

**WPLYW JAKOŚCI NUMERYCZNEGO MODELU TERENU
NA WYNIK ORTOREKTYFIKACJI WYSOKOROZDZIELCZYCH
OBRAZÓW SATELITARNYCH IKONOS-2**

**THE INFLUENCE OF DIGITAL ELEVATION MODEL QUALITY
ON THE ORTHORECTIFICATION OF VHRS IKONOS-2**

Piotr Wężyk¹, Krystian Pyka², Ireneusz Jędrychowski³

¹Laboratorium GIS i Teledetekcji, Akademia Rolnicza w Krakowie

²Zakład Fotogrametrii i Informatyki Teledetekcyjnej,
Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie

³Zakład Kartografii i Teledetekcji, Uniwersytet Jagielloński

SŁOWA KLUCZOWE: IKONOS-2, NMT, ortorektyfikacja, ortofotomapa

STRESZCZENIE: Celem prezentowanej pracy było ustalenie wpływu rodzaju modelu terenu na jakość ortorektyfikacji wysokorozdzielczych obrazów satelitarnych IKONOS-2. Przedmiotem ortorektyfikacji były dwie sceny satelitarne IKONOS-2 pozyskane w dniu 25.06.2005 r. Dwa z wykorzystanych modeli wysokościowych opracowano na podstawie stereoskopowych zdjęć lotniczych w skalach odpowiednio: 1:13 000 i 1:26 000. Trzeci model powstał na drodze wektoryzacji warstw z map topograficznych 1:50 000. Wszystkie modele miały postać regularnej siatki o bokach, odpowiednio: 15 m, 20 m oraz 30 m. W procesie ortorektyfikacji użyto oprogramowania OrthoWarp ER (Inpho Technology). Do ortorektyfikacji użyto tych samych GCP dla wszystkich modeli dla kanału PAN, sceny wschodniej (16 GCP) i zachodniej (15 GCP). Błąd średni kwadratowy (RMS) lokalizacji współrzędnych XY oscylował w przypadku obrazu ORTO_15 poniżej 2.0 m (dla sceny West: 1.75 m; East: 2.16 m). Kolejne testowane NMT (20_DEM oraz 30_DEM) spowodowały nieznaczne pogorszenie dokładności lokalizacji, co przejawiało się wzrostem wartości RMS do 2.37 m w obydwu wypadkach. Scena wschodnia o mniejszym odchyleniu kątowym od nadiru (8.1) niż zachodnia (13.1) wykazywała nieznacznie większy błąd (około 0.41 m dla ORTO_15 oraz 0.26 m dla ORTO_30). Przetworzone do postaci ortoobrazów sceny IKONOS-2 całkowicie spełniły oczekiwania projektu jako podkład do kartowania roślinności w każdym z analizowanych przypadków stosowania różnych NMT.

1. WPROWADZENIE

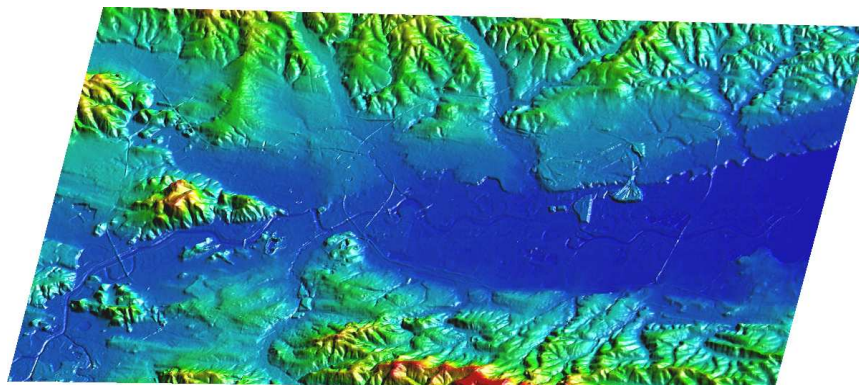
W ostatnich latach nastąpił gwałtowny przełom technologiczny umożliwiający obrazowanie powierzchni Ziemi z poziomu satelitarnego z rozdzielczością terenową poniżej 1.0 m. Parametry wysokorozdzielczych obrazów satelitarnych VHRS (Very High Resolution Satellite), w tym zwłaszcza rozdzielczość geometryczna, radiometryczna, spektralna i czasowa, czynią technikę satelitarną konkurencyjną dla zdjęć lotniczych w małej, a nawet średniej skali (Jacobsen, Passini, 2003).

