

ZASTOSOWANIE PROCEDURY *REGION GROWING* W KLASYFIKACJI UŻYTKÓW ZIELONYCH NA PODSTAWIE ZDJĘĆ LANDSAT ETM+

APPLICATION OF REGION GROWING PROCEDURE TO MEADOW CLASSIFICATION BASED ON LANDSAT ETM+ IMAGES

Krzysztof Kosiński

Instytut Melioracji i Użytków Zielonych

Słowa kluczowe: łąki, uwilgotnienie, użytkowanie ziemi, klasyfikacja, segmentacja obrazu
Keywords: meadows, humidity, land use, classification, image segmentation

Wstęp

Przetwarzanie obrazu w procesie widzenia u człowieka zmierza do generalizacji obrazu z utworzeniem homogenicznych fragmentów (Laliberte i in., 2004). Poszczególne względnie jednorodne fragmenty obrazu (segmenty) są wyodrębniane niezależnie oraz powiązane w hierarchiczny system (von der Malsburg, 1981). Podejmuje się próby naśladowania i automatyzacji naturalnych procesów segmentacji obrazu (Strzelecki, Kowalski 2002) oraz interpretacji jego hierarchicznej struktury (Laliberte i in., 2004; Blaschke i in., 2001). Zakłada się, że to, co jest podobne na zdjęciu, powinno mieć również podobną naturę przyrodniczą (Küchler, 2004). Owe podobieństwo analizuje wspomniany autor, korzystając z różnych metod wzmocnień spektralnych i przestrzennych oraz dodatkowo z numerycznego modelu wysokościowego.

Analiza wizualna dwuczasowych obrazów satelity Landsat TM pozwala identyfikować łąki¹ o różnym poziomie uwilgotnienia i użytkowania (Kozłowska i in., 2004). Analiza porównawcza pól testowych reprezentujących różne kategorie użytków zielonych potwierdziła istnienie w dwuczasowym zobrazowaniu Landsat ETM+ różnic spektralnych między tymi kategoriami, a zarazem wykazała możliwość zastąpienia danych spektralnych danymi panchromatycznymi (Kosiński, 2005). Ponadto dane panchromatyczne mają w tym wypadku większą rozdzielczość przestrzenną, co powinno zwiększyć ich przydatność do klasyfikacji użytków zielonych (Wang i in., 2004). Dotychczasowe próby automatycznej klasyfikacji nie dały jednak zadowalających wyników, co można wiązać m. in. ze zróżnicowaniem przestrzennym biomasy pod wpływem użytkowania. Uznano, że przedmiotem klasyfikacji nie

¹ Łąki szeroko rozumiane jako całość użytków zielonych

powinny być pojedyncze piksele, lecz fragmenty obrazu wyodrębniane podobnie jak w procesie wizualnej interpretacji.

Cel pracy: Ocena możliwości klasyfikacji użytków zielonych z zastosowaniem segmentacji obrazu Landsat ETM+.

Spośród różnych metod segmentacji obrazu (Chazelle i in., 1996) wybrano Region growing, metodę naśladującą tworzenie segmentów w naturalnym procesie widzenia (grupowanie sąsiadujących pikseli o podobnych cechach). W naturalnym procesie analizy i zapamiętywania obrazu uwzględniane są różne cechy segmentów: jasność, orientacja, częstotliwość przestrzenna, ruch, efekt stereo i kolor (Bach M., Meigen T., 1999). Zakres niniejszej pracy obejmuje jedynie analizę porównawczą składowych barwnych.

Hipoteza robocza: Segmenty dwuczasego obrazu Landsat ETM+ można na podstawie wartości składowych barwnych klasyfikować ze względu na użytkowanie ziemi i występowanie łąk o różnym poziomie uwilgotnienia.

