

**ZASTOSOWANIE CECH STRUKTURALNYCH OBRAZU LANDSAT ETM+
W KLASYFIKACJI OBIEKTOWEJ
KOMPLEKSÓW KRAJOBRAZOWO-ROŚLINNYCH**

**APPLICATION OF STRUCTURAL FEATURES IN THE LANDSAT ETM+ IMAGE
IN OBJECT CLASSIFICATION
OF LANDSCAPE-VEGETATION COMPLEXES**

Krzysztof Kosiński

Instytut Melioracji i Użytków Zielonych w Falentach

SŁOWA KLUCZOWE: kompleks krajobrazowo-roślinny, klasyfikacja obiektowa, struktura, tekstura, filtracja kierunkowa

STRESZCZENIE: Kompleks krajobrazowo-roślinny zastosowano jako jednostkę podstawową w rejestracji roślinności na kompozycji danych panchromatycznych LandsatETM+. Zastosowano sześć wskaźników struktury i tekstury: wariancję w oknie 5×5 pikseli (Var5×5), wskaźnik struktury pasowej (SSI) oraz trzy wskaźniki małych obiektów: obiektów wielkości 3×3 piksele (S3×3), jednego piksela (S1×1) i wskaźnik różnicowy (S3×3Dif). W obszarach miejskich możliwa jest identyfikacja kompleksów roślinności z zabudową i kompleksów bez udziału roślinności.

1. WSTĘP

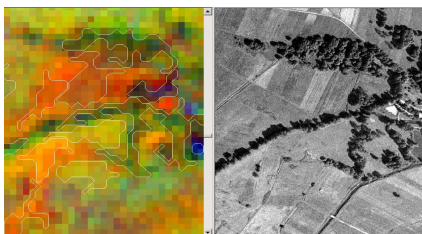
Przedmiotem pracy jest kompleks krajobrazowo-roślinny zobrazowany na zdjęciach Landsat ETM+. Koncepcja kompleksu krajobrazowo-roślinnego okazała się użyteczna w klasyfikacji obiektowej roślinności obszarów wiejskich. Klasyfikacja obiektowa, w przeciwieństwie do tradycyjnych technik klasyfikacji pikselowej, może zastąpić tradycyjne metody interpretacji wizualnej (Lewiński, 2007).

Segmenty obrazu reprezentujące różne typy kompleksów poddawano analizie porównawczej jako obiekty przyszłej klasyfikacji. W klasyfikacji obiektowej wykorzystuje się takie cechy segmentów, jak odbicie spektralne, kształt, wielkość, sąsiedztwo, tekstura, parametry statystyczne (Lewiński, 2005). We wcześniejszych pracach nad klasyfikacją kompleksów krajobrazowo-roślinnych na obszarach użytków zielonych analizowano wartości kanałów panchromatycznych Landsat ETM+ (Kosiński, 2005b) oraz wielkość i kształt segmentów obrazu (Kosiński, Hoffmann-Niedek, 2006). Celem tej oto pracy jest wstępna analiza struktury i tekstury. Podjęty będzie problem pozyskania informacji o roślinności na podstawie analizy strukturalnej komponentów kompleksu krajobrazowo-roślinnego zobrazowanych w paśmie panchromatycznym.

O szczególnym znaczeniu tego etapu prac stanowi związek wysokiego poziomu antropopresji z rozdrobnieniem albo ujednoczeniem mozaiki ekosystemów,

występowaniem budowli oraz wysokim stopniem zgeometryzowania granic, w szczególności z występowaniem struktur pasowych w układzie równoległym. Wszystkie te cechy mogą mieć odbicie w strukturze i teksturze obrazu satelitarnego i powinny być wykorzystane w monitoringu szaty roślinnej.

Kompleks krajobrazowo-roślinny jest to przestrzennie wyodrębniony, powtarzalny układ funkcjonalnie powiązanych facji, zachowujących względną jednorodność funkcjonalną i genetyczną, przy czym związki między facjami w obrębie kompleksu są silniejsze od ich powiązań zewnętrznych (Matuszkiewicz, 1990, 1992), Rys. 1. Przez facje rozumie się tu zarówno fragmenty terenu zajęte przez poszczególne zbiorowiska roślinne, jak również tereny pozbawione pokrywy roślinnej, a także poszczególne formy zabudowy.



