

IRENEUSZ EWIAK
ROMUALD KACZYŃSKI

OKREŚLENIE ZAKRESU KOREKCJI GEOMETRYCZNEJ ZOBRAZWAŃ IKONOS ORAZ QUICKBIRD

ZARYS TREŚCI: W artykule przedstawiono metodykę korekcji geometrycznej panchromatycznych wysokorozdzielczych obrazów satelitarnych zarejestrowanych przez systemy satelitarne Ikonos oraz QuickBird. Zbiór danych w każdym systemie obejmuje matrycę obrazu oraz współczynniki funkcji wymiernej (Rational Polynomial Coefficient, RPC) określające ścisły związek pomiędzy współrzędnymi obrazowymi sceny a układem współrzędnych terenowych.

Określono dokładność geometryczną każdej z matryc obrazowych oraz zakres ich korekcji dla różnych wariantów metodycznych uwzględniających pomiary fotogrametryczne punktów osnowy terenowej.

W poszczególnych wariantach korekcji geometrycznej scen wykorzystano ścisły matematyczny model każdego z sensorów (model Toutina w oprogramowaniu PCI Geomatica), współczynniki funkcji wymiernej RPC dostarczone przez dystrybutora danych oraz wyznaczone na podstawie pomiarów współrzędnych obrazowych punktów osnowy fotogrametrycznej.

W każdym wariantcie przeprowadzono analizę wpływu liczby i rozmieszczenia fotopunktów na dokładność orientacji sceny.

Wykazano, że optymalny rezultat orientacji sceny Ikonos uzyskuje się, wykorzystując zestaw współczynników RPC skorygowany wynikami pomiaru fotogrametrycznego 5 fotopunktów, zaś w procesie korekcji geometrycznej sceny QuickBird optymalny rezultat zapewnia ścisły matematyczny model sensora wraz z zestawem 9 fotopunktów symetrycznie rozmieszczonych na scenie.

Stwierdzono, że zakres korekcji geometrycznej jest większy dla sceny Ikonos, zaś dokładność geometryczna skorygowanych obrazów jest zbliżona.

1. WSTĘP

Współczesne pomiarowe systemy satelitarne, wsparte nowoczesnymi technikami pozycjonowania przestrzennego, dostarczają obrazy zabezpieczające dokładność opracowań fotogrametrycznych na poziomie porównywalnym z opracowaniami ze zdjęć lotniczych w skali 1:26 000.

Kompozycje kanałów wielospektralnych z kanałem panchromatycznym (Pan-sharpened) zapewniają tym obrazom, poza wysoką dokładnością geometryczną, również wysoką rozdzielczość radiometryczną odwzorowaną w 11-bitowej skali szarości i zapisaną w pliku obrazowym z gęstością 16 bitów.

Zdolność radiometryczna obrazów Ikonos i QuickBird przewyższa zatem zdolność radiometryczną tradycyjnych zdjęć lotniczych. Porównanie to nie dotyczy jednak zdjęć lotniczych wykonanych kamerami cyfrowymi, które poza doskonałą geometrią posiadają wysokie właściwości fotointerpretacyjne i teledetekcyjne. Ponieważ lotnicze zdjęcia cyfrowe nie są jeszcze tak powszechnie dostępne dla odbiorców detalicznych, jak zobrazowania satelitarne, w najbliższych latach nie powinny stanowić dla nich poważnej konkurencji.

W satelitarnych systemach wysokorozdzielczego obrazowania, w niewielkim interwale czasowym, z tej samej orbity, rejestrowany jest obraz dużych powierzchni. Oznacza to, że często spotykany problem różnic tonalnych na obrazach zdjęć lotniczych w dużych blokach fotogrametrycznych w przypadku wysokorozdzielczych zobrazowań nie występuje.

Wysokorozdzielcze obrazy satelitarne, stanowiące materiał źródłowy do generowania ortoobrazów, mogą wyprzeć niebawem obrazy skanowanych zdjęć lotniczych, pod warunkiem, że spełnią odpowiednie wymagania geometryczne.

