



Jan Piekarczyk

Instytut Geografii Fizycznej
i Kształtowania Środowiska Przyrodniczego
Uniwersytet im Adama Mickiewicza w Poznaniu
ul. Dągielowa 27, 61-680 Poznań
piekjan@amu.edu.pl

**Regionalne Studia Ekologiczno-Krajobrazowe
Problemy Ekologii Krajobrazu, tom XVI
Warszawa 2006**

Identyfikacja nieużytków porolnych na zdjęciach lotniczych

**Fallow fields identification
on color aerial photographs**

Abstract: 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 aerial photography, could be successfully used for detecting and acreage assessing of landscape components like fallow fields. The objective of the study was to find out whether it is possible to distinguish fallow fields from the crop fields on the aerial photographs and determine their soil conditions.

Conventional color aerial photograph was taken in the second part of May on four arable fields: winter oilseed rape, winter rye, corn and spring oat; three fallow fields situated on various soil conditions and a forest. Three color bands, red, green and blue and 11 vegetation indices obtained by combining these bands were compared. The research shows that the index $(R-G)/(R+G)$ has a good potential for the separation of the fallow fields situated on poor (sandy) and good (loamy sand) soil conditions. Using this index it is easy to discriminate winter crops (oilseed rape and rye) and forest from fallow fields located on poor soil conditions and spring crops (corn and oats) from these located on better soils.

Key words: remote sensing, aerial photographs, fallow fields, vegetation indices

Słowa kluczowe: teledetekcja, zdjęcia lotnicze, odłogi, wskaźniki wegetacyjne

Wstęp

W ostatnich latach, w wyniku restrukturyzacji rolnictwa w krajach Unii Europejskiej oraz radykalnych zmian socjo-ekonomicznych w krajach Europy Środkowej i Wschodniej, obserwuje się istotne przekształcenia krajobrazów wiejskich (Mander i Jongman 1998). W wyniku tych przeobrażeń, które są rezultatem zmian intensywności produkcji rolniczej, zmienia się struktura użytkowania ziemi, wielkość pól oraz powierzchni porośniętych roślinnością naturalną i semi-naturalną. Zmiany te są śledzone z uwagą przez ekologów, planistów i specjalistów z zakresu gospodarki przestrzennej, ponieważ wiedza

o nich jest konieczna dla prawidłowego zarządzania zasobami krajobrazu i planowania jego funkcji. W dłuższej perspektywie czasowej szczególne znaczenie dla kształtowania krajobrazu mają odłogowane i ugorowane grunty orne, których powierzchnia w ostatnich latach w pewnych regionach Polski wzrosła bardzo znacznie (Piekarczyk 2005). Sposób, w jaki te ziemie zostaną zagospodarowane, będzie miał decydujący wpływ na strukturę i funkcjonowanie agroekosystemów.

Przy podejmowaniu decyzji dotyczących przyszłości nieużytków porolnych uzyskiwanie informacji o powierzchni pól odłogowanych i ich lokalizacji w stosunku do innych komponentów krajobrazu może być łatwiejsze, jeśli wykorzysta się metody teledetekcyjne. Metody teledetekcyjne coraz powszechniej są stosowane w badaniach związanych z ekologią krajobrazu i zarządzaniem środowiskowym (Kozacki i in. 1994, Mozgawa 1995, Jorge i Garcia 1997, Phinn i in. 2003, Pietrzak 2004). Według Peña-Barragán i in. (2004) zastąpienie tradycyjnych metod lustracji terenowej metodami teledetekcyjnymi może ograniczyć koszty badań o 75%.