Weryfikacja hipotezy wymagała zgodności generowanych segmentów z modelem rzeczywistości terenowej stworzonym w toku interpretacji wizualnej. Poszukując odpowiedniej metody tworzenia segmentów, odwołano się do koncepcji kompleksu krajobrazowo-roślinnego (Matuszkiewicz, 1990, 1992). Kompleks krajobrazowo-roślinny, to przestrzennie wyodrębniony, względnie jednorodny strukturalnie, powtarzalny układ funkcjonalnie powiązanych facji². Koncepcja tej jednostki, opracowana dla potrzeb kartowania roślinności miasta i strefy podmiejskiej, może mieć również zastosowanie do terenów wiejskich, poddanych łagodniejszemu formom antropopresji. Na takich terenach decydującą rolę kształtującą i wyodrębniającą kompleks krajobrazowo-roślinny pełni siedlisko i użytkowanie ziemi. Jako przykład może posłużyć wilgotna łąka ze związku *Calthion*, położona w zagłębieniu terenowym o zróżnicowanej mikrorzeźbie dna, z płatami fitocenozy ze związku *Magnocaricion* w najniższych położeniach. Innym przykładem jest kompleks wilgotnych łąk użytkowanych z nieużytkowanymi zbiorowiskami śmiałka darniowego — *Deschampsia caespitosa* ze związku *Calthion*. Zmienność sezonowa kompleksów związana jest z określonym typem struktury przestrzennej i aktywności człowieka (Stulgis, Kosiński, 1990; Kosiński, 1992). W terenie takie kompleksy ujawniają odrębność fizjonomiczną, która może mieć również swoje odbicie na panchromatycznych zdjęciach lotniczych.

Teren badań i metoda

Wykorzystano dwa zdjęcia Landsat ETM+, wykonane 10 września 1999 i 1 maja 2001 oraz jako materiał pomocniczy przy tworzeniu segmentów obrazu satelitarnego fotomapę lotniczą wykonaną ze zdjęć panchromatycznych w skali 1:13 000. Utworzono trójkanałową mapę satelitarną:

kanal 1: $ETM(8)_{1999-09-10}$,

kanal 2: $ETM(8)_{2001-05-01}$,

kanal 3: $(ETM(1)_{1999-09-10} + ETM(2)_{1999-09-10} + ETM(3)_{1999-09-10}) / ETM(8)_{1999-09-10}$.

Wartości w kanałach standaryzowano odchyleniem standartowym.

² Facje w obrębie kompleksu stanowią homogeniczne jednostki przestrzenne zajęte przez poszczególne fitocenozy, a w terenach zabudowanych również elementy antropogeniczne (budynki, miejsca pozbawione pokrywy roślinnej) ściśle związane z nimi przestrzennie i funkcjonalnie.

Pola testowe zlokalizowano w granicach trzech mezoregionów: Kotliny Szczercowskiej, Wysoczyzny Bełchatowskiej i Równiny Piotrkowskiej. Pola testowe reprezentowały różne formy użytkowania ziemi (wody, lasy, zarośla, grunty orne) oraz 6 kategorii użytków zielonych (Kozłowska i in., 2004): samozadarnienia poorne z zakrzewieniami, samozadarnienia poorne i łąki suche (nie rozdzielone), łąki mokre, łąki silnie wilgotne użytkowane, łąki produkcyjne użytkowane oraz łąki produkcyjne nieużytkowane.

Segmentację obrazu i klasyfikację segmentów przeprowadzono dla fragmentu doliny Luciąży na Równinie Piotrkowskiej. Mapę satelitarną zwizualizowano jako kompozycję RGB: 1,2,3. Kompleksy krajobrazowo-roślinne identyfikowano przez porównanie obrazu satelitarnego z fotomapą lotniczą. Segmentację obrazu wykonano na podstawie odległości w trójwymiarowej przestrzeni euklidesowej, której wymiary stanowią trzy kanały mapy satelitarnej.

Użyto narzędzia *Region Growing* pakietu ERDAS IMAGINE. W wyniku licznych prób stwierdzono, że w zdecydowanej większości przypadków właściwe jest użycie parametrów: *Update Region Mean* – włączony, *Include Islands Polygons* – wyłączony.