Rys. 1. Kompleksy krajobrazowo roślinne w Dolinie Luciąży (Równina Piotrkowska) na kompozycji danych panchromatycznych pozyskanych z dwóch zdjęć Landsat ETM+ wykonanych w różnych porach roku (obraz lewy) i na panchromatycznej ortofotomapie lotniczej (obraz prawy)

Typologicznie kompleksy różnicują się na trzy grupy, zależnie od roli roślinności w ich budowie. Podstawą dalszego podziału typologicznego jest rola procesów antropogenicznych, na obszarach zabudowanych typ zabudowy określający intensywność antropopresji (Matuszkiewicz, 1992). Kompleksy będące przedmiotem analizy należą do trzech grup i sześciu podgrup (w grupie trzeciej nie wyróżniono podgrup).

Grupa 1. Tereny o fizjonomii określonej przez roślinność

- 1.1. Obszary roślinności naturalnej i seminaturalnej
- 1.2. Obszary roślinności spontanicznej
- 1.3. Obszary roślinności kształtowanej

Grupa 2. Tereny, na których roślinność tworzy mozaikę z zabudową

- 2.2. Roślinność z zabudową jednorodzinną
- 2.3. Roślinność z zabudową wielorodzinną
- 2.4. Roślinność z zabudową usługową
- 2.5. Roślinność z zabudową przemysłową

Grupa 3. Tereny o znikomej roli roślinności

Na obszarach wiejskich dominują kompleksy z grupy 1. z niewielką pod względem powierzchni, lecz stałą obecnością kompleksów z podgrupy 2.2. Pozostałe kompleksy z grupy 2. i 3. występują wprawdzie rzadko, ale ze znacznym zróżnicowaniem typologicznym. Dlatego poprawne sklasyfikowanie roślinności obszarów wiejskich

wymaga zebrania dodatkowego materiału dokumentacyjnego z obszarów miasta i strefy podmiejskiej.

Na wielospektralnych zobrazowaniach Landsat TM można identyfikować i monitorować przekształcenia siedlisk hydrogeniczných na dużych obszarach (Miatkowski *et al.*, 2006). W opracowaniach użytków zielonych wymagających większej rozdzielczości przestrzennej wskazane jest zastąpienie zobrazowań wielospektralnych kompozycją danych panchromatycznych pozyskanych z dwóch zdjęć Landsat ETM+ (Kosiński, 2005a).

Zgodnie z celem opracowania, hipoteza robocza odnosi się do informacji strukturalnej: Udział roślinności w kompleksach krajobrazowo-roślinnych odwzorowanych na kompozycji danych panchromatycznych Landsat ETM+ można określić na podstawie cech strukturalnych obrazu.

W największym uproszczeniu udział roślinności można sprowadzić do pokrycia terenu zieloną masą, wyrażonego wskaźnikiem NDVI. W badaniach roślinności z zastosowaniem zobrazowań Landsat ETM+ kanał panchromatyczny zazwyczaj wykorzystuje się łącznie z danymi spektralnymi (Lu, Weng, 2005, Lewiński, 2006). Lu i Weng (2005) stosują wariancję w oknie 9×9 pikseli do identyfikacji kompleksu roślinności z zabudową mieszkalną. Zastosowanie wskaźnika struktury pasowej do analizy wieloczasowych danych satelity Landsat pozwala odróżnić grunty orne od mokrych i bagiennych użytków zielonych (Kosiński, Kozłowska, 2003, Kozłowska *et al.*, 2004).

W tej oto pracy podjęto próby wykorzystania cech strukturalnych kompozycji danych panchromatycznych do rozdzielenia łąk użytkowanych od nieużytkowanych, grądów zubożałych od muraw napiaskowych na gruntach porolnych, gruntów orných od użytków zielonych oraz rozróżnienia kompleksów z grup 1., 2., i 3. Wyniki posłużą w przyszłości klasyfikacji obiektowej kompleksów krajobrazowo-roślinnych, w tym wyodrębnieniu użytków zielonych spośród innych kategorii kompleksów.

