

PORÓWNANIE DOKŁADNOŚCI KOREKCJI GEOMETRYCZNEJ OBRAZÓW SPOT WYKONANEJ PRZY RĘCZNEJ I AUTOMATYCZNEJ IDENTYFIKACJI PUNKTÓW DOSTOSOWANIA*

Streszczenie. Przedstawione w artykule badania dotyczą porównania dokładności korekcji geometrycznej zdjęć satelitarnych SPOT wykorzystującej ręczną identyfikację punktów z dokładnością korekcji opartej na automatycznej identyfikacji punktów dostosowania przeprowadzonej przez program TARIFA. We wszystkich przypadkach jako baza odniesienia służyła tworzona przez Spot Image baza Reference3D[®]. W artykule przedstawiono również podstawowe zasady działania programu TARIFA.

1. Wstęp

Od dłuższego czasu zauważalny jest wzrost znaczenia zdjęć satelitarnych i lotniczych jako źródła danych dla wielu różnych zastosowań. Sprawą niezwykle istotną jest dokładność geometryczna tych zdjęć konieczna do ich zastosowania w GIS. Istnieje wiele programów do korekcji geometrycznej obrazów rastrowych, z wykorzystaniem punktów dostosowania (GCP) identyfikowanych ręcznie. Kolejnym, naturalnym etapem rozwoju tego typu oprogramowań jest automatyzacja procesu identyfikowania GCP, procesu długotrwałego, żmudnego i niezwykle istotnego dla przebiegu całej korekcji geometrycznej. W chwili obecnej w kilku ośrodkach na świecie trwają prace nad programami umożliwiającymi automatyzację tego procesu przy wykorzystaniu wcześniej zgeometryzowanych obrazów rastrowych do wyznaczania współrzędnych terenowych punktów dostosowania.

Jednym z tych ośrodków jest Spot Image, który we współpracy z CNES (fr. *Centre National d'Etudes Spatiales*) we Francji pracuje nad programem TARIFA. Program ten wykorzystuje globalną (w zamyśle) bazę danych Reference3D[®], jako bazę odniesienia, zarówno dla identyfikacji punktów dostosowania jak i do ortorektyfikacji. Baza ta jest tworzona przez Spot Image we współpracy z IGN (fr. *Institut Geographique National*) we Francji, głównie przy wykorzystaniu zdjęć stereo uzyskanych ze skanera SPOT 5 HRS i zawiera warstwę DEM oraz warstwę ortoobrazu.

Niniejszy artykuł prezentuje badania, dotyczące porównania wyników ortorektyfikacji wykonywanej programem TARIFA z wynikami uzyskanymi przy zastosowaniu innych, dostępnych na rynku, wiodących programów oferujących możliwość ortorektyfikacji opartej na ręcznym pozyskiwaniu punktów dostosowania. Te programy to:

- GEOimage,
- Geomatica 9.0,
- Leica Photogrammetry Suite 8.7 (LPS)
 - Orbital Pushbroom (OP) (mający zastosowanie tylko do obrazów SPOT 5)
 - Polynomial Pushbroom (PP)

- SocetSet 5.0.

Prezentowana praca powstała w Spot Image w Tuluzie pod kierownictwem Gidier Giacobbo i jest częścią pracy dyplomowej studiów DESS prowadzonych w GDTA w Tuluzie

2. Charakterystyka programu TARIFA

Program TARIFA jest „sercem” systemu ANDORRE (fr. *Atelier Numérique D’OrthoREctification*, dosł. numeryczny warsztat do ortorektyfikacji), narzędzia opracowanego w CNES France we współpracy ze Spot Image, służącego do:

- ortorektyfikacji zdjęć satelitarnych,
- tworzenia zespołów obrazów panchromatycznych z wielospektralnymi,
- tworzenia numerycznych modeli wysokości terenu (DEM)

w sposób całkowicie automatyczny, co jest jego najważniejszą zaletą i jednocześnie główną cechą odróżniającą od innych programów fotogrametrycznych. W niniejszym artykule skupiono się na pierwszym z wymienionych zadań – ortorektyfikacji.

Bazą odniesienia wykorzystywaną w tym celu jest baza Reference3D[®], powstająca w Spot Image we współpracy z IGN (około 2 mln. km² pokrycia w chwili obecnej, ponad 30 mln. km² planowanego pokrycia w ciągu najbliższych 5 lat). Reference3D[®] tworzona jest na podstawie zobrazowań SPOT 5 HRS (fr. *Haute Resolution Stereoscopie*). Należy zaznaczyć, że dzięki zastosowaniu jednocześnie wyznaczania pozycji satelity z rejestracji układu gwiazd i z odbiornika GPS wysoka jakość geometryczna bazy (10 m dla 90% punktów) osiągnięta jest bez użycia punktów dostosowania.