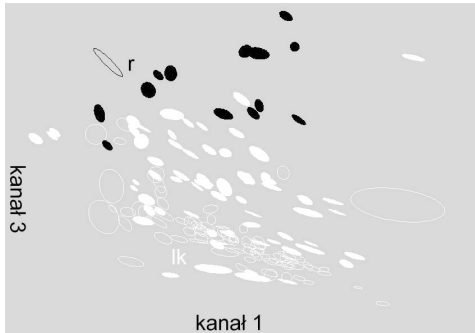
Piksel startowy wskazywano manualnie wewnątrz plamy barwnej zidentyfikowanej jako kompleks krajobrazowo-roślinny. Graniczną odległość euklidesową dobierano w drodze kolejnych przybliżeń tak, aby segment obejmował względnie jednorodny fragment obrazu, z pominięciem strefy przejścia. W przypadku przecinania się segmentów, jeden z nich usuwano. W efekcie uzyskano zbiór segmentów i tło, które nie podlegało dalszej analizie (rys. 1).

Rozkład wartości pikseli w poszczególnych kanałach wygenerowano jako klastry reprezentujące poszczególne segmenty. Klastry tworzą dla par kanałów w zasięgu $0,33\sigma$. Podobnie utworzono klastry dla pól testowych. Klasyfikację segmentów wykonano, porównując rozmieszczenie klastrów segmentów z klastrami pól testowych reprezentujących różne formy użytkowania ziemi i kategorie łąk. Skupieniu klastrów pól testowych określonej kategorii przyporządkowywano skupienia klastrów segmentów. Weryfikację wyników klasyfikacji przeprowadzono w terenie metodą marszrutową.

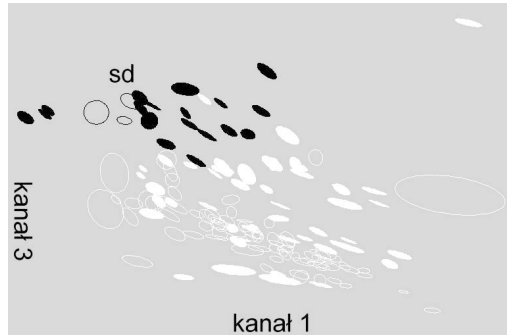
Wyniki

Ze zbioru segmentów wydzielonych z obrazu satelitarnego (rys. 1) wyłączono w pierwszej kolejności kompleksy niełakowe. Np. grunty orne zidentyfikowano na podstawie wartości pikseli w kanałach 1 i 3 mapy satelitarnej (rys. 2). Pozostałe segmenty zidentyfikowano jako użytki zielone i samozadarnienia na gruntach poornych. W następnym kroku klasyfikowano łąki suche i samozadarnienia jako jedną kategorię (rys. 3). Samozadarnień z zakrzewieniami nie stwierdzono. Według wartości kanałów 2 i 3 wydzielono łąki produkcyjne użytkowane. Do tej grupy nie włączono segmentu wyróżnionego na rysunku 4 ramką, ponieważ w kombinacji kanałów 1 i 3 znajduje się on w skupieniu klastrów leżącym poza obszarem pól testowych reprezentujących łąki produkcyjne użytkowane (rys. 5). W kolejnych krokach podjęto próbę oddzielenia łąk produkcyjnych nieużytkowanych (rys. 6) i łąk silnie wilgotnych (rys. 7). Pozostałe segmenty zaliczono do łąk mokrych, z wyjątkiem klastra oznaczonego ramką (rys. 8), którego klastr w kombinacji kanałów 2 i 3 leży bez wątplenia poza obszarem łąk mokrych (rys. 4, 9). Segmentu tego nie można przy tym zaliczyć ani do łąk produkcyjnych użytkowanych (rys. 5), ani też do silnie wilgotnych (rys. 7). Należy przyjąć, że jest to postać łąki nieużytkowanej bez wzorca wśród pól testowych.

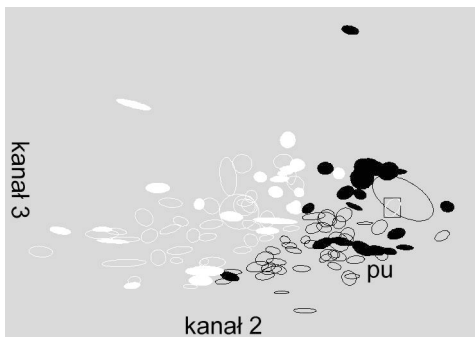
Spośród 98 sklasyfikowanych segmentów 52 zweryfikowano w terenie. Zidentyfikowane w terenie typy kompleksów krajobrazowo-roślinnych starano się pogrupować tak, aby można było przyporządkować je kategoriom poklasyfikacyjnym. Wyróżniono 5 grup (rys. 10).