Faktyczną jakość geometryczną obrazów cyfrowych z satelitów Ikonos i QuickBird prezentują autorzy niniejszego artykułu.

2. CHARAKTERYSTYKA DANYCH TESTOWYCH

2.1. Charakterystyka danych Ikonos

W realizacji zadań zmierzających do określenia zakresu korekcji geometrycznej matrycy obrazowej systemu Ikonos-2 wykorzystano wysokorozdzielczą scenę satelitarną Pan-sharpened, obejmującą swym zasięgiem obszar o powierzchni 130 km², rozciągający się na zachód od Warszawy w granicach powiatów Grodzisk Mazowiecki oraz Pruszków, i charakteryzujący się niewielkimi deniwelacjami terenu.

Scenę pozyskano 1 maja 2004 r. przy kącie wychylenia sensora satelity od nadiru wynoszącym około 1.6° przez Space Imaging. Scenę przetworzono do poziomu Standard i zapisano w formacie GeoTiff z rozdzielczością radiometryczną 8 bitów/piksel w każdym kanale.

Wraz z matrycą obrazu dostarczone były współczynniki funkcji wymiernej (Rational Polynomial Coefficient), które wykorzystano podczas korekcji geometrycznej sceny.

2.2. Charakterystyka danych QuickBird

Ocenę stopnia przydatności danych QuickBird do generowania ortobrazów przeprowadzono na podstawie opracowania sceny panchromatycznej pokrywającej obszar południowo-zachodniej części aglomeracji warszawskiej, charakteryzujący się niewielkimi deniwelacjami oraz urozmaiconym pokryciem terenu.

Scenę pozyskano 4 maja 2003 r. przy zachmurzeniu wynoszącym 0.2% oraz kącie wychylenia sensora satelity od nadiru wynoszącym około 5° i zarejestrowano na poziomie przetworzenia Basic-1B w formacie GeoTiff z rozdzielczością radiometryczną wynoszącą 11 bitów/piksel.

Podobnie jak w przypadku sceny Ikonos, do matrycy obrazowej dołączony został zestaw metadanych zawierający współczynniki funkcji wymiernej (Rational Polynomial Function) opisujące wstępną orientację sceny.

3. REALIZACJA PROJEKTU OSNOWY FOTOGRAMETRYCZNEJ DLA WYSOKOROZDZIELCZYCH OBRAZÓW IKONOS ORAZ QUICKBIRD

Osnowę fotogrametryczną dla wysokorozdzielczych zobrażeń Ikonos oraz QuickBird stanowiły fotopunkty oraz punkty kontrolne zaprojektowane na podstawie obserwacji modeli stereoskopowych zdjęć lotniczych w skali 1:26000 pokrywających ten sam obszar, co sceny satelitarne.

Przyjęto założenie, że punkty osnowy fotogrametrycznej powinny być szczegółami sytuacyjnym jednoznacznie identyfikowanymi w terenie i na obrazach, zaś dokładność ich pomiaru i identyfikacji nie powinna być gorsza niż 0.5 m dla współrzędnych płaskich oraz 0.3 m dla współrzędnej wysokościowej dla zobrażenia Ikonos-2, zaś w przypadku zobrażenia QuickBird dla wszystkich współrzędnych wielkości te nie powinny przekroczyć 0.3 m.

Za jednoznacznie identyfikowane szczegóły terenowe na obrazach Ikonos oraz QuickBird przyjęto narożniki kontrastowych konturów w postaci płyt betonowych, chodników, nagrobków oraz punkty wyznaczone z przecięcia osi lub krawędzi lokalnych dróg o szerokości od 2 do 4 metrów. Przykładowe projekty punktów osnowy fotogrametrycznej przedstawiono na rysunku 1.

Liczba fotopunktów i ich rozmieszczenie na scenie były funkcją przyjętego wariantu korekcji geometrycznej. W poszczególnych wariantach założono, że przynajmniej jeden fotopunkt musi być zaprojektowany w każdym narożniku sceny oraz jeden w jej centralnej części.