Zalety te ujawniają się szczególnie w przypadku monitorowania zmian użytkowania terenu w tym stanu szaty roślinnej (Węzyk, Bednarczyk, 2005; Węzyk, Ciechanowski, 2005). Skanery satelity IKONOS-2 rejestrować mogą obraz w nadirze o wielkości piksela: 0.82×0.82 m PAN oraz 3.2×3.2 m MS jednocześnie charakteryzując się rozdzielczością czasową ok. 1-2 dni, dzięki systemowi uchylania skanera rejestrującego. Rozdzielczość radiometryczna 11 bitów w znaczący sposób podnosi bogactwo informacji zapisane w kanałach MS i PAN. Poprawna geometria obrazów VHRS uzyskiwana jest na drodze ich ortorektyfikacji przy wykorzystaniu numerycznego modelu terenu (NMT) i punktów dostosowania GCP (Ground Control Points).

Prezentowana praca powstała przy okazji realizacji projektu „Kartowanie roślinności rzeczywistej Miasta Krakowa”, opartego w znacznej mierze na wykorzystaniu technologii geomatycznych w tym VHRS IKONOS-2, do opracowania mapy tematycznej roślinności i waloryzacji przyrodniczej w skali 1:5 000. Zgodnie z wymogami projektu należało uzyskać dokładności geometryczną ortoobrazów w granicach 2.5 m. Przystępując do realizacji projektu przeanalizowano problem jakości NMT (rozdzielczości, dokładności, postaci) dla potrzeb ortorektyfikacji scen IKONOS-2. Celem analizy było wskazanie, który z NMT dostępnych dla obszaru Krakowa, zapewnia wymaganą dokładność przy generowaniu satelitarnej mapy referencyjnej (podkład do kartowania).

2. TEREN BADAŃ

Analizie poddano dwie sceny satelitarne IKONOS-2 obejmujące większość powierzchni miasta Krakowa położonego w dolinie rzeki Wisły z lokalnymi deniwelacjami terenu sięgającymi niekiedy ponad 150 metrów. Zalicza się do nich np. wzgórza i Kopce w Lesie Wolskim i na Sikorniku górujące nad Wisłą oraz inne przewyższenia częściowo pochodzenia antropogenicznego takie jak kamieniołomy na Skalkach Twardowskiego czy hałdy odpadów z kombinatu im. Sendzimira bądź dawnej fabryki Solvay (rys. 1).



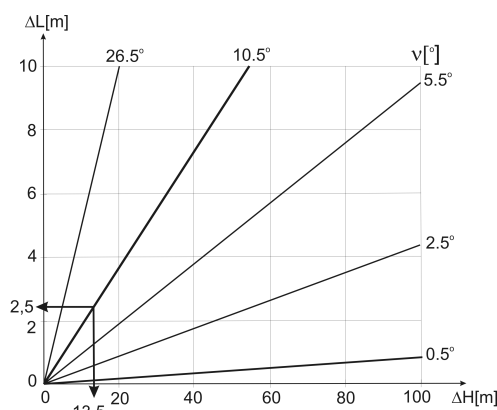
Rys. 1. Rzut izometryczny 15_DEM pochodzącego z opracowania fotogrametrycznego zdjęć lotniczych 1:13 000 (źródło: Miasto Kraków)