Baza składa się z trzech warstw:

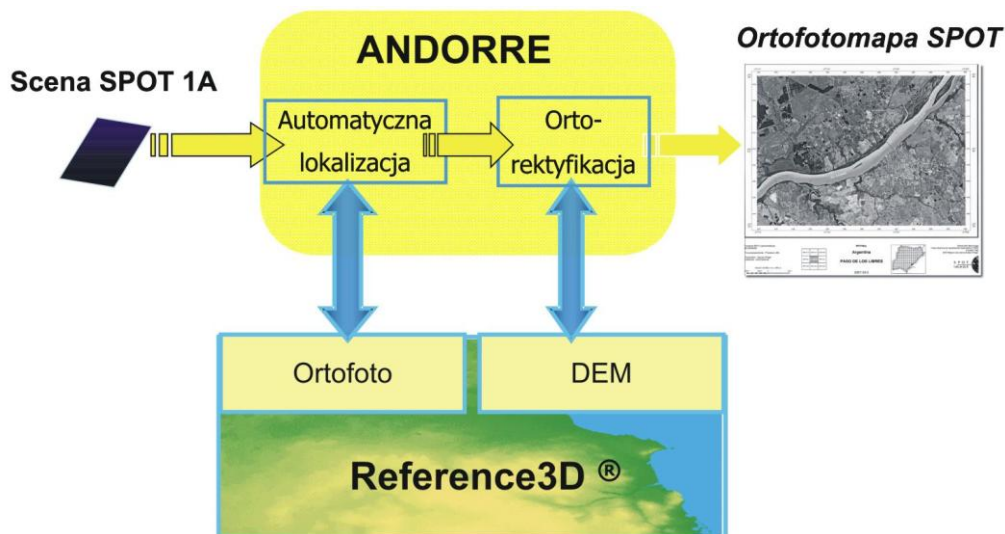
- warstwy ortoobrazu (ang. *Orthoimage Layer*) o rozmiarze piksela około 5x5m wykorzystywanej w systemie ANDORRE jako źródło punktów dostosowania,
- warstwy numerycznego modelu wysokości (ang. *DEM Layer*) o oczku siatki około 30m (odpowiada DTED 2) wykorzystywanej do ortorektyfikacji,
- warstwy jakości i metadanych (ang. *Quality Layer*).

Funkcjonowanie algorytmu TARIFA odpowiadającego za geometryczne przetwarzanie obrazów przebiega w następujących etapach:

1. Tworzenie obrazu symulowanego – na podstawie danych efemerydalnych geometria ortoobrazu Reference3D[®] „wyniesiona” zostaje na płaszczyznę tłową obrazu rektyfikowanego, co ułatwia korelację, będącą podstawą działania tego programu.
2. Identyfikacja punktów homologicznych na dwóch obrazach: symulowanym i rektyfikowanym na podstawie korelacji. Podczas tego procesu liczona jest korelacja między zdjęciami na 5000 punktów, z których te o współczynniku korelacji przynajmniej 0,9 są w dalszym etapie wykorzystane jako punkty dostosowania. Może to być nawet 1000 punktów.
3. Tworzenie modelu orientacji zewnętrznej – na podstawie punktów dostosowania liczone są współczynniki modelu. W przypadku pracy na piramidach obrazowych etapy 2 i 3 omawianego procesu mogą być powtarzane.

4. Poprawienie parametrów orientacji zewnętrznej poprzez zastosowanie modelu obliczonego w punkcie 3. W ten sposób powstaje ostateczny model orientacji zewnętrznej.

Obliczony w ten sposób model ostateczny orientacji zewnętrznej i warstwa DEM Reference3D[®] służą do ortorektyfikacji surowych obrazów.



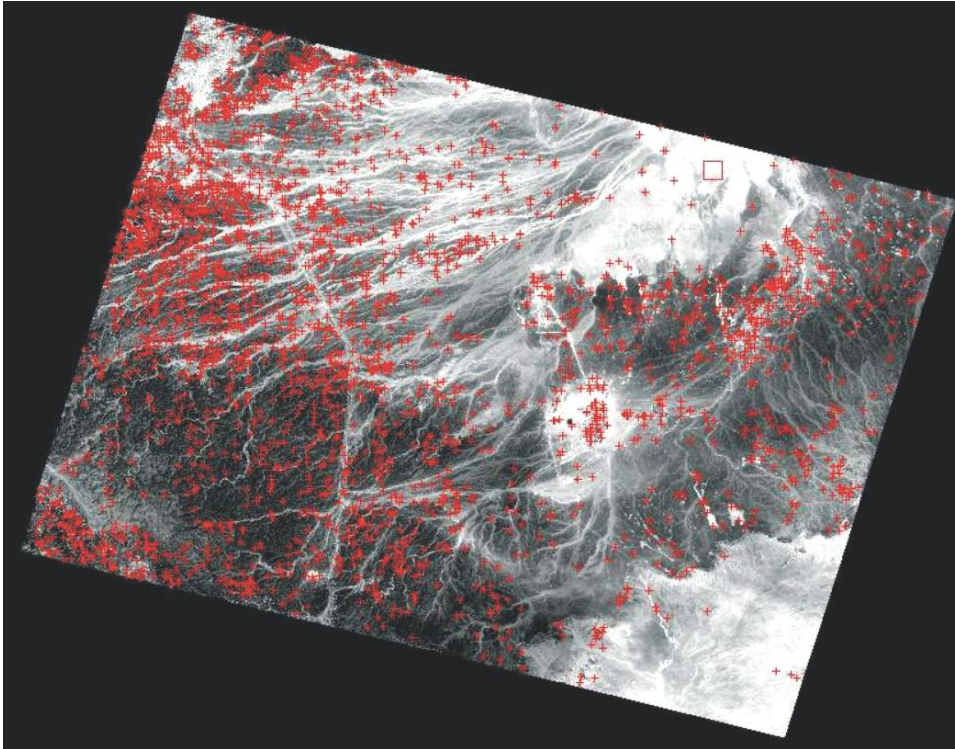
Rys.1 Uproszczony schemat działania systemu ANDORRE

Czas trwania całego procesu korekcji geometrycznej jest zależny od wielkości piksela i liczby kanałów i dla obrazu SPOT 5 tryb A (jeden kanał panchromatyczny, piksel 5x5m) wynosi około 2 godzin.

