

## ROZPOZNAWANIE EKOLOGICZNYCH UŻYTKÓW ZIELONYCH NA ZDJĘCIACH LANDSAT ETM+

### ECOLOGICAL GRASSLANDS RECOGNITION ON LANDSAT ETM+ IMAGES

Krzysztof Kosiński, Anna Hoffmann-Niedek, Teresa Kozłowska

Instytut Technologiczno Przyrodniczy w Falentach

SŁOWA KLUCZOWE: użytki zielone ekologiczne i produkcyjne, ETM4, ETM8, RGB/IHS

STRESZCZENIE: Celem pracy jest weryfikacja składowych barwnych mapy satelitarnej przeznaczonej do interpretacji wizualnej z rozróżnieniem użytków zielonych ekologicznych i produkcyjnych. Wykorzystano zdjęcia satelity Landsat wykonane w dwóch terminach: 2011-05-01 i 1999-09-10. Wartość identyfikacyjną kanałów spektralnych ETM4, ETM5 oraz kanału panchromatycznego ETM8 oceniano metodą półautomatycznej klasyfikacji obiektowej. Do próby statystycznie reprezentatywnej dla dwóch mezoregionów (Kotliny Szczercowskiej i Równiny Piotrkowskiej) zastosowano test  $\chi^2$  w modyfikacji Yates'a.

Potwierdzono znaczenie wartości kanału ETM4 pozyskanych z dwóch zdjęć wykonanych w różnych porach roku w interpretacji użytków zielonych ekologicznych i produkcyjnych. Jednak z uwagi na wysoki poziom błędów konieczne jest wykorzystanie wielu cech interpretacyjnych lub weryfikacji terenowej obiektów rozpoznanych jako ekologiczne. Wzmocnienie dwuczasej kompozycji kanałów ETM4 i ETM5 wartościami kanału ETM8 nie wpływa na możliwość rozpoznania użytków zielonych ekologicznych na podstawie cech barwnych obrazu.

#### 1. WSTĘP

Gospodarowanie na użytkach zielonych oraz ochrona zasobów wodnych z uwzględnieniem wielofunkcyjności środowiska przyrodniczego, wymaga rozpoznania predestynacji użytków zielonych do pełnienia funkcji produkcyjnych lub ekologicznych. Wartość ekologiczna użytków zielonych zależy w głównej mierze od uwilgotnienia siedlisk (Kozłowska, 2005). W teledetekcji użytków zielonych od dawna wykorzystywano dane panchromatyczne do rozpoznawania uwilgotnienia siedlisk (Witek, Ochalska, 1968) i identyfikacji mokradeł (Jensen J. et al., 1993, za: Zhao X., Stein A., Chen X.-L., 2011). Od dawna również wskazywano na potrzebę stosowania wieloczasowych danych spektralnych (Kozłowska T, Rogowski W, 1991; Debinski D. M., Jakubauskas E., Kindscher K., 2000; Kosiński, Hoffmann Niedek, 2008; Prishchepov A. V. et al., 2012).

Analiza zmienności sezonowej cech spektralnych wykazała dla okolic Bełchatowa i Piotrkowa Trybunalskiego (fragmenty dwóch mezoregionów: 1) Kotliny Szczercowskiej

– na W od Bełchatowa i 2) Równiny Piotrkowskiej – fragment doliny Luciąży) istotną statystycznie zależność dwuczasej (maj, wrzesień) pary wartości kanału ETM4 od przynależności siedlisk łąkowych do jednej z dwóch kategorii: siedlisk ekologicznych albo produkcyjnych (Kosiński K., Hoffmann Niedek A., Kozłowska T., 2012b). W tymże opracowaniu wskazano również na możliwość wyróżniania użytków zielonych nadmiernie uwilgotnionych na podstawie zmienności sezonowej wartości kanału ETM5.