3. MATERIAŁ I METODA

3.1. Obrazy VHRS IKONOS-2

Dwie sceny IKONOS-2 dostarczone przez SCOR/Techmex do projektu „Mapa roślinności rzeczywistej miasta Krakowa”, zostały pozyskane w dniu 25.06.2005 r. (Image ID: 568 o godz.: 09:59:49 – scena wschodnia „E”; Image ID: 569 o godz.: 10:00:02 GMT – scena zachodnia „W”). Odchylenie sensora od nadiru dla w/w scen wynosiły odpowiednio 8.1° (E) oraz 13.1° (W). Dane ze sensora satelity IKONOS-2 dostarczone zostały w postaci przetworzonego produktu typu Standard *Geometrically Corrected* (metoda interpolacji: *Cubic Convolution*, układ współrzędnych UTM34N). Rozdzielczość radiometryczna wszystkich kanałów (R, G, B, NIR, PAN) wynosiła 11 bit, a rozdzielczość terenowa kanału PAN $0.8\text{ m} \times 0.8\text{ m}$ / MS $3.2\text{ m} \times 3.2\text{ m}$. W procesie ortorektyfikacji użyto oprogramowania OrthoWarp ER firmy Inpho Technology (Espoo). W przypadku IKONOS-2 model sensora rozpoznawany jest na podstawie metadanych podobnie jak poziom przetworzenia danych. Informacje te wyświetla OrthoWarp w zakładce *Line Sensor* i nie podlegają one edycji. Uaktywnienie opcji *Automatic Model Parametrization* w tej samej zakładce powoduje, iż system próbuje dobrać automatycznie indywidualne parametry.

Ze względu na fakt, iż obie sceny zostały wykonane przy istotnym odchyleniu od nadiru, przeanalizowano jak wpływa błąd wysokości modelu używanego do ortorektyfikacji na położenie obiektu (XY). Przyjęto teoretyczne założenie, że przesunięcia ΔL wzdłuż linii skanowania są proporcjonalne do błędu wysokości ΔH i do wartości tangens kąta odchylenia od pionu v ($\Delta L = \Delta H \operatorname{tg} v$), zależność tą zilustrowano na rysunku 2. Dla wyróżnionego kąta wychylenia 10.5° zniekształcenie $\Delta L = 2.5\text{ m}$ (na skraju sceny) powstaje dopiero wtedy, gdy błąd wysokości $\Delta H = 13.5\text{ m}$ (dla kątów 8.1° i 13.1° wartości ΔH wynoszą wówczas odpowiednio 17.6 m i 10.7 m). Zatem „tolerancja” wysokościowa jest zaskakująco duża, aczkolwiek silnie zmniejsza się wraz ze wzrostem wartości kąta v .



Rys. 2. Wpływ błędu modelu na przesunięcie obiektu wzdłuż linii skanowania

3.2. Wykorzystane numeryczne modele wysokościowe

W pracy testowano trzy modele wysokościowe, z czego dwa z nich pochodziły z opracowań fotogrametrycznych a trzeci powstał na podstawie danych wysokościowych (warstwice, pikiety) zawartych na mapie topograficznej 1:50 000. W październiku 2004 r. na zlecenie Biura Planowania Przestrzennego Urzędu Miasta Krakowa w ramach opracowania ortofotomapy, o cięciu arkuszowym 1:2 000, wykonano barwne zdjęcia

lotnicze w skali 1:13 000. W środowisku Image Stadion (Intergraph), na podstawie stereomodeli zdjęć wygenerowano NMT. Do budowy modelu pozyskano linie nieciągłości, szkieletowe oraz wyłączeń, które uzupełniały punkty umieszczane półautomatycznie w odstępach 10÷15m. Model wykonywany był w tzw. „układzie krakowskim”, przez co konieczna była transformacja do układu PUWG 1992, a następnie UTM34N. Ze względu na prowadzenie ortorektyfikacji w oprogramowaniu ER Mapper (OrthoWarp) siatkę punktów ASCII poddano przetworzeniu do pliku *.ers (*ERMMapper raster dataset*), reprezentującego NMT (moduł *Gridding*, regularna siatka 15m x 15m). W dalszych analizach model ten (15_DEM) przyjęto za referencyjny w stosunku do pozostałych wykorzystywanych w testach. Drugi model, oznaczany jako 20_DEM został opracowany półautomatycznie na podstawie zdjęć lotniczych Phare 1:26 000 (1997 rok) w postaci siatki punktów ASCII o oczku 20 m (przetworzony w module *Gridding* do pliku *.ers.). Trzeci z modeli (o pochodzeniu kartograficznym) został zaimportowany do ERMapper podobnie jak oba poprzednie w postaci ASCII, rozdzielczość siatki wynosiła 30×30 m (oznaczony jako 30_DEM). Warto zauważyć, że w modelu opracowanym na podstawie archiwalnych map topograficznych 1:50 000 nie ujęto zmian ukształtowania terenu będących efektem działalności gospodarczej ostatnich dziesięcioleci, np. hałd przemysłowych. Z kolei modele tworzone dla potrzeb ortorektyfikacji zdjęć lotniczych nie są tak naprawdę ani modelami terenu – NMT, ani też modelami pokrycia terenu – NMPT. W procesie technologicznym z wygenerowanego automatycznie NMPT usuwane były takie obiekty jak: wysoka roślinność (las, zadrzewienia), zabudowa mieszkaniowa czy wysokie kominy elektrociepłowni i innych zakładów przemysłowych. Filtracja NMPT była podyktowana dążeniem do uzyskania modelu nie powodującego zniekształceń wysokich obiektów.