Rys. 1. Projekt punktów osnowy fotogrametrycznej na obrazie QuickBird (po lewej) oraz Ikonos (po prawej)

Do niezależnej oceny dokładności korekcji geometrycznej sceny zaprojektowano punkty kontrolne według zasad ustanowionych dla fotopunktów. Ponadto, punkty te musiały zabezpieczać pokrycie sceny w miejscach pozbawionych występowania fotopunktów, stanowiąc obiektywny element oceny.

Pomiary terenowe współrzędnych fotopunktów i punktów kontrolnych wykonał metodą statyczną Zakład Geodezji i Geofizyki IGiK w kwietniu 2005 r. Do pomiaru użyto pięciu odbiorników GPS firmy Ashtech model Z-XII oraz jednego odbiornika GPS firmy Javad model Legacy wraz z antenami geodezyjnymi.

Długość sesji pomiarowych trwała od 40 do 45 minut. Głównymi punktami nawiązania były stacje permanentne BOGI (Borowa Góra) oraz CBKA (Centrum Badań Kosmicznych). Dodatkowo dla nawiązania pomiarów, w centrum obszaru pomiarów oraz na dachu budynku Instytutu Geodezji i Kartografii, ustawiono stacje dobowe (odbiornik Javad Legacy wraz z anteną geodezyjną).

Obliczenia obserwacji GPS wykonano programem Pinnacle. Uzyskane współrzędne geodezyjne BLH przeliczono na układ PUWG 1992, zaś dla obliczenia wysokości normalnych wyznaczono również odstęp N elipsoidy od geoidy.

4. METODYKA KOREKCJI GEOMETRYCZNEJ SCENY IKONOS

Korekcję geometryczną sceny Ikonos-2 przeprowadzono w czterech wariantach. W każdym z nich dokonano analizy wpływu liczby i rozmieszczenia fotopunktów na scenie na wynik korekcji geometrycznej. Przedstawione w poszczególnych wariantach proporcje odnoszące się do fo-

topunktów i punktów kontrolnych odzwierciedlały optymalny wynik powyższej analizy.

We wszystkich wariantach do dyspozycji pozostawało 31 punktów osnowy fotogrametrycznej, które wymiennie pełniły rolę fotopunktów i punktów kontrolnych.

W wariancie pierwszym korekcję geometryczną oparto na opisanym matematycznie modelu sensora satelity Ikonos-2 (Toutin, Chenier, Carbonneau, 2001). W wariancie tym pomierzono 9 fotopunktów rozmieszczonych symetrycznie w obrębie sceny oraz 22 punkty kontrolne.

W wariancie drugim do orientacji sceny wykorzystano wyłącznie współczynniki funkcji wymiernej RPC (Rational Polynomial Coefficients) (Lutes, 2004) dołączone do zestawu metadanych. W tym przypadku wszystkie punkty osnowy fotogrametrycznej pomierzone zostały jako punkty kontrolne.

W wariancie trzecim do orientacji sceny włączono zestaw współczynników RPC oraz pomierzono 5 fotopunktów, z których 4 rozmieszczone były w narożnikach sceny, zaś jeden w jej centralnej części.

W powyższych wariantach pomiar współrzędnych obrazowych punktów osnowy fotogrametrycznej odbywał się metodą manualną w środowisku oprogramowania PCI Geomatica – Ortho Engine v. 9.1.6.

Wariant czwarty dotyczył wyznaczenia współczynników RPC na podstawie obserwacji 12 fotopunktów rozmieszczonych symetrycznie na scenie oraz oceny ich dokładności. W wariancie tym do pomiaru współrzędnych obrazowych fotopunktów wykorzystano narzędzia programu Image Station Automatic Triangulation v. 4.1. firmy Z/I Imaging.

Ocenę dokładności korekcji geometrycznej sceny w każdym z wariantów przeprowadzono na niezależnych punktach kontrolnych, której wyniki przedstawiono w tabeli 1.