Możliwości rozróżnienia siedlisk łąkowych na pojedynczym zdjęciu są ograniczone. K. Kosiński, A. Hoffmann-Niedek i T. Kozłowska (2012a) analizowali na majowym zobrazowaniu ETM+ pary (dwuelementowe kombinacje) kanałów wybrane spośród: kanałów spektralnych (ETM 3, 4 i 5), kanału panchromatycznego (ETM8) i wskaźników różnicowych (NDVI oraz  $ND(3,5) = (ETM5 - ETM3) / (ETM5 + ETM3)$ ). Każdą parę cech badano osobno pod względem przydatności do identyfikacji użytków zielonych. Wykryto zależność statystyczną cech spektralnych od przynależności siedlisk łąkowych do siedlisk ekologicznych albo produkcyjnych. Zależność statystyczną potwierdzono dla trzech par cech: ETM4 i ETM5, ETM3 i NDVI oraz NDVI i  $ND(5,3)$ , jednakże tylko w granicach jednego mezoregionu (Kotlina Szczercowska).

Przedmiotem niniejszej pracy jest sposób konstrukcji mapy satelitarnej przeznaczonej do interpretacji wizualnej z rozróżnieniem użytków zielonych ekologicznych i produkcyjnych. Celem pracy jest weryfikacja wartości interpretacyjnej składowych barwnych mapy satelitarnej w identyfikacji użytków zielonych.

Przetwarzanie obrazu w toku interpretacji wizualnej rozpoczyna się w siatkówce oka i następnie przebiega w mózgu (Lindblad T., Kinser J. M., 1998). Proces ten daleko odbiega od stosowanego do konstrukcji mapy satelitarnej modelu RGB. O ile na wejściu ludzkiego systemu widzenia (siatkówka oka) rejestrowane są składowe *Red*, *Green*, *Blue* i *Intensity* (Kolb H., 1991, 2003, za: Daneshvar S., Ghassemian H., 2010), to ostatecznie percepcja obrazu odpowiada modelowi IHS (Huntsberger T. L., Jacobs C. L., Cannon R. L., 1985, Carron T., Lambert P., 1994, Rui Y., She A. C., Huang T.S., 1996 i Kim W. S., Park R. H., 1996, za: Cheng H. D. et al., 2001; Guo Q., Liu Z., Liu S., 2010). Przy tym wzrok ludzki jest bardziej wrażliwy na *Intensity*, niż na *Hue* i *Saturation* (Guo Q., Liu Z., Liu S., 2010). Istnieje zatem możliwość wprowadzenia do mapy satelitarnej – obok trzech składowych barwnych – czwartej charakterystyki (*Intensity*).

W niniejszej pracy porównano dokładność klasyfikacji użytków zielonych na dwuczasejowych zobrazowaniach Landsat: 1) na kompozycji w barwach nierzeczywistych (*False Colour Composite*) – kompozycja  $RGB_{FCC}$ , 2) po transformacji kompozycji  $RGB_{FCC}$  do układu IHS i podstawieniu kanału panchromatycznego w miejsce *Intensity* – kompozycja  $PanHS_{FCC}$ , 3) po poddaniu kompozycji  $PanHS_{FCC}$  transformacji odwrotnej IHS/RGB – kompozycja  $R'G'B'_{FCC}$ .

Postawiono hipotezę roboczą o poprawie odmienności barwnej użytków zielonych ekologicznych i produkcyjnych w wyniku fuzji dwuczasejowego zobrazowania Landsat z kanałem panchromatycznym.

W naturalnym procesie widzenia z obrazu wydzielane są względnie jednorodne fragmenty, które określa się jako obiekty lub segmenty obrazu (Laliberte *et al.*, 2004). W przetwarzaniu obrazów podejmuje się próby naśladowania tego procesu (Lindblad T.,

Kinsler J. M., 1998; Strzelecki M., Kowalski J., 2002; Kowalski J., Strzelecki M., Kim H., 2011). Ma to miejsce również w klasyfikacji numerycznej zobrażeń satelitarnych (Li C., Li Y., 2011). Zastosowanie podejścia obiektowego pozwala zwiększyć dokładność rozpoznania użytków zielonych w klasyfikacji roślinności na zdjęciach z satelitów serii Landsat (Díaz Varela R. A. *et al.*, 2008). Problem weryfikacji hipotezy roboczej wymaga zdefiniowania cech obiektowych pochodzących ze składowych barwnych fotomapy.

## 2. MATERIAŁ I METODA

Wykorzystano dwa zdjęcia Landsat ETM+ zarejestrowane 2001-05-01 i 1999-09-10 dla okolic Bełchatowa i Piotrkowa Trybunalskiego. Zasięg opracowania objął fragmenty trzech mezoregionów: Kotliny Szczercowskiej, Wysoczyzny Bełchatowskiej i Równiny Piotrkowskiej.