2. MATERIAŁ, METODA I ZAKRES BADAŃ

2.1. Segmentacja obrazu

Analiza danych satelitarnych składa się z dwóch etapów: 1) wydzielenia segmentów obrazu jako względnie jednorodnych fragmentów obrazu, reprezentujących kompleksy krajobrazowo-roślinne, 2) analizy cech strukturalnych obrazu za pomocą szeregu wskaźników.

289 pól treningowych zlokalizowano w województwie łódzkim, w obszarze trzech mezoregionów: Kotliny Szczercowskiej, Wysoczyzny Bełchatowskiej i Równiny Piotrkowskiej.

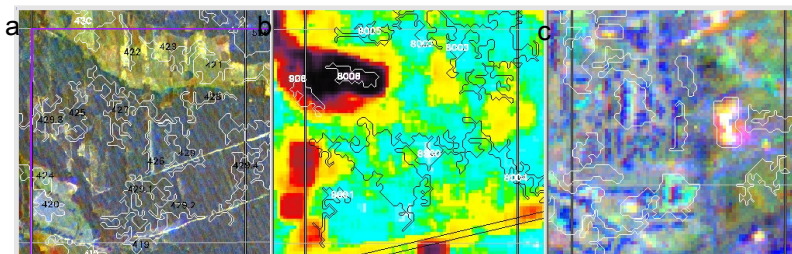
Kompleksy krajobrazowo-roślinne obrazowano na kompozycji danych panchromatycznych o wymiarze terenowym piksela 15 m, oznaczonej w dalszym tekście symbolem Pan (Kosiński, 2005a):

- *Red*: ETM8, 1999-09-10;
- *Green*: ETM8, 2001-05-01;
- *Blue*: (ETM1 + ETM2 + ETM3) / ETM8, 1999-09-10.

Kompleksy krajobrazowo-roślinne wydzielano jako segmenty obrazu półautomatyczną procedurą *Region growing* pakietu ERDAS IMAGINE (Kosiński,

Hoffmann, Zawila, 2006). Procedura grupowania pikseli wymaga interaktywnego deklarowania granicznej odległości euklidesowej w trójwymiarowej przestrzeni wartości kanałów rastra Pan. Dobór granicznej odległości dla danego segmentu odbywa się zazwyczaj w drodze kolejnych przybliżeń.

Przyjmuje się warunek, że segment powinien obejmować względnie jednorodny, reprezentatywny fragment kompleksu, z pominięciem strefy przejścia między kompleksami. Strefy przejścia mogą mieć znaczną szerokość bądź stanowić ostrą granicę między kompleksami; w obu przypadkach nie powinny być włączane do żadnego z segmentów. Stąd segmenty nie mogą zawierać granicznych mikseli (*mixed pixels*, Schneider, Steinwendner, 1999), nie mogą się również przecinać. Segmenty, zależnie od rozmiarów kompleksu, osiągają wielkość rzędu 50 – 500 pikseli (10^4 – 10^5 m² w terenie). Tworzenie segmentów kontrolowane jest wizualnie. Do oceny zgodności przestrzennej segmentu rastra Pan z kompleksem krajobrazowo-roślinnym wskazane jest wykorzystanie dodatkowego zobrazowania o wyższej rozdzielczości (Rys. 2a).



Rys. 2. Kompleksy krajobrazowo-roślinne Belchatowa i okolic (w wybranych fragmentach terenu opracowania – w polach 1x1 km) wydzielone przez segmentację kompozycji danych panchromatycznych Landsat ETM+, wskazane konturem na tle: a) kompozycji danych panchromatycznych Landsat ETM+ wzmocnionej przestrzennie zakresem zieleni zdjęcia lotniczego, b) wariacji w kanale ETM8 (środek sygnatury wskazuje piksel startowy w lokalnym minimum wariacji kanału ETM8), c) kompozycji danych panchromatycznych Landsat ETM+ (teren zabudowany). Wg: Kosiński K., Zawila A., Hoffmann-Niedek A., Gal A., Toth E., Karaś D., Wągradzki R. (mat. niepubl.)

