

Identyfikacja nieużytków porolnych i odlogów na obrazach satelity TERRA-ASTER¹

Identification of fallow fields using TERRA-ASTER data

Jan PIEKARCZYK, Sławomir KRÓLEWICZ

After 1989, when structural transformation of Polish agriculture began, the land use structure has been changing significantly and a big part of formerly ploughed fields lies fallow. Remote sensing methods, including satellite images, could be successfully used for detecting and acreage assessing of landscape components like fallow fields. The objective of the study was to determine: (1) the optimal time or times for separation and best discrimination between the fallow fields and arable crops using satellite data, (2) the best combinations of the sensor channels and (3) the vegetative covers which were spectrally most similar to the fallow fields. Multitemporal TERRA-ASTER scenes combining spring and summer data were used to classify land use in the western part of Poland

between 2001 and 2006. The best results were obtained with the images acquired at the beginning of a vegetation season when the overall classification accuracy reached about 78–79%. The fallow fields were discriminated from April single-date TERRA-ASTER images with an accuracy of around 90%. For fallow fields distinguishing the best combination of TERRA-ASTER channels included band 3 (nearinfrared) and bands 4 and 8 (short wave infrared). The “fallow field” class was most spectrally similar to the young growth during the whole vegetation season and to “spring crops”. Discrimination of fallow fields with the TERRA-ASTER instrument was confirmed by the comparison between ground data and the classification images derived from the discriminant analysis.

Wstęp

Wpływ odlogów na funkcjonowanie ekosystemów rolniczych można rozpatrywać w aspekcie przyrodniczym i gospodarczym. Z przyrodniczego punktu widzenia obecność odlogów w ekosystemach użytkowanych rolniczo można uznać za korzystną. Wyniki badań prowadzonych nad florą i fauną odlogów (set-aside) w krajach Europy Zachodniej i USA wskazują, że na pielęgnowanych nieużytkach występujących w ekosystemach rolniczych znacznie zwiększa się zróżnicowanie biologiczne (Van Buskirk i Willi, 2004). Na wyłączonych z użytkowania polach istnieją szczególnie korzystne warunki dla gnieźdzenia się ptaków, dzięki czemu zwiększa się ich populacja i wzrasta zróżnicowanie gatunkowe (Firbank i in., 2003).

Odlogowane i ugorowane użytki rolnicze mają w dłuższym czasie szczególne znaczenie dla kształtowania krajobrazu i planowania jego funkcji. Sposób, w jaki te ziemie zostaną zagospodarowane będzie miał decydujący wpływ na strukturę i funkcjonowanie agroekosystemów (Flis, 2004). Najkorzystniejszym kierunkiem przekształceń nieużytków porolnych jest taki, w którym człowiek świadomie steruje procesami naturalnej sukcesji roślinnej. Dzięki temu może kształtować strukturę krajobrazu zróżnicowanego, pełniącego zarówno funkcje przyrodnicze jak i gospodarcze. Pozostawianie odlogów bez koncepcji ich zagospodarowania oraz bez ich pielęgnacji jest niekorzystne zarówno ze względów ekonomicznych jak i ekologicznych.

Decyzje dotyczące sposobu zagospodarowania nieużytków porolnych i odlogów powinny być podejmowane w oparciu o informacje dotyczące ich arealu oraz warunków siedliskowych, w jakich występują (Marks i Nowicki, 2002). Tymczasem, dokładna ewidencja

¹ Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2005–2008 jako projekt badawczy nr 2P06S05029.

i określenie powierzchni odlogów występujących w Polsce jest bardzo utrudnione. Uzyskanie informacji o odlogach może być znacznie łatwiejsze przy zastosowaniu metod teledetekcyjnych, w których wykorzystuje się zdjęcia lotnicze i obrazy satelitarne. Wykorzystanie zdjęć lotniczych i obrazów satelitarnych umożliwia względnie tanie i szybkie zebranie danych środowiskowych z dużych obszarów. Zastąpienie tradycyjnych metod lustracji terenowej metodami teledetekcyjnymi ogranicza koszty prac o 75% (Peña-Barragán i in., 2004).

Celem badań było określenie terminów w sezonie wegetacyjnym, w których identyfikacja odlogów i nieużytków porolnych na obrazach satelity TERRA-ASTER jest najłatwiejsza, wskazanie kanałów spektralnych czujnika, które należy zastosować do klasyfikacji oraz klas użytkowania ziemi, które spektralnie są najbardziej podobne do odlogów i nieużytków porolnych.

