

KOREKCJA GEOMETRYCZNA A WYNIKI KLASYFIKACJI ZDJĘĆ WIELOSPEKTRALNYCH

Katarzyna Osińska-Skotak, Anna Fijałkowska

Politechnika Warszawska

Streszczenie. Klasyfikacja cyfrowa jest najczęściej wykorzystywanym algorytmem do tworzenia map tematycznych na podstawie zdjęć satelitarnych, np. mapy pokrycia terenu. Jednak aby wynik klasyfikacji stał się materiałem kartometrycznym, należy go poddać transformacji geometrycznej do określonego układu współrzędnych. Możliwe jest również postępowanie odwrotne, tzn. najpierw następuje wykonanie transformacji geometrycznej zdjęć oryginalnych, a dopiero potem przeprowadza się proces klasyfikacji już zgeometryzowanych zdjęć. Jednak, zważywszy na naturę cyfrowego przetwarzania obrazów rastrowych, powstaje pytanie: czy rezultaty obu postępowań będą takie same? Niniejsze opracowanie prezentuje wyniki badań nad wpływem momentu wykonywania transformacji geometrycznej zdjęć na wynik klasyfikacji nadzorowanej. Prace badawcze przeprowadzono na dwóch scenach satelitarnych zarejestrowanych przez satelitę SPOT5. Wybrane pola testowe reprezentują dwa odmienne typy krajobrazu: o gospodarstwach wielkoobszarowych oraz o rozdrobnionej strukturze agrarnej.

W wyniku prac badawczych okazało się, że istnieje wpływ korekcji geometrycznej zdjęć satelitarnych na wyniki klasyfikacji, jednak bardziej istotnym elementem przetwarzania jest wybór metody ponownego próbkowania oraz rozmiar piksela deklarowanego przy próbkowaniu obrazu podczas wykonywania transformacji geometrycznej.

Słowa kluczowe: korekcja geometryczna, transformacja geometryczna, klasyfikacja nadzorowana, zdjęcia wielospektralne

WSTĘP

Kiedy chcemy wykonać mapę tematyczną na podstawie zdjęć satelitarnych (rys. 1), to pierwsze co przychodzi nam na myśl, to wykorzystanie do tego celu algorytmów klasyfikacji wielospektralnej. Klasyfikacja cyfrowa jest jedną z najczęściej stosowanych metod przetwarzania cyfrowego satelitarnych zdjęć wielospektralnych. Dzięki niej można uzyskać, w sposób zautomatyzowany, mapę pokrycia terenu, często stanowiącą jedną z podstawowych warstw systemu informacji przestrzennej. Dotychczasowe doświadczenia pokazują, że proces klasyfikacji cyfrowej stanowi złożone zagadnienie,

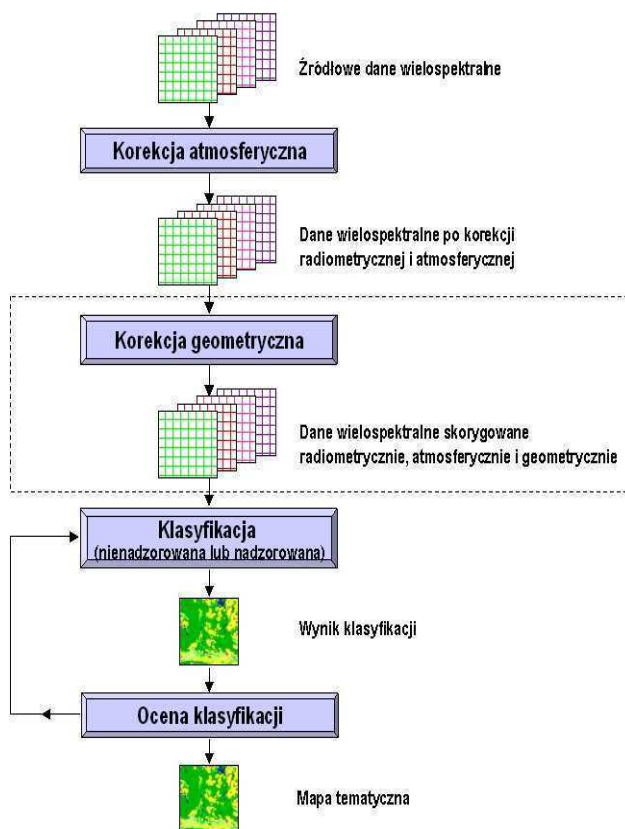
Adres do korespondencji – Corresponding author: Katarzyna Osińska-Skotak, Instytut Fotogrametrii i Kartografii, Politechnika Warszawska, Pl. Politechniki 1, 00-661 Warszawa,, e-mail: K.Osinska-Skotak@gik.pw.edu.pl

