

## SEGMENTACJA NIEUŻYTKÓW POROLNYCH NA OBRAZACH SATELITY TERRA/ASTER PRZY WYKORZYSTANIU ANALIZY KANONICZNEJ

### SEGMENTATION OF ABANDONED FIELDS FROM TERRA/ASTER IMAGES USING CANONICAL ANALYSIS

Michał Faryś

Zakład Gleboznawstwa i Teledetekcji Gleb, Instytut Geografii Fizycznej i Kształtowania Środowiska  
Przyrodniczego, Uniwersytet im. A. Mickiewicza

**Słowa kluczowe:** teledetekcja, analiza kanoniczna, obrazy satelitarne, segmentacja  
Keywords: remote sensing, canonical analysis, satellite images, segmentation

### Wstęp

Na przestrzeni ostatnich kilkunastu lat, wraz ze zmianami strukturalnymi i własnościowymi obszarów rolniczych, obserwuje się wzrost areału nieużytków porolnych i odłogów. W 2002 roku łączna powierzchnia tych obszarów wynosiła w Polsce 14,5% (GUS, 2003) ogólnej powierzchni gruntów ornych. Przesłanki ekonomiczne, stosowanie systemu dopłat bezpośrednich dla rolnictwa, wymusza opracowanie nowych, szybkich i dokładnych metod identyfikacji powierzchni nieużytków porolnych i odłogów. Zastosowanie metody teledetekcyjnych może wyjść naprzeciw tym oczekiwaniom i przynieść oczekiwane rezultaty.

Przetwarzanie obrazów satelitarnych obejmuje wiele procesów. Jedną z istotniejszych procedur przetwarzania obrazów satelitarnych czy lotniczych zapisanych w postaci cyfrowej jest jego podział na różne regiony w celu wydzielenia obiektów spektralnych (Weeks, 1996). Może mieć to charakter klasyfikacji czy segmentacji treści obrazu. Wydzielone na cyfrowych materiałach teledetekcyjnych regiony mogą przedstawiać obiekty spektralne lub nie mieć odniesienia w treści obrazu multispektralnego. Przykładem wydzielenia nie mającego odniesienia do treści obrazu i spełniającego drugą własność mogą być szумы (Lira, 2002). Podział obrazu na regiony jest istotnym etapem przetwarzania cyfrowego obrazu, pozwala na dokonywanie transformacji pośrednich, których celem jest poprawna analiza i interpretacja zdjęcia cyfrowego. Dzięki metodom podziału obrazów, można oddzielić obiekty zainteresowania od pozostałej informacji obrazu multispektralnego (Lira, 1998).

Analiza kanoniczna jest odmianą analizy głównych składowych, zwana jest również transformacją Karhunen-Leovena (KL), Hottelina, czy też transformacją wektora własnego (*eigenvector*). Istotą tej analizy i zarazem cechą charakterystyczną jest to, że zawiera informacje statystyczne o klasach tej transformacji (Richards, 1999). W wyniku analizy kanonicznej generowana jest nowa przestrzeń, gdzie klasy, o których dostarcza się informacje,

mają maksymalną rozłączność (Lira, 2002). Zastosowanie analizy kanonicznej w teledetekcji służy do redukcji i selekcji charakterystyk spektralnych, poprzez rozkład wartości wzdłuż nowych osi współrzędnych w taki sposób, że wydzielone obiekty są wobec siebie rozłączne. Celem pracy jest sprawdzenie przydatności zastosowania analizy kanonicznej, do informacji zawartych w kanałach satelity TERRA/ASTER, do wydzielenia obszarów nieużytków porolnych z treści obrazu satelitarnego.

Prezentowane rozwiązanie metodyczne zostało opracowane w laboratorium teledetekcji Instytutu Geofizyki UNAM w Meksyku i wstępnie dało dobre rezultaty przy segmentacji gleb słonych z solą na powierzchni oraz powierzchni wodnych.

## Metodologia

Zaproponowane rozwiązanie metodologiczne bazuje na propozycji sformułowanej przez J. Lire i zespół. Celem postępowania jest wydzielenie klasy odpowiadającym obiektom zainteresowania od reszty obrazu.

