-Pan wyrównany na 3 fotopunktach, dla którego uzyskano wartości błędów  $m_x=0.02$  m,  $m_y=0.07$  m,  $m_z=0.01$  m. Uzyskana wysoka dokładność orientacji tego bloku wiąże się bezpośrednio z użyciem w wyrównaniu tylko 3 fotopunktów, a przez to z brakiem nadliczbowości fotopunktów potrzebnych do poprawnej orientacji. Dla pozostałych bloków (wyrównanych na 6 i 10



fotopunktach) w ocenie wewnętrznej wyrównania wyniki orientacji oscylują na podobnym poziomie (Tab. 3). W wariancie drugim w ocenie wewnętrznej wyrównania bloków (Tab. 3) wartości błędów średnich wyznaczonych na podstawie poprawek do współrzędnych X,Y,Z na punktach wiążących są porównywalne. Kontynuując aspekt dokładności dla tego wariantu (Tab. 4) w oparciu o punkty kontrolne najlepsze wyniki orientacji bloku zobrazowań panchromatycznych ADS40 uzyskano przy użyciu 10 fotopunktów, dla którego wartości błędów średnich wyniosły:  $m_x=0.06$  m,  $m_y=0.14$  m,  $m_z=0.10$  m. Podobne wyniki orientacji uzyskujemy w procesie wyrównania tego bloku na 6 fotopunktach. W wyrównaniu uwzględniającym 3 fotopunkty dokładność orientacji bloku zmalała, a wartości błędów średnich wyniosły odpowiednio:  $m_x=0.11$  m,  $m_y=0.22$  m i  $m_z=0.28$  m.

## 5. WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że najlepszą dokładność aerotriangulacji zobrazowań ADS40 pozyskanych w różnych zakresach spektralnych przy tej samej liczbie fotopunktów uzyskano dla kanału panchromatycznego, dla którego wartości błędów średnich wyznaczonych na podstawie poprawek do współrzędnych punktów kontrolnych po wyrównaniu wyniosły:  $m_x=0.13$  m,  $m_y=0.20$  m,  $m_z=0.12$  m. Zbliżoną dokładność uzyskano dla bloku zobrazowań w kanale czerwonym, gdzie  $m_x=0.14$  m,  $m_y=0.20$  m,  $m_z=0.23$  m.

Uzyskane wyniki potwierdzają, że wykorzystanie do aerotriangulacji zobrazowań ADS40 pozyskanych w kanale zielonym nie daje spodziewanych rezultatów. Dlatego też do tworzenia kolejnych produktów fotogrametrycznych z cyfrowej kamery ADS40 takich jak numeryczny model terenu, ortofotomapa, czy produktów uzyskanych ze stereodygitalizacji powinny być użyte zobrazowania pozyskane w kanale panchromatycznym.

Wykonanie aerotriangulacji zobrazowań ADS40, posilując się wyłącznie pomiarami GPS/IMU oraz pomiarem APM, nie zapewni uzyskania produktów dokładności poziomu L2 (ortoobrazy o dokładności odpowiadającej kryterium dokładnościowemu mapy topograficznej w skali 1:2000). Aby zapewnić prawidłową geometrię bloku zobrazowań ADS40 przy wielkości terenowego piksela 0.20 m, wyrównanie powinno być przeprowadzone na co najmniej 6 fotopunktach. Zwiększenie liczby fotopunktów powyżej 6 nie wpływa znacząco na poprawę dokładności.

## 6. LITERATURA

Boczarski 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.

Hinsken L., Miller S., Tempelmann U., Uebbing R., Walker A.S., 2002. Triangulation of the LH Systems' ADS40 using ORIMA GPS/IMU. *International Archive of Photogram-*



metry, *Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. XXXIV Part 3A, Graz, Austria.

Kocaman S., Zhang L., Gruen A., 2006. Self-calibrating Triangulation of Airborne Linear Array CCD Cameras. *EuroCOW 2006 International Calibration and Orientation Workshop*, Castelldefels, Spain, 25-27 Jan.

Kocaman S., Casella V., Franzini M., Gruen A., 2008. Geometric accuracy assessment of ADS40 imagery under various network configurations. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. Vol. XXXVII. Part B1. Beijing, s. 627-632.

Tempelmann, U., Hinsken, L., Recke, U., 2003. ADS40 Calibration and Verification Process. *Proceedings of Optical 3D Measurement Techniques Conference*, Zurich, Switzerland, s. 48-54.

### **ESTIMATION OF THE ACCURACY OF THE TRIANGULATION OF ADS40 IMAGERY**

KEY WORDS: ADS40 imagery, aerial photogrammetry, triangulation, accuracy analysis

SUMMARY: The camera ADS40 is equipped with a Three-Line-Scanner (TLS) therefore triangulation issues here require another approach than that used with other airborne cameras. The triangulation tests performed were based on an ADS40 photogrammetric block consisting of three strips with flying heights of 2000 m. The average ground resolution for this flight was 20 cm. The whole triangulation process was carried out using ORIMA (Leica Geosystems) software. An analysis was carried out to determine the accuracy of the ADS photogrammetric strips using different spectral bands. Tests were performed with different numbers of GCPs (ground control points). Estimation of orientation accuracy of the block test was based on statistical parameters which were obtained from the analysis of the covariance matrix of system unknowns and the residuals of the ground control points, tie points and the checkpoint. The measurement of the checkpoint was performed manually by the stereoscopic observer on the Intergraph photogrammetric image station based on the ISSD module (Image Station Stereo Display).

mgr inż. Artur Karol Karwel  
karwel@igik.edu.pl  
telefon: +48 22 3291986