w szczególności w sytuacji, gdy badany obszar charakteryzuje się bardzo rozdrobnioną strukturą agrarną. Aby wynik klasyfikacji wielospektralnej zdjęć satelitarnych, czyli np. wspomniana mapa pokrycia terenu, mógł być w pełni wykorzystany, np. w systemach GIS lub dla celów planowania przestrzennego, powinien zostać doprowadzony do określonego układu współrzędnych. I na tym etapie pojawia się pytanie: czy przeprowadzając klasyfikację na zdjęciach źródłowych, a następnie dokonując jej geometryzacji otrzymamy taki sam wynik jak w przypadku odwrotnym, czyli wykonując najpierw geometryzację zdjęć źródłowych, a dopiero później klasyfikację wielospektralną zgeometryzowanego już obrazu? Ufając jedynie intuicji można by stwierdzić, że wyniki z obu podejść powinny być bardzo do siebie zbliżone. Jednak, kiedy głębiej wnikiemy w przebieg procesu transformacji geometrycznej oraz w naturę cyfrowego przetwarzania pojawią się większe wątpliwości. Konieczność przeprowadzenia ponownego próbkowania obrazu, podczas transformacji geometrycznej, wymusza zastosowanie jednej z metod próbkowania (z ang. resampling) obrazu rastrowego, które w różnym stopniu powodują zmiany w radiometrii obrazu wyjściowego w stosunku do obrazu wejściowego.

Temat klasyfikacji wielospektralnej pojawia się bardzo często w literaturze światowej. Przy tej okazji pojawiają się również różne przesłanki w kwestii wpływu transformacji geometrycznej na wyniki różnych przetworzeń obrazów cyfrowych. Część badaczy uważa, że wpływ momentu wykonania transformacji geometrycznej zdjęć satelitarnych jest mało istotny dla dalszych przetworzeń cyfrowych, a sama możliwość posiadania zdjęć w żądanym układzie współrzędnych stwarza więcej możliwości niż mamy to w przypadku wykorzystywania zdjęcia źródłowego, które nie ma cech obrazu kartometrycznego [Jensen, 1996]. Istnieje również inny pogląd, mówiący, że w wyniku geometryzacji dochodzi do zmiany oryginalnych wartości radiometrycznych, w związku z czym wyniki prowadzonych później analiz obarczone są błędem [Bychawski 1988]. Problem pozostaje właściwie nadal nierozwiązany i brak jest bardziej kompleksowych analiz na ten temat.

Często w różnego rodzaju pracach istnieje konieczność uprzedniego wykonania transformacji geometrycznej zdjęć satelitarnych, tak aby były one w żądanym układzie współrzędnych, zanim rozpocznie się właściwe przetwarzanie cyfrowe. Dotyczy to również klasyfikacji cyfrowej, przy wykonywaniu której pola treningowe potrzebne do wyuczenia algorytmu klasyfikacyjnego można pozyskiwać bezpośrednio w terenie, np. uzyskując ich współrzędne przy wykorzystaniu odbiorników GPS. Również w tzw. klasyfikacji eksperckiej wykorzystanie dodatkowych danych: rastrowych, wektorowych czy też pomiarowych, wymaga sprowadzenia zdjęcia satelitarnego do tego samego układu odniesienia, w którym mamy pozostałe dane. Konieczność wykonania geometryzacji zdjęć satelitarnych występuje również w przypadku analiz wieloczasowych, jak ma to miejsce np. dla potrzeb systemu IACS.