Według Flis (2004), najkorzystniejszym kierunkiem przekształceń nieużytków porolnych jest taki, w którym człowiek świadomie steruje procesami naturalnej sukcesji roślinnej i dzięki temu może kształtować strukturę krajobrazu wielofunkcyjnego, pełniącego zarówno funkcje przyrodnicze, jak i gospodarcze. Przeprowadzenie takiego scenariusza wymaga znajomości warunków siedliskowych danego obszaru, a w szczególności warunków glebowych. Informacje o warunkach glebowych nieużytków porolnych można pozyskiwać ze zdjęć lotniczych w sposób pośredni, poprzez analizę zmienności pokrywy roślinnej, która się na nich znajduje (Barnes 1996). Wykorzystuje się w tym wypadku ścisłą zależność między dwoma komponentami środowiska przyrodniczego, jakimi są gleba i roślinność. Według Vinka (1968, za Ciołkoszem 1999) w badaniach glebowych szata roślinna jest najistotniejszą, po właściwościach topograficznych, cechą fotointerpretacyjną zdjęć lotniczych.

Zmienność jasności pikseli powierzchni roślinnych na zdjęciu lotniczym wynika z różnic odbicia promieniowania widzialnego. Jasność spektralna roślin w widzialnym zakresie widma elektromagnetycznego zależy głównie od składu i koncentracji barwników znajdujących się w komórkach roślinnych. Najważniejszy z nich, chlorofil, zawarty w zielonych częściach roślin, pochłania energię elektromagnetyczną w zakresie światła niebieskiego i od żółtego do czerwonego. Uprawy tworzone przez roślinność o dużej masie zielonej, całkowicie pokrywającą glebę, charakteryzują się małą jasnością spektralną, co powoduje ich ciemniejszy ton na zdjęciu lotniczym niż upraw, w których rośliny mają małą biomasę i tylko częściowo zasłaniają glebę.

Właściwości optyczne powierzchni roślinnych zmieniają się w sezonie wegetacyjnym wraz z rozwojem roślin. W pewnych okresach powierzchnie różnych zbiorowisk roślinnych mogą na zdjęciach lotniczych być do siebie bardzo podobne, w innych mogą wyglądać zupełnie odmiennie. Skuteczna interpretacja zdjęć lotniczych, której celem jest identyfikacja określonych zbiorowisk roślinnych, wymaga korzystania z materiałów pozyskiwanych w terminach, gdy różnicowanie między zbiorowiskami jest największe w sezonie (Jensen 2000).

Celem pracy jest określenie możliwości identyfikacji nieużytków porolnych na kolorowych zdjęciach lotniczych i oceny warunków glebowych, w jakich one występują przy wykorzystaniu wskaźników wegetacyjnych.

Metoda badań

Obszar badań obejmował okolice wsi Borówiec, położonej około 20 km na południowy wschód od Poznania ($52^{\circ}16' N$, $17^{\circ}01' E$). Na tym terenie wyznaczono cztery pola uprawne, trzy pola odłogowane i jedną powierzchnię leśną. W wyniku przeprowadzonego kartowania terenowego określono fazy wegetacyjne roślin czterech upraw rolniczych: żyta ozimego, owsa jarego, kukurydzy i rzepaku ozimego (tab. 1). Stopień pokrycia gleby przez rośliny obliczono na podstawie naziemnych zdjęć cyfrowych powierzchni tych upraw, wykonanych aparatem cyfrowym AGFA ePhoto 1680. Warunki glebowe i skład botaniczny roślinności porastającej nieużytki pola opisano w tabeli 2. Informacje o typie i uziarnieniu gleb, na których znajdowały się nieużytki porolne, uzyskano z mapy glebowo-rolniczej w skali 1:5 000. Kolorowe zdjęcie lotnicze obszaru badań wykonano 22 maja 2002 roku, kamerą z obiektywem Rodenstock 210 mm z wysokości 2000 m. Zdjęcie zostało zeskanowane za pomocą skanera Agfa Horizon Ultra z rozdzielczością 1000 dpi, a plik wynikowy zapisano w formacie TIFF w modelu barwnym RGB. Na zdjęciu zidentyfikowano osiem wcześniej wspomnianych powierzchni i wykorzystując oprogramowanie TNT Mips, dla każdej z nich obliczono średnie wartości pikseli (digital number – DN) w trzech pasmach spektralnych: niebieskim (B), zielonym (G) i czerwonym (R). Wykorzystując średnie wartości DN pikseli ze wspomnianych pasm spektralnych dla każdej powierzchni obliczono również wartości jedenastu wskaźników: B/R , G/B , R/G , $B/(G+R)$, $G/(B+R)$, $R/(B+G)$, $B/(B+G+R)$, $G/(B+G+R)$, $R/(B+G+R)$, $(B+G+R)/3$ oraz $(G-R)/(G+R)$ (Peña-Barragán i in. 2004). Wskaźniki wegetacyjne często stosuje się w teledetekcji w celu zwiększenia kontrastu między badanymi obiektami oraz zmniejszenia wpływu warunków oświetlenia i tła glebowego (Broge i Leblanc 2000).