Przytoczone wyniki pozwalają stwierdzić, że badana scena Ikonos-2 charakteryzuje się wewnętrzną zgodnością geometryczną na poziomie 0.3–0.4 m. Potwierdzają to warianty pierwszy oraz trzeci.

Tabela 1. Wyniki korekcji geometrycznej sceny IKONOS-2 w poszczególnych wariantach

Wariant	Liczba fotopunktów	Liczba punktów kontrolnych	Błędy średnie RMSE [m]			
			Fotopunkty		Punkty kontrolne	
			X	Y	X	Y
Pierwszy	9	22	0.19	0.14	0.38	0.29
Drugi	0	31	–	–	2.37	6.92
Trzeci	5	26	0.30	0.31	0.39	0.39
Czwarty	12	19	0.11	0.13	0.41	0.42

W przypadku wariantu drugiego stwierdzono występowanie błędów systematycznych dla każdej ze współrzędnych. Wielkość tych błędów wynosiła 2.0 m dla współrzędnej X oraz 6.5 m dla współrzędnej Y. Po odjęciu od uzyskanych wyników wartości tych błędów dokładność geometryczną sceny opisywały błędy średnie na poziomie 0.37 m dla współrzędnej X oraz 0.42 m dla współrzędnej Y.

Istnieje zatem stałe przesunięcie (shift) matrycy obrazu po jej przetransformowaniu do układu współrzędnych orientacji sceny, mimo że wewnętrzna spójność jej geometrii jest poprawna. Praktyczna eliminacja tego przesunięcia realizowana jest w wariancie trzecim.

W wariancie czwartym uzyskano zgodność wpasowania sceny w układ współrzędnych PUWG 1992, podobną do wyników otrzymanych w wariantach pierwszym i trzecim, dzięki poprawnie wyznaczonym współczynnikom RPC na podstawie zestawu współrzędnych terenowych i obrazowych 12 fotopunktów.

Stosowanie wariantów pierwszego i czwartego wymaga jednak wykorzystania większej liczby fotopunktów niż w wariancie trzecim. Zatem, ze względów ekonomiczno-technicznych, stosowanie wariantu trzeciego jako optymalnego dla orientacji sceny Ikonos-2 wydaje się najbardziej zasadne.

5. METODYKA KOREKCJI GEOMETRYCZNEJ SCENY QUICKBIRD

Wyniki korekcji geometrycznej zaprezentowano w trzech niezależnych wariantach. Każdy z nich uwzględniał zakres wykorzystania punktów osnowy fotogrametrycznej w procesie orientacji sceny. W każdym wariancie pomierzono 24 niezależne punkty kontrolne, a pomiary współrzędnych obrazowych wykonano metodą manualną, wykorzystując moduł Ortho Engine v. 9.1.6 środowiska oprogramowania PCI Geomatica.

Wykorzystując do korekcji geometrycznej sceny ścisły matematyczny model sensora satelity QuickBird, zaimplementowany w modułach oprogramowania PCI Geomatica – Ortho Engine v. 9.1.6, pomierzono manualnie współrzędne obrazowe od 5 do 14 fotopunktów, których równomierne rozmieszczenie na scenie było determinowane ich liczbą.

Na podstawie analizy wyników zamieszczonych w tabeli 2 stwierdzono, że metoda ścisła korekcji geometrycznej sceny QuickBird wsparta pomiarem 9 fotopunktów pozwala na wpasowanie sceny w układ współrzędnych terenowych z dokładnością 0.3 m dla współrzędnej X oraz 0.35 m dla współrzędnej Y. Zwiększenie liczby fotopunktów do 14 wpływa tylko nieznacznie na wyniki orientacji sceny.

W kolejnym wariancie do orientacji sceny QuickBird wykorzystano współczynniki RPC wygenerowane dla matrycy obrazowej oraz zestaw 14 fotopunktów pomierzonych w różnych konfiguracjach.