Przy wyodrębnianiu obiektów poddawanych segmentacji, należy tak postępować, żeby zdefiniowane klasy spektralne były jak najbardziej kompaktowe, to znaczy o minimalnym rozproszeniu wartości spektralnych i maksymalnym oddzieleniu między nimi, czyli żeby posiadały maksymalne wartości odchylenia standardowego między klasami (Lira, 2002a).

Segmentacja nieużytków porolnych, jako obiektów spektralnych, z treści obrazu satelity TERRA/ASTER przebiega w kilku etapach. Na obrazie multispektralnym wyznacza się dwie klasy. Pierwszą stanowi analizowany obiekt spektralny, zidentyfikowany nieużytek porolny czy odłóg, drugą pozostała treść obrazu. Obiekty na obrazach satelitarnych mogą być wydzielane na podstawie poziomów szarości pikseli lub przez granice między obiektem i tłem obrazu. W opisywanej procedurze obiekty spektralne, jakimi są nieużytki porolne, są wydzielone jako poligon utworzony przez reprezentatywną liczbę pikseli, przedstawiających statystycznie istotną populację.

Segmentacja polegała na sporządzeniu bitmapy i miała następujący przebieg.

- Wyznaczano na obrazie obiekt spektralny przez wizualną interpretację obrazu multispektralnego. Obiekt ten tworzył poligon. Ze względu na niską czystość spektralną oraz zróżnicowanie rodzajów nieużytków, konieczne było wydzielenie kilku obiektów. Utworzono kilka poligonów zawierających zbiór pikseli reprezentujących spektralny rozkład jasności obiektów.
- Dla każdego z wyznaczonych poligonów odpowiadających wyłanianym obiektom wykonano analizę kanoniczną. Liczba poligonów jest zależna od zmienności jasności pikseli w danym zbiorze. Dlatego ważne było przeanalizowanie histogramu każdego poligonu zawierającego wydzielany obiekt.
- Do analizy kanonicznej wzięto kanały VNIR o długości fal z przedziału od 0,52 do 0,86  $\mu\text{m}$  oraz SWIR (1,60–2,43  $\mu\text{m}$ ). Ze względu na zmienną rozdzielczość naziemną tych dwóch grup kanałów dokonano resamplingu. Zmieniono rozdzielczość kanałów od 4 do 9 na 15 m.
- W wyniku zastosowania analizy kanonicznej otrzymano wartości głównych składowych, które posłużyły za podstawę do dalszych analiz. Wykorzystano tylko te kolejne główne składowe, w których suma zawartych informacji przekraczała 90%. Były to pierwsze trzy kanały syntetyczne.

- Wykonano analizę klas obiektów (klastrów). Do realizacji tego celu wybrano algorytm ISODATA ze względu na możliwość podzielenia chmur pikseli na liczne klasy. Przy zastosowaniu tego algorytmu istnieje również możliwość łatwego łączenia klas lub ich eliminowania w przypadku nieistotnej liczności. Można też dopasowywać metodą prób i błędów liczbę wyjściową klas, jak również definiować maksymalną i minimalną liczbę klas.
- Sklasyfikowany automatycznie obraz, składający się najczęściej z 30 klas, poddawany zostawał interpretacji polegającej na łączeniu otrzymanych klas ze sobą w celu oddzielenia obszarów odpowiadających analizowanym obiektom spektralnym od reszty treści obrazu.
- Stworzono bitmapę, dla której wartość jeden opowiada wybranej grupie nieużytków porolnych, a wartość zero pozostałym elementom obrazu multispektralnego.

Analizę kanoniczną zastosowano w celu zmniejszenia wymiarowości obrazu. Jest to dekompozycja obrazu multispektralnego za pomocą transformacji grupy danych, którą stosuje się symultanicznie dla wszystkich kanałów tworzących obraz. W wyniku tego postępowania otrzymuje się również obraz multispektralny utworzony z kanałów nieskorelowanych między sobą. Informacja zawarta w tych kanałach nie jest dostępna w kanałach oryginalnych.

Przetwarzanie obrazów wykonano stosując program Microimages TNTMips.