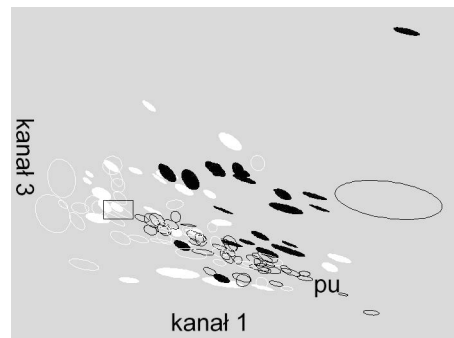
Rys. 2. Klastry pól testowych (elipsy wypełnione) i segmentów obrazu (elipsy nie wypełnione) wg kanału 1 i 3 fotomapy: r (kolor czarny) – grunty orne, lk (kolor biały) – użytki zielone i samozadarnienia na gruntach porolnych



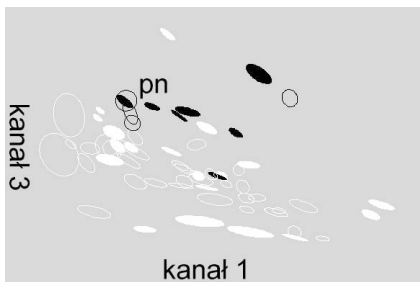
Rys. 3. Klastry pól testowych (elipsy wypełnione) i segmentów obrazu (elipsy nie wypełnione) wg kanału 1 i 3: sd (kolor czarny) – samozadarnienia i łąki suche, kolor biały – użytki zielone niesklasyfikowane na tym etapie analizy



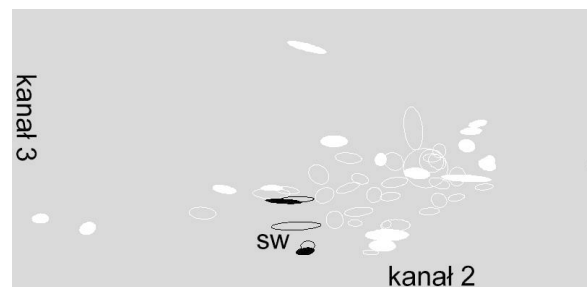
Rys. 4. Klastry pól testowych (elipsy wypełnione) i segmentów obrazu (elipsy nie wypełnione) wg kanału 2 i 3: pu (kolor czarny) – łąki produkcyjne użytkowane, kolor biały – użytki zielone niesklasyfikowane na tym etapie analizy. W ramce klaster nietypowy



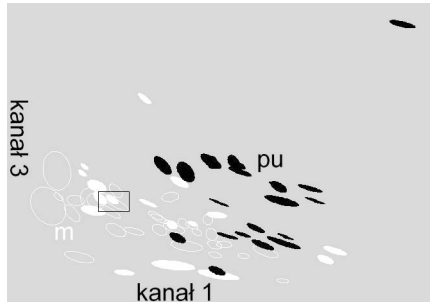
Rys. 5. Klastry pól testowych (elipsy wypełnione) i segmentów obrazu (elipsy nie wypełnione) wg kanału 1 i 3: pu (kolor czarny) – łąki produkcyjne użytkowane, kolor biały – użytki zielone niesklasyfikowane na tym etapie analizy. W ramce klaster nietypowy



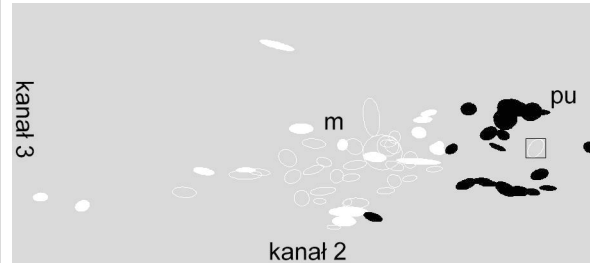
Rys. 6. Klastry pól testowych (elipsy wypełnione) i segmentów obrazu (elipsy nie wypełnione) wg kanału 1 i 3: pn (kolor czarny) – łąki produkcyjne użytkowane, kolor biały – użytki zielone niesklasyfikowane na tym etapie analizy



