

PORÓWNANIE METOD ORTOREKTYFIKACJI OBRAZU IKONOS W PROGRAMIE PCI GEOMATICA 9.0

Streszczenie. Wysokorozdzielcze obrazy satelitarne są stosunkowo nowym źródłem danych fotogrametrycznych a możliwości ich wykorzystania dla różnorodnych zadań w kraju nadal rozważane. Ortorektyfikacja takich obrazów jest najbardziej naturalnym sposobem przygotowania ich do potrzeb pomiarowych. Opanowanie technik i metodyki pozwalającej w sposób produkcyjny uzyskiwać wysokiej jakości ortoobrazy satelitarne jest podstawowym warunkiem powszechnego stosowania VHRS. System Ikonos jest wskazywany jako dający najlepsze wyniki ortorektyfikacji w tym segmencie. Jednym z programów umożliwiających jej wykonywanie jest PCI Geomatica. Zostaną tu w sposób eksperymentalny porównane wyniki ortorektyfikacji obrazu Ikonos otrzymane za pomocą tego programu. Przedstawione tu zestawienie ma na celu pomóc w wyborze odpowiedniej liczby fotopunktów i metody ortorektyfikacji.

1. Wprowadzenie

Obrazy Ikonos zapoczątkowały zupełnie nową erę w fotogrametrii i teledetekcji. Pełne wykorzystanie potencjału obrazów Ikonos wymaga wykonania ich poprawnej korekcji geometrycznej. Wykonanie takiej korekcji umożliwiają powszechnie dostępne specjalistyczne oprogramowania. Na szczególną uwagę zasługuje tu PCI Geomatica.

Zawarty w nim moduł OrthoEngine oprócz powszechnie dostępnej metody RPC (ang. Rational Polynomial Coefficients) zawiera możliwość wykorzystania modelu parametrycznego. Model ten został opracowany przez dr Thierry Toutin'a z Kanadyjskiego Centrum Teledetekcji na podstawie przesłanek teoretycznych oraz danych zawartych w plikach metadanych i nagłówkach plików obrazowych [Toutin, 2000]. Metoda parametryczna opisuje ściśle relacje między obrazem a terenem. Opiera się on na warunku kolinearności. W przypadku zdjęć satelitarnych nie odnosi się on jednak do całego zdjęcia, a tylko do pojedynczej linii. Spowodowane jest to ciągłą w czasie zmianą elementów orientacji zewnętrznej [Kurczyński, 2002].

Celem eksperymentu jest porównanie dokładności matematycznej algorytmów poszczególnych metod zawartych w module OrthoEngine programu PCI Geomatica

2. Charakterystyka materiałów

Przedstawione w dalszej części prace zostały wykonane przy użyciu materiałów, oprogramowania i sprzętu komputerowego zakupionych w ramach projektu celowego „Opracowanie elementów wektorowych Bazy Danych Topograficznych oraz metod i technologii dyskretnej wielospektralnej analizy zmian powierzchniowych w oparciu o wysokorozdzielcze obrazy satelitarne” realizowanego na Politechnice Warszawskiej w Instytucie Fotogrametrii i Kartografii na zlecenie

Głównego Urzędu Geodezji i Kartografii z współfinansowaniem przez Komitet Badań Naukowych. Przeprowadzone prace są kontynuacją doświadczeń zebranych przez autora podczas wykonywania Studenckiego Grantu Rektorskiego „Analiza porównawcza wartości informacyjnej wysokorozdzielczych zdjęć satelitarnych i zdjęć lotniczych”.

Do eksperymentu użyto obrazu wykonanego dla północnej części Warszawy i jej najbliższych okolic. Podstawowe jego dane zostały przedstawione w tabeli 1.

Tabela 1

Podstawowe dane rektyfikowanego obrazu

Rodzaj zobrazowania	Ikonos
Numer sceny	2003042909554310000011
Data pozyskania	29.04.2003
Godzina wykonania	9:55
Kąt wychylenia od nadiru [°]	10,5
Typ danych	PAN
Produkt	Geo Ortho Kit
Rozdzielczość radiometryczna	11-bitowa
Rozdzielczość przestrzenna	1 metr
Wielkość sceny [km]	11,5 x 21
Zachmurzenie	0%

Zaprojektowano osnowę fotogrametryczną zawierającą 39 fotopunktów i wykonano jej pomiar terenowy. Każdy z punktów był identyfikowalny na zdjęciu z jednakową, podpikselową dokładnością. Współrzędne terenowe fotopunktów pomierzono metodą GPS FastStatic. W wyniku wyrównania uzyskano jednakową dla wszystkich fotopunktów dokładność wyznaczenia współrzędnych terenowych lepszą niż 10cm.