Tab. 1. Charakterystyki agronomiczne upraw rolniczych, których powierzchnie wyodrębniono na zdjęciu lotniczym

Tab. 1. Agronomic characteristics of the fields marked on the aerial photograph

Uprawa <i>Crop</i>	Powierzchnia pola (ha) <i>Field acreage (ha)</i>	Faza rozwojowa <i>Growing stage</i>	Pokrycie gleby przez rośliny (%) <i>Ground cover (%)</i>
Kukurydza <i>C</i>	18	Rozwój liści (7*)	4
Rzepak ozimy <i>W e e e d a e</i>	27,5	Kwitnienie (6*)	100
Owies jary <i>S g Oa</i>	4,2	Strzelanie w źdźbło (3*)	81
Żyto ozime <i>W e R e</i>	6,8	Kwitnienie (6*)	100

* Główne fazy rozwojowe roślin wg BBCH (Adamczewski, Matysiak 2002)

* Principal growth stages according to BBCH-Identification keys

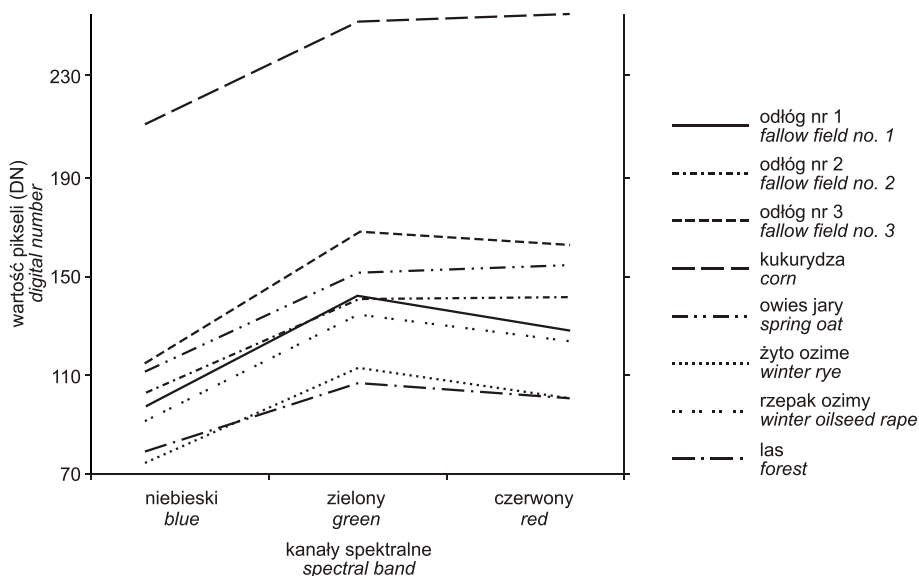
Tab. 2. Powierzchnia, skład botaniczny i typ oraz uziarnienie gleb na trzech nieużytkach porolnych

Tab. 2. Acreage, plant species composition and soil characteristics of three fallow fields marked on the aerial photograph