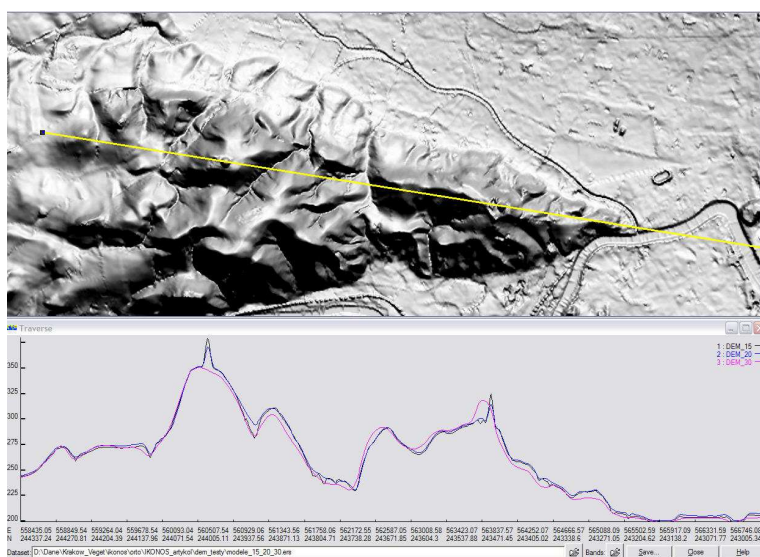
3.3. Ortorektyfikacja

Proces ortorektyfikacji VHRS może się odbywać przy wykorzystaniu modelu parametrycznego, tzw. ścisłego lub nieparametrycznego (Wolniewicz, 2004). Model parametryczny (*Rigorous Sensor Model*) wymaga co najmniej kilku do kilkunastu GCP w celu możliwie jak najlepszego przybliżenia modelu fizycznego. Model nieparametryczny (*Rational Function Model*), wykorzystujący współczynniki RPC, wymaga jedynie kilku GCP (4-5 na scenę), potrzebnych do usunięcia błędów systematycznych modelu. W prezentowanej pracy wybrano parametryczny model w rozwiązaniu oferowanym przez program OrthoWarp ER (Espoo). W oprogramowaniu Ortho Warp ER importowano do założonego projektu kolejno: modele w postaci plików rastrowych (*.ers) a następnie wskazywano obraz źródłowy, tj. kanał PAN sceny E oraz W (w osobnych procesach). OrthoWarp automatycznie rozpoznaje zapis pliku nagłówkowego w tym takie informacje jak: format obrazu, typ satelity, typ sensora oraz poziom przetworzenia obrazu. Zdecydowano się na poddanie ortorektyfikacji tylko kanału PAN charakteryzującego się najwyższą rozdzielczością. Wybrano parametr próbkowania typu najbliższego sąsiedztwa, który jednocześnie zapewniał najszybsze tempo procesu ortorektyfikacji. Jako źródło fotopunktów wykorzystano udostępnione przez Urząd Miasta Krakowa barwne ortofotomapy lotnicze z 2004 roku wykonane z pikselem 20 cm. Ich dokładność wyrażoną przez średni błąd położenia sytuacyjnego oszacowano na ±60 cm. Dokładność ta mogła ulec niewielkiemu obniżeniu wskutek transformacji z lokalnego układu krakowskiego do UTM34N, ale zapewniała uzyskanie fotopunktów (GCP) z błędem sytuacyjnym nie