Materiały i metody

W badaniach dotyczących identyfikacji odlogów i nieużytków porolnych wykorzystano 8 scen satelity TERRA-ASTER, zarejestrowanych w różnych terminach sezonu wegetacyjnego od kwietnia do września w latach 2001–2006. W badaniach wykorzystano obrazy wspomnianego satelity ze względu na ich niską cenę i stosunkowo wysoką rozdzielczość przestrzenną i spektralną. Klasyfikację przeprowadzono na fragmentach obrazów obejmujących obszar okolic wsi Kowalów w gminie Rzepin. Spośród 14 kanałów czujnika TERRA-ASTER w badaniach wykorzystano 9 (tabela 1). Wstępne przetworzenie obrazów polegało na imporcie danych z formatu HDF do formatu wewnętrznego systemu TNTmips. Następnie zmieniono rozdziel-

Tabela 1. Zakresy spektralne w kanałach czujnika satelity TERRA ASTER.

Table 1. Characteristics of TERRA ASTER sensor.

	Kanał <i>Channel</i>	Zakres spektralny (nm) <i>Spectral range (nm)</i>	Rozdzielczość przestrzenna (m) <i>Spatial resolution (m)</i>
Zakres widzialny <i>Visible range</i>	–	–	15
	Ast1	520–600	
	Ast 2	630–690	
Bliska podczerwień <i>Near-infrared</i>	Ast 3	760–860	15
Środkowa podczerwień <i>Shortwave infrared</i>	Ast 4	1600–1700	30
	Ast 5	2145–2185	
	Ast 6	2185–2225	
	Ast 7	2235–2285	
	Ast 8	2295–2365	
	Ast 9	2360–2430	

czość przestrzenną kanałów 4–9 do 15 m dostosowując ją do rozdzielczości kanałów 1–3. Do obliczenia wartości pikseli w nowej geometrii wewnętrznej (zwiększona 4-krotnie liczba pikseli) zastosowano dwuliniową metodę próbkowania, w której nowa wartość piksela obliczana jest na podstawie wartości czterech najbliższych pikseli.

Najlepszej kombinacji trzech kanałów do wydzielenia odlogów i nieużytków porolnych w każdym terminie szukano obliczając dla każdej z nich wartości *Optimal Index Factor* (OIF) (Chavez, 1982).