Rys. 7. Klastry pól testowych (elipsy wypełnione) i segmentów obrazu (elipsy nie wypełnione) wg kanału 2 i 3: sw (kolor czarny) – łąki produkcyjne użytkowane, kolor biały – użytki zielone niesklasyfikowane na tym etapie analizy



Rys. 8. Klasyfikacja pól testowych (elipsy wypełnione) i segmentów obrazu (elipsy nie wypełnione) wg kanału 1 i 3: pu (kolor czarny) – łąki produkcyjne użytkowane, m (kolor biały) – łąki mokre. W ramce klaster nietypowy



Rys. 9. Klasyfikacja pól testowych (elipsy wypełnione) i segmentów obrazu (elipsy nie wypełnione) wg kanału 2 i 3: pu (kolor czarny) – łąki produkcyjne użytkowane, m (kolor biały) – łąki mokre. W ramce klaster nietypowy

Łąki mokre i sienie wilgotne okazały się nierozróżnialne. Łąki sklasyfikowane jako produkcyjne w 1/4 przypadków zostały sklasyfikowane błędnie (dotyczy to zarówno łąk użytkowanych, jak i nieużytkowanych).

Krytyczna analiza wyników

Typy kompleksów krajobrazowo-roślinnych nie są tożsame z kategoriami użytków zielonych, reprezentowanymi przez pola testowe. Pola testowe sytuowano w możliwie dużych i względnie jednorodnych płatach. Natomiast segmenty reprezentują kompleksy fitocenozy różnego typu. Dlatego kategorie poklasyfikacyjne segmentów należy interpretować jako typy kompleksów krajobrazowo-roślinnych, abstrahując od typów pól testowych (rys. 10).

Rys. 10. Weryfikacja wyników klasyfikacji. Rzeczywiste typy kompleksów (stwierdzone w terenie):

V – kompleksy z udziałem muraw napiaskowych ze związku *Vicio lathyroidis-Potentillion argenteae* lub składowiska porośnięte zbiorowiskami z rzędu *Sisymbrietalia*,

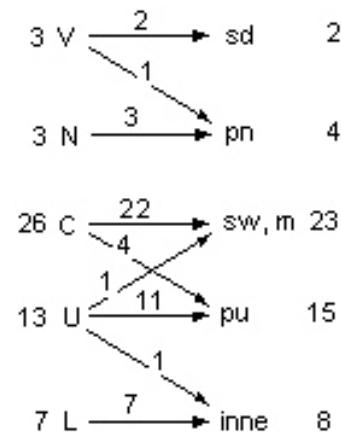
N – kompleksy łąk nieużytkowanych z klasy *Molinio-Arrhenatheretea*, bez udziału siedlisk wilgotnych i mokrych,

C – kompleksy z udziałem, choćby niewielkim powierzchniowo, szuwarów z klasy *Phragmitetea*, wilgotnych łąk ze związku *Calthion palustris*, łąg jesionowo-olszowego – *Fraxino-Alnetum* lub liniowych zadrzewień wzdłuż cieków,

U – kompleksy łąk użytkowanych z klasy *Molinio-Arrhenatheretea*, bez udziału siedlisk wilgotnych i mokrych,

L – inne kompleksy (nie łąkowe). Kategorie poklasyfikacyjne (typy łąk określone wg pól testowych): sd – łąki suche i samozadarnienia na gruntach porolnych, pu – łąki produkcyjne nieużytkowane, sw – łąki silnie wilgotne użytkowane, m – łąki mokre, pu – łąki produkcyjne użytkowane, inne formy użytkowania ziemi.

Liczby oznaczają ilość kompleksów

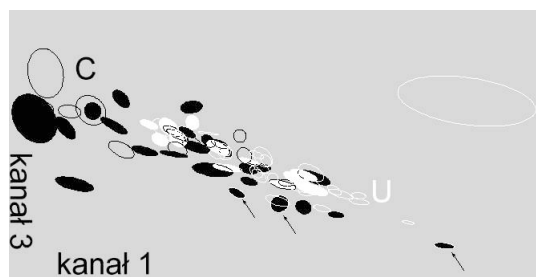


W kompleksach typu C obok szuwarów i zbiorowisk trawiastych występują również zbiorowiska leśne o charakterze łągów, a do kompleksów typu V zaliczono m. in. plac składowy. Obie te kategorie można wydzielić spośród użytków zielonych na podstawie panchromatycznych zdjęć lotniczych.