Nieużytek porolny <i>Fallow field</i>	Powierzchnia pola (ha) <i>Field acreage (ha)</i>	Skład botaniczny <i>Species composition</i>	Typ gleby i uziarnienie <i>Soil type and texture</i>
Nieużytek nr 1 – pięcioletni <i>Fa f e d 1 f e e a d</i>	1,0	<i>Dac g e a a L.</i> <i>B e Le .</i> <i>E g e c a a d e L.</i> <i>A e a g a L.</i> <i>Ag e e (L.) P.Bea .</i>	Czarna ziemia Piasek słabo gliniasty
Nieużytek nr 2 – pięcioletni <i>Fa f e d 2 f e e a d</i>	0,6	<i>V c a a (L.) S.F.G a</i> <i>Ag e e (L.) P.Bea .</i> <i>P e a a e a L.</i> <i>A e a c a- e (L.) P.Bea .</i>	Gleba rdzawa Piasek luźny
Nieużytek nr 3 – dwuletni <i>Fa f e d 3 e a d</i>	0,8	<i>R e a c e e a L.</i> <i>A e a c a- e (L.) P.Bea .</i> <i>T f e e L.</i> <i>E g e c a a d e L.</i> <i>Ca e a b a- a (L.) Med .</i>	Czarna ziemia Piasek słabo gliniasty

Wyniki

Zmienność średnich wartości pikseli dla ośmiu powierzchni wyznaczono na zdjęciu lotniczym w trzech pasmach spektralnych: niebieskim, zielonym i czerwonym (ryc. 1). Największą jasnością pikseli we wszystkich pasmach charakteryzowała się powierzchnia uprawy kukurydzy. O bardzo jasnym fototonie tej uprawy decydowała gleba, która była pokryta w bardzo niewielkim stopniu przez rośliny (4%). Mniejsze średnie wartości pikseli w trzech pasmach obserwowano w przypadku uprawy owsa jarego, w której pokrycie gleby przez rośliny było znacznie większe niż w uprawie kukurydzy i wynosiło 81%. Widoczna gleba na powierzchni tych dwóch upraw powodowała, że fototon w paśmie czerwieni był jaśniejszy niż w paśmie zieleni. Średnie wartości pikseli w paśmie czerwonym upraw żyta ozimego, rzepaku ozimego i lasu były niższe niż średnie wartości pikseli w paśmie zielonym, co jest charakterystyczne dla powierzchni całkowicie pokrytych roślinnością (Lillesand i Kiefer 2000). Pełne pokrycie gleby przez rośliny w uprawach żyta ozimego, rzepaku ozimego oraz lasu powodowało, że średnie wartości pikseli we wszystkich trzech pasmach spektralnych dla tych trzech powierzchni była mniejsza od średnich



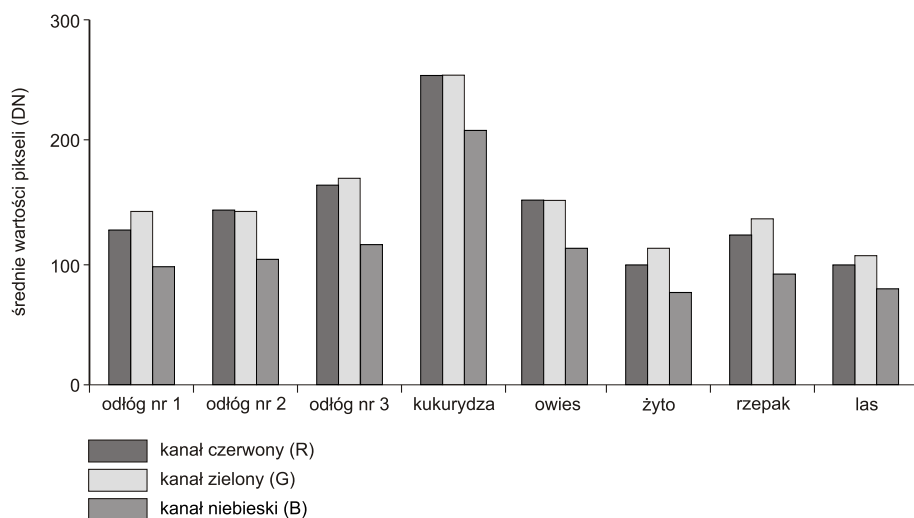
Rys. 1. Zmienność średnich wartości pikseli (DN) w trzech pasmach spektralnych obliczonych dla wyznaczonych na kolorowym zdjęciu lotniczym powierzchni trzech nieużytków porolnych, czterech upraw rolniczych i lasu sosnowego