Zastosowano dwa modele barw: RGB i bazujący na ludzkiej percepcji model IHS. Wykorzystano transformację RGB/IHS i wzmocnienie kanałem panchromatycznym w systemie ERDAS Imagine. Cechy obiektowe dla potrzeb niniejszej pracy zdefiniowano jako średnie wartości danej składowej barwnej w zbiorze pikseli przypisanych do konkretnego obiektu. Cechy badano pod względem przydatności do identyfikacji użytków zielonych, przy czym rozpatrywano nie pojedyncze cechy, lecz pary cech. Analizowano pary (dwuelementowe kombinacje) składowych barwnych dla każdej z trzech kompozycji trójkanałowych (rys. 1):

- 1) kompozycja  $RGB_{FCC} = RGB: ETM4(2001-05-01), ETM4(1999-09-10), ETM5(2001-05-01)$ ;
- 2) kompozycja  $PanHS_{FCC} = RGB: ETM8(2001-05-01), Hue [R,G,B: ETM4(2001-05-01), ETM4(1999-09-10), ETM5(2001-05-01)], Saturation [R,G,B: ETM4(2001-05-01), ETM4(1999-09-10), ETM5(2001-05-01)]$ ;
- 3) kompozycja  $R'G'B'_{FCC} = IHSTORGB [PanHS_{FCC}]$ .

Tak więc dla każdej z kompozycji zbadano trzy pary składowych barwnych: RG, RB i GB.

Kompozycja  $R'G'B'_{FCC}$  ma postać mapy satelitarnej, która w procesie interpretacji wizualnej postrzegana jest w postaci zbliżonej do modelu PanHS. Kanał panchromatyczny ETM8 wprowadza dodatkową cechę, nie związaną ściśle z jasnością kompozycji  $RGB_{FCC}$ . Dlatego model barwny kompozycji  $PanHS_{FCC}$  należy określić raczej jako hybrydową przestrzeń barwną – *hybrid color space* (Vandenbroucke N., Macaire L., Postaire J.-G., 2003).

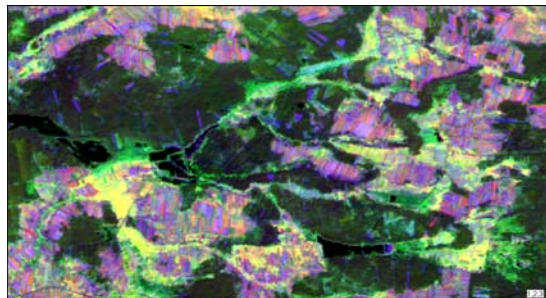
Do weryfikacji hipotezy roboczej zastosowano metodę półautomatycznej klasyfikacji obiektowej (Kosiński K., 2005). Metoda ta obejmuje dwa etapy postępowania: segmentację obrazu i właściwą klasyfikację na podstawie par cech obiektowych. Obiekty testowe klasyfikuje się na podstawie położenia względem wyznaczonej uprzednio krzywej (hiperpłaszczyzny lub hipersfery) rozgraniczającej klasy obiektów próby treningowej. Klasyfikację wykonano w systemie ERDAS Imagine z manualnym wyznaczaniem krzywych rozgraniczających klasy obiektów.

Zakres klasyfikacji obiektowej ograniczono do zbioru obiektów treningowych i zbioru obiektów testowych. Zbiór obiektów treningowych pobrano z trzech mezoregionów:

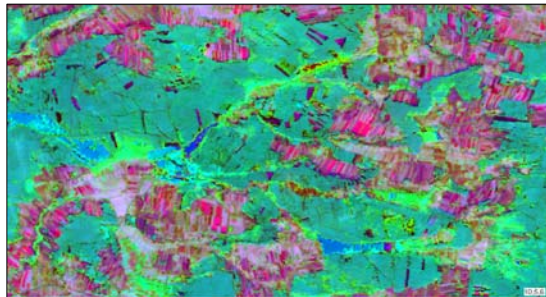
Kotliny Szczercowskiej, Wysoczyzny Bełchatowskiej i Równiny Piotrkowskiej. Zbiór obiektów testowych jest sumą dwóch prób o tej samej liczebności (31 obiektów), z których jedna jest statystycznie reprezentatywna dla fragmentu Kotliny Szczercowskiej (na zachód od Bełchatowa), druga dla fragmentu Równiny Piotrkowskiej (fragment Doliny Luciąży). Dla każdej z kompozycji weryfikowano testem  $\chi^2$  w modyfikacji Yates'a możliwość rozdzielenia siedlisk w przestrzeni każdej z par wartości składowych barwnych, przyjmując poziom ufności 95 %.