Cztery segmenty łąk mokrych zostały błędnie sklasyfikowane jako łąki produkcyjne użytkowane. Trzy spośród nich wyróżniają się niskimi wartościami w kanale 3 (rys. 11). Jeśliby tę cechę uwzględnić w klasyfikacji, błędy byłyby znacznie mniejsze (rys. 12). Zaznaczony na rys. 12 błąd klasyfikacji jednego kompleksu typu V jest hipotetyczny: obecnie jest to uprawa leśna sosny na siedlisku BMśw o fizjonomii trawiastej, jednak zdjęcia sprzed kilku lat mogły zarejestrować murawę napiaskową.

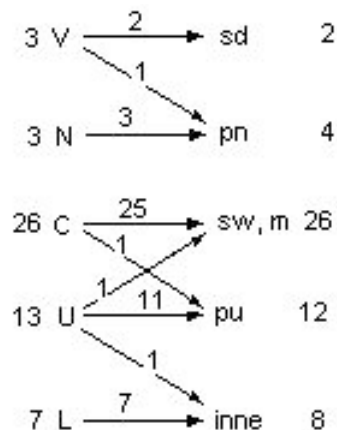
Pola testowe lokalizowano w trzech mezoregionach. W ich zróżnicowaniu ujawnia się zmienność geograficzna. Zmienność ta stwarzała dodatkowe trudności w klasyfikacji. Błędy mogą również wynikać ze zmiany użytkowania (zdjęcia satelitarne wykonano kilka lat temu).

Strefy przejścia między kompleksami nie zostały sklasyfikowane. Problem ten wymaga dalszych badań.



Rys. 11. Klastry kompleksów zweryfikowanych w terenie (elipsy wypełnione) i kompleksów nie zweryfikowanych (elipsy nie wypełnione) wg kanału 1 i 3 fotomapy: C (kolor czarny) i U (kolor biały) – typy kompleksów jak na rys. 10.

Strzałki wskazują klastry błędnie sklasyfikowane, które wyróżniają się niskimi wartościami w kanale 3.



Rys. 12. Wyniki klasyfikacji po uwzględnieniu poprawki zgodnie z rys. 11 (objaśnienia jak na rys. 10)

Wnioski

Kompleksy krajobrazowo-roślinne użytków zielonych na obrazie utworzonym z danych panchromatycznych Landsat ETM+ (piksel 10 m×10 m) są na tyle homogeniczne, że można je wydzielać półautomatycznie na podstawie odległości w przestrzeni wartości kanałów (procedura Region growing). Celowe jest użycie zdjęć lotniczych jako materiału pomocniczego do identyfikacji kompleksów krajobrazowo-roślinnych.

Segmenty dwuczaskowego obrazu Landsat ETM+ w randze przestrzennej kompleksu krajobrazowo-roślinnego można sklasyfikować z wyróżnieniem czterech kategorii użytków zielonych.

W zasięgu trzech mezoregionów możliwa jest klasyfikacja kompleksów krajobrazowo-roślinnych bez uwzględnienia zmienności geograficznej. Wydaje się jednak, że uwzględnienie różnic między mezoregionami mogłoby poprawić wyniki klasyfikacji.