Podjęto próbę obiektywizacji doboru pikseli startowego (od którego rozpoczyna się grupowanie pikseli) jako czynnika zmienności kształtu segmentów. Piksel startowy może być wybierany w lokalnym ekstremum wartości składowych barwnych obrazu lub w minimum ich gradientu (Schneider, Steinwendner, 1999). Segmenty odpowiadające przestrzennie kompleksom krajobrazowo-roślinnym uzyskano, wybierając piksel startowy w najsilniej zaznaczonym w obszarze danego kompleksu minimum wariacji kanału ETM8 (2001-05-01) w oknie 7x7 pikseli (Rys. 2b).

W mieście i strefie podmiejskiej do segmentacji terenów zabudowanych konieczne okazało się zastąpienie rastra Pan rastrem, którego dwa kanały zawierają informację strukturalną pozyskaną z rastra Pan, a trzeci kanał, wskaźnik NDVI, wprowadza informację o pokrywie roślinnej pozyskaną z kanałów spektralnych zdjęcia majowego (2001-05-01):

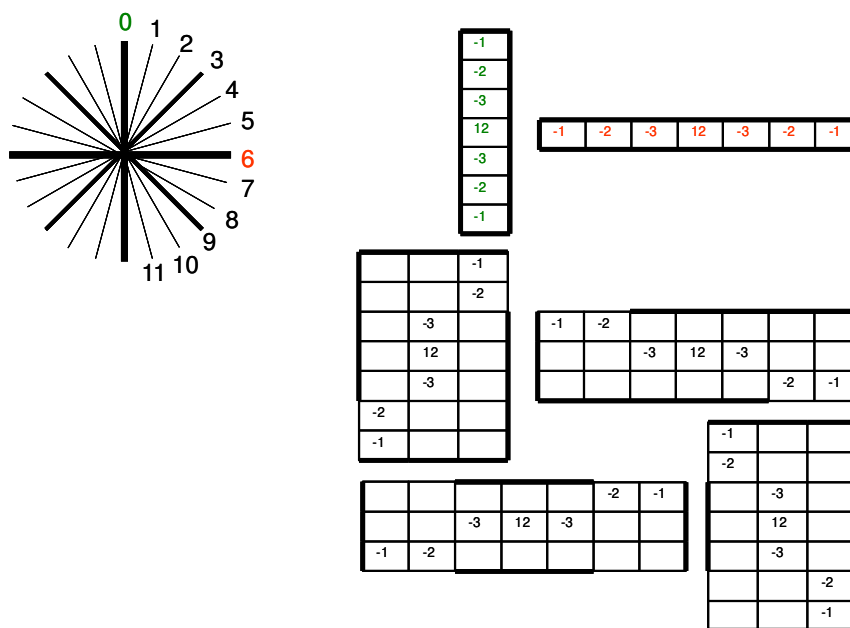
- *Red*: SSI12 (dwunastokierunkowy wskaźnik struktur pasowych w układzie równoległym, obliczony w wyniku filtracji kierunkowej kanału ETM8,
- *Green*: Var5×5 (wariancja w oknie 5×5 pikseli obliczona dla kanału ETM8),
- *Blue*: NDVI (obliczone z kanałów spektralnych ETM+).

Piksel startowy w terenie zabudowanym wskazane jest wybierać wg zobrazowania o większej rozdzielczości przestrzennej (Rys. 2c).

2.2. Analiza struktury i tekstury segmentów

Segmenty obrazu poddano analizie ze względu na strukturę i teksturę obrazu Pan. W tym celu opracowano pięć wskaźników: dwunastokierunkowy wskaźnik struktury pasowej kanału ETM8, 2001-05-01 (SSI12), Rys. 3, wskaźniki struktur wielkości 3×3 piksele (S3×3), 1 piksela (S1×1) oraz wskaźnik różnicowy struktur wielkości 3×3 piksele (S3×3Dif), Rys. 4. Dodatkowo użyto wariancji kanału ETM8, 2001-05-01 w oknie 5×5 pikseli (Var5×5).

$$SSI = \text{MAX} (||\text{Line0}|-|\text{Line6}||, ||\text{Line1}|-|\text{Line7}||, \dots, ||\text{Line5}|-|\text{Line11}||)$$