Jakość geometryczna tak uzyskanego ortobrazu jest szacowana na podstawie automatycznego (opierającego się na korelacji) pomiaru odchyleń względem Reference3D[®]. Pomiar ten przeprowadzany jest dla około 1000 punktów wybranych automatycznie przez program (rys.2).

Przedstawiona powyżej metoda oszacowania jakości ortorektyfikacji charakteryzuje się oczywistymi zaletami jak np. duża liczba punktów (co skutkuje osiągnięciem statystyki bardziej odpowiadającej rzeczywistości) oraz dokładność pomiaru odchyleń wyższa niż w przypadku pomiaru ręcznego [Ackermann, 1994]. Jednocześnie jednak z samym pomysłem wyboru pomiaru odchyleń przy pomocy korelacji wiąże się pewna niedoskonałość. Otóż wybierane są tylko punkty charakteryzujące się wysokim współczynnikiem korelacji, a fragmenty zdjęcia o warunkach mniej korzystnych dla korelacji są podczas szacowania jakości pominięte (rys.2). Biorąc zaś pod uwagę, że baza odniesienia Reference3D[®] powstaje w oparciu o korelację (DEM) można przypuszczać, że te obszary charakteryzują się jednocześnie niższą jakością geometryczną. W ten sposób jakość ortorektyfikacji szacowana jest tylko na podstawie „lepszych” fragmentów zdjęcia.

Biorąc to pod uwagę zdecydowano się na niezależny, ręczny pomiar odchylek ortobrazu względem bazy odniesienia.



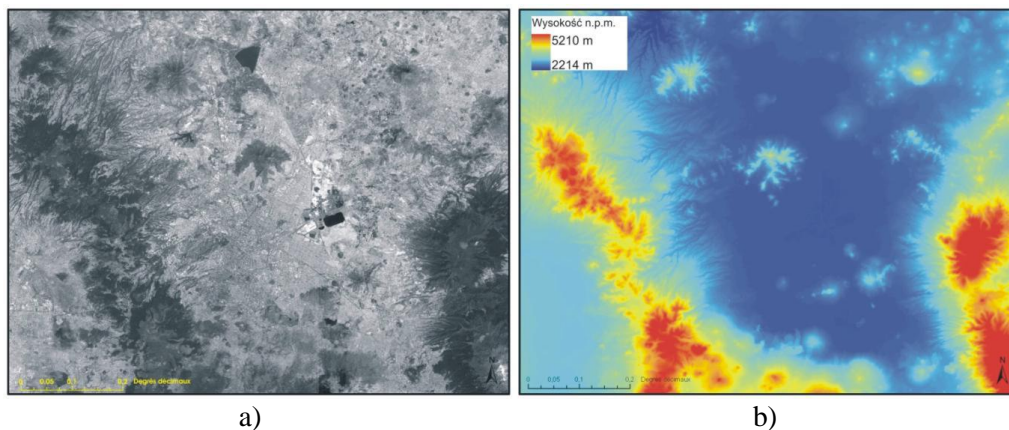
Rys.2 Ortoobraz wyprodukowany przez TARIFA z nałożonymi punktami służącymi do szacowania jakości geometrycznej

3. Charakterystyka danych

Wybór danych - zdjęć satelitarnych SPOT - był ograniczony przede wszystkim niekompletnością bazy odniesienia. Spośród dostępnych fragmentów Reference3D[®] wybrano dwie dale (dale to nazwa jednostki bazy o wymiarach 1° x 1°) o oznaczeniach N19W100 i N19W99 (od współrzędnych południowo - wschodnich narożników) obejmujące miasto Meksyk (patrz rys.3). Archiwum SPOT jest bogate dla tego terenu, w związku z czym nie było kłopotów z doбором zdjęć o różnych charakterystykach rejestracji (takich jak data rejestracji, rozdzielczość przestrzenna, tryb (P, XS) i kąt inklinacji).

Wybór ten podyktowany był w pierwszej kolejności różnorodną charakterystyką terenu. Znajdują się tam zarówno tereny miejskie – płaskie, cechujące się radiometrią bardzo zmienną w przestrzeni i stabilną w czasie (czyli bardzo korzystną pod względem korelacji), jak i górzyste, porośnięte lasami, cechujące się radiometrią mało zróżnicowaną w przestrzeni i jednocześnie mało stabilną w czasie (co znacznie utrudnia korelację, zwłaszcza obrazów wieloczasowych). Ocena warunków radiometrycznych pod kątem korelacji jest o tyle istotna, że zarówno baza odniesienia jak i działanie programu TARIFA opierają się właśnie na korelacji. Poza tym wspomniane zróżnicowanie rzeźby terenu jest ważne, gdyż dokładność bazy

Reference3D[®] (głównie warstwy DEM, ale również warstwy ortobrazu powstałej w oparciu o tenże DEM) zależy m.in. od stopnia nachylenia terenu.