Do ortorektyfikacji użyto numerycznego modelu terenu „DTED Level 2”. Oczko siatki zostało przepróbkowane do wielkości 25x25m. Posiadany fragment NMT obejmuje obszar województwa mazowieckiego. Na podstawie pomiarów wykonanych dla tego eksperymentu oraz udostępnionych przez Instytut Fotogrametrii i Kartografii Politechniki Warszawskiej archiwalnych pomiarów GPS skontrolowano dokładność DTED Level 2. Wyniki te przedstawiono w tabeli 2. Dokładność ta okazała się znacznie wyższa niż podawana w charakterystyce DTED Level 2 i wyniosła jak w tabeli 2.

Ocena dokładności DTED Level 2 dla Warszawy i okolic

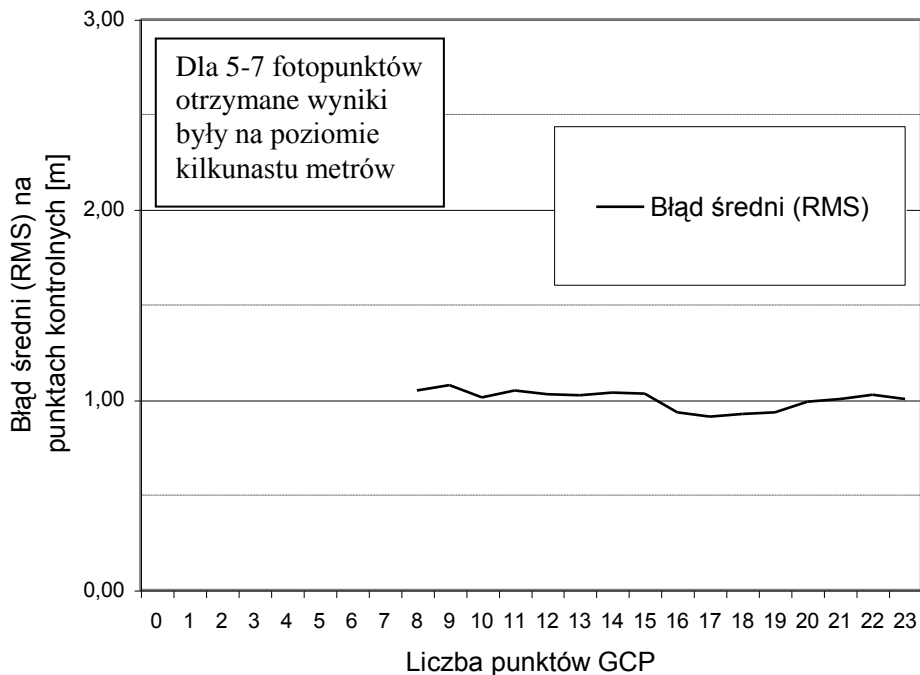
Obiekt	Liczba punktów kontrolnych	Błąd m_0 [m]
Nieborów	45	0,38
Warszawa I	39	0,66
Warszawa II	27	1,03
Wyszków	28	1,05
Łącznie	139	0,77

3. Opis eksperymentu

Za pomocą metod parametrycznej i RPC wykonano kolejno ortorektyfikację, zwiększając liczbę fotopunktów od 5 do 23 i uzyskując po 19 ortoobrazów dla każdej z metod. Pozostałe pomierzone w terenie fotopunkty wykorzystywano jako punkty kontrolne służące do oceny uzyskiwanych wyników. Ponieważ konieczne było wykonanie ortorektyfikacji każdą z metod w osobnych projektach, fotopunkty pomiędzy nimi zostały przeniesione za pomocą współrzędnych pikselowych z dokładnością do czwartego miejsca po przecinku. Minimalną liczbę fotopunktów określono na 5 aby zapewnić równomierne pokrycie sceny. Maksymalną liczbę określono na 23 uznając ją jako nieprzekraczalną w produkcji ze względu na czynnik ekonomiczny.

Aby pominąć wszelkie inne czynniki mogące wpływać na uzyskiwane wyniki, każdorazowo kładziono szczególny nacisk na równomierny rozkład fotopunktów na scenie. Dla obu metod używano tych samych kombinacji fotopunktów niezależnie od wykorzystywanej ich liczby. Rzędne wysokościowe fotopunktów i punktów kontrolnych zostały wczytane z numerycznego modelu terenu w celu minimalizacji jego wpływu do błędu wewnętrznego.