## Obszar badań

Obszar wybrany do analizy znajduje się w zachodniej części Niziny Wielkopolskiej, w południowo-zachodniej części powiatu nowotomyskiego, na pograniczu województw wielkopolskiego i lubuskiego. Z danych statystycznych GUS wynika, że 6018 ha w badanym powiecie stanowią nieużytki porolne i odłogi. Natomiast w sąsiednim woj. lubuskim 31% areалу gruntów ornych stanowiły powierzchnie wyłączone z użytkowania rolniczego (GUS, 2003). Jest to jeden z największych udziałów tych powierzchni w kraju.

Współrzędne geograficzne terenu przedstawionego na obrazie satelitarnym wynoszą odpowiednio: 52°15'04" N, 16°10'20" E (pn.- zach. narożnik) i 52°02'41" N, 16°00'16"E (pd.-wsch. narożnik). Obszar zdjęcia obejmuje po 1304 piksele w 1529 liniach, co stanowi 19,56 km x 22,93 km (rys. 1).

Przeprowadzono segmentację na dwóch obrazach, wykonanych w następujących datach: 31.10.2001 r. oraz 11.05.2002 r.

W analizowanym przypadku wybrano cztery rodzaje nieużytków i odłogów porolnych. Wydzielone obszary zostały zlokalizowane na mapie glebowo rolniczej w skali 1:25 000 i scharakteryzowane na jej podstawie oraz w trakcie badań terenowych.

Na obrazie multispektralnym satelity TERRA/ASTER wyznaczono dwie klasy. Pierwszą stanowi analizowany obiekt spektralny – nieużytki porolne – drugą pozostałą treść obrazu. Liczba poligonów jest zależna od zmienności jasności pikseli w danym zbiorze. Dlatego ważne było przeanalizowanie histogramu każdego poligonu zawierającego wydzielany obiekt. Stworzono po dwa poligony dla każdego nieużytku zawierające zbiór pikseli reprezentujących spektralny rozkład jasności obiektów w celu odzwierciedlenia różnorodności badanych obiektów. Analizę kanoniczną zastosowano dla każdego z wyznaczonych poligonów opowiadających wyłanianym powierzchniom testowym nieużytków.

## Wyniki

Segmentacja nieużytków porolnych z zastosowaniem analizy kanonicznej na obrazach satelity TERRA/ASTER została przeprowadzona dla 4 typów nieużytków i ugorów zidentyfikowanych w terenie i scharakteryzowanych na podstawie map glebowo rolniczych (tab. 1). Wybrane

**Tabela 1. Charakterystyka wybranych pól testowych**

Nieżytek porolny	Kompleks rolniczej przydatności	Typ gleby	Sekwencja uziarnienia	Roślinność aktualna
N_1	7	Bw	pl	murawa kserotermiczna z nawłocią
N_2	7	Bw	ps.pl	murawa kserotermiczna
N_3	9	M	ps.pl	murawa kserotermiczna z nalotem drzew
N_4	7	M	pl	murawa kserotermiczna

do badań nieużytki znajdują się na glebach słabych, zaliczanych do 7 i 9 kompleksu rolniczej przydatności: żytniego bardzo słabego i zbożowo-pastewnego słabego. Są to gleby rdzawe oraz murszowo-mineralne, utworzone z materiałów piaszczystych, piasków słabo gliniastych oraz piasków luźnych. Roślinność porastająca te gleby to murawy kserotermiczne z nalotem drzew (N\_3) czy dominacją nawłoci jak w przypadku N\_1, czy brakiem wyraźnie dominującej roślinności jak w przypadku N\_2 i N\_4.

Opisane w metodologii procedury zastosowano oddzielnie dla każdego z czterech nieużytków porolnych oraz dla wszystkich łącznie. Przeprowadzono analizy oddzielnie dla obrazu z 31.10.2001 r. oraz obrazu z 11.05.2002 r. Takie postępowanie pozwoliło zweryfikować otrzymywane rezultaty na poszczególnych etapach i odrzucić te, które nie przynosiły potwierdzenia w terenie.

W wyniku zastosowania analizy kanonicznej dla każdego nieużytku otrzymano rozkład wartości własnej (*eigenvalue*). Otrzymane wartości przedstawiono w tabeli 2.