Rys. 3. Wskaźnik struktury pasowej SSI jako efekt dwunastu filtrów przestrzennych działających parami we wzajemnie prostopadłych kierunkach

$$S_{3 \times 3} = \sqrt{S_{3 \times 3 \text{ 2001-05-01}}^2 + S_{3 \times 3 \text{ 1999-09-10}}^2}$$

-1	-1	-1	-1	-1
-1	1.5	2	1.5	-1
-1	2	2	2	-1
-1	1.5	2	1.5	-1
-1	-1	-1	-1	-1

$$S_{1 \times 1} = \sqrt{S_{1 \times 1 \text{ 2001-05-01}}^2 + S_{1 \times 1 \text{ 1999-09-10}}^2}$$

-1	-1	-1
-1	8	-1
-1	-1	-1

$$S_{3 \times 3 \text{ Dif}} = (S_{3 \times 3} - \text{GLOBAL SD}(S_{3 \times 3})) * ((1 / S_{1 \times 1}) - (1 / \text{GLOBAL SD}(S_{1 \times 1})))$$

Rys. 4. Wskaźniki struktur wielkości 3×3 piksele (S3×3) i jednego piksela (S1×1) jako wynik filtracji przestrzennej kanałów ETM8 zdjęć satelity Landsat wykonanych w dwóch terminach (2001-0501 i 1999-09-10) oraz kanał różnicowy (S3×3Dif)

W wyniku badań pilotowych ustalono, że niektóre kategorie kompleksów wykazują szeroki zakres zmienności powyższych wskaźników i nie mogą podlegać klasyfikacji przy ich zastosowaniu. Z tego powodu na obecnym etapie prac wyłączono z zakresu opracowania:

- z podgrupy 1.1: kompleksy stawów hodowlanych, lasów liściastych i bagiennych oraz kompleksy użytków zielonych z udziałem siedlisk bagiennych, wilgotnych i mokrych lub zadrzewień i zakrzewień,
- z podgrupy 1.2: kompleksy zrębów i zarośli jeżynowych,
- z grup 2. i 3.: kompleksy roślinności z zabudową jednorodziną oraz kompleksy dróg i placów.

Pola treningowe reprezentujące kompleksy z grup 2. i 3. zidentyfikowano na podstawie wartości wskaźnika NDVI zdjęcia wykonanego 1 maja 2001. Dla różnych typów kompleksów przyjęto nieco odmienne progi NDVI. Identyfikacja w terenie tego rodzaju obiektów wykonana 6 lat po zobrazowaniu satelitarnym stwarzałyby liczne trudności interpretacyjne.

3. WYNIKI Z UWAGAMI KRYTYCZNYMI

Próby rozdzielenia łąk użytkowanych od nieużytkowanych, łąk zubożałych od muraw napiaskowych na gruntach porolnych oraz gruntów ornych od użytków zielonych według sześciu testowanych w pracy wskaźników dały wynik negatywny.

Stwierdzono możliwość rozdzielenia terenów o fizjonomii określonej przez roślinność (1. grupa kompleksów) od kompleksów grupy 2. i 3. na podstawie którejkolwiek z następujących par wskaźników:

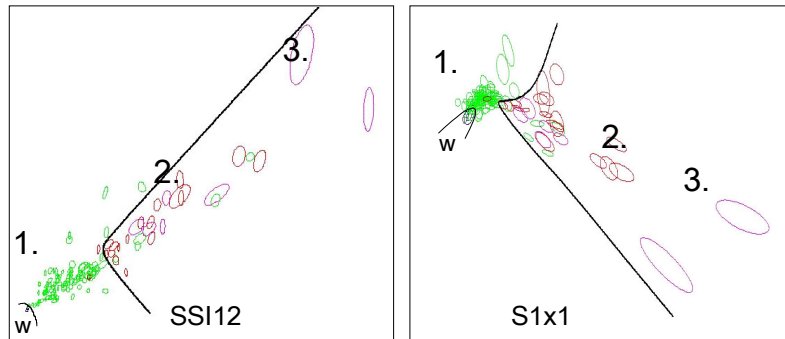
- wskaźnika struktury pasowej (SSI12) i wskaźnika struktur wielkości 3×3 piksele (S3×3),
- wskaźnika struktur wielkości piksela (S1×1) i wskaźnika różnicowego struktur wielkości 3×3 piksele (S3×3 Dif).