W pierwszej kolejności przedstawiono wyniki ortorektyfikacji z użyciem modelu parametrycznego.



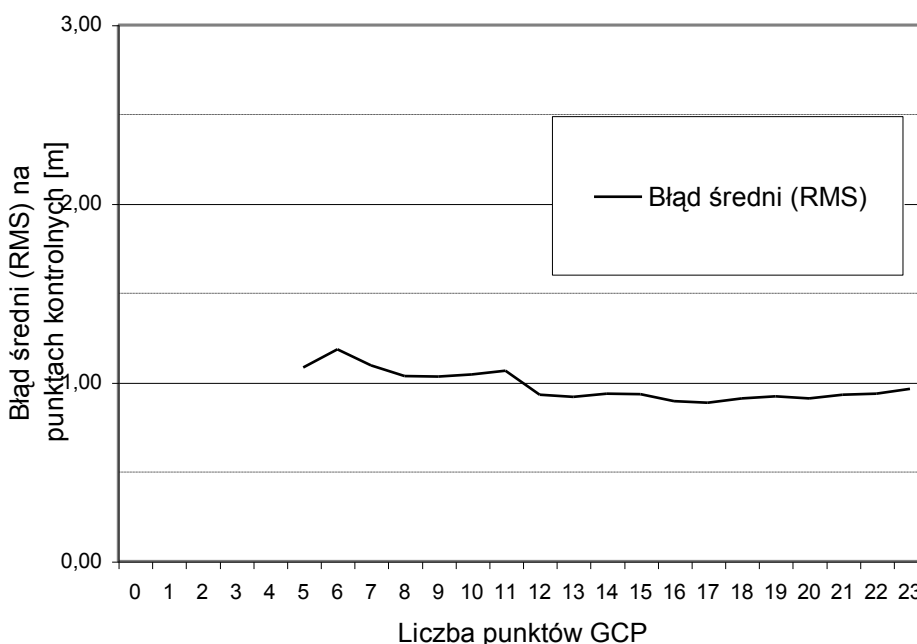
Rys.1. Dokładność ortorektyfikacji obrazu Ikonos w zależności od liczby punktów GCP dla metody parametrycznej

Minimalna liczba fotopunktów, dla której otrzymano zadowalające wyniki wyniosła osiem. Zwrócić należy uwagę, że wynik uzyskany dla tego minimum (podanego również przez producenta oprogramowania) nie odbiega znacznie od wyników uzyskiwanych w dalszej części wykresu. Można zatem stwierdzić, że dla większych bloków zdjęć satelitarnych, gdy obejmowane obszary i koszty pozyskania współrzędnych terenowych fotopunktów są bardzo duże, zastosowanie ośmiu do dziesięciu fotopunktów na scenę jest wystarczające dla procesu poprawnej ortorektyfikacji.

Dalsze zwiększanie liczby fotopunktów powoduje niewielki spadek otrzymywanych odchyłek. Najlepsze wyniki otrzymano dla przedziału od szesnastu do dziewiętnastu fotopunktów. Stwierdzenie takie jest szczególnie istotne w przypadku gdy posiadamy niewielką ilość scen satelitarnych obejmujących stosunkowo niewielki obszar dla którego pozyskanie współrzędnych fotopunktów z wysoką dokładnością nie niesie ze sobą ogromnych kosztów. Innym przypadkiem, dla którego taka informacja może być istotna to jeśli są wątpliwości co do jakości któregoś z komponentów potrzebnych do ortorektyfikacji, to jest: obrazu satelitarnego, numerycznego modelu terenu lub fotopunktów.

W końcowej części wykresu można zauważyć niewielki wzrost otrzymywanych odchyłek. Pomimo tego, wyniki pozostają na poziomie jednego metra aż do końca wykresu. Nasuwa to stwierdzenie o bezcelowości zwiększania liczby fotopunktów na scenę powyżej 19. Postępowanie takie powoduje znaczny wzrost kosztów i nie przynosi poprawy wyników.

Następnie zostały przedstawione wyniki ortorektyfikacji uzyskane przy użyciu metody RPC.