**Tabela 2. Procent wartości własnej w poszczególnych kanałach dla nieużytków N\_1, N\_2, N\_3, N\_4 oraz wszystkich razem, N\_1 – N\_4 na analizowanych obrazach**

Kanał	Obraz z 31.10.2001 r.					Obraz z 11.05.2002 r.				
	N_1	N_2	N_3	N_4	N_1-N_4	N_1	N_2	N_3	N_4	N_1-N_4
1	82,4557	71,4254	62,2612	74,8985	78,0464	77,5832	52,3078	61,1117	64,3772	65,5707
2	11,8576	15,7174	29,4909	19,1955	16,5463	9,9856	33,2360	15,5820	27,2509	25,1331
3	4,0222	8,3952	5,8886	2,4735	3,4130	4,9299	7,6767	6,0535	3,1633	6,4528
4	0,6023	1,5083	0,8858	1,0283	1,0145	2,1741	2,6152	4,3615	2,7536	0,6342
5	0,5594	1,3769	0,5187	0,9502	0,3738	1,7627	1,2642	3,8464	1,7105	0,6208
6	0,3162	0,8169	0,3449	0,8177	0,2188	1,4490	1,1881	3,2955	0,7516	0,4852
7	0,1497	0,7750	0,2663	0,2575	0,1722	1,0376	0,5447	2,8938	0,3959	0,4468
8	0,0259	0,4307	0,1883	0,2385	0,1225	0,7781	0,2323	1,9123	0,1717	0,4040
9	0,0109	0,1272	0,1552	0,1403	0,0926	0,2998	0,9350	0,9433	0,4253	0,2523

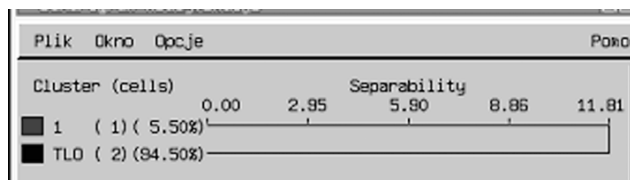
Syntetyczne kanały posłużyły dla sporządzenia mapy dwubitowej, gdzie wartość jeden odpowiada klasie nieużytków a zero pozostałym komponentom środowiska przedstawionym na wybranym fragmencie obrazu satelitarnego. Mapa została wykonana na podstawie klasyfikacji nienadzorowanej. Dla algorytmu ISODATA wprowadzono następujące parametry: maksymalna liczba iteracji: 20, liczba klas: 30, odchylenie standardowe: 1. Kanały wprowadzane do algorytmu zostały przedstawione w tabeli 2 pogrubioną czcionką. W kanałach tych jest zgromadzone średnio ponad 95% informacji spektralnej o badanym terenie.

Wyniki klasyfikacji analizowano na podstawie dendrogramu (rys. 2.) oraz stopnia pokrycia klas otrzymanych po klasyfikacji ISODATA, z wyznaczonymi poligonami, odpowiadającymi typom nieużytków. Na rysunku 3 przedstawiono poligon odpowiadający nieużytkowi N\_1. Wynik zastosowanej klasyfikacji nienadzorowanej na podstawie analizy kanonicznej przedstawiono na rysunku 4. Jedna klasa pokrywa w 100% powierzchnię wyznaczonego nieużytku. W pozostałych przypadkach sytuacja była analogiczna do opisanej. Jedynie najmniejsza korelacja między wyznaczonym poligonem a otrzymaną maską dla całego obszaru występowała dla nieużytku na glebie słabej, porośniętego murawą kserotermiczną z nalotem drzew: N\_3. Dla tego nieużytku porolnego występowało duże podobieństwo między klasą korespondującą z powierzchnią poligonu testowego a otaczającymi ją lasami, dlatego też poprawna segmentacja tego nieużytku była utrudniona.