### 3. WYNIKI Z ANALIZĄ KRYTYCZNĄ

$RGB_{FCC}$  (False Colour Composite). RGB: ETM4(2001-05-01), ETM4(1999-09-10), ETM5(2001-05-01)



Kompozycja PanHS $_{FCC}$  zwizualizowana jako RGB: ETM8(2001-05-01), Hue [RGB $_{FCC}$ ], Saturation [RGB $_{FCC}$ ]



R'G'B' $_{FCC}$  = IHSTORGB [ETM8(2001-05-01), Hue [RGB $_{FCC}$ ], Saturation [RGB $_{FCC}$ ]]



Rys. 1. Trzy kompozycje barwne dwuczaskowego zobrazenia Lansat ETM+ dla okolic Bełchatowa

Istotne statystycznie różnice między użytkami zielonymi ekologicznymi i produkcyjnymi stwierdzono tylko dla trzech par składowych barwnych:

- 1) ETM4(2001-05-01) i ETM4(1999-09-10),
- 2) ETM8(2001-05-01) i Hue [ETM4(2001-05-01), ETM4(1999-09-10), ETM5(2001-05-01)],
- 3) ETM4(2001-05-01)pansharpen i ETM4(1999-09-10)pansharpen.

Jak widać, dla każdej z trzech badanych kompozycji wartość interpretacyjną potwierdzono dla dokładnie jednej pary składowych barwnych (tabela 1-3). W przyjętym w pracy sposobie wizualizacji (rys. 1) była to w każdym przypadku para składowych *Red* i *Green*. Dla każdej z wymienionych par składowych barwnych uzyskano poziom ryzyka błędu  $p$  znacznie poniżej przyjętego progu 0.05. Dla trzech badanych kompozycji uzyskano zbliżone dokładności klasyfikacji próby testowej. Zatem w świetle uzyskanych wyników należy odrzucić hipotezę roboczą.

W każdym przypadku użytki zielone ekologiczne zostały sklasyfikowane z wysoką dokładnością producenta i niską dokładnością użytkownika. Użytki zielone produkcyjne odwrotnie: z niską dokładnością producenta i wysoką dokładnością użytkownika. Ze względu na wysoki poziom błędów klasyfikacji możliwość rozróżnienia użytków zielonych produkcyjnych i ekologicznych na podstawie pary składowych barwnych nie została potwierdzona. Sugerowane jest łączne wykorzystanie wielu cech interpretacyjnych lub weryfikacja terenowa obiektów rozpoznanych jako ekologiczne.

Tabela 1. Wyniki klasyfikacji próby testowej wg wartości kanału ETM4 z dwóch terminów: 2001-05-01 i 1999-09-10. Poziom ryzyka błędu statystycznego  $p$  wyznaczono testem  $\chi^2$  w modyfikacji Yates'a

		STAN RZECZYWISTY <i>Real state</i>		Dokładność użytkownika <i>User's accuracy</i>
		Łąki produkcyjne <i>Productive meadows</i> 45 obiektów testowych <i>45 test objects</i>	Łąki ekologiczne <i>Ecological meadows</i> 17 obiektów testowych <i>17 test objects</i>	
WYNIK KLASYFIKACJI wg: <i>Classification by:</i> ETM4 (May and Sept.)	Łąki produkcyjne <i>Productive meadows</i> 25 obiektów testowych <i>25 test objects</i>	24 TRUE	1 FALSE	<b>0.96</b>
	Łąki ekologiczne <i>Ecological meadows</i> 37 obiektów testowych <i>37 test objects</i>	21 FALSE	16 TRUE	<b>0.43</b>
Dokładność producenta - <i>Producer's accuracy</i>		<b>0.53</b>	<b>0.94</b>	<b>p = 0.0070</b>