W Polsce dyskusję nad problematyką transformacji geometrycznej zdjęć satelitarnych podjął w latach 80. XX wieku prof. Wojciech Bychawski [1988]. Rozważania, jakie prowadził dotyczyły przede wszystkim sposobu określania położenia piksela w nowym układzie odniesień przestrzennych oraz kwestii umieszczenia właściwej wartości piksela w nowym układzie. Ważnym wówczas problemem był czas trwania obliczeń, co w obecnej chwili nie ma właściwie żadnego znaczenia. Rozwój techniki pozwala na stosowanie bardziej zaawansowanych i czasochłonnych algorytmów, ale powstaje coraz więcej pytań co do natury przetwarzania cyfrowego i jakości uzyskiwanych wyników.



Rys. 1. Schemat opracowania mapy tematycznej na podstawie wielospektralnych zdjęć satelitarnych

Fig. 1. The scheme of preparing of thematic map based on satellite multispectral images

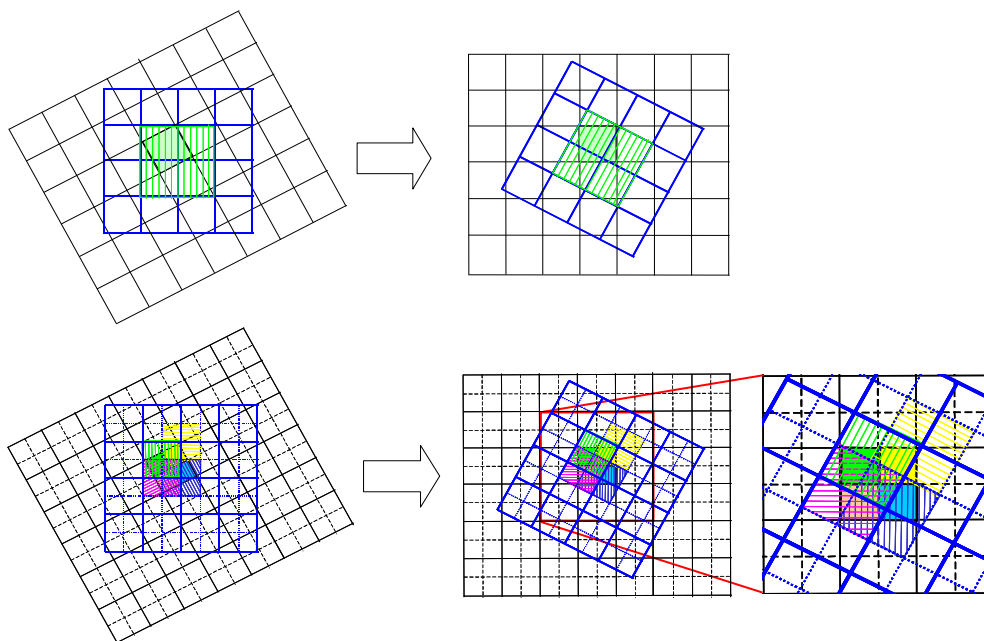
METODYKA I OBSZAR BADAŃ

Prowadzone do tej pory prace badawcze [Osińska-Skotak 2001, Osińska-Skotak, Fijałkowska 2004] wykazały, że wpływ momentu wykonywania transformacji geometrycznej na późniejsze przetworzenia satelitarnych zdjęć wielospektralnych istnieje i jest uzależniony od charakteru opracowywanego obszaru. Dlatego więc, aby ocenić jakościowo i ilościowo wpływ momentu wykonywania geometryzacji zdjęcia na wynik klasyfikacji wielospektralnej, proces klasyfikacyjny przeprowadzono dla dwóch różnych obszarów testowych oraz w dwóch podejściach. W pierwszym podejściu wykonywana była najpierw klasyfikacja na podstawie danych źródłowych, a następnie wynik jaki uzyskano poddano transformacji geometrycznej przy zastosowaniu próbkowania obrazu metodą najbliższego sąsiada.

Drugie podejście polegało na odwróceniu kolejności wykonywania klasyfikacji i transformacji geometrycznej, czyli: najpierw wykonywana była transformacja geome-

tryczna źródłowych zdjęć wielospektralnych, a dopiero w drugim kroku przeprowadzono klasyfikację obrazów już zgeometryzowanych.