Kompleksy wód otwartych, które z racji znikomego udziału roślinności należy zaliczać do grupy 3., również wyodrębniają się według dowolnej z powyższych par wskaźników (Rys. 5). Dla każdej z par wskaźników wszystkie klastry kompleksów grupy 3. sytuują się w obszarze oznaczonym jako charakterystyczny dla grup 2. i 3.

Tereny zabudowane (nie wyłączając zabudowy jednorodzinnej) można zróżnicować na tereny, na których roślinność tworzy mozaikę z zabudową (grupa 2.) i tereny o znikomej roli roślinności (grupa 3.). I tu również można użyć jednej z dwóch par wskaźników:

- wariacji (Var5×5) i wskaźnika struktur wielkości 3×3 pikseli (S3×3),
- wariacji (Var5×5) i wskaźnika struktur wielkości piksela (S1×1).

W przestrzeni pierwszej z dwóch powyższych par wskaźników wszystkie klastry kompleksów z grupy 3. sytuują się w obszarze zakreślonym jako charakterystyczny dla tej grupy (Rys. 6).



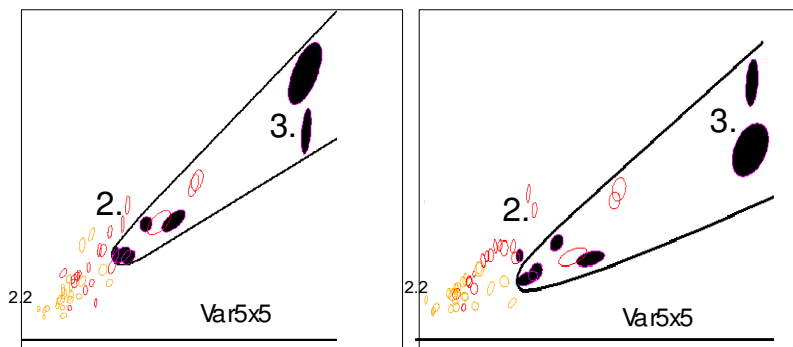
Rys. 5. Klastry pól treningowych w przestrzeni wartości par wskaźników wykreślone w zasięgu określonym w odniesieniu do wariacji jako 0.1σ .

Oznaczenia na rysunku: 1., 2., 3. – grupy kompleksów,
w – kompleksy wód otwartych.

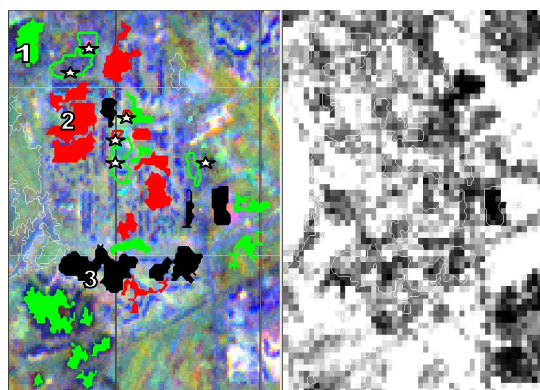
Linie wyznaczają obszar charakterystyczny dla 1. grupy kompleksów.

Zasadniczy materiał dokumentacyjny (analizę klastrów dla pól treningowych) uzupełniono klasyfikacją niereprezentatywnej próby pól testowych. Próbna klasyfikacja potwierdza, że oddzielenie kompleksów grupy 1. od kompleksów grupy 2. i 3. może być obciążone znaczącą liczbą błędów (Rys. 7, porównaj Rys. 5). Nie stwierdzono wprawdzie błędów w rozróżnieniu pól testowych reprezentujących kompleksy grupy 2. i 3. (Rys. 7), jednak analiza rozkładu klastrów dla pól treningowych wskazuje i tu na błędy klasyfikacji (Rys. 6). Kompleksy z grupy trzeciej odpowiadają najniższym wartościom NDVI (Rys. 7).