Tabela 2. Wyniki korekcji geometrycznej sceny QuickBird wykonanej metodą ścisłą (Toutina)

Liczba foto-punktów	Liczba punktów kontrolnych	Błędy średnie RMSE [m]			
		Fotopunkty		Punkty kontrolne	
		X	Y	X	Y
14	24	0.17	0.30	0.30	0.27
11	24	0.02	0.27	0.30	0.36
9	24	0.02	0.21	0.31	0.35
7	24	0.02	0.01	0.52	1.09
5	24	0.01	0.01	14.81	2.93

Orientację sceny QuickBird, uwzględniającą wyłącznie współczynniki RPC, charakteryzują duże wartości błędów średnich, które na kierunku orbitalnym wynoszą powyżej 10 m, zaś na kierunku linii skanowania nadirowego około 7 m.

Włączenie do procesu orientacji, poza współczynnikami RPC, pomiarów współrzędnych obrazowych fotopunktów pozwala uzyskać wyniki korekcji geometrycznej sceny w odwzorowaniu kartograficznym na poziomie poniżej 1 m dla współrzędnej X oraz nieco powyżej 1 m dla współrzędnej Y (tab. 3).

Tabela 3. Wyniki korekcji geometrycznej sceny QuickBird uwzględniające współczynniki RPC zapisane w metadanych

Liczba foto-punktów	Liczba punktów kontrolnych	Błędy średnie RMSE [m]			
		Fotopunkty		Punkty kontrolne	
		X	Y	X	Y
14	24	1.48	1.15	0.78	1.10
11	24	1.44	1.23	0.78	1.15
9	24	1.53	1.36	0.85	1.12
7	24	1.43	1.25	0.78	1.01
5	24	1.05	1.10	0.87	1.10
3	24	1.05	1.16	0.90	1.01
2	24	1.46	1.27	0.94	1.06
1	24	0.26	0.20	1.00	1.52
0	24	–	–	10.86	6.88

Stosunkowo mały rozrzut wartości błędów średnich na punktach kontrolnych, przy różnej ilości fotopunktów biorących udział w korekcji geometrycznej sceny, pozwala stwierdzić, że wyraźny brak korelacji pomiędzy współczynnikami RPC a osnową fotogrametryczną jest spowodowany brakiem spójności wewnętrznej macierzy obrazowej QuickBird lub słabą jakością wyznaczonych współczynników. Optymalny wynik w tym wariancie korekcji geometrycznej uzyskuje się przy włączeniu do pomiarów współrzędnych 7 fotopunktów.

Znacznie korzystniejsze rezultaty korekcji geometrycznej sceny QuickBird uzyskano w wariancie bazującym na niezależnym wyznaczeniu współczynników RPC w oparciu o pomiary fotogrametryczne fotopunktów. Założeniem tego wariantu było wyznaczenie optymalnego stopnia wielomianu dla określenia relacji matematycznej pomiędzy macrycą obrazową QuickBird a terenowym układem współrzędnych PUWG 1992.

Wyniki zamieszczone w tabeli 4 pokazują wzajemne relacje pomiędzy ilością fotopunktów a możliwą do wyznaczenia liczbą współczynników wielomianu, które zapewniają wymaganą dokładność korekcji geometrycznej sceny.

Tabela 4. Wyniki korekcji geometrycznej sceny QuickBird uwzględniające współczynniki RPC wyznaczone na podstawie pomiarów fotopunktów

Liczba współczynników wielomianu	Liczba fotopunktów	Liczba punktów kontrolnych	Błędy średnie RMSE [m]			
			Fotopunkty		Punkty kontrolne	
			X	Y	X	Y
3	14	24	0.61	0.48	0.75	0.37
4			0.53	0.29	0.80	0.31
5			0.14	0.25	0.30	0.26
6			0.12	0.18	0.34	0.38
7			0.11	0.17	0.36	0.35
3	11	24	0.56	0.51	0.70	0.38
4			0.42	0.29	0.54	0.41
5			0.03	0.26	0.31	0.30
6			0.02	0.03	0.33	1.91
3	9	24	0.56	0.43	0.78	0.51
4			0.44	0.20	1.19	0.41
5			0.02	0.01	0.31	1.41
3	7	24	0.27	0.49	0.86	0.41
4			0.03	0.01	0.98	0.72
3	5	24	0.01	0.01	0.75	0.55