Po przeanalizowaniu segmentacji dla każdego nieużytku oddzielnie przeprowadzono segmentację dla wszystkich powierzchni łącznie. Jako wynik otrzymano obraz (rys. 5), na którym barwą czarną przedstawiono tło a pozostałe barwy przedstawiają nieużytki. Obraz powstał z połączenia maski otrzymanej przy zastosowaniu wartości własnej do klasyfikacji nienadzorowanej metodą ISODATA, tło barwne jest wynikiem kompozycji RGB z trzech pierwszych głównych składowych CP2CP1CP3.

W kolejnym etapie badań prześledzono wyniki segmentacji na obrazach tego samego obszaru, wykonanych w różnych datach: 31.10.2001 r. oraz 11.05.2002 r. Na podstawie otrzymanych analiz statystycznych i weryfikacji terenowej stwierdzono, że zastosowana metoda przynosi bardzo dobre rezultaty dla obrazu z maja. Obraz wykonany w październiku nie daje oczekiwanych wyników, odzwierciedlających stan środowiska. Nie można w tym okresie, przy wykorzystaniu analizy kanonicznej, dokonać właściwej segmentacji nieużytków. Jest to spowodowane dużym podobieństwem spektralnym komponentów środowiska występujących w analizowanym krajobrazie. Na rysunku 6 przedstawiono wyniki segmentacji na obrazie satelity TERRA/ASTER z 31.10.2001 r. Natomiast zobrazowanie wykonane w maju (11.05.2002 r.) jest właściwe do przeprowadzenia segmentacji przy zastosowaniu analizy kanonicznej. Wynika to między innymi z większej biomasy roślin na polach i nieużytkach, większego zróżnicowania gatunkowego roślin a w konsekwencji obserwuje się większy kontrast spektralny między obiektami.

Na podstawie dendrogramów klasyfikacyjnych stwierdzono, że powierzchnia nieużytków na badanym obszarze wynosi odpowiednio: N\_1 2,09%, N\_2 1,86% N\_3 0,94%, N\_4 0,61%. Procentowy udział wszystkich nieużytków na badanym terenie wynosi 5,5% powierzchni przedstawionej na wybranym fragmencie obrazu



Rys. 7. Dendrogram klasyfikacji obrazu z 11.05. 2002 r. dla wszystkich rodzajów nieużytków

satelitarnego. Stopień rozłączności między nieużytkami a wszystkimi pozostałymi obiektami spektralnymi na obrazie satelity TERRA/ASTER z 31.10.2001r wynosi 11,83 (rys. 7).

## Wnioski

Zastosowanie opisanych procedur do segmentacji nieużytków porolnych na obrazach satelitarnych TERRA/ASTER zbadano na kilku poligonach. Wybrane obiekty różnią się od siebie właściwościami spektralnymi. Prezentowana metoda przynosi pozytywne rezultaty. Segmentacja przy wykorzystaniu analizy kanonicznej pozwala na wydzielenie nieużytków porolnych na obrazach multispektralnych satelity TERRA/ASTER oraz daje możliwość ilościowego określenia ich powierzchni. Jej zaletą jest łatwość zastosowania.

W przyszłości należy przeprowadzić badania terenowe polegające na inwentaryzacji nieużytków i skorelować dane polowe z obrazami pokrywającymi się datą z okresem badań terenowych. Takie postępowanie pozwoli na oszacowanie ilościowe ewentualnego błędu zastosowanej metody.