W związku z tym, że we wcześniej prowadzonych pracach okazało się, iż oprócz samego momentu przeprowadzenia procesu geometryzacji, ważny jest również wybór metody ponownego próbkowania obrazu, przeanalizowano także wpływ trzech najczęściej stosowanych metod ponownego próbkowania: najbliższego sąsiada (z ang. nearest neighbour), interpolacji bilinearnej (z ang. bilinear interpolation) oraz splotu sześciennego (z ang. cubic convolution).



Rys. 2. Idea próbkowania obrazu rastrowego metodą bilinearną dla wielkości piksela rozmiaru oryginalnego i piksela o czterokrotnie mniejszej wielkości niż oryginalna (linia gruba – obraz źródłowy, linia cienka – obraz po transformacji geometrycznej)

Fig. 2. The idea of the image resampling using bilinear interpolation method, example for two images: with original pixel size and with four times pixel less them original pixel size (thick line – original image, thin line – image after geometric transformation)

Prowadząc rozważania tylko teoretycznie można zauważyć, że na ostateczny wynik geometryzacji musi istnieć również wpływ rozmiaru piksela, który jest deklarowany przy ponownym próbkowaniu obrazu (w czasie wykonywania geometryzacji). Mniejsze zmiany w radiometrii zdjęcia cyfrowego powinny mieć miejsce dla obrazu o rozmiarze piksela, np. czterokrotnie mniejszym w stosunku do rozmiaru piksela obrazu źródłowego, niż dla rozmiaru oryginalnego (rys. 2). Kierując się tymi przesłankami dokonano analizy wpływu geometryzacji na wynik klasyfikacji w zależności od wielkości piksela deklarowanego podczas wykonywania transformacji geometrycznej. Przy wykonywaniu procesu geometryzacji rozważono dwa warianty rozmiaru piksela: rozmiar piksela taki, jak w obrazie źródłowym oraz wariant z czterokrotnie mniejszym pikselem.



a) Żuławy



b) Powiat Wyszaków

Rys. 3. Fragmenty obszarów testowych „Żuławy” oraz „Wyszaków” przedstawione w formie kompozycji barwnej ze zdjęć SPOT 5 w tej samej skali.

Fig. 3. The fragments of the test sites „Żuławy” and „Wyszaków” present as a color composite of satellite image SPOT-5 at the same scale.

Wszystkie przetworzenia przeprowadzono w systemie ERDAS Imagine ver. 8.7. Analizie poddano jedno z pierwszych scen satelitarnych, jakie zarejestrował system satelitarny SPOT-5 w 2002 roku. Pierwsze zdjęcie, obejmujące swoim zasięgiem teren Żuław Wiślanych, pozyskano 20 sierpnia 2002 roku, natomiast drugie, dla obszaru Puszczy Białej, zarejestrowano 12 września 2002 roku.

Obszar testowy „Żuławy” to teren o strukturze agrarnej skonsolidowanej wielkoobszarowej, pola siewne o różnej wielkości (nawet do 25 ha) mają różnorodne wymiary i kształty, ale bardzo rzadko występują pola o wydłużonym kształcie, tak bardzo charakterystyczne dla Niziny Mazowieckiej (rys. 3). Z kolei obszar testowy „Wyszków” jest to teren o bardzo rozdrobnionej strukturze agrarnej. Wielkość średnia gospodarstwa w powiecie wyszkowskim ma powierzchnię od 2 ha do 4 ha, ale pola siewne mają na ogół od 0,4 ha do 1 ha i często mają one bardzo wydłużone kształty. Oba wybrane obszary charakteryzują się niewielkimi deniwelacjami, tylko w dolinach rzecznych występują skarpy.

Do prac testowych wybrano fragmenty scen satelitarnych o wielkości ok. 20×20 km o urozmaiconym pokryciu terenu, tak aby możliwe było wiarygodne porównanie wyników klasyfikacji.