Rys.3 Fragment bazy Reference3D[®] przedstawiający pole testowe (miasto Meksyk)
a) warstwa ortobrazu, b) warstwa DEM

Spośród dostępnych obrazów wybrano 8 reprezentujących szeroką gamę warunków pozyskiwania. W niniejszym artykule przedstawiono najbardziej reprezentatywne i najciekawsze wyniki dotyczące 5 zdjęć (tab.1).

Tabela nr 1

Dane testowe

Nr	Nazwy satelity i skanera	Tryb obrazowania	Wielkość piksela	Kąt inklinacji	Data pozyskania
1	SPOT 5 HRG 1	Panchro (A)	5 m	+30°	22/12/2002
2	SPOT 5 HRG 1	Panchro (THR)	2,5 m	+30°	22/12/2002
3	SPOT 4 HRVIR 1	Panchro (M)	10 m	-25°	16/10/2000
4	SPOT 4 HRVIR 2	Wielospektralny (I)	20 m	-9,6°	19/01/2003
5	SPOT 2 HRV 1	Panchro (P)	10 m	-1,9°	14/03/1990

4. Metodyka porównania procesu ortorektyfikacji

Jedynym źródłem odniesienia była baza Reference3D[®]: warstwa ortobrazu wykorzystana została jako źródło punktów dostosowania, natomiast warstwa DEM – jako źródło wysokości.

Celem badań było porównanie jakości procesu ortorektyfikacji wykonywanej przy użyciu różnych programów. Istotne było także zbadanie wpływu różnych warunków pozyskania zdjęcia na jakość tego procesu. Z tego względu ważne było zapewnienie możliwie podobnych warunków do ortorektyfikacji. W tym celu wybrano 16 punktów możliwych do zidentyfikowania na wszystkich zdjęciach (z wyjątkiem zdjęcia nr 2 z tab.1, dla którego, ze względu na nieco inne pokrycie, pozostawiano 12 punktów wykorzystanych dla innych zdjęć i obrano 4 dodatkowe) i wykorzystano je

jako punkty dostosowania. Wybrane punkty charakteryzowały się optymalnym, równomiernym rozkładem na zdjęciach wykorzystanych do testów. W celu eliminacji wpływów innych czynników niż związane z działaniem badanych programów, użyto tych samych współrzędnych geograficznych punktów dostosowania dla wszystkich zdjęć, a także, dla każdego ze zdjęć tych samych współrzędnych obrazowych.

Oczywiście powyższe zasady dotyczyły programów umożliwiających jedynie ręczne modelowanie zdjęć i nie miały zastosowania w przypadku programu TARIFA, gdzie proces doboru punktów dostosowania jest całkowicie automatyczny.

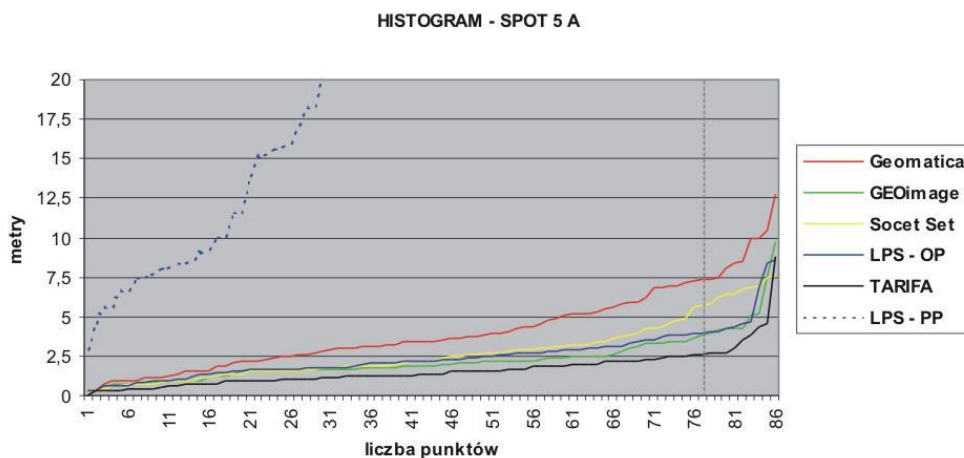
W celu oszacowania jakości tworzonych ortoobrazów wybrano 87 punktów, na których pomierzone zostały różnice współrzędnych między ortobrazem Reference3D[®] a poszczególnymi, nowo-wyprodukowanymi ortoobrazami (obiekty – punkty identyfikowane były niezależnie na każdym zdjęciu po czym mierzone były ich współrzędne).

5. Wyniki

Wyniki zaprezentowane są w postaci wykresów, przedstawiających na osi poziomej liczbę punktów (do oszacowania jakości) uporządkowanych pod względem wartości zaobserwowanej odchyłki, zaś na osi pionowej wielkość tej odchyłki. Przerzywana pionowa linia znaczy 90% punktów.