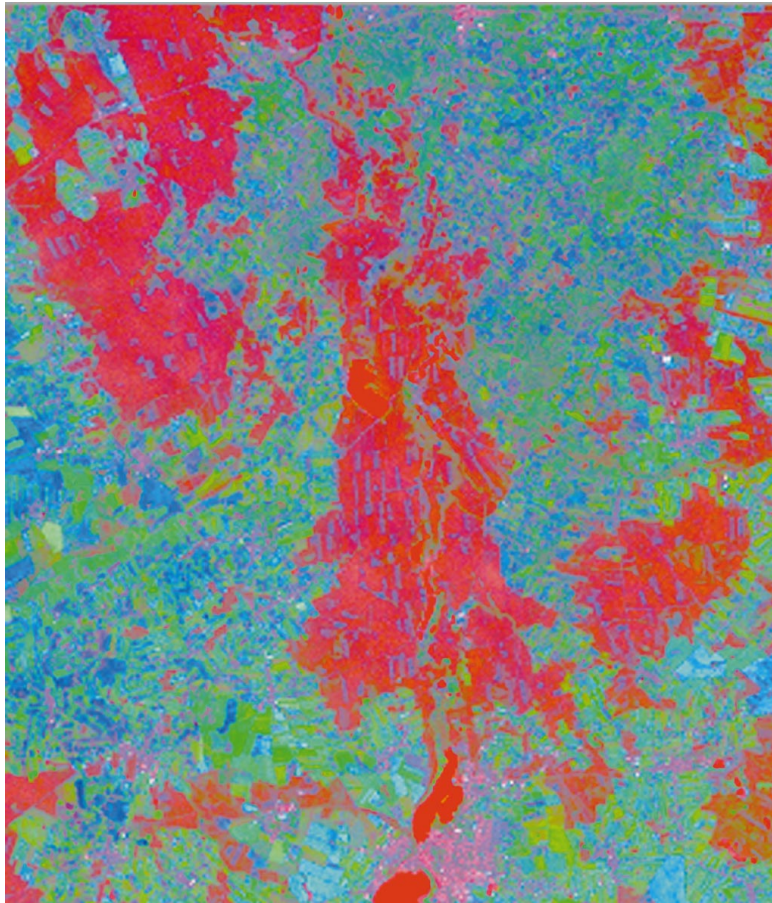
## Literatura

- Lira, J. Maletti, G., 2002a: A supervised contextual classifier based on a region-growth algorithm. *Computers & Geosciences*, 28, str. 951-959.
- Lira, J., 2002: *Introducción al tratamiento digital de imágenes*. Instituto Politécnico Nacional, UNAM, Fondo de Cultura Económica, México, DF.
- Lira, J., Frulla, L., 1998: An Automated Region Growing Algorithm for Segmentation of Texture Regions in SAR Images. *International Journal of Remote Sensing*, vol. 19, str. 3595-3606.
- Richards, J.A., Jia, X., 1999: *Remote Sensing Digital Analysis*, Springer-Verlag, Berlin.
- Ważniejsze dane o podregionach, powiatach i gminach województwa poznańskiego, 2003 GUS, Warszawa.
- Weeks, A., 1996: *Fundamentals of Electronic Image Processing*, Wiley-IEEE Press.