ANALIZA WYNIKÓW

W pierwszym podejściu prace badawcze objęły klasyfikację nienadzorowaną. Pierwsze wyniki badań przedstawiono na Ogólnopolskim Sympozjum Naukowym „Fotogrametria, teledetekcja i GIS w świetle XX Kongresu ISPRS” w Białobrzegach w październiku 2004 roku [Osińska-Skotak, Fijałkowska, Chudzyńska 2004]. W wyniku przeprowadzonych badań okazało się, że wpływ momentu wykonania transformacji geometrycznej na rezultaty klasyfikacji nienadzorowanej zdjęć wielospektralnych istnieje, ale bardziej istotne znaczenie dla wyników klasyfikacji ma algorytm ponownego próbkowania obrazu, niż sam moment wykonania geometryzacji. Wpływ na wynik klasyfikacji jest większy w przypadku metod próbkowania: bilinearnej i splotu sześciennego, w których przy obliczaniu wartości piksela w nowym układzie współrzędnych wykorzystuje się większą ilość pikseli sąsiadujących, niż dla metody najbliższego sąsiada.

Jednoznacznie można stwierdzić, że wpływ momentu wykonywania transformacji geometrycznej najsilniej ujawnia się dla terenów o rozdrobnionym krajobrazie. W przypadku obszaru skonsolidowanego o dużych jednorodnych powierzchniach wpływ ten jest mniej widoczny. Wyniki klasyfikacji nienadzorowanej są bardzo zbliżone niezależnie od tego czy najpierw wykonamy klasyfikację zdjęć wielospektralnych, a następnie przeprowadzimy proces transformacji geometrycznej, czy też postąpimy odwrotnie. Okazało się również, że wielkość piksela deklarowanego przy ponownym próbkowaniu piksela pozwala na uzyskanie bardziej zbliżonych wyników klasyfikacji z obu podejść, niż ma to miejsce dla oryginalnego rozmiaru piksela. Oznacza to, że próbkując obraz z mniejszym pikselem można częściowo przeciwdziałać negatywnym skutkom tegoż próbkowania.

Druga część badań, przedstawiana w niniejszym opracowaniu, skupiła się na analizie wpływu momentu wykonywania transformacji geometrycznej na wyniki klasyfikacji nadzorowanej. Klasyfikację przeprowadzono przy zachowaniu wszelkich kanonów wykonywania klasyfikacji wielospektralnej. Dokonano wyboru pól treningowych o jak najbardziej jednorodnej wewnętrznie radiometrii. W sensie statystycznym sygnatury utworzone dla pól treningowych przedstawiały populację o rozkładzie normalnym, co jest niezmiernie istotne w przypadku stosowania algorytmu klasyfikacyjnego największego prawdopodobieństwa (z ang. maximum likelihood).

Analizę wpływu transformacji geometrycznej na wynik klasyfikacji nadzorowanej przeprowadzono dwuetapowo. Najpierw zbadano, jaki wpływ ma geometryzacja oraz wykorzystana metoda próbkowania obrazu na sygnatury zdefiniowanych pól treningowych dla poszczególnych klas, a następnie dokonano analizy wpływu geometryzacji na wyniki samej klasyfikacji nadzorowanej.

Wpływ geometryzacji na sygnatury pól treningowych

W wyniku przeprowadzonej analizy zestawów parametrów statystycznych, charakteryzujących poszczególne pola treningowe stwierdzono, że metoda ponownego próbkowania obrazu, wybierana podczas procesu transformacji geometrycznej, wpływa na sygnatury pól treningowych. Na ogół wartości średnie dla pól treningowych w poszczególnych zakresach spektralnych są bardzo do siebie zbliżone niezależnie od tego, jaką metodę próbkowania wykorzystano w trakcie geometryzacji zdjęć źródłowych. Jednak już wartość odchylenia standardowego w poszczególnych zakresach spektralnych wykazuje większe wahania w zależności od zastosowanej metody próbkowania. W przypadku wykorzystania algorytmu próbkowania metodą bilinearną wartość odchylenia standardowego jest na ogół niższa, niż ma to miejsce dla danych źródłowych. Z kolei przy zastosowaniu metody splotu sześciennego odchylenie standardowe jest wyższe, niż to występuje dla zdjęć oryginalnych. Najmniej zmienione wartości odchylenia standardowego występują w przypadku wykorzystania próbkowania metodą najbliższego sąsiada. Największe zmiany następują przede wszystkim dla zakresu bliskiej podczerwieni, czyli kanału XS3. Nie są to zmiany bardzo duże, ale mogą następować nawet na pierwszym miejscu po przecinku, mimo iż większość zmian zachodzi dopiero na drugim miejscu po przecinku. Mniejsze zmiany występują dla próbek charakteryzujących się mniejszą wariancją, natomiast największe zmiany w statystykach zachodzą dla pól treningowych o bardziej zróżnicowanej radiometrii (np. tereny zabudowane, ogródki działkowe). Nastąpienie większych zmian w statystykach, opisujących pola treningowe w zakresie bliskiej podczerwieni, wynika oczywiście z faktu, iż w tym zakresie spektralnym występuje największe zróżnicowanie/wariancja danych.