SPOT 5 tryb A, piksel 5m, kąt inklinacji +30°

Na pierwszym wykresie przedstawiającym rezultaty ortorektyfikacji zdjęcia SPOT 5 A widać wyraźnie, że największym podobieństwem do oryginału (Reference3D[®]) charakteryzuje się produkt programu TARIFA. Dla 90% punktów odchyłka praktycznie nie przekracza wielkości 0,5 piksela.



Innym godnym uwagi faktem jest bardzo duża różnica pomiędzy dokładnościami uzyskanymi przy zastosowaniu dwóch wariantów oprogramowania LPS: Orbital Pushbroom (OP) daje bardzo wysoką, podpikselową dokładność dla 90% punktów, a Polynomial Pushbroom (PP) – bardzo duże odchyłki nawet do 200m.

Wiąże się to z typem modelowania: OP umożliwia modelowanie stricte fizyczne, podczas gdy PP z dostępnych parametrów wykorzystuje jedynie kąt inklinacji. Co więcej, deformacje ortooobrazu otrzymanego z LPS – PP wykazują zdecydowanie systematyczny charakter (zwrot i wartość odchyłki zależne od wysokości n.p.m.) wskazujący na wpływ niedoskonałej aplikacji tego parametru. Prawdopodobnie wiąże się to z nowym typem metadanych SPOT 5 (jak wykazano poniżej, odchyłki ortooobrazów wyprodukowanych na podstawie zdjęć starszych generacji SPOT są znacznie mniejsze), a także z dużym kątem inklinacji, utrudniającym modelowanie.

Dość znaczące odchyłki charakteryzują obraz będący efektem pracy programu Geomatica 9.0. Deformacje dla około 40% punktów przekraczają wielkość 1 piksela. Największe deformacje zaobserwowane zostały we fragmencie zdjęcia, gdzie kąt inklinacji jest największy. Biorąc pod uwagę, że wyniki ortorektyfikacji zdjęć starszych generacji SPOT charakteryzują się wysoką dokładnością można przypuszczać, że jest to kwestia aplikacji metadanych SPOT 5.

Pojedyncze, stosunkowo duże odchylenia względem bazy odniesienia wynikają raczej z lokalnych niedokładności samej bazy.

SPOT 5 tryb THR, piksel 2,5m, kąt inklinacji +30°

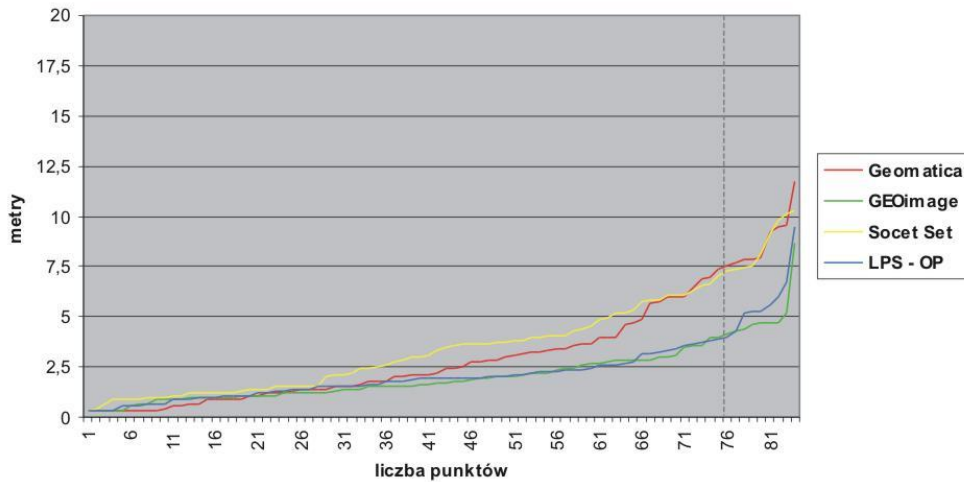
Należy zaznaczyć, że ortooobraz SPOT 5 THR (fr. *Tres Haute Resolution* – bardzo wysoka rozdzielczość) Supermode[®] o rozdzielczości 2,5m wytworzony przez program TARIFA był niedostępny. Praca będąca podstawą do powstania tego artykułu wykonywana była w Spot Image we współpracy z CNES w związku z czym podlegała pewnym ograniczeniom związanym w działalnością tych firm. Mimo to zdecydowano się przedstawić wyniki otrzymane dla tego zdjęcia (Supermode[®]) przy użyciu innych programów.

Drugi wykres przedstawia wyniki ortorektyfikacji zdjęcia SPOT 5 THR. Jak wspomniano powyżej, ortooobraz wyprodukowany przez program TARIFA był niedostępny. Zrezygnowano również z ponownego badania narzędzia LPS – PP, wykazano bowiem wcześniej, że wykorzystywanie go do ortorektyfikacji zdjęć SPOT 5 w momencie, gdy dostępne jest narzędzie LPS – OP jest bezzasadne.

Wyniki są bardzo podobne do tych omówionych powyżej. Jakość ortooobrazów otrzymanych przy pomocy programów GEOimage i LPS – OP jest wysoka. Programy Geomatica i SocetSet ponownie dały nieco gorsze rezultaty.

Widać również, że mimo zwiększenia rozdzielczości przestrzennej nie nastąpiła poprawa bezwzględnej jakości otrzymywanych produktów. Wiąże się to z rozdzielczością bazy Reference3D[®] (5x5m), która stanowi tu czynnik ograniczający tę poprawę.