większym od 0.8÷1.0 m. Ortofotomapa lotnicza była wykorzystana również jako obraz referencyjny (16 obszarów) przy określaniu dokładności procesu ortorektyfikacji. Z ortofotomapy lotniczej Krakowa pozyskano 15 GCP dla sceny W oraz 16 GCP dla sceny E, w miarę równomiernie rozmieszczonych na obrazie. Współrzędne fotopunktów wprowadzano w oknie oprogramowania Ortho Warp ER po ich wcześniejszej transformacji do układu WGS84, odwzorowanie UTM34.

4. WYNIKI I DYSKUSJA

Obrazy *Geo Ortho ready* IKONOS-2 (kanał PAN) cechowały się średnim błędem lokalizacji (RMS_{XY}) w granicach 12.4 m dla sceny W oraz 9.5 m dla sceny E, co potwierdza założenie, iż mniejsze odchylenie od nadiru (8.1° dla E) pociąga za sobą mniejsze błędy lokalizacji X, Y. Maksymalny błąd dotyczył szczytu Kopca Marszałka Piłsudskiego, gdzie przesunięcia względem referencyjnego obrazu ortofotomapy lotniczej dochodziły aż do 34 m. Wszystkie stosowane w procesie ortorektyfikacji modele wysokościowe poddano analizie w celu określenia różnic pomiędzy nimi, dokonując tego dwoma metodami. Pierwsza z nich polegała na wykonaniu profili podłużnych poprzez charakterystyczne formy terenowe takie jak: kopce Marszałka Piłsudskiego oraz Tadeusza Kościuszki (rys. 3), czy też Wzgórze Wawelskie przez wały Wisły w kierunku Błóż przez koronę stadionu klubu TS Cracovia.



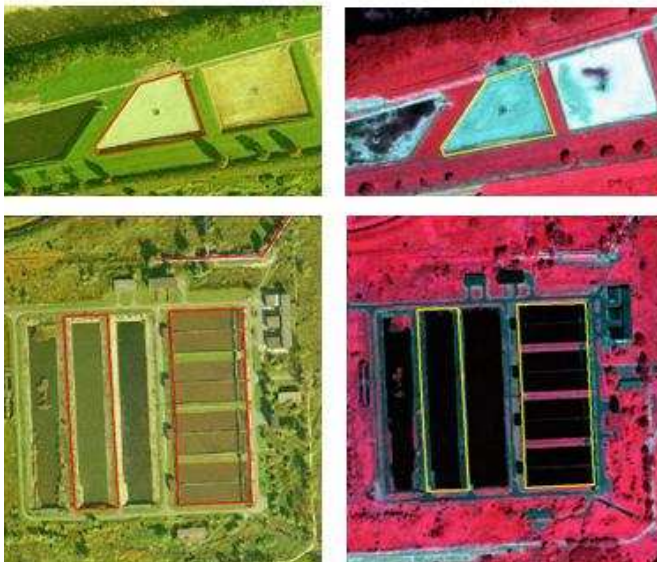
Rys. 3. Cieniowany relief oraz profil podłużny przez analizowane modele

W tym przypadku wykazano, iż największe różnice dotyczą modelu 30_DEM, który nie reprezentował najwyższego wzniesienia w Krakowie, tj. bryły Kopca Marszałka Józefa Piłsudskiego, ani też nie uwzględniał przebiegu Wzgórze Wawelskiego, czy wysokich trybun stadionu TS Cracovia. Jednocześnie niektóre występujące w 30_DEM obiekty, np.

Kopiec Tadeusza Kościuszki, były przesunięte na osiach X, Y co przyczyniało się do pogorszenia wyników ortorektyfikacji.