Metoda próbkowania obrazu powodując zmiany w jego radiometrii, skutkuje również występowaniem zmian w macierzy wariancyjno-kowariancyjnej, charakteryzujących poszczególne pola treningowe i są to znacznie bardziej istotne zmiany niż wynikałoby to z samych rozważań dotyczących wartości średniej i odchylenia standardowego próbek treningowych. A ponieważ macierz ta wykorzystywana jest w algorytmie klasyfikacyjnym największego prawdopodobieństwa, to wyniki klasyfikacji poszczególnych zdjęć (już zgeometryzowanych) będą również zależały od zastosowanej metody ponownego próbkowania.

Wpływ transformacji geometrycznej na wynik klasyfikacji nadzorowanej

Analizy wpływu momentu wykonywania geometryzacji zdjęć wielospektralnych na rezultat klasyfikacji przeprowadzono na poziomie szczegółowym (dla wszystkich definiowanych klas) oraz uogólnionym (dla klas zagregowanych do końcowych klas pokrycia terenu). Porównanie wyników przedstawiono w postaci macierzy (przykładowa macierz w tab. 1), które przedstawiają jaki procent pikseli został zaklasyfikowany do danej klasy w przypadku zastosowania podejścia drugiego (klasyfikacja uprzednio zgeometryzowanych zdjęć) w stosunku do wyników uzyskanych w podejściu pierwszym (klasyfikacja zdjęć pierwotnych a następnie klasyfikacja).

W wyniku analizy dokonanej dla wszystkich wariantów klasyfikacji dla obu obszarów testowych okazało się, że moment wykonywania geometryzacji zdjęć wpływa na wynik klasyfikacji. Już sama geometryzacja obrazu klasyfikacji powoduje niewielkie zmiany w liczebności klas po dokonaniu transformacji geometrycznej. Są to, na szczęście, minimalne zmiany, nie przekraczające 0,3%, a w przypadku zastosowania mniejszego piksela przy ponownym próbkowaniu obrazu są one jeszcze mniejsze.

Najmniejsza zgodność wyników klasyfikacji dla obszaru testowego „Żuławy” występuje w przypadku porównywania wyników klasyfikacji obrazu źródłowego z klasyfikacją zdjęcia próbkowanego metodą bilinearną, zaś największa przy porównaniu klasyfikacji danych źródłowych i klasyfikacji danych uprzednio zgeometryzowanych przy zastosowaniu próbkowania metodą najbliższego sąsiada. Wykorzystując do klasyfikacji obraz uzyskany w wyniku transformacji geometrycznej metodą najbliższego sąsiada, 17 z 25 klas wykazuje zgodność ponad 80% z wynikami klasyfikacji obrazu źródłowego. Jedynie trzy klasy wykazują mniejsze podobieństwo wyników obydwu klasyfikacji (poniżej 70%). Jeszcze większa zgodność rezultatów klasyfikacji występuje w przypadku obrazu próbkowanego metodą najbliższego sąsiada z czterokrotnie mniejszym pikselem (5×5 m). Wówczas już dla 20 klas uzyskuje się identyczne wyniki klasyfikacji dla ponad 80% pikseli z danej klasy, niezależnie od podejścia zastosowanego do klasyfikacji.

Wyniki klasyfikacji, jakie uzyskano dla czterokrotnie mniejszego rozmiaru piksela definiowanego przy próbkowaniu obrazu satelitarnego (w czasie transformacji geometrycznej), są analogiczne jak dla danych o oryginalnym rozmiarze piksela. To znaczy najmniejszą zgodność porównywanych klasyfikacji uzyskano porównując klasyfikację dla danych niezgeometryzowanych z rezultatami klasyfikacji obrazu zgeometryzowanego przy wykorzystaniu algorytmu próbkowania metodą bilinearną.