Spośród kategorii kompleksów wyłączonych z zakresu opracowania, w obszarach miejskich występują jedynie kompleksy dróg i placów oraz kompleksy roślinności z zabudową jednorodziną. Te ostatnie są wprawdzie nieodróżnialne wg przyjętych w pracy kryteriów od kompleksów grupy 1., jednak dają się oddzielić od grupy 3. Toteż w obszarach miejskich zastosowanie wskaźników Var5×5, S3×3 i S1×1 do określenia udziału komponenty roślinnej (rozróżnienie między 2. i 3. grupą kompleksów) nie jest właściwe jedynie dla kompleksów placów i dróg.



Rys. 6. Klasyfikacja pól treningowych w przestrzeni wartości par wskaźników wykreślone w zasięgu 0.1σ .
Oznaczenia na rysunku: 2., 3. – grupy kompleksów, 2.2. – podgrupa kompleksów roślinności z zabudową jednorodziną. Linie rozdzielają obszary charakterystyczne dla 2. i 3. grupy kompleksów.



Rys. 7. Z lewej: wynik klasyfikacji kompleksów krajobrazowo-roślinnych Bełchatowa na podstawie cech strukturalnych obrazu; 1, 2, 3 – grupy kompleksów, ☆ – błędna klasyfikacja. Z prawej: wskaźnik NDVI; wartości dodatnie – białe, wartości ujemne – w tonach szarości od -0.3 (czarne) do 0 (białe)

Do charakterystyki struktury pasowej w układzie równoległym wykorzystano dane z jednego tylko terminu (1 maja). Może jest to wystarczające dla terenów zabudowanych, jednak w przyszłych badaniach użytków zielonych i gruntów ornych należy wykorzystać oba terminy.

W terenach zabudowanych wskaźnik SSI12 wykrywa tylko wydłużone budynki w układzie równoległym. Przy innym kształcie lub układzie budynków może powodować błędy. Przy zastosowaniu pary wskaźników SSI12 i S3x3 dwa kompleksy grupy 2. zaklasyfikowano do grupy 1. (Rys. 5).

4. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Analiza cech strukturalnych kompozycji danych panchromatycznych pozyskanych z dwóch zdjęć Landsat ETM+ wykonanych w różnych porach roku pozwala:

- identyfikować kompleksy krajobrazowo-roślinne na najwyższym poziomie typologicznym (grupy kompleksów); z zakresu stosowalności proponowanej metody wyłączyć jednakże trzeba pewne kategorie kompleksów;
- określać udział roślinności w kompleksach krajobrazowo-roślinnych terenów miejskich z identyfikacją terenów o znikomej roli roślinności;
- metoda klasyfikacji wymaga zastosowania wskaźników małych struktur i wariacji oraz opcjonalnie wskaźnika struktury pasowej w układzie równoległym.

5. LITERATURA

Kosiński K., 2005a. Znaczenie rozdzielczości spektralnej zdjęć Landsat ETM+ w identyfikacji łąk o różnym uwilgotnieniu i użytkowaniu. *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*. Materiały Sympozjum: „Fotogrametria, Teledetekcja i GIS w świetle XX Kongresu ISPRS”, Vol. 14, p. 327-335. URL: <http://www.sgp.geodezja.org.pl/ptfit/wydawnictwa/bialobrzegi/Bialobrzegi2004/59-kosinski-popr.doc>

Kosiński K., 2005b. Zastosowanie procedury Region Growing w klasyfikacji użytków zielonych na podstawie zdjęć Landsat ETM+. *Roczniki Geomatyki*. T. 3, z. 2. P. 69-76.

Kosiński K., Hoffmann-Niedek A., 2006. Zastosowanie analizy wielkości i kształtu w klasyfikacji użytków zielonych na zdjęciach Landsat ETM+. *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*, Vol. 16. URL: http://www.sgp.geodezja.org.pl/ptfit/wydawnictwa/jablonki/jablonki2006/Kosi%F1ski_Hoffman_Zastosowanie.pdf.

Kosiński K., Hoffmann-Niedek A., Zawila A. (2006) Wydzielanie kompleksów krajobrazowo-roślinnych na zdjęciach Landsat ETM+ z zastosowaniem procedury Region Growing. *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*. Vol. 16. URL: http://www.sgp.geodezja.org.pl/ptfit/wydawnictwa/jablonki/jablonki2006/Kosi%F1ski_%20et_al_Wydzielanie.pdf.