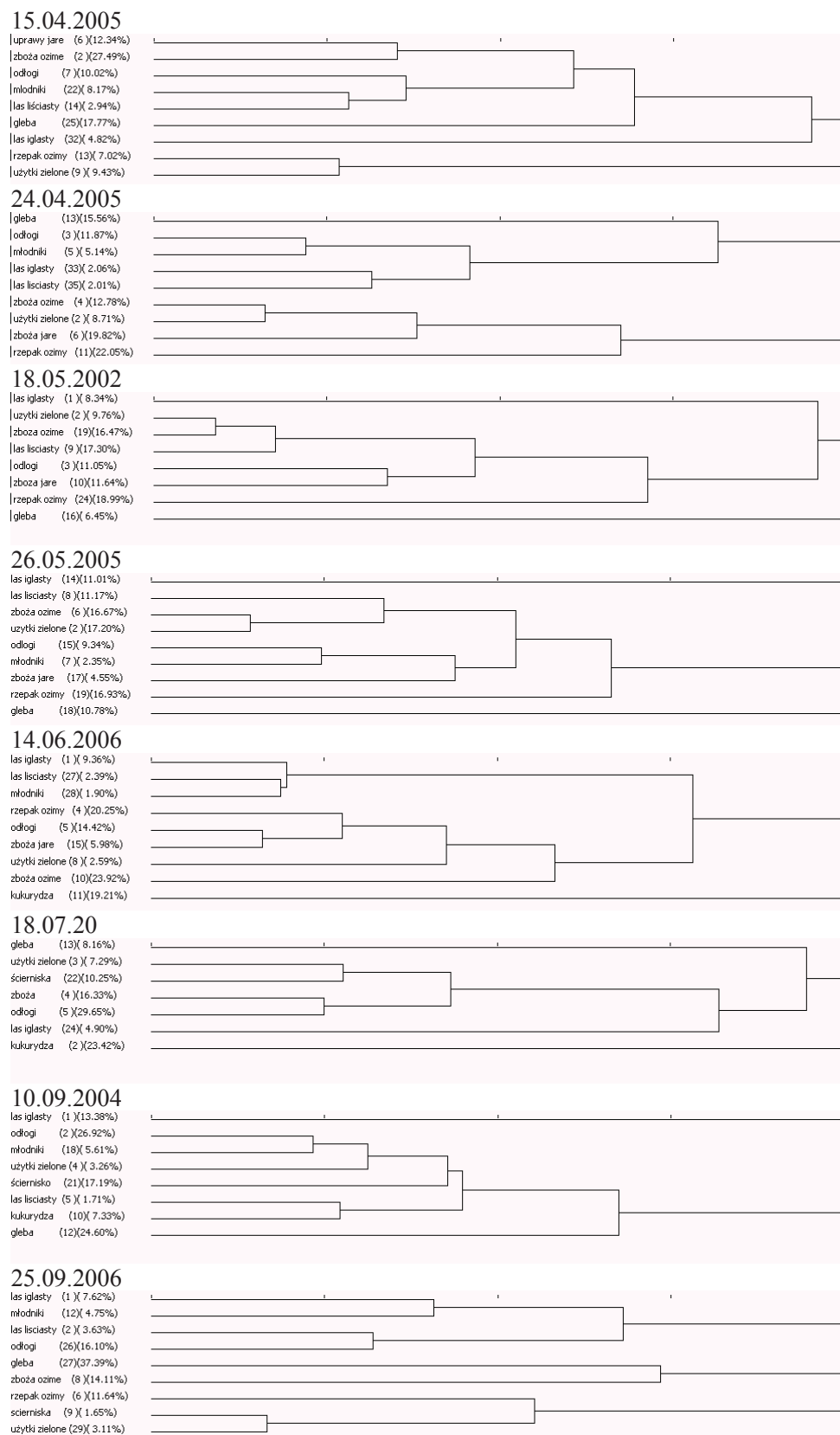
Wyniki

Tabela 2 przedstawia najbardziej odpowiednie kombinacje kanałów, dla których uzyskano najwyższe wartości współczynnika OIF, w każdym z ośmiu terminów obrazowania. Najwyższe średnie wartości tego współczynnika otrzymano z obrazów zarejestrowanych w drugiej połowie kwietnia, w maju i w drugiej połowie września. Spośród dziewięciu kanałów obejmujących zakresy widzialny oraz bliskiej i środkowej podczerwieni, w najlepszych zestawach trzech kanałów występowało następujących pięć kanałów: 2, 3, 4, 8 i 9. Kanał trzeci, w którym czujnik rejestruje odbicie fal z zakresu bliskiej podczerwieni, należał do najlepszego zestawu we wszystkich ośmiu terminach, co wynika z największej zmienności odbicia promieniowania elektromagnetycznego od powierzchni roślinnych w sezonie wegetacyjnym w tym zakresie widma (Price, 1992).

Wymienione w tabeli 2 kombinacje kanałów czujnika satelity TERRA ASTER z ośmiu terminów poddano klasyfikacji nienadzorowanej stosując algorytm ISO-DATA z wyjściową liczbą klas – 35, liczbą iteracji – 50, maksymalnym odchyleniem standardowym – 190, minimalną odległością kombinacji klas – 1,5 oraz minimalną odległością – łączenia -1,5. Wymienione parametry zostały tak dobrane, aby piksele położone na obrzeżach przestrzeni spektralnej (woda, piasek, gęsta roślinność charakteryzująca się najwyższymi wartościami NDVI) zostały wydzielone jako oddzielne klasy. Wyjściową liczbę klas dla każdego obrazu zmniejszono łącząc klasy na podstawie ich podobieństwa spektralnego odczytanego z dendrogramów klasyfikacyjnych (ryc. 1).

Przy łączeniu klas wykorzystano również wartości wskaźników wegetacyjnych i wizualnie ocenianą zmienność barw obrazu uzyskaną z kombinacji barwnej RGB stworzonej z kanałów uwzględnionych w klasyfikacji. W wyniku łączenia klas uzyskano ich końcową liczbę wynoszącą od 8 do 9.

Poprawność klasyfikacji nienadzorowanej oceniono na podstawie udziału pikseli sklasyfikowanych jako odlogi w ogólnej liczbie pikseli stanowiących powierzchnie kontrolne (Tabela 3). Największą poprawność klasyfikacji nienadzorowanej uzyskano na obrazach zarejestrowanych na początku sezonu wegetacyjnego,



Ryc. 1. Dendrogramy uzyskane w klasyfikacji nienadzorowanej przeprowadzonej na ośmiu obrazach satelity TERRA ASTER obejmujących obszar rejonu wsi Kowalów.

Fig 1. The dendrograms derived from the unsupervised classification of eight TERRA ASTER images acquired over the test area in the vicinity of Kowalów village. Gleby = Soils, Kukurydza = Maize, Las iglasty = Coniferous forest, Las liściasty = Leafy forest, Młodnik = Greenwood, odlogi = Fallow land, Rzepak ozimy = Winter rape, Użytki zielone = Green crops, Zboża jare = Spring crops, Zboża ozime = Winter crops, Ściernisko = Stubble field.