Dla drugiego obszaru testowego – „Wyszków” – uzyskano bardzo podobne wyniki, mimo faktu, że sam teren jest znacznie bardziej rozdrobniony, niż teren Żuław Wiślanych. Charakter terenu przejawia się nieco w niższej zgodności wyników klasyfikacji uzyskanych różnymi drogami. Wpływ metody ponownego próbkowania obrazu ma w przypadku terenu o bardzo rozdrobnionej strukturze krajobrazowej znacznie większe znaczenie, niż ma to miejsce w przypadku obszarów o bardziej skonsolidowanej strukturze agrarnej. Porównując wyniki klasyfikacji obrazów źródłowych z rezultatami klasyfikacji obrazów uprzednio zgeometryzowanych (metoda próbkowania bilinearna i splotu sześciennego) dla obszaru „Wyszków” widać, że liczba pikseli sklasyfikowanych do tych samych klas jest niższa, niż dla obszaru „Żuławy”. Jedynie kilka klas wykazuje zgodność na poziomie co najmniej 80%, natomiast dla pozostałych podobieństwo wyników jest niższe niż 70%. Jest to wynikiem charakteru obydwu obszarów.

Tabela 1. Porównanie wyników klasyfikacji nadzorowanej wykonanej na obrazach próbkowanych różnymi metodami (najbliższego sąsiada, bilinearna i cubic convolution) z klasyfikacją nadzorowaną przeprowadzoną dla oryginalnych danych źródłowych (w kolumnach). Przykład dla obszaru testowego „Żuławy”

Table 1. The comparison of the results of supervised classification provided for the satellite images resampled using different methods (nearest neighbour, bilinear, cubic convolution) and the result of supervised classification provided for original satellite data (columns). Example for test site „Żuławy”

metoda	najbliższego sąsiada										10x10										roslinność słaba	
	Woda	Las iglasty	Las miesz.	Polana	Teraz zielony I	Zakrzaczenia	Grunt omy I	Teraz zielony II	Teraz zielony III	Grunt omy II	Grunt omy III	gleba odkryta I	gleba odkryta 2	gleba odkryta 3	gleba odkryta 4	gleba odkryta 5	roslinność / gleba I	inne I	inne II	zabudowa i drogi		rzeka
Woda	0.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Las iglasty	0.00	0.95	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Las miesz.	0.00	0.01	0.78	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Polana	0.00	0.00	0.01	0.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Teraz zielony I	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	0.04	0.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Zakrzaczenia	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Grunt omy I	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Teraz zielony II	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.82	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Teraz zielony III	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Grunt omy II	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Grunt omy III	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
gleba odkryta 1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
gleba odkryta 2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
gleba odkryta 3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
gleba odkryta 4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
gleba odkryta 5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
gleba odkryta 6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
roslinność/gleba I	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
inne I	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
inne II	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
zabudowa i drogi	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.98	0.00
rzeka	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
roslinność słaba	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.95

Podsumowując przeprowadzone analizy można stwierdzić, że dla obrazu o czterokrotnie mniejszym rozmiarze piksela występuje większa zgodność rezultatów klasyfikacji uzyskanych w wyniku zastosowania różnych dróg przetwarzania, niż ma to miejsce dla analogicznych klasyfikacji obrazu o oryginalnym rozmiarze piksela. Analizując wyniki klasyfikacji zagregowanych obrazów, zgodność różnych podejść klasyfikacyjnych jest znacznie wyższa. A jeśli uwzględnimy jedynie piksele, dla których prawdopodobieństwo zaklasyfikowania do danej klasy jest wyższe niż 80%, to dla większości klas osiągamy zgodność rezultatów klasyfikacji z różnych podejść powyżej 90%.