Kosiński K., Kozłowska T., 2003. Zastosowanie wskaźnika NDVI i filtracji kierunkowej do rozpoznawania użytków zielonych oraz analizy zmian siedlisk i zbiorowisk łąkowych. *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*. Materiały Ogólnopolskiego Sympozjum Geoinformacji: „Geoinformacja zintegrowanym narzędziem badań przestrzennych”. Vol. 13 B. P. 387-395

Kozłowska T., Kosiński K., Kwiecień R., Ziąja W., 2004. Zastosowanie wskaźnika NDVI do wyróżniania łąk o różnym poziomie użytkowania i uwilgotnienia. *Woda, Środowisko, Obszary Wiejskie*. T. 4, z. 1 (10), p. 201-218

Lewiński S., 2005. Klasyfikacja obiektowa narzędziem wspomagającym proces interpretacji zdjęć satelitarnych. *Roczniki Geomatyki*, Tom III, Zeszyt 2, Warszawa, s. 100.

- Lewiński S., 2006. Applying fused multispectral and panchromatic data of Landsat ETM+ to object oriented classification. *Proceedings of the 26th EARSeL Symposium*, New Developments and Challenges in Remote Sensing May 29-June 2, 2006, Warsaw, Poland. URL: http://www.pcigeomatics.com/pdfs/lewiniski_earsel2006.pdf.
- Lewiński S., 2007. Porównanie klasyfikacji obiektowej z tradycyjną klasyfikacją pikselową z punktu widzenia automatyzacji procesu tworzenia bazy danych o pokryciu i użytkowaniu terenu. *Roczniki Geomatyki*, T. 5, Zesz. 1, s. 63-70.
- Lu D., Weng Q., 2005. Urban Classification Using Full Spectral Information of Landsat ETM+ Imagery in Marion County, Indiana. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, Vol. 71, No. 11, pp. 1275-1284. URL: <http://isu.indstate.edu/qweng/November%2005%20PERS.pdf>.
- Matuszkiewicz A. J., 1990. Kompleks krajobrazowo-roślinny jako specyficzny typ układu ekologicznego. W: Problemy ochrony i kształtowania środowiska przyrodniczego na obszarach zurbanizowanych. Cz. II, SGGW-AR ser. *CPBP 04-10*, Nr 22, s. 58-64.
- Matuszkiewicz A. J., 1992. Kompleks krajobrazowo-roślinny jako jednostka zróżnicowania roślinności terenów zurbanizowanych. *Dok. Geogr.*, 5-6, s. 51-69.
- Miatkowski Z., Lewiński S., Kowalik W., Sołtysik A., Turbiak J., 2006. Przydatność zdjęć satelitarnych Landsat TM do identyfikacji intensywnie odwodnionych siedlisk hydrogenicznych w rejonie KWB Bełchatów. *Woda, Środowisko, Obszary wiejskie. Rozprawy naukowe i monografie*, Nr 16, s. 2-80.
- Schneider W., Steinwendner J., 1999. Landcover mapping by interrelated segmentation and classification of satellite images. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol. 32, Part 7-4-3 W6, Valladolid, Spain, 3-4 June, 1999. URL: http://www.datafusion.org/ps/sig/meeting/Spain99ps/schneider_werner.pdf

APPLICATION OF STRUCTURAL FEATURES IN THE LANDSAT ETM+ IMAGE IN OBJECT CLASSIFICATION OF LANDSCAPE-VEGETATION COMPLEXES

KEY WORDS: landscape-vegetation complex, object classification, structure, texture, directional filtering

SUMMARY: Landscape vegetation complexes are used as the basic units for vegetation detection on Landsat ETM+ panchromatic data composition. Six structure and texture indexes are used: variance (Var 5×5), strip structure index (SSI) and three small structure indexes: of size 3×3 pixels (S 3×3), one pixel (S 1×1) and differential index (S 3×3 Dif). Complexes of vegetation and buildings and complexes lack of vegetation may be distinguished in urban areas.

Dr Krzysztof Kosiński
e-mail: k.kosinski@imuz.edu.pl
telefon: +48 22 7200531
fax: +48 22 6283763