Tabela 2. Najbardziej odpowiednie kombinacje kanałów oraz najwyższe i średnie wartości współczynnika OIF obliczone dla ośmiu obrazów satelity TERRA ASTER obejmujących obszar rejonu wsi Kowalów.

Table 2. The most appropriate channels combinations, the highest and mean values of OIF coefficients calculated on eight TERRA ASTER images acquired over the test area in the vicinity of Kowalów village.

Data obrazowania <i>Imaging date</i>	Najlepszy zestaw trzech kanałów <i>The best set of channels</i>	Najwyższa wartość OIF <i>Maximum OIF values</i>	Średnie wartości OIF z wszystkich możliwych kombinacji <i>Mean OIF values from possible combinations</i>
15.04.05	3, 4, 8	836	597
24.04.05	3, 8, 9	2065	1145
18.05.02	2, 3, 9	1481	945
26.05.05	2, 3, 4	1725	1260
14.06.06	2, 3, 9	1488	804
18.07.01	2, 3, 8	1759	820
10.09.04	3, 4, 9	1314	793
25.09.06	2, 3, 8	1578	960

Tabela 3. Poprawność wydzielenia odlogów na podstawie klasyfikacji nienadzorowanej przeprowadzonej na fragmentach ośmiu obrazów satelity TERRA obejmujących obszar rejonu wsi Kowalów.

Table 3. Accuracy of the unsupervised classification conducted on eight TERRA ASTER images acquired over the test area in the vicinity of Kowalów village.

Data zobrazowania <i>Imaging date</i>	Poprawność klasyfikacji nienadzorowanej (%) <i>Accuracy of the unsupervised classification (%)</i>
15.04.2005	94,5
24.04.2005	84,8
18.05.2002	78,1
26.05.2005	81,3
14.06.2006	63,5
18.07.2001	75,4
10.09.2004	93,0
25.09.2006	22,4

w kwietniu, oraz w pierwszej połowie września. Na obrazach z 15 i 24 kwietnia na powierzchniach testowych odlogów odpowiednio 94,5 i 84,8% pikseli należało do klasy „odlogów”. Na obrazie wrześniowym udział tych pikseli na powierzchniach testowych wynosił 93%.

Te same obrazy, które klasyfikowano w sposób nie nadzorowany poddano klasyfikacji nadzorowanej, wykorzystując 47 pól treningowych reprezentujących 11 kategorii użytkowania ziemi. Stosując wymienione w tabeli 2 najlepsze kombinacje kanałów czujnika satelity TERRA ASTER zastosowano algorytm klasyfikacyjny wstecznej propagacji. Wyniki klasyfikacji oceniano na podstawie macierzy błędów, służącej do porównania obrazu wynikowego klasyfikacji z obrazem odniesienia, który powstał w efekcie lustracji terenowej. Dla każdej kategorii użytkowania ziemi obliczono procentowy współczynnik poprawności klasyfikacji nadzorowanej jako stosunek trafnie wydzielonych pikseli do całkowitej liczby pikseli w obrębie pól testowych. Poprawność klasyfikacji oceniano również za pomocą współczynnika Kappa (Khat statistics), który określa proporcjonalną redukcję błędów powstających w czasie procesu klasyfikacyjnego w porównaniu z błędem klasyfikacji przeprowadzanej przypadkowo (Congalton, 1991).

Tabela 4 zawiera wyniki klasyfikacji nadzorowanej ośmiu obrazów w postaci procentowego udziału pikseli zaliczonych do poszczególnych kategorii użytkowania ziemi w ogólnej liczbie pikseli odpowiadających powierzchniom testowym. Całkowita poprawność klasyfikacji nadzorowanej była większa w pierwszej części sezonu wegetacyjnego, to znaczy w kwietniu i maju i wynosiła wówczas, na czterech obrazach od 70 do 78,9%. Podobną poprawność uzyskano w drugiej części sezonu tylko na jednym obrazie, z 10 września (75,6%). W czerwcu, lipcu i drugiej połowie września klasyfikacja była przeprowadzana z dokładnością wynoszącą około 60%. Rycina 2 przedstawia cztery wynikowe obrazy klasyfikacji nadzorowanej przeprowadzonej na zdjęciach z 15 i 24 kwietnia oraz 10 września, dla których uzyskano największą poprawność w sezonie wegetacyjnym i z 18 lipca, dla którego poprawność była najmniejsza. Na obrazach rejestrowanych w późniejszych terminach sezonu dokładność klasyfikacji odlogów stopniowo malała aż do połowy lipca, kiedy udział poprawnie sklasyfikowanych pikseli wynosił zaledwie 4%. W pierwszej dekadzie września poprawność klasyfikacji wzrosła, ale tylko do 50%. Na obrazach zarejestrowanych 15 i 24 kwietnia najwięcej pikseli błędnie zakwalifikowanych do kategorii odlogów na powierzchniach testowych należało do kategorii zbóż jarych (odpowiednio 3,1% i 5,4%), powierzchni glebowych nie pokrytych roślinnością (2,4% i 1,1%) oraz młodników (2,0% i 5,5%).