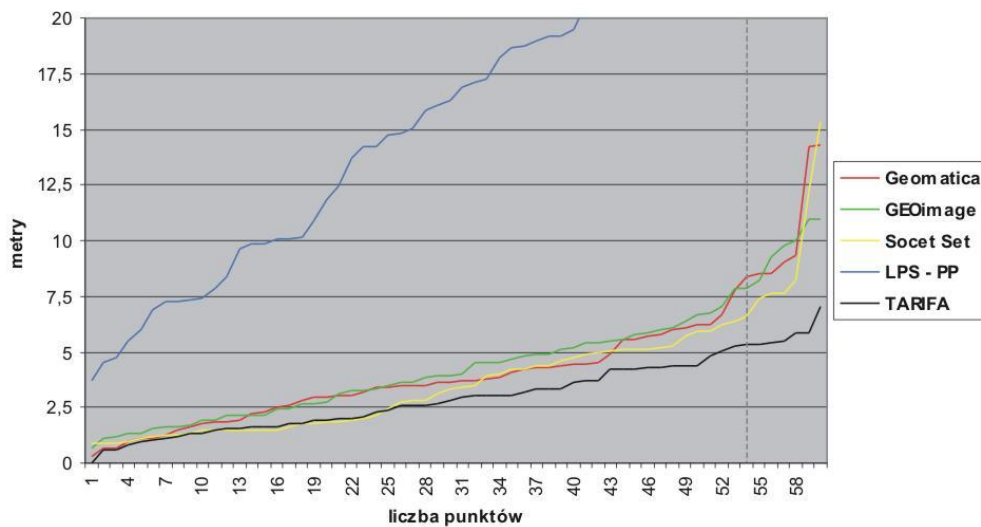
HISTOGRAM - SPOT 5 THR



SPOT 4 tryb M, piksel 10m, kąt inklinacji -25°

Porównanie wyników ortorektyfikacji zdjęcia SPOT 4 M wypada ponownie na korzyść programu TARIFA. Dla blisko 90% punktów wartość odchyłek wynosi mniej niż 5m (czyli 0,5 piksela). Trzy programy (GEOimage, Geomatica i SocetSet) dały bardzo podobne, wysokiej jakości wyniki: w 90% punktów dokładność względem bazy odniesienia była większa niż rozmiar piksela.

HISTOGRAM - SPOT 4 M



Ponownie największe deformacje zaobserwować można na ortoobrazie wyprodukowanym przy pomocy LPS – PP. Po raz kolejny odchyłki w znaczący sposób przekraczają rozmiar piksela, choć są znacznie mniejsze niż w przypadku

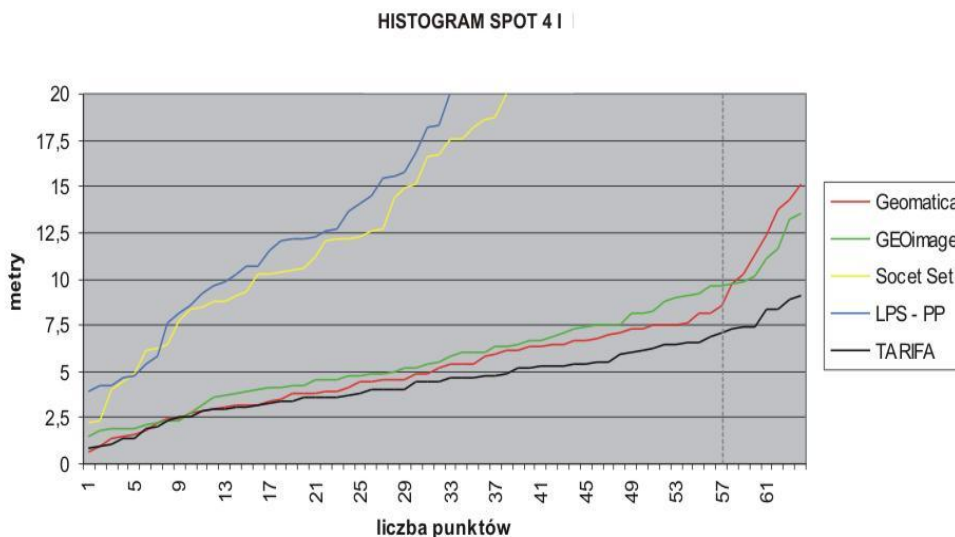
SPOT 5 A. Należy zwrócić uwagę, że warunki ekspozycji, ze względu na duży kąt inklinacji były trudne do modelowania. Ortorektyfikacja oparta na modelu wielomianowym po raz kolejny okazuje się być niewystarczająco dokładna w takim przypadku.

SPOT 4 tryb I, piksel 20m, kąt inklinacji $-9,6^\circ$

Po raz kolejny program TARIFA charakteryzuje się najwyższą jakością oferowanego produktu. W stosunku do rozmiaru piksela jest to najwyższa dokładność spośród wszystkich otrzymanych (znacznie wyższa niż 0,5 piksela na wszystkich badanych punktach). Obrazy otrzymane przy pomocy programów GEOimage i Geomatica to odchyłki o nieco wyższych wartościach, mimo to niewielkich w porównaniu do rozmiaru piksela, mniejszych niż 0,5 piksela dla 90% badanych punktów.