Na podstawie analizy wyników tabeli 4 stwierdzono, że współczynniki RPC wyznaczone na podstawie pomiarów od 11 do 14 fotopunktów, stanowiące rozwinięcie wielomianu 2 stopnia, zapewniają dokładność orientacji sceny QuickBird na poziomie 0.3 m dla obu współrzędnych. Stwierdzenie to przeczy wyrażonej wcześniej opinii, iż matryca obrazowa QuickBird nie jest spójna wewnętrznie.

6. ANALIZA WYNIKÓW I SPOSTRZEŻENIA

Zarówno panchromatyczna scena QuickBird na poziomie przetworzenia Basic, jak i scena Ikonos Pan-sharpened na poziomie przetworzenia Standard nie odpowiadają wymaganiom geometrycznym fotogrametrycznych danych źródłowych.

Korekcja geometrii tych scen, bazująca wyłącznie na współczynnikach RPC wchodzących w skład metadanych, nie daje oczekiwanych rezultatów. Jeśli dokładność dystrybuowanych współczynników RPC dla matrycy Ikonos można jeszcze uznać za zadowalającą, to do wartości współczynników odpowiadających matrycy obrazu QuickBird należy mieć poważne zastrzeżenia (Wolniewicz, 2004).

Korelację współczynników RPC z matrycą obrazu można poprawić poprzez wykonanie dodatkowych obserwacji fotopunktów, a tym samym zagęszczenie punktów węzłowych przestrzennej siatki interpolacyjnej, dla których liczone są RPC. W przypadku sceny Ikonos proces ten, oparty na pomiarze współrzędnych obrazowych zaledwie 5 fotopunktów, spowodował skorygowanie geometrii obrazu źródłowego do poziomu 0.4 m dla obu współrzędnych PUWG 1992. W odniesieniu do sceny QuickBird, niezależnie od liczby fotopunktów biorących udział w uściśleniu RPC, geometria zrektyfikowanego obrazu była zdecydowanie gorsza. Charakteryzowały ją błędy średnie współrzędnych od 0.8 m do 1 m.

Bardzo obiecujące wyniki korekcji geometrycznej uzyskano w procesie niezależnego wyznaczenia współczynników RPC dla każdej z matryc obrazowych. W tym wariantcie korekcji nieco lepsze wyniki uzyskano dla matrycy obrazowej QuickBird.

Metoda korekcji geometrycznej oparta na ścisłym matematycznym modelu satelity również przemawia na korzyść systemu QuickBird jako bardziej elastyczna przy wyborze liczby fotopunktów.

W wyniku działań metodycznych zmierzających do uzyskania optymalnego wyniku korekcji geometrycznej obrazów Ikonos i QuickBird stwierdzono, że dokładność tej korekcji jest tylko nieznacznie większa dla sceny QuickBird, mimo że rozdzielczość porównywanych obrazów źródłowych różni się zasadniczo.

7. WNIOSKI

Obrazy Ikonos i QuickBird zarejestrowane w panchromatycznym zakresie spektralnym można skorygować geometrycznie do poziomu odpowiadającego dokładności orientacji zdjęć lotniczych wykonanych w skali 1:26000.

Transformację pikseli obrazu źródłowego Ikonos do układu współrzędnych terenowych można wykonać z dokładnością 0.4 m dla każdej współrzędnej, niezależnie od przyjętej metody korekcji geometrycznej. Dla obrazów QuickBird transformację taką można wykonać z dokładnością 0.3 m.

Orientacja wysokorozdzielczych scen satelitarnych Ikonos i QuickBird odbywa się więc na poziomie $\frac{1}{2}$ piksela obrazu źródłowego.