Literatura

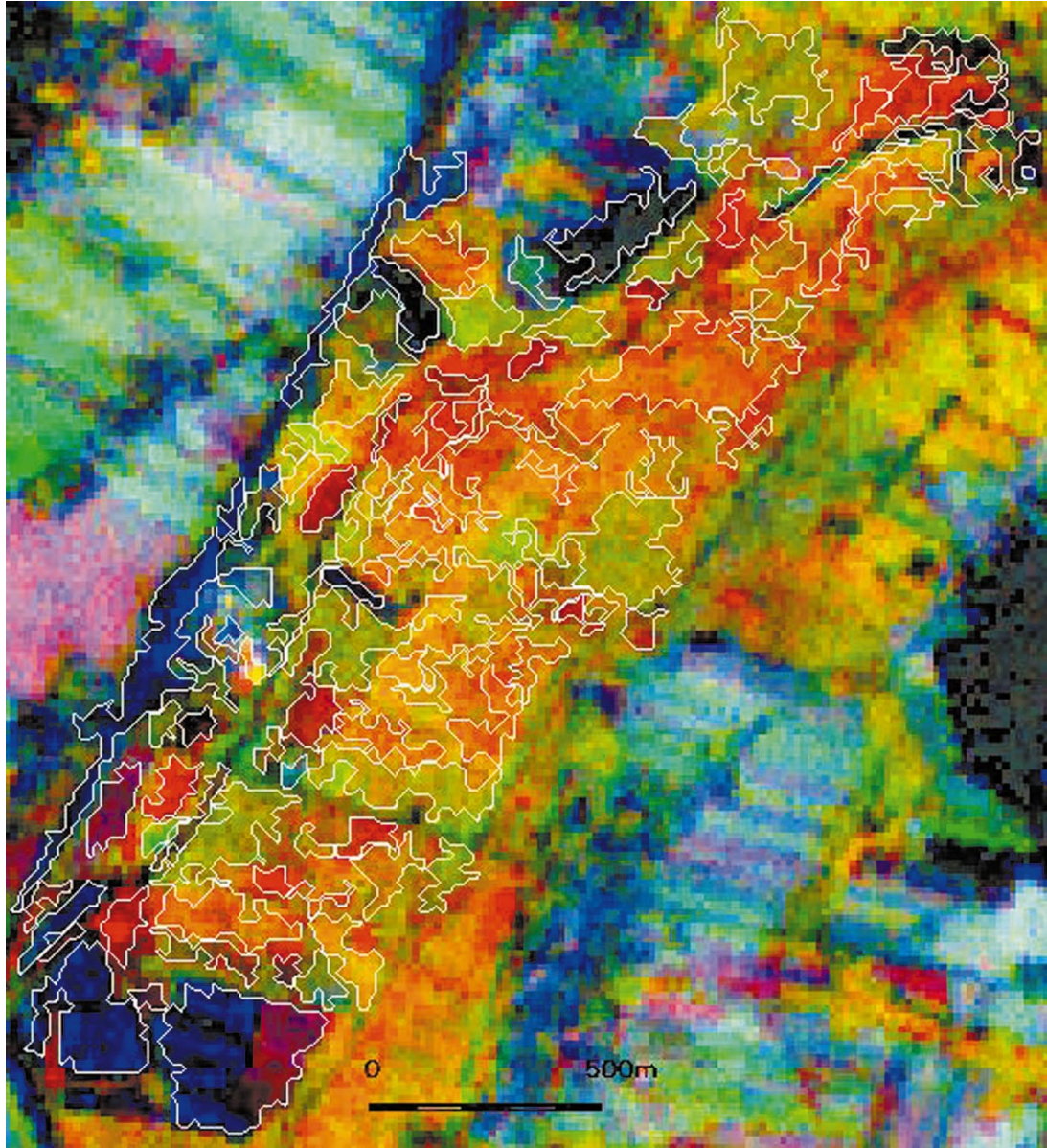
- Bach M., Meigen T., 1999: Electrophysiological correlates of human texture segregation, an overview. *Documenta Ophthalmologica* 95: 335–347, 1999. © Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands. <http://www.augen.uniklinik-freiburg.de/reprints/1999/BachMeigen1999DOOP-tsVEP.pdf>
- Blaschke T., Conradi M., Lang S., 2001: Multi-scale image analysis for ecological monitoring of heterogeneous, small structured landscapes. Department of Geography and Geoinformation, University of Salzburg; Faculty of Biology, Department of Nature Conservation, University of Marburg. http://www.geo.sbg.ac.at/staff/tblaschk/publications/Blaschke_et_al_Toulouse2001.pdf
- Chazelle B. et al., 1996: Application challenges to computational geometry: CG impact task force report. Technical Report TR-521-96, Princeton University. <http://www.cs.princeton.edu/~chazelle/taskforce/CGreport.ps>
- Kosiński K., 1992: Porównanie dynamiki sezonowej zbiorowisk chwastów w dwóch typach zabudowy. – *Dokumentacja Geograficzna*, z. 5-6, s. 71-79.
- Kosiński K., 2005: 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.
- Kozłowska T., Kosiński K., Kwiecień R., Ziaja 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
- Küchler M., Ecker K., Feldmeyer-Christe E., Graf U., Küchler H. and Waser L.T., 2004: Combining remotely sensed spectral data and digital surface models for fine-scale modelling of mire ecosystems. *Community Ecology* 5(1): 55-68. Akadémiai Kiadó, Budapest. http://www.wsl.ch/staff/lars.waser/ce_meinrad.pdf
- Laliberte A.S., Rango A., Havstad K.M., Paris J.F., Beck R.F., McNeely R., Gonzalez A.L., 2004: Object-oriented image analysis for mapping shrub encroachment from 1937 to 2003 in southern New Mexico. *Remote Sensing of Environment*, 93, s. 198–210. <http://www.utsa.edu/LRSG/Teaching/ES6973/object1.pdf>
- Malsburg von der Ch., 1981: The Correlation Theory of Brain Function. *Internal Report* 81-2, Dept. of Neurobiology, Max-Planck-Institute for Biophysical Chemistry, 3400 Göttingen, W. Germany. http://lev.stat.fsu.edu/research/geometrical_representations_of_faces/PAPERS/vdM_correlation.pdf
- Matuszkiewicz A.J., 1990: Typologia i analiza funkcjonalna układów ponadekosystemalnych Warszawy i gmin przyległych na przykładzie Dolnego Mokotowa i miasta Konstancin. *Publikacje CPBP 04.10*, nr 51, Wyd. SGGW-AR.
- Matuszkiewicz A.J., 1992: Kompleks krajobrazowo-roślinny jako jednostka zróżnicowania roślinności terenów zurbanizowanych. *Dok. Geogr.* 5-6, s. 51-69.
- Strzelecki M., Kowalski J., 2002: Model układowy CMOS oscylatora do segmentacji obrazów. Materiały Krajowej Konferencji Elektroniki. 10-12 czerwca 2002. Kołobrzeg. ss. 253-258. <http://www.eletel.p.lodz.pl/~mstrzel/model%20układowy%20CMOS.pdf>
- Stulgis G., Kosiński K., 1990: Dynamika wybranych procesów fenologicznych na tle warunków termiczno-wilgotnościowych jako wyraz odrębności funkcjonalnej dwóch typów kompleksów krajobrazowo-roślinnych. [W:] Problemy ochrony i kształtowania środowiska przyrodniczego na obszarach zurbanizowanych. Cz. II. *Publikacje CPBP 04.10*, nr 51, Wyd. SGGW-AR, s. 65-71.