Druga metoda bazowała na zastosowaniu funkcji map algebra, tj. wykonywaniu „obrazów różnicowych” pomiędzy rastrowymi obrazami NMT, np. 15_DEM minus 30_DEM. Zadaniem tych analiz było wytypowanie obszarów, na których modele różniły się pomiędzy sobą, co w efekcie potencjalnie wpływa na wynik ortorektyfikacji. Największe różnice dotyczyły obszarów dawnych kamieniołomów na Zakrzówku, terenów hałd usypanych wokół zakładów przemysłowych Solvay i Huty im. T. Sendzimira oraz obszarów leśnych Lasu Wolskiego i Pagórków Tynieckich.

Dokładność procesu ortorektyfikacji kontrolowano na 16 obszarach na ortofotomapie lotniczej Krakowa z roku 2004. Na każdym z nich wytypowano kilka obiektów liniowych i punktowych, które wektoryzowano, a następnie wyświetlano na ortoobrazie IKONOS-2 (PAN), dokonując pomiaru wektora błędu na osi X oraz Y (rys. 4). Łącznie do pomiarów wybrano 159 obiektów a wyniki uzyskane w ten sposób posłużyły do opracowania tabeli 1.



Rys. 4. Pomiary błędów lokalizacji na obrazach referencyjnych ortofotomapy lotniczej (z lewej) oraz na IKONOS-2 (z prawej)

W celu określenia różnic pomiędzy poszczególnymi ortoobrazami (ORTO_15, ORTO_20 oraz ORTO_30) generowanymi z kanału PAN przy wykorzystaniu różnych NMT porównano jasności homogenicznych pikseli. W przedstawionej sytuacji przesunięcia obrazów o wartość jednego piksela bądź dwóch pikseli w stosunku do obrazu referencyjnego powstający obraz wynikowy przypomina działanie efektu filtra krawędziowego (rys. 5).

Testowanie niezbędnej liczby punktów GCP oraz ich zagęszczenia w procesie ortorektyfikacji obrazu IKONOS-2, nie było w zasadzie przedmiotem niniejszej pracy. Mając jednak na uwadze wyniki innych autorów (Wolniewicz, 2004; Karwel, 2004) lokalizację GCP wybierano w miarę regularnie w całej scenie, na ile tylko pozwalały na to fotopunkty naturalne, starając się nie umieszczać ich w tym samym rzędzie (tej samej linii sensora).

Wyniki ortorektyfikacji bazujące na modelach: 15_DEM, 20_DEM oraz 30_DEM dla obu scen (W oraz E) przedstawiono w tabeli 1. Błąd średni kwadratowy (RMS) lokalizacji XY oscylował w przypadku obrazu ORTO_15 poniżej 2.0 m, tj. 1.75 m (W) oraz 2.16 m (E). Kolejno testowane NMT (20_DEM oraz 30_DEM) spowodowały bardzo nieznaczne pogorszenie dokładności lokalizacji, co przejawiało się wzrostem wartości RMS do poziomu 2.37 m w obydwu przypadkach. Scena wschodnia o mniejszym odchyleniu kątowym od nadiru wykazywała nieznacznie większy błąd lokalizacji obiektów XY w stosunku do sceny zachodniej (o 0.41m dla ORTO_15 oraz 0.26 m dla ORTO_30). Wynik ten jednak stoi w sprzeczności do oczekiwań, gdyż zakładano mniejszy błąd na scenie o mniejszym odchyleniu od nadiru. Prawdopodobnie większą rolę od wpływu wychylenia skanera odgrywa rozmieszczenie GCP na obszarze sceny. Wszystkie uzyskane wyniki były jednak do zaakceptowania gdyż zakładany w projekcie błąd kartowania nie powinien był przekroczyć wartości szerokości linii pisaka, jakim posługiwali się botanicy kartujący roślinność (na wydruku 0.5 mm, tj. 2.5 m w skali 1:5 000).