Najniższą dokładność zaobserwowano na ortoobrazie uzyskanym z programu LPS – PP. Wartości odchyłek równe są wielokrotności piksela (3,8 piksela dla punktu „zamykającego” grupę 90%).

Interesujący jest przypadek ortoobrazu otrzymanego przy użyciu programu Socet Set. Odchyłki w stosunku do bazy odniesienia są znaczące (zbliżone do tych otrzymanych na zdjęciu LPS – PP). Prawdopodobnie wiąże się to z niedoskonałością implementacji modelu SPOT 4 w tym programie.



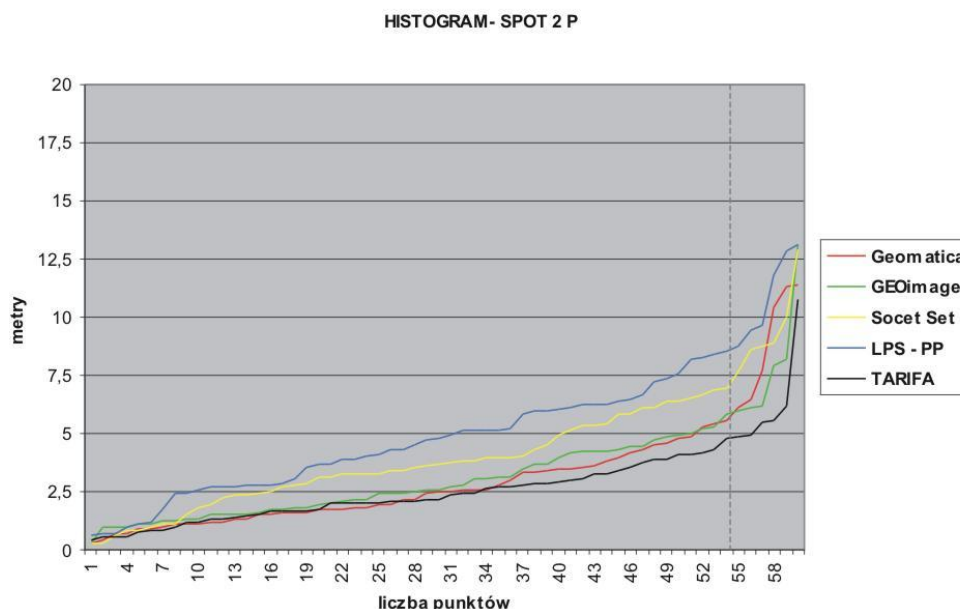
SPOT 2 tryb P, piksel 10m, kąt inklinacji $-1,9^\circ$

Jak zwykle najbliższy oryginałowi jest produkt programu TARIFA. Charakteryzuje się bardzo wysoką jakością geometryczną – dla 90% punktów odchyłki są niższe niż 5m czyli 0,5 piksela.

Programy Geomatica i GEOimage, podobnie jak w poprzednich przypadkach (z wyjątkiem zdjęć SPOT 5) charakteryzują się podobną, wysoką jakością. W ich

przypadku odchylenia dla niemal 90% punktów nie przekraczają wartości 0,5 piksela. Nieco gorszą, mimo to dobrą jakością charakteryzuje się ortoobraz otrzymany dzięki programowi SocetSet – na 90% punktów zaobserwowano odchyłki niższe niż wartość piksela.

Interesujący jest przypadek produktu LPS – PP. Jak poprzednio, również i tutaj jakość tego ortoobrazu jest najniższa spośród badanych, tym razem zaobserwowane deformacje są podobnego rzędu, jak w przypadku pozostałych programów. Prawdopodobnie wiąże się to z warunkami pozyskania zdjęcia. Jest to zdjęcie quasi-nadirowe, a zatem o parametrach stosunkowo łatwych do modelowania.



6. Porównanie wyników

Tabela nr 2

Odchyłki dla 90% punktów

	SPOT 4 I 20m	SPOT 2 P 10m	SPOT 4 M 10m	SPOT 5 A 5m	SPOT 5 THR 2.5m
GEOimage	10m (0,5 piksela)	6m (0,6 piksela)	8m (0,8 piksela)	4m (0,8 piksela)	4m (1,6 piksela)
Geomatica	10m (0,5 piksela)	6m (0,6 piksela)	8,5m (0,8 piksela)	7,5m (1,5 piksela)	7,5m (3 piksele)
LPS	77,5m (3,8 piksela)	9m (0,9 piksela)	33,5m (3,4 piksela)	4m (0,8 piksela)	4m (1,6 piksela)
Socet Set	39m (2,0 piksela)	7,5m (0,8 piksela)	7,5m (0,8 piksela)	6m (1,2 piksela)	7m (2,8 piksela)
TARIFA	7m (0,3 piksela)	5m (0,5 piksela)	5,5m (0,6 piksela)	2,5m (0,5 piksela)	—

Ortoobrazy uzyskane przy użyciu programu TARIFA cechowała bardzo wysoka dokładność, dla 90% punktów bliska (lub wyższa) połowie wartości liniowego wymiaru piksela. Za każdym razem wartości odchyłek zaobserwowanych na zdjęciach TARIFA były najniższe spośród wszystkich badanych.