W tabeli 5 przedstawiono współczynniki rozłączności spektralnej otrzymane na podstawie dendrogramów z czterech obrazów (15 i 24 kwietnia, 18 lipca i 10 września) między klasą odlogów a pozostałymi klasami użytkowania ziemi na analizowanym obszarze. Rozłączność obliczano na podstawie odległości między środkami klas w przestrzeni spektralnej (ERDAS, 1998). W całym sezonie wegetacyjnym dla odlogów najniższe wartości współczynników rozłączności, świadczące o największym z nimi powinowactwie spektralnym,

Tabela 4. Poprawność klasyfikacji nadzorowanej przeprowadzonej na 8 obrazach satelitarnych TERRA ASTER obejmujących obszar rejonu wsi Kowalów.

Table 4. Accuracy of the supervised classification conducted on eight TERRA ASTER images acquired over the test area in the vicinity of Kowalów village.

Kategoria użytkowania ziemi <i>Classes of landuse</i>	Poprawność klasyfikacji nadzorowanej (%) <i>Accuracy of the nonsupervised classification (%)</i>							
	15.04.2005	24.04.2005	18.05.2002	26.05.2005	14.06.2006	18.07.2001	10.09.2004	25.09.2006
Odłogi	91.1	87.6	37.1	34.3	6.0	4.0	49.9	30.0
Młodniki	64.4	57.1	80.0	100.0	22.1	70.4	99.7	33.8
Zboża jare	73.1	84.7	47.0	11.2	10.4	–	–	–
Las liściasty	70.2	0.0	72.4	29.2	18.1	75.6	80.4	41.2
Gleba	99.4	97.8	27.3	–	–	35.5	85.6	90.9
Użytki zielone	92.7	69.3	14.6	99.7	28.1	13.8	58.4	52.8
Zboża ozime	10.2	32.8	71.4	12.6	8.1	11.6	–	40.1
Kukurydza	–	–	–	–	96.5	12.9	76.4	–
Las iglasty	86.6	27.1	88.4	99.7	77.0	89.2	95.5	96.5
Rzepak ozimy	64.6	71.6	91.7	34.1	27.7	–	–	4.6
Ścierniska	–	–	–	–	–	73.4	18.9	13.0
Całkowita poprawność klasyfikacji	77.8	78.9	75.0	70.0	57.8	61.3	75.6	64.9
Statystyka Khat'a	71.6	71.8	65.5	55.8	32.0	51.0	68.0	55.8