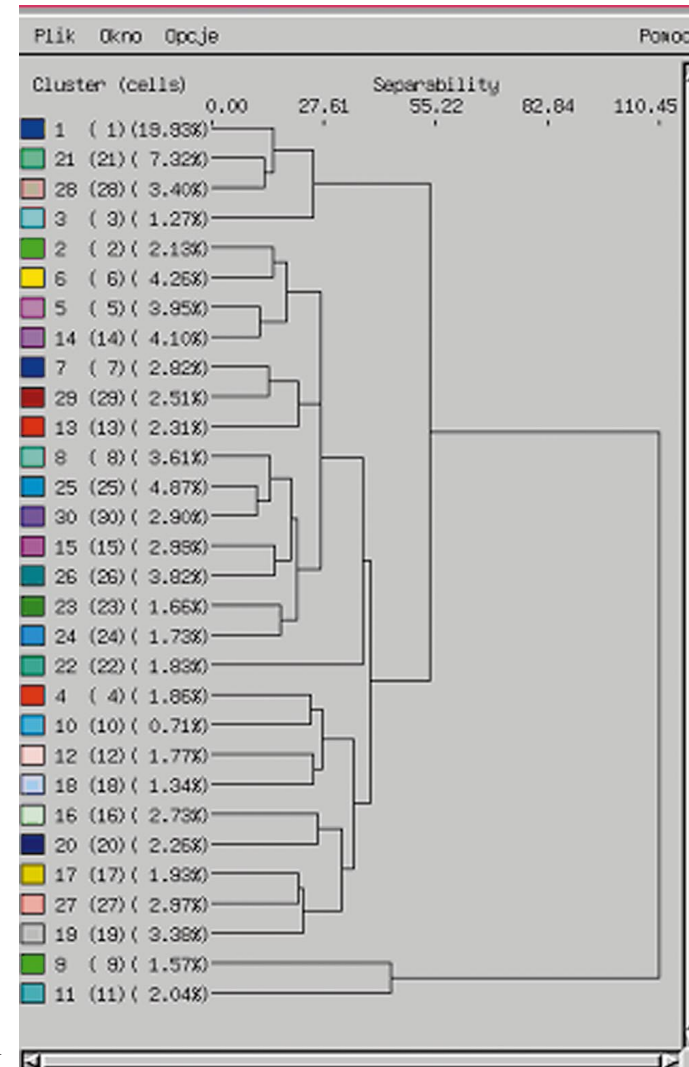
## Summary

*In 2002, total area of abandoned fields and fallow fields in Poland amounted to ca 14% of the total area of arable fields. Economic reasons, the application of direct subsidies in agriculture, make it necessary to develop new, fast and accurate methods of identification of areas of abandoned and fallow fields. The use of the remote sensing method may bring desired effects. The aim of this paper is to test the suitability of using the canonical analysis, on the basis of information included in the channels of the TERRA/ASTER satellite in order to segment areas of abandoned fields from the contents of satellite images. The canonical analysis, in the form of decomposition of main constituents, may bring good results as a tool to separate single class spectral objects. The results of the canonical analysis were used as output data to analyze clusters in order to create a bitmap. The ISODATA algorithm was used to classify images. The obtained classes were connected so as to create a binary image where the value of one refers to the location of a spectral object, while the value of zero refers to the remaining content of the image. TNTMips software was used for the digital processing of images.*

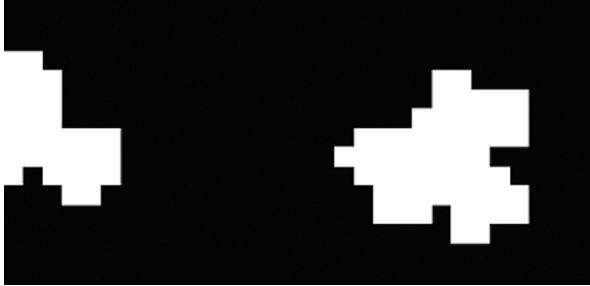
dr Michał Faryś  
mafarys@amu.edu.pl  
<http://ztg.amu.edu.pl/>



**Rys. 1.** Kompozycja w barwach fałszywych z trzech pierwszych głównych składowych: CP3CP2CP1



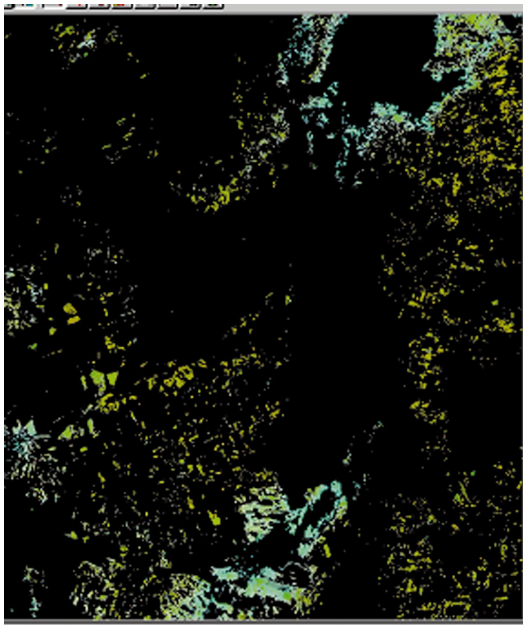
**Rys. 2.** Dendrogram klasyfikacji obrazu z 31.12. 2001 r. dla wszystkich klas; wynik zastosowania ISODATA



**Rys. 3.** Maska odpowiadająca poligonowi N\_1



**Rys. 4.** Rezultat zastosowania klasyfikacji ISODATA dla nieużytku N\_1; jedna klasa pokrywa powierzchnię pola testowego



**Rys. 5.** Bitmapa z wydzielonymi powierzchniami nieużytków porolnych na obrazie z 11.05.2002 r.



**Rys. 6.** Bitmapa z wydzielonymi powierzchniami nieużytków porolnych na obrazie z 31.10.2001 r.