Ortorektyfikacja sceny IKONOS-2 dla miasta Warszawy metodą parametryczną wykazała błąd lokalizacji (RMS_{XY}) poniżej 2.0 m już w sytuacji użycia 8 GCP (Wolniewicz, 2004). W zasadzie od 5 użytych GCP, błąd RMS spadał od wartości 10.0 m do około 3.0 m. Zwiększanie liczby GCP od 9 do 21 nie poprawiało już znacząco wyniku osiąganego tą metodą. W tej samej pracy zastosowanie metody nieparametrycznej ze współczynnikami RPC, przy wykorzystaniu tylko 1 GCP powodowało, iż wartość RMS wynosiła około 1.5 m. Zwiększanie liczby RPC w tej metodzie nie przynosiło w zasadzie znaczącej poprawy.

Podobne wyniki innego autora uzyskane dla sceny IKONOS-2 w terenie górskim (Jaszczak, 2004), wykazują, iż zwiększanie liczby GCP powyżej 8 nie powodowało znacznych różnic w wartościach RMS, który oscylował na poziomie ok. 1.0 m. Obaj cytowani autorzy stosowali ogólnie dostępne modele DTED Level-2 o oczku siatki przepróbkowanym do 25 m.



Rys. 5. Obraz wynikowy różnic jasności pikseli
ORTO_15 oraz ORTO_30 (Wzg. Wawelskie)

Tabela 1. RMS_{XY} ortobrazów (ORTO_15, ORTO_20 oraz ORTO_30) wygenerowanych na NMT: 15_DEM, 20_DEM oraz 30_DEM

Nr obszaru kontrolnego na ortofotografii lotniczej	Scena IKONOS [W/E]	RMS XY [m]		
		ORTO_15	ORTO_20	ORTO_30
1	W	1.46	1.75	1.90
2	W	0.40	2.03	1.89
3	W	1.80	1.80	1.80
4	W	2.20	2.50	2.50
5	W	3.20	3.20	3.20
6	W	1.93	2.18	2.20
7	W	2.63	2.80	2.68
8	W	2.09	1.78	1.50
9	W	0.00	3.00	2.33
10	E	0.80	1.73	2.03
11	E	0.88	2.33	2.33
12	E	3.45	3.59	2.94
13	E	3.69	2.94	2.94
14	E	1.28	0.59	1.78
15	E	3.41	3.43	3.65
16	E	2.30	2.30	2.30
Średnia		1.97	2.37	2.37
Średni RMS_{XY} Scena W - nadir 13.1°		1.75	2.34	2.22
Średni RMS_{XY} Scena E - nadir 8.1°		2.16	2.33	2.48

5. WNIOSKI

Przeprowadzony eksperyment polegający na testowaniu wpływu trzech różnych NMT pozwolił na sformułowanie następujących wniosków:

- przetworzone do postaci ortobrazów sceny IKONOS-2 całkowicie spełniły oczekiwania projektu jako podkład do kartowania roślinności w każdym z analizowanych przypadków stosowania trzech różnych NMT;
- badania nie wykazały istotnego wpływu (przy założeniach projektu) typu i jakości NMT na dokładność sytuacyjną generowanych ortofotobrazów;
- błąd sytuacyjny wszystkich trzech analizowanych ortobrazów IKONOS-2 okazał się być mniejszy niż dopuszczalna zazwyczaj wartość 3 pikseli (w przypadku kanału PAN, wartość < 2.6 m);

- w przypadku realizacji projektów nie wymagających bardzo wysokich dokładności sytuacyjnych można stosować uproszczone, powszechnie dostępne modele wysokościowe;
- sceny o dużym wychyleniu od nadiru są trudniejsze do ortorektyfikacji a uzyskanie wysokich dokładności przy zastosowaniu modelu parametrycznego wymaga większej liczby GCP aniżeli dla scen nadirowych.

6. LITERATURA

Jacobsen K., Passini R., 2003. Accuracy of digital orthophotos from high resolution space imagery. ISPRS Workshop: High Resolution Mapping from Space. Hannover.

Jaszczak P., 2004. Porównanie metod ortorektyfikacji obrazu IKONOS w programie PCI Geomatica 9.0. *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*, Vol. 14, s. 279-286.