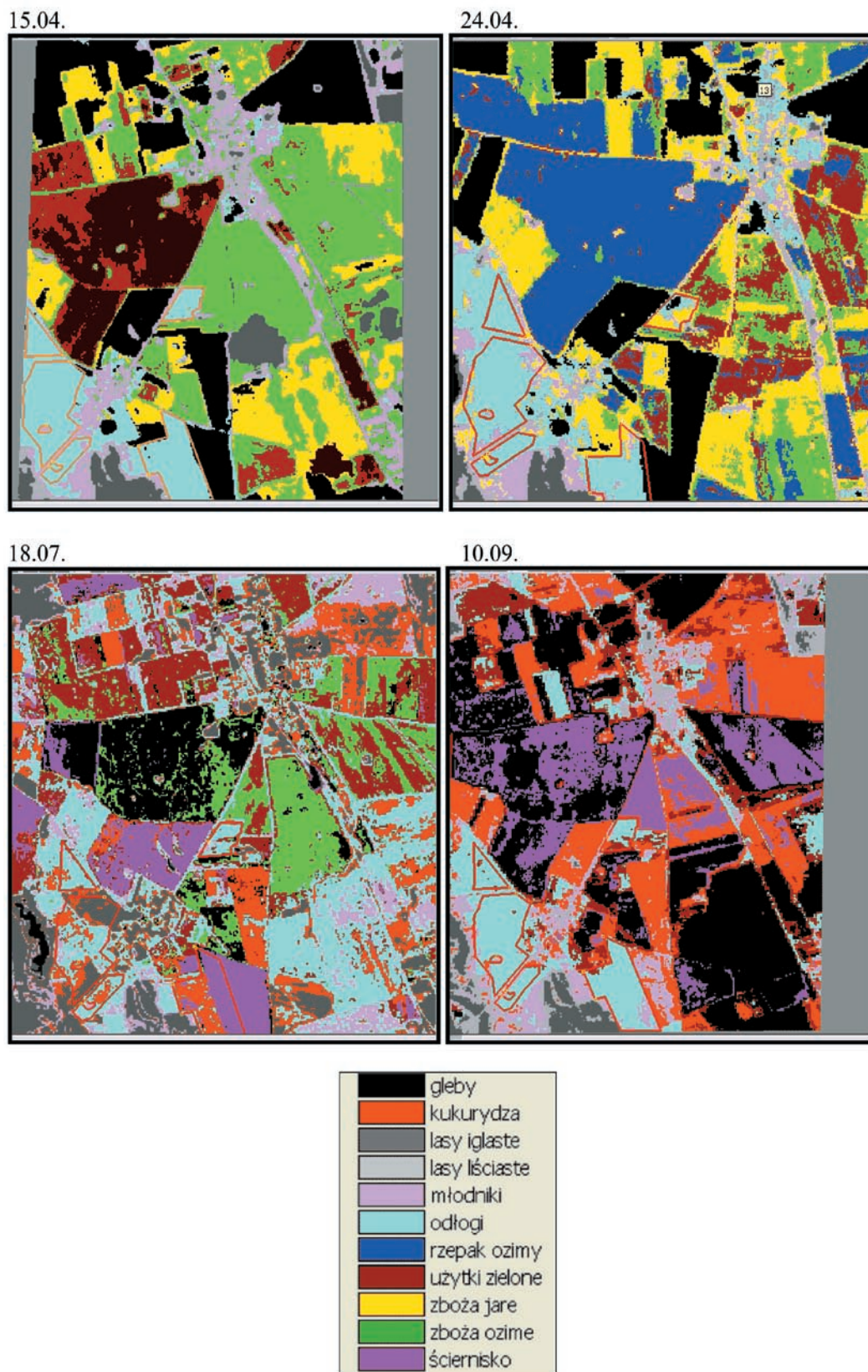
Tabela 5. Współczynniki rozłączności spektralnej (WR) między pikselami należącymi do klasy „odłogi” i pikselami pozostałych kategorii na powierzchniach testowych z ośmiu obrazów satelity TERRA ASTER obejmujących obszar rejonu wsi Kowalów.

Table 5. Coefficients of separability (WR) between the pixels of the “fallow fields” class and the pixels of the other classes at the test areas at eight TERRA ASTER images acquired over the test area in the vicinity of Kowalów village.

15.04.2005		24.04.2005		18.07.2001		10.09.2004	
Klasa użytkowania ziemi <i>Classes of landuse</i>	WR	Klasa użytkowania ziemi <i>Classes of landuse</i>	WR	Klasa użytkowania ziemi <i>Classes of landuse</i>	WR	Klasa użytkowania ziemi <i>Classes of landuse</i>	WR
młodnik	403	młodnik	278	kukurydza	204	użytki zielone	552
zboże ozime	639	las liściasty	629	młodnik	235	młodnik	621
gleba	696	las iglasty	1066	użytki zielone	428	las liściasty	961
las liściasty	763	uprawy jare	1092	zboże ozime	432	kukurydza	1077
uprawy jare	798	zboże ozime	1245	ściernisko	549	gleba	1295
użytki zielone	1068	gleba	1393	las iglasty	748	ściernisko	1468
las iglasty	1253	użytki zielone	1588	gleba	772	las iglasty	1511
rzepak ozimy	1396	rzepak ozimy	2438	las liściasty	1360		

uzyskano z młodnikami. Wszystkie wyodrębnione klasy użytkowania ziemi wykazywały największą rozłączność spektralną z odlogami w drugiej połowie kwietnia i w maju. Na podstawie danych z obrazu zarejestrowanego 24 kwietnia 2005 roku najwyższe wartości współczynników rozłączności uzyskano między odlogami a zbożami jarymi, rzepakiem ozimym oraz użytkami zielonymi. W tym czasie różnice między ilością zielonej masy roślinnej na odlogach i w uprawach rzepaku oraz

na użytkach zielonych były bardzo duże a rośliny w uprawach jarych znajdowały się w fazie wschodów i w bardzo małym stopniu pokrywały glebę. Największą rozłączność między zbożami ozimymi i odlogami obserwowano w połowie maja (obraz z 18 maja). W tym samym czasie pola uprawne nie pokryte roślinnością w największym stopniu różniły się od odlogów. Najmniejsza rozłączność między odlogami i klasyfikowanymi uprawami rolniczymi występowała w pełni sezonu



Ryc. 2. Wynikowe obrazy klasyfikacji nienadzorowanej przeprowadzonej z wykorzystaniem czterech obrazów satelity TERRA ASTER obejmujących obszar rejonu wsi Kowalów.