Pomijając względy ekonomiczne, nie można jednoznacznie rozstrzygnąć, które z porównywanych zobrazowań powinno być preferowane do opracowań fotogrametrycznych.

PODZIĘKOWANIA

Autorzy niniejszego artykułu składają podziękowania firmom Eurimage, FinSkog Geomatics International, TECHMEX oraz SCOR S. A za nieodpłatne udostępnienie scen.

Publikacja powstała w wyniku realizacji projektu badawczego nr 4 T12E 011 26 finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Informatyzacji.

LITERATURA

- Biagini B., 2002, *QuickBird Capabilities*. Euroimage, Warsaw meeting 2.07.2002.
- Cheng Ph., Toutin T., 2002, *IKONOS and QuickBird orthorectification*. ASPRS Congress, Washington.
- Gene D., Grodecki J., 2004, *Satellite Image Block Adjustment Simulations with Physical and RPC Camera Models*. Proceedings of ASPRS 2004 Conference, Denver, Colorado.
- Grodecki J., Gene D., 2001, *IKONOS Geometric accuracy*. ISPRS Workshop, Hanover, Sept. 19–21.2001.
- Grodecki J., Lutes J., 2005, *IKONOS Geometric Calibrations*. ASPRS 2005, Baltimore, Maryland.
- Jacobsen K., 2002, *Generation of orthophotos with CARTERRA Geo images without orientation information*. ASPRS Congress, Washington.
- Kaczyński R., Ewiak I., Ren Wei Chun, Yang Ming Hui, 2001, *Evaluation of Panchromatic IKONOS data for Mapping*. Geodesy and Cartography. Vilnius, Vol. XXVII, No 4, pp. 157–160.
- Lutes J., 2004, *Accuracy analysis of rational polynomial coefficients for Ikonos imagery*. ASPRS Conference, Denver, Colorado.

- Toutin T., Chenier R., Carbonneau Y., 2001, *3D Geometric modeling of Ikonos Geo images*, ISPRS Joint Workshop "High Resolution Mapping from Space", Hannover, Germany, September 19–21, pp. 272–280.
- Tao C. Vincent, Yong Hu, 2001, *The Rational Function Model: A Tool for Processing High-resolution Imagery*. Earth Observation Magazine.
- Tao C. Vincent, Yong Hu, Steve Schnick, 2002, *Photogrammetric Exploitation of IKONOS imagery using the Rational Function Model*. ACSM – ASPRS Congress, Washington.
- Wolniewicz W., 2004, *Assessment of Geometric Accuracy of VHR Satellite Images*. XX Congress ISPRS, Istanbul. CD-ROM.

IRENEUSZ EWIAK
ROMUALD KACZYŃSKI

DETERMINATION OF THE RANGE OF GEOMETRIC CORRECTION IN CASE OF IKONOS AND QUICKBIRD IMAGES

S u m m a r y

Authors presented in the article the method of geometric correction of panchromatic high-resolution satellite images collected by Ikonos and Quick-Bird satellite systems. Data file in each system comprises image matrix and Rational Polynomial Coefficients, which define strict relation between image coordinates of the scene and system of terrain coordinates.

Geometrical accuracy of each image matrix was determined, as well as range of correction for various methodical approaches, which take into account photogrammetric measurements of ground control points.

In particular variants of geometric correction the following elements were used: strict mathematical model of each sensor (Toutin model in PCI Geomatica software), Rational Polynomial Coefficients delivered by data distributor and those determined on the basis of measurements of image coordinates related to ground control points.

In each variant analysis concerning impact of number and distribution of ground control points on accuracy of scene orientation was conducted.

It was proved, that optimal result of orientation of Ikonos scene is obtained using set of Rational Polynomial Coefficients corrected by results of photogrammetric measurements of 5 ground control points, while for geometric correction of QuickBird scene optimal result is achieved using strict mathematical model of sensor with a set of 9 ground control points symmetrically distributed across the scene.

It was found, that range of geometrical correction is larger for Ikonos scene, whereas geometric accuracy of both corrected images is similar.

Translation: Zbigniew Bochenek