Rys. 2. Dokładność ortorektyfikacji obrazu Ikonos w zależności od liczby punktów GCP dla metody RPC

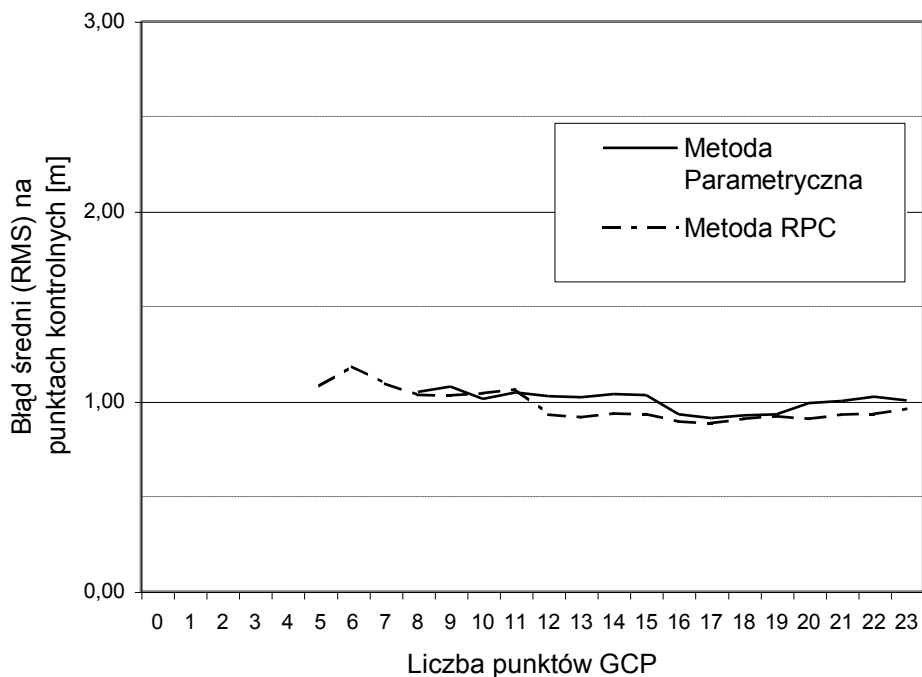
W pierwszej kolejności zauważyć należy, że już dla pięciu fotopunktów otrzymano poprawne wyniki. Nawet dla kombinacji z małą liczbą fotopunktów widać stabilność uzyskiwanych dokładności. Można zatem stwierdzić, że dla opracowań na blokach wielu scen obejmujących duże obszary przy użyciu metody RPC z wykorzystaniem współczynników dostarczonych wraz z obrazami wystarczy użycie od pięciu do ośmiu fotopunktów na scenę. Takie obniżenie ich liczby powinno powodować znaczne obniżenie kosztów całego opracowania.

Polepszenie wyników ortorektyfikacji uzyskano stosując kombinację od dwunastu do dziewiętnastu fotopunktów. W tym przedziale nie występują już problemy z równomiernym pokryciem sceny fotopunktami natomiast pojedyncze gorsze punkty są z powodzeniem poprawiane w procesie wyrównania w oparciu o pozostałe. Owocuje to stabilnymi wynikami na poziomie dziewięćdziesięciu centymetrów na punktach kontrolnych. Ponieważ jest to wielkość subpikselowa należy uznać ją za bardzo zadowalającą. Najlepszy wynik otrzymano dla siedemnastu fotopunktów. Należy ponownie stwierdzić, że przedział od szesnastu do dziewiętnastu fotopunktów jest najlepszy do opracowań dla małych obszarów lub gdy potrzebna jest możliwie wysoka dokładność uzyskana nawet po wyższych kosztach.

Dla kombinacji z liczbą fotopunktów powyżej dziewiętnastu, ponownie można zaobserwować niewielki wzrost odchylek na punktach kontrolnych. Nie jest już on jednak tak wyraźny jak ten, obserwowany dla metody parametrycznej. Ponadto nawet w tym przedziale dokładność procesu ortorektyfikacji pozostaje w zakresie

subpikselowym. Potwierdza to fakt nieopłacalności stosowania liczby fotopunktów powyżej dziewiętnastu.

Aby móc porównać uzyskane wyniki, sporządzono wykres zbiorczy przedstawiony poniżej. Wykres ten pozwala zaobserwować w sposób bezpośredni różnice występujące pomiędzy wynikami uzyskanymi za pomocą obu metod. Są one często na poziomie centymetrów co może wydawać się nieistotne z produkcyjnego punktu widzenia. Należy jednak pamiętać o odnoszeniu się przedstawionego tu porównania tylko i wyłącznie do matematycznej dokładności rozpatrywanych metod. W tym przypadku zostały wyeliminowane wszelkie inne potencjalne źródła błędów, które nakładając się na przedstawiane wyniki powodować będą sukcesywne powiększanie się przedstawianych tu różnic.