Summary

The aim of this research was to verify the method of classification of grassland landscape-vegetation complexes based on Landsat ETM+ images. Research was conducted in the Middle-Poland Lowland. Panchromatic data were used: panchromatic band (ETM8) and the sum of vision bands (ETM1 + ETM2 + ETM3). Two images were acquired on 10th Sept. 1999 and on 1st May 2001. Landscape-vegetation complexes were semi-automatically distinguished on the satellite map using Region growing procedure. Test plots were established, differing in humidity and land use. Landscape-vegetation complexes were classified on the basis of clusters created for the test plots and for the complexes. Terrain verification was performed. Four types of grassland complexes were distinguished: 1) com-

plexes containing plant communities of All. Vicio lathyroidis-Potentillion argenteae or of O. Sisymbrientalia, 2) complexes of unused meadows of Cl. Molinio-Arrhenatheretea, without moist or wet habitats, 4) complexes containing plant communities of Cl. Phragmitetea, moist meadows of All. Calthion palustris, forests of Ass. Fraxino-Alnetum or trees along watercourses.

dr Krzysztof Kosiński
k.kosinski@imuz.edu.pl
tel. (0-22) 720 05 31 w. 205



Rys. 1. Wynik segmentacji mapy satelitarnej fragmentu doliny Luciąży