Fig 2. Four unsupervised classification images derived from the TERRA ASTER data acquired over the test area in the vicinity of Kowalów village. Gleby = Soils, Kukurydza = Maize, Las iglasty = Coniferous forest, Las liściasty = Leafy forest, Młodnik = Greenwood, odłogi = Fallow land, Rzepak ozimy = Winter rape, Użytki zielone = Green crops, Zboża jare = Spring crops, Zboża ozime = Winter crops, Ściernisko = Stubble field.

Tabela 6. Współczynniki współwystępowania (WW) pikseli odpowiadających powierzchniom odłogów z pikselami innych kategorii użytkowania terenu na polach testowych z obrazów satelity TERRA ASTER zarejestrowanych w ośmiu terminach.

Table 6. Coefficients of co-occurrence (WW) between the pixels of the fallow fields class and the pixels of the other classes at the test areas at eight TERRA ASTER images acquired over the test area in the vicinity of Kowalów village.

15.04.2005		24.04.2005		18.07.2001		10.09.2004	
Klasa użytkowania <i>Classes of landuse</i>	WW	Klasa użytkowania <i>Classes of landuse</i>	WW	Klasa użytkowania <i>Classes of landuse</i>	WW	Klasa użytkowania <i>Classes of landuse</i>	WW
rzepak ozimy	-87	rzepak ozimy	-85	gleba	-75	gleba	-105
gleba	-61	uprawy jare	-61	ściernisko	-73	ściernisko	-83
uprawy jare	-56	użytki zielone	-58	zboże ozime	-71	kukurydza	-82
zboże ozime	-47	gleba	-57	las iglasty	-60	las iglasty	-70
użytki zielone	-45	zboże ozime	-55	użytki zielone	-60	las liściasty	-41
las iglasty	-44	las liściasty	-26	las liściasty	-59	użytki zielone	-20
las liściasty	-35	las iglasty	-11	kukurydza	-27	młodnik	-15
młodnik	-11	młodnik	33	młodnik	4		

wegetacyjnego, w czerwcu i lipcu. Natomiast powierzchnie glebowe były w najmniejszym stopniu rozłączne spektralnie z odłogami na początku sezonu wegetacyjnego (obraz z 15 kwietnia), gdy na odłogach dominowała zaschnięta masa roślinna, której duży udział powoduje upodobnienie spektralne powierzchni roślinnych do glebowych.

W celu przedstawienia przestrzennych związków między wyodrębnionymi klasami obliczono współczynniki współwystępowania, które określają częstotliwość, z jaką piksele poszczególnych klas znajdują się w swoim sąsiedztwie na obrazie. (TNTmips, 2007). Wspomniane współczynniki przyjmowały wartości w zakresie od -120 do 44, przy czym wartości dodatnie oznaczały dużą korelację przestrzenną między klasami. W tabeli 6 przedstawiono wartości współczynnika współwystępowania uzyskane z czterech obrazów zarejestrowanych 15 i 24 kwietnia, 18 lipca i 10 września. Piksele odpowiadające na obrazach powierzchniom odłogów najczęściej współwystępowały z pikselami należącymi do klasy młodników. Według Deputata i in. (1991) głównym czynnikiem sprzyjającym odłogowaniu gruntów jest bezpośrednie sąsiedztwo upraw leśnych.

Podsumowanie

Dzięki dużemu zróżnicowaniu spektralnemu między odłogami i uprawami rolniczymi w kwietniu i maju uzyskiwano dużą skuteczność klasyfikacji odłogów i nieużytków porolnych na obrazach satelity TERRA ASTER. Na obrazach kwietniowych w wyniku klasyfikacji nadzorowanej odłogi wydzielono z największą dokładnością, wynoszącą 88–91%. Najbardziej odpowiednimi kanała-

mi do klasyfikacji obrazów zarejestrowanych w kwietniu były kanały, w których rejestrowane jest odbicie promieniowania z zakresu bliskiej podczerwieni (kanał 3) oraz z zakresu środkowej podczerwieni (kanały 4, 8 i 9). Największe podobieństwo spektralne w tym czasie odłogi wykazywały z powierzchniami leśnymi, szczególnie młodnikami oraz z uprawami jarymi.