Tabela 2. Wyniki klasyfikacji próby testowej wg wartości kanału panchromatycznego (ETM8) i odcienia kompozycji RGB<sub>FCC</sub> (Hue [RGB<sub>FCC</sub>], Rys. 1). Poziom ryzyka błędu statystycznego p wyznaczono testem  $\chi^2$  w modyfikacji Yates'a

		STAN RZECZYWISTY <i>Real state</i>		Dokładność użytkownika <i>User's accuracy</i>
		Łąki produkcyjne <i>Productive meadows</i> 45 obiektów testowych <i>45 test objects</i>	Łąki ekologiczne <i>Ecological meadows</i> 17 obiektów testowych <i>17 test objects</i>	
<b>WYNIK KLASYFIKACJI</b> wg: <i>Classification by:</i> ETM8(May), Hue [R,G,B: ETM4(May), ETM4(Sept.), ETM5(May)]	Łąki produkcyjne <i>Productive meadows</i> 26 obiektów testowych <i>26 test objects</i>	25 TRUE	1 FALSE	0.96
	Łąki ekologiczne <i>Ecological meadows</i> 36 obiektów testowych <i>36 test objects</i>	20 FALSE	16 TRUE	0.44
<b>Dokładność producenta - <i>Producer's accuracy</i></b>		<b>0.56</b>	<b>0.94</b>	<b>p = 0.0104</b>

Tabela 3. Wyniki klasyfikacji próby testowej wg wartości kanału ETM4 z terminów (2001-05-01 i 1999-09-10) wzmocnionych kanałem panchromatycznym. Poziom ryzyka błędu statystycznego p wyznaczono testem  $\chi^2$  w modyfikacji Yates'a

		STAN RZECZYWISTY <i>Real state</i>		Dokładność użytkownika <i>User's accuracy</i>
		Łąki produkcyjne <i>Productive meadows</i> 45 obiektów testowych <i>45 test objects</i>	Łąki ekologiczne <i>Ecological meadows</i> 17 obiektów testowych <i>17 test objects</i>	
<b>WYNIK KLASYFIKACJI</b> wg: <i>Classification by:</i> ETM4 (May and Sept.) <i>Pansharpen</i>	Łąki produkcyjne <i>Productive meadows</i> 27 obiektów testowych <i>27 test objects</i>	25 TRUE	2 FALSE	0.93
	Łąki ekologiczne <i>Ecological meadows</i> 35 obiektów testowych <i>35 test objects</i>	20 FALSE	15 TRUE	0.43
<b>Dokładność producenta - <i>Producer's accuracy</i></b>		<b>0.56</b>	<b>0.88</b>	<b>p = 0.0356</b>

Negatywny wynik testu statystycznego dla par z udziałem trzeciej składowej (na Rys. 1 składowa *Blue*) nie upoważnia do wykluczenia jej pomocniczego znaczenia interpretacyjnego: w niektórych fragmentach obszaru opracowania lub łącznie z innymi cechami interpretacyjnymi. W niniejszej pracy nie badano trzech składowych barwnych (RGB) łącznie (manualne wyznaczenie krzywej rozgraniczającej kategorii użytków zielonych możliwe jest tylko w przestrzeni par składowych barwnych). Należy również zaznaczyć, że zastosowane tu analizy są ogromnie uproszczone w porównaniu z ludzkim systemem widzenia, w szczególności nie uwzględniają sprzężeń zwrotnych w procesie przetwarzania obrazu (Lindblad T., Kinser J. M., 1998).

Dla różnych zakresów przestrzennych analizy uzyskano odmienny wynik testu statystycznego dla pary kanałów ETM4 i ETM5: pozytywny dla jednego mezoregionu (Kosiński K., Hoffmann Niedeck A., Kozłowska T., 2012a), negatywny dla dwóch mezoregionów (wynik niniejszej pracy). Z uwagi na zmienność geograficzną należy zachować ostrożność w przenoszeniu wyników niniejszej pracy na inne obszary.