PODSUMOWANIE

Wyniki przeprowadzonych badań pozwalają stwierdzić, że wpływ momentu wykonania transformacji geometrycznej na rezultaty klasyfikacji nadzorowanej zdjęć wielospektralnych istnieje, ale znacznie istotniejszy wpływ na wyniki ma algorytm wybrany do ponownego próbkowania obrazu. Metody próbkowania, obliczające wartość piksela w nowym układzie współrzędnych z większej ilości pikseli sąsiadujących, mają większy wpływ na wynik klasyfikacji, niż ma to miejsce w przypadku wykorzystania metody najbliższego sąsiada. Negatywny wpływ transformacji geometrycznej przed przystąpieniem do klasyfikacji obrazów można ograniczyć poprzez zastosowanie mniejszego rozmiaru piksela deklarowanego podczas geometryzacji zdjęć.

Wydaje się, że najbardziej właściwym podejściem do klasyfikacji obrazów wielospektralnych jest wykonanie transformacji geometrycznej obrazu już sklasyfikowanego, ewentualnie geometryzacja obrazów źródłowych, przy zastosowaniu algorytmu próbkowania metodą najbliższego sąsiada, a następnie wykonanie klasyfikacji dla dużej liczby klas i dalsze ich zagregowanie. W przypadku kiedy zależy nam na bardzo precyzyjnych wynikach klasyfikacji, lepszym wyjściem jest stosowanie funkcji pozwalającej na nadanie układu współrzędnych bez konieczności przeprowadzania próbkowania obrazu rastrowego. W systemie ERDAS Imagine służy do tego opcja Image Calibration. Zastosowanie tej opcji powoduje, że sama macierz obrazu rastrowego nie ulega zmianie, ale obraz ma zdefiniowany układ współrzędnych. Dzięki tej opcji możliwe staje się wykorzystanie do wykonania klasyfikacji pól treningowych, uzyskanych np. w wyniku pomiaru terenowego GPS, bez konieczności uprzedniej geometryzacji zdjęć źródłowych.

PIŚMIENNICTWO

- Bychawski W., 1988. Geometryzacja zdjęć satelitarnych. Prace IGiK, tom XXXV, z. 1 (80), str. 33-46.
- Bychawski W., 1988. Umieszczanie danych pochodzących z teledetekcji w polach układu odniesień przestrzennych. Prace IGiK, tom XXXV, z. 1 (80), str. 47-56.
- Jensen J.R., 1996. Introductory Digital Image Processing – A Remote Sensing Perspective, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, second edition.
- Osińska-Skotak K., 2001. Analiza wybranych metod przetwarzania satelitarnych zdjęć termalnych LANDSAT TM. Rozprawa doktorska, Wydział Geodezji i Kartografii PW.

Osińska-Skotak K., Fijałkowska A., 2004. Badanie wpływu korekcji geometrycznej satelitarnych zdjęć wielospektralnych na wyniki klasyfikacji pokrycia terenu. Raport z grantu dziekańskiego, Politechnika Warszawska, Warszawa, str. 1-23.

Osińska-Skotak K., Fijałkowska A., Chudzyńska Z., 2004. Wpływ korekcji geometrycznej na wyniki klasyfikacji zdjęć wielospektralnych. *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*, vol. 14, str. 16.

THE GEOMETRIC CORRECTION VERSUS THE RESULTS OF MULTISPECTRAL CLASSIFICATION

Abstract. The multispectral classification is the most common algorithm, which is applied for the creation of thematic maps (like land use / land cover maps) based on the satellite images. To obtain the final classification result having quality of cartometric material, it is requisite to carry out the geometric correction process. It's possible to realize this process in two way: first of them consists in geometric image correction and to continue by classification of image being already georeferenced yet. Second way is to classify the source image and to continue by geometric correction of the image already classified. However, knowing the image digital treatment nature, we should ask – are the both results the same or not? The presented study show the results of the researches about impact of the moment of the image geometric correction versus of multispectral classification process. This study was done at the base of SPOT5 satellite images for two test sites in Poland: Żuławy (consolidate agrarian structure) and Wyszaków (fine agrarian structure). According to the results the influence of the geometric correction of satellite images on the results of multispectral classification is exist. Nevertheless, the most important element of image processing is the algorithm, which is chosen for the image resampling and the pixel size of the resampled image.

Key words: geometric correction, geometric transformation, supervised classification, multispectral classification

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 28.10.2005