Rys. 2. Dokładność ortorektyfikacji obrazu Ikonos w zależności od liczby punktów GCP dla metody parametrycznej i RPC

4. Wnioski

Na podstawie przedstawionych wyników i ich analizy wyciągnięto następujące wnioski:

- Metoda parametryczna wymaga użycia minimum ośmiu fotopunktów do otrzymania pożądanego wyniku – już od tej minimalnej liczby fotopunktów uzyskiwane wyniki można uznać za co najmniej zadowalające podobnie jak ich stabilność

- Najlepsze dokładności przy użyciu metody parametrycznej otrzymano dla kombinacji ilościowych z przedziału między szesnaście a dziewiętnaście fotopunktów – dla tego też przedziału uzyskano podpikselowe dokładności ortorektyfikacji
- Aby uzyskać stabilne wyniki z metody wielomianowej należy użyć co najmniej ośmiu fotopunktów – poniżej tej liczby wyniki ortorektyfikacji są dość przypadkowe choć wartości średnich odchylek na punktach kontrolnych należy uznać za zadowalające
- Za pomocą metody wielomianowej ze współczynnikami od dystrybutora, najlepsze wyniki uzyskuje się dla kombinacji z użyciem liczby fotopunktów z przedziału między dwanaście a dwadzieścia – w tym dość szerokim przedziale uzyskane wyniki były bardzo stabilne a ich wartości znajdowały się w sferze podpikselowej
- Dla małej liczby fotopunktów wybór metody ortorektyfikacji nie rzutuje na otrzymywane wyniki – dla ośmiu do jedenastu fotopunktów obie rozpatrywane metody dają porównywalne wyniki a żadna z nich nie wykazuje wyraźnej przewagi.
- Powyżej jedenastu fotopunktów metoda wielomianowa daje lepsze wyniki niż metoda parametryczna – różnice te wahają się w przedziale od dwóch do dziesięciu centymetrów w zależności od liczby fotopunktów

5. Podsumowanie

Komercyjne oprogramowanie PCI Geomatica jest pełnym narzędziem służącym do przetwarzania przestrzennych danych rastrowych i wektorowych. Zawarty w nim moduł OrthoEngine wyróżnia się spośród innych oprogramowań możliwością zastosowania metody parametrycznej do ortorektyfikacji wysokorozdzielczych zdjęć satelitarnych. Podsumowując przedstawiony eksperyment należy stwierdzić:

- Dostępny dla terenu całej Polski Numeryczny Model Terenu DTED Level 2 jest w pełni wystarczający dla potrzeb ortorektyfikacji wysokorozdzielczych zdjęć satelitarnych – produkt ten pozwala na wykonanie ortoobrazów o subpikselowej dokładności horyzontalnej, dla terenów płaskich i o niewielkich deniwelacjach.
- Dla mniej niż ośmiu fotopunktów jedyną metodą umożliwiającą wykonanie ortorektyfikacji jest metoda wielomianowa – dla metody parametrycznej jest to minimalna liczba fotopunktów, dla której uzyskiwane są poprawne wyniki
- Dla liczby fotopunktów z przedziału osiem do jedenaście wybór metody ortorektyfikacji nie przynosi istotnych różnic w uzyskiwanych wynikach – odchyłki na punktach kontrolnych są na tym samym poziomie.
- Dla więcej niż jedenastu fotopunktów metoda wielomianowa daje lepsze wyniki ortorektyfikacji niż metoda parametryczna – mniejsze błędy dla metody wielomianowej uzyskano przy wszystkich liczbach fotopunktów powyżej jedenastu.
- Chcąc uzyskać podpikselową dokładność ortorektyfikacji obrazu Ikonos należy użyć co najmniej dwunastu fotopunktów – dla mniejszej liczby fotopunktów nie

udało się uzyskać dokładności poniżej jednego metra niezależnie od zastosowanej metody

- Stosowanie więcej niż osiemnastu fotopunktów na scenę jest całkowicie nieuzasadnione – niezależnie od zastosowanej metody dalsze zwiększanie liczby fotopunktów nie przynosi poprawy wyników.

Literatura

Z. Kurczyński, W. Wolniewicz, 2002, Korekcja geometryczna wysokorozdzielczych obrazów satelitarnych, GEODETA nr 10 (90), listopad 2002, s. 6-11

T. Toutin, P. Cheng, 2000, Demystification of Ikonos!, Earth Observation Magazine

Recenzował: prof. dr hab. Aleksandra Bujakiewicz