#### 4. WNIOSKI

Potwierdzono znaczenie wartości kanału ETM4 zarejestrowanych w dwóch porach roku w interpretacji użytków zielonych ekologicznych i produkcyjnych. Wzmocnienie dwuczasewej kompozycji kanałów ETM4 i ETM5 wartościami kanału ETM8 nie wpływa na możliwość rozpoznania użytków zielonych ekologicznych na podstawie cech barwnych obrazu.

#### 5. LITERATURA

- Carron T., Lambert P., 1994. Color edge detector using jointly hue, saturation and intensity. IEEE International Conference on Image Processing, Austin, USA, pp. 977–1081.
- Cheng H.D., Jiang X. H., Sun Y., Wang J., 2001. Color image segmentation: advances and prospects. *Pattern Recognition* 34, 2259-2281.
- Daneshvar S., Ghassemian H., 2010. MRI and PET image fusion by combining IHS and retina-inspired models. *Information Fusion* 11, 114–123.
- Debinski D. M., Jakubauskas E., Kindscher K., 2000. Montane meadows as indicators of environmental change. *Environmental Monitoring and Assessment*, 64: 213–225. [http://www.kbs.ku.edu/people/staff\\_www/kindscher/Kindscher%20publicaitons/Kindscher%202000%20Montane](http://www.kbs.ku.edu/people/staff_www/kindscher/Kindscher%20publicaitons/Kindscher%202000%20Montane).
- Díaz Varela R. A., Ramil Rego P., Calvo Iglesias S., Muñoz Sobrino C., 2008. Automatic habitat classification methods based on satellite images: A practical assessment in the NW Iberia coastal mountains. *Environmental Monitoring and Assessment* 144: 229–250
- Guo Q. Liu Z. Liu S. 2010. Color image encryption by using Arnold and discrete fractional random transforms in IHS space. *Optics and Lasers in Engineering*, 48, 1174–1181.
- Huntsberger T.L., Jacobs C.L., Cannon R.L., 1985. Iterative fuzzy imagesegmentation. *Pattern Recognition*, 18 (2), pp. 131–138.
- Jensen J., Narumalani S., Weatherbee O., Mackay, H., 1993. Measurement of seasonal and yearly cattail and waterlily changes using multirate SPOT panchromatic data. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 59(4), 519–525.).

- Kim W.S., Park R.H., 1996. Colorimage palette construction based on the HSI color system for minimizing the reconstruction error. IEEE International Conference on Image Processing, C, pp. 1041–1044.
- Kolb H., 1991. The neural organization of the human retina, in: J.R. Heckenlively, G.B. Arden (Eds.), *Principles and Practices of Clinical Electrophysiology of Vision*. Mosby Year Book Inc., St. Louis, pp. 25–52.
- Kolb H., 2003. How the retina works. *Journal of American Scientist*, 91, 23–35.
- Kosiński K., 2005. Zastosowanie procedury Region Growing w klasyfikacji użytków zielonych na podstawie zdjęć Landsat ETM+. *Roczniki Geomatyki*. T. 3, z. 2. P. 69-76.  
<http://ptip.org.pl/download/files/RG2005z2-Kosinski.pdf>.
- Kosiński K., Hoffmann-Niedek A., 2008. Klasyfikacja obiektowa użytków zielonych z wykorzystaniem wieloletnich zmian ndvi i filtracji kierunkowych obrazu satelitarnego. *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji* Vol. 18a. P. 273-282.  
[http://www.sgp.geodezja.org.pl/ptfit/wydawnictwa/miedzyzdroje/calosc\\_18a\\_1.pdf](http://www.sgp.geodezja.org.pl/ptfit/wydawnictwa/miedzyzdroje/calosc_18a_1.pdf).
- Kosiński K., Hoffmann-Niedek A., Kozłowska T., 2012a. Ocena możliwości identyfikacji łąk produkcyjnych i ekologicznych z wykorzystaniem pojedynczego zdjęcia satelity Landsat. *Woda - Środowisko - Obszary Wiejskie*. Tom 12 zeszyt 1 (37).  
[http://www.itep.edu.pl/wydawnictwo/woda/zeszyt\\_37\\_2012/artykuly/Kosinski%20i%20in.pdf](http://www.itep.edu.pl/wydawnictwo/woda/zeszyt_37_2012/artykuly/Kosinski%20i%20in.pdf).
- Kosiński K., Hoffmann-Niedek A., Kozłowska T., 2012b. Próba rozpoznania ekologicznych i produkcyjnych siedlisk łąkowych na podstawie sezonowej zmienności charakterystyk spektralnych i tekstury zarejestrowanych na zdjęciach satelitów Landsat. *Roczniki Geomatyki*. Tom X zeszyt 2(52).
- Kozłowska T., 2005. Zmiany zbiorowisk łąkowych na tle różnicowania się warunków siedliskowych w charakterystycznych obszarach dolin rzecznych Polski Centralnej. *Woda - Środowisko - Obszary Wiejskie. Rozprawy naukowe i monografie*, 14, ss. 208.
- Kozłowska T., Rogowski W., 1991. Możliwości zastosowania teledetekcji do inwentaryzacji użytków zielonych. *Centralny Program Badawczo Rozwojowy* 10.2.3, ss. 25-35.
- Kowalski J., Strzelecki M., Kim H., 2011. Implementation of a synchronized oscillator circuit for fast sensing and labeling of image objects, *Sensors*, 11, 4, pp. 3401-3417.  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3231338/>.
- 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>.
- Li C., Li Y., 2011. Fast and robust image segmentation by small-world neural oscillator networks. *Cognitive Neurodynamics*, 5(2):209-20.
- Lindblad T., Kinser J. M., 1998. *Image Processing Using Pulse Coupled Neural Networks*. Springer; Berlin, Germany. Second, Revised Edition. [springeronline.com](http://springeronline.com). Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, 2005.
- Prishchepov A. V., Radeloff V. C., Dubinin M., Alcantara C., 2012. The effect of Landsat ETM/ETM+ image acquisition dates on the detection of agricultural land abandonment in Eastern Europe. *Remote Sensing of Environment* 126 195–209.
- 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%20ukladowy%20CMOS.pdf>.