Karwel A.K., 2004. Badanie wpływu jakości danych inicjalnych na korekcję obrazu satelitarnego systemu IKONOS. *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*, Vol. 14, s. 299-308.

Wężyk P., Bednarczyk P., 2005. Testowanie metod i algorytmów klasyfikacji wysokorozdzielczych zobrażeń satelitarnych Puszczy Niepołomickiej. *Roczniki Geomatyki*, Tom III. Zeszyt 2, s. 163-172.

Wężyk P., Ciechanowski P., 2005. Wykorzystanie wysokorozdzielczych zobrażeń satelitarnych QuickBird-2 w aktualizacji baz danych leśnej mapy numerycznej. *Roczniki Geomatyki*, Tom III, Zeszyt 4, s. 199-208.

Wolniewicz W., 2004. Porównanie wyników ortorektyfikacji obrazów satelitarnych o bardzo dużej rozdzielczości. *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*, Vol. 14, s. 551-560.

Autorzy składają podziękowania firmom: Umweltdata GmbH (Austria) za udostępnienie oprogramowania Ortho Warp ER oraz ProGea Consulting za dostęp do obrazów VHRS IKONOS-2 obszaru Krakowa.

THE INFLUENCE OF DIGITAL ELEVATION MODEL QUALITY ON THE ORTHORECTIFICATION OF VHRS IKONOS-2

KEY WORDS: IKONOS-2, orthorectification, DEM, orthophotomap

Summary

The aim of the study was to define the influence of different types of Digital Elevation Models (DEMs) on the quality of the orthorectification process of very high resolution satellite (VHRS) IKONOS-2 images used in the "Mapping of the vegetation of the City of Cracow". project The subject of the orthorectification were two satellite scenes (west and east of Cracow) of IKONOS-2 obtained on 25/06/2005.

For the needs of orthorectification, three different digital elevation models were used. Two of them were made based on stereoscopic air-borne photographs on the respective scales of 1:13 000

and 1:26 000. They were prepared to generate air-borne orthophotomaps. The third model was made by digitizing contour lines from 1:50 000 topographical maps. All the models came to formed a regular grid with the sides: 15 m (15_DEM), 20 m (20_DEM) and 30 m (30_DEM), respectively. Data from the IKONOS-2 scanner was delivered on the processing level of a Standard Geometrically Corrected type (known as Geo-Ortho ready) with the application of the Cubic Convolution (WGS84, UTM34N; PAN 0.8 m; MS 3.2 m) interpolation method. The accuracy (RMS XY) of the obtained raw data was about 12.4 m for scene west and 9.5 m for east scene (max. 34 metres for the summit of the Marshall Piłsudski Mound).

In the process of the orthorectification, OrthoWarp ER (Inpho Technology) software was used. The same GCP for all models for the PAN band for the eastern (16 GCP) and western (15 GCP) scenes were used in the orthorectification process. The mean square error (RMS) of the location of co-ordinates XY was in ORTO_15 (based on the 15_DEM) result image below 2.0 metres (for scene west – 1.75 m; east – 2.16 m). Subsequently tested 20_DEM and 30_DEM caused slight deterioration of the location accuracy, when RMS grew to 2.37 m in both cases. The eastern scene of smaller angular declination of a scanner from the nadir (8.1°) than the western one (13.1°) showed slightly greater bias (additionally about 0.41 m for ORTO_15 and 0.26 m for ORTO_30).

Processed into the form of orthoimages, the VHRS IKONOS-2 scenes fully met the expectations of the project as a basis for mapping the vegetation in each of the analysed cases of the application of different DEM. The comparison of the application of different types of digital elevation models of different characteristics in the process of generating satellite orthoimages confirmed the usefulness of the application of already publicly available DEM.

Dr inż. Piotr Wężyk
e-mail: rlwezyk@cyf-kr.edu.pl
tel. +12 6625082

Dr hab. inż. Krystian Pyka
e-mail: krisfoto@agh.edu.pl
tel. +12 7172302

Dr Ireneusz Jędrychowski
e-mail: i.jedrychowski@geo.uj.edu.pl
tel. +12 6645322