Równie stabilne, choć nieco gorsze rezultaty otrzymano przy pomocy programu GEOimage. Dokładności wszystkich ortooobrazów są wysokie i dla 90% punktów mieszczą się (z wyjątkiem ortooobrazu SPOT 5 THR) w liniowym wymiarze piksela.

Bardzo dobrymi wynikami dla starszych generacji zdjęć SPOT (1-4) charakteryzuje się program Geomatica. Dokładności tu otrzymane są niemal identyczne jak te otrzymane dla programu GEOimage. Nieco gorzej sytuacja przedstawia się w przypadku ortooobrazów SPOT 5. Dokładności osiągnane dla tych obrazów są wyraźnie niższe i w znacznej mierze przekraczają rozmiar piksela.

W przypadku programu SocetSet dość dużych problemów nastąpiło obraz SPOT 4 I, gdzie odchyłki względem bazy odniesienia sięgały kilkudziesięciu metrów. Poza tym dokładności są dość wysokie, przy czym w przypadku obrazów SPOT 5 wyraźnie niższe, podobnie jak w przypadku programu Geomatica.

Jeśli chodzi o program LPS, wyniki zależne są od zastosowanego narzędzia. Orbital Pushbroom wykorzystany do ortorektyfikacji zdjęć SPOT 5 daje bardzo dobre rezultaty, porównywalne z otrzymywanymi w przypadku programu GEOimage. Z kolei narzędzie Polynomial Pushbroom charakteryzuje się dość dużą niedokładnością produkowanych ortooobrazów, przy czym zależy to w dużej mierze od parametrów orientacji zewnętrznej (zdjęcia o dużym kącie inklinacji wydają się być znacznie trudniejsze do poprawnego modelowania).

7. Podsumowanie

Przedstawione powyżej badania wykazały, że ortorektyfikacja oparta na automatycznym pozyskiwaniu punktów dostosowania może cechować się wysoką dokładnością, a także stabilnością otrzymywanych rezultatów. Dzieje się tak głównie dzięki wysokiej precyzji metod pomiarowych opartych na korelacji, a także dzięki, wynikającej z rosnących mocy obliczeniowych komputerów, możliwości wykorzystania bardzo dużej liczby punktów dostosowania.

Biorąc pod uwagę szybkość i precyzję programu TARIFA, nasuwa się szereg potencjalnych zastosowań ortooobrazów wyprodukowanych przez ten program. Może to być m.in.:

- kartografia i ewidencja gruntów,
- rolnictwo precyzyjne,
- zarządzanie sytuacjami kryzysowymi (powodzie, trzęsienia ziemi itp.).

Należy zwrócić uwagę na to, że w dwóch ostatnich przypadkach istotne są dwa czynniki: precyzja i szybkość wykonania ortooobrazu. Dzięki plejadzie satelitów SPOT, przy sprzyjających warunkach atmosferycznych czas między zgłoszeniem zapotrzebowania, a wyprodukowaniem przez TARIFA ortooobrazu o dokładności rzędu kilku metrów może być liczony w godzinach. W związku z tym takie zadania jak pilne dostarczenie informacji na temat stanu upraw czy informacji na temat istoty i skali katastrofy mogą być spełnione bez większych problemów.

Co ciekawe, kwestia wykorzystania korelacji w celu pozyskania punktów GCP, choć stosunkowo nowa, wydaje się być łatwiejsza do rozwiązania niż np. wykorzystanie korelacji do tworzenia DEM. W przypadku pozyskiwania punktów dostosowania ewentualne problemy związane z różnicami radiometrii na dwóch korelowanych obrazach (wynikających np. z różnic oświetlenia czy pokrycia terenu) nie są tak istotne jak w przypadku tworzenia DEM, gdyż fragmenty o niewystarczająco wysokim współczynniku korelacji możemy odrzucić, kompensując te straty innymi fragmentami obrazów. W przypadku pomiaru korelacji na bardzo dużej liczbie punktów (np. 5000 jak w przypadku programu TARIFA) liczba uzyskanych w ten sposób punktów GCP jest i tak na tyle duża, by zapewnić bardzo wysoką dokładność produkowanego ortoobrazu. Wiąże się z tym inny wniosek, związany z bazą Reference3D[®]: dokładność ortoobrazów otrzymanych na podstawie zdjęć z różnych dat (np. sprzed kilkunastu lat) jest również bardzo wysoka, co pozwala przypuszczać, że również za kilkanaście, kilkadziesiąt lat baza Reference3D[®] nie straci na aktualności.

Literatura

- Ackermann, F., 1994, Digital Elevation Models – techniques and application, quality standards, development.
- Bernasik, J. Mikrut, S. 2004, Fotogrametria inżynierska.
- Delvit, J-M. Baillarin, S. Boullion, A., 2004, Maquette – TARIFA.
- Kupidura P., 2004, Évaluation de la base de données Reference3D[®] pour l'orthorectification des images SPOT, praca dyplomowa DESS wykonana na Uniwersytecie Paris VI. Li et al., 2002, Accuracy Analysis of Digital Orthophotos.
- PCI, OrthoEngine User Manual.
- Spot Image, 2004, ANDORRE: Technical Presentation.
- Spot Image, 2004, Reference3D[®] Product Description.

Recenzował: dr inż. Władysław Mierzwa