Rui Y., She A.C., Huang T.S., 1996. Automated region segmentation using attraction-based grouping in spatial-color-texture space. *International Conference on Image Processing*, A, pp. 53–56.

Vandenbroucke N., Macaire L., Postaire J.-G., 2003. Color image segmentation by pixel classification in an adapted hybrid color space. Application to soccer image analysis. *Computer Vision and Image Understanding* 90 (2003) 190–216.

Witek T., Ochalska L., 1968. Przydatność zdjęć lotniczych w sporządzaniu wielkoskalowych map glebowych i glebowo-rolniczych. *Fotointerpretacja w Geografii*. T. 6. Str. 73-85.

Zhao X., Stein A., Chen X.-L., 2011. Monitoring the dynamics of wetland inundation by random sets on multi-temporal images. *Remote Sensing of Environment*, Volume 115, Issue 9, 15 September 2011, Pages 2390-2401.

## ECOLOGICAL GRASSLANDS RECOGNITION ON LANDSAT ETM+ IMAGES

KEY WORDS: productive and ecological grasslands, ETM4, ETM8, RGB/IHS

### Summary

The aim of the work is to verify color components of the satellite maps intended for distinguishing of ecological and production grassland due visual interpretation.

Landsat images have been carried out in two dates: 2011-05-01 and 1999-09-10. Semi-automated object classification was performed on the training and test samples using spectral bands ETM4 and ETM5, and panchromatic ETM8. Different pairs of bands were analyzed separately. Test sample were statistically representative for fragments of the two geographical regions: Szczercowska Basin and Piotrkowska Plain. Yates's chi-squared test was applied.

Confirmed the importance of the channel ETM4 registered in the two times of the year in the distinction of ecological and production grassland. However, due to a high level of error it is necessary to use more classification cues and/or terrain verification of field sites identified as ecological.

Bitemporal composition of ETM4 and ETM5 bands enhanced with ETM8 band does not affect the ability to identify ecological grasslands by colour cues.

Dane autorów:

Dr Krzysztof Kosiński  
e-mail: k.kosinski@itp.edu.pl  
telefon: 22 720 05 31 w. 572

Mgr inż. Anna Hoffmann-Niedek  
e-mail: a.hoffmann@itp.edu.pl  
telefon: 22 720 05 31 w. 572

Dr hab. Teresa Kozłowska  
e-mail: t.kozlowska@itp.edu.pl  
telefon: 22 720 05 31 w. 58