Literatura

- Chavez P. S. Jr., Berlin G.L., Sowers B., 1982, Statistical method for selecting Landsat MSS ratios. *Journal of Applied Photogrammetry Engineering*, 8:23–30.
- Congalton R.G., 1991, A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. *Remote Sensing of Environment*, 37:35–46.
- Deputat T., Demidowicz G., Kaczyński L., 1991, Ocena przyrodniczo-gospodarczych przyczyn odłogowania gruntów w terenach urzeźbionych. *Pamiętnik Puławski*, 99:225–233.
- ERDAS Field Guide, *Przewodnik geoinformatyczny*. Geosystems Polska, Warszawa 1998, s. 591.
- Firbank L.G., Smart S.M., Crabb J., Critchley C.N.R., Fowbert J.W., Fuller R.J., Gladders P., Green D.B., Henderson I., Hill M.O., 2003, Agronomic and ecological costs and benefits of set-aside in England. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 95, 73–85.
- Flis A., 2004, Prognoza rozwoju krajobrazu na obszarze Parku Krajobrazowego „Dolina Słupi” w świetle zmian użytkowania ziemi. *Problemy Ekologii Krajobrazu*, tom XIII: 147–155.
- Marks M. i Nowicki J., 2002, Aktualne problemy gospodarowania ziemią rolniczą w Polsce cz. I. Przyczyny odłogowania gruntów i możliwości ich rolniczego zagospodarowania. *Fragmenta Agronomica*, (XIX) nr 1 (73).
- Peña-Barragán J.M., Jurado-Expósito M., López-Granados F., Atenciano S., Sanchez-de la Orden M., Garcia-Ferrer A., Garcia-Torres L., 2004, Assessing land-use in olive groves

from aerial photographs. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 103(1):117–122.

Price J.C., 1992, Estimating vegetation amount from visible and near infrared reflectances. *Remote Sensing of Environment*, 41:29–34.

TNTmips, Getting started, 2007, MicroImages Inc., Lincoln Nebraska.

van Buskirk J. i Willi Y., 2004, Meta-Analysis of farmland biodiversity within set-aside land. *Conservation Biology*, 19(3):967–968.



Dr inż. Jan Piekarczyk jest absolwentem Wydziału Rolniczego Akademii Rolniczej w Poznaniu. Pracując w Instytucie Ochrony Roślin w Poznaniu zajmował się opracowaniem charakterystyk spektralnych roślin uprawnych. W 1996 roku obronił pracę doktorską pt.: *Dwukierunkowa charakterystyka spektralna odbicia od uprawy rzepaku w sezonie wegetacyjnym*. Od 1997 roku Jest adiunktem na Uniwersytecie im. Adama Mickiewicza w Poznaniu w Zakładzie Gleboznawstwa i Teledetekcji Gleb. Jego obecne zainteresowania naukowe dotyczą możliwości wykorzystania danych teledetekcyjnych do identyfikacji i monitoringu ugorów i nieużytków porolnych. Uniwersytet im Adama Mickiewicza w Poznaniu, Instytut Geografii Fizycznej i Kształtowania Środowiska Przyrodniczego, ul. Dziegielowa 27, 61-680 Poznań. e-mail: piekjan@amu.edu.pl; tel.: (61) 829 6235, fax: (61) 829 6230.



Dr Sławomir Królewicz ukończył studia magisterskie w zakresie geografii na Wydziale Nauk Geograficznych i Geologicznych Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, 1994, broniąc pracę na temat: *Dynamiczne ujęcie zmian w strefie brzegowej jeziora Gardno na podstawie interpretacji zdjęć lotniczych*. Doktorat obronił 5 listopada 2002 roku, broniąc rozprawę na temat: *Zmiany jasności powierzchni piaszczystych na zdjęciach lotniczych*. Obecnie pracuje na stanowisku adiunkta w Zakładzie Gleboznawstwa i Teledetekcji Gleb, zajmując się cyfrowym przetwarzaniem danych teledetekcyjnych i szeroko pojętej informacji przestrzennej. Uniwersytet im Adama Mickiewicza w Poznaniu, Instytut Geografii Fizycznej i Kształtowania Środowiska Przyrodniczego, ul. Dziegielowa 27, 61-680 Poznań. e-mail: skrol@amu.edu.pl; tel.: (61) 829 6236, fax: (61) 829 6230.