Fig. 1. Variation of mean digital numbers (DN) of pixels in three spectral bands counted from the area of three fallow fields, four crops and forest on the aerial photograph

wartości pikseli upraw kukurydzy i owsa. Uprawa rzepaku charakteryzowała się jaśniejszym fototonem pikseli niż uprawa żyta ozimego oraz powierzchnia lasu, ze względu na obecność kwiatów na roślinach, które znajdowały się w początkowej fazie kwitnienia.

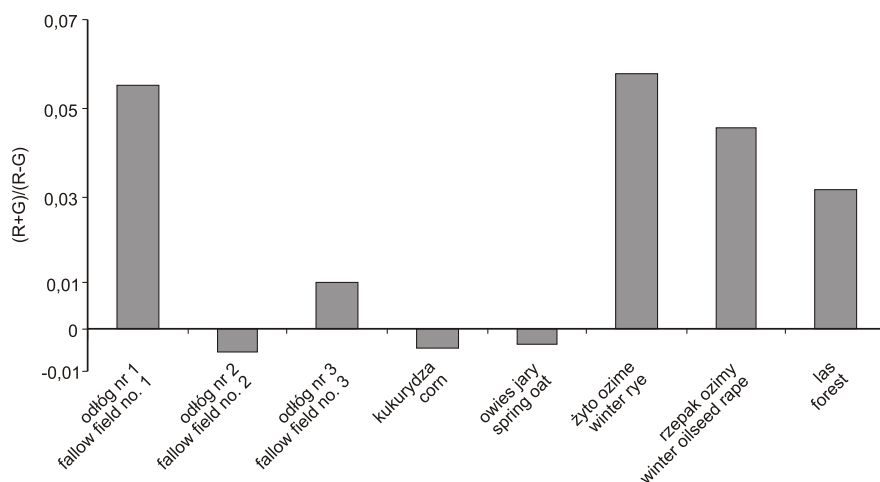
Średnie wartości pikseli obliczone z powierzchni trzech nieużytków w trzech pasmach spektralnych były zbliżone do wartości pikseli z powierzchni upraw owsa jarego i rzepaku ozimego. O stosunkowo dużej jasności pikseli powierzchni nieużytków decydowała obecność suchej masy roślinnej. Na wszystkich trzech nieużytkach pokrywa roślinna składała się z roślin zielonych oraz zaschniętych resztek roślinnych. Suche, obumarłe części roślin powodują zwiększenie odbicia spektralnego w zakresie widzialnym widma (Piekarczyk 2005). Najniższe średnie wartości pikseli w paśmie niebieskim i czerwonym obserwowano na powierzchni nieużytku nr 1, który porośnięty był roślinnością najbujniejszą, dzięki dobrym warunkom glebowym (czarna ziemia wytworzona z piasku słabo gliniastego). Nieużytek nr 2, usytuowany w gorszych warunkach glebowych (gleba rdzawa wytworzona z piasku luźnego), był pokryty roślinnością uboższą, o charakterze murawy kserotermicznej, co powodowało, że średnia jasność pikseli była wyższa niż w przypadku nieużytku nr 1. Największą jasnością pikseli we wszystkich trzech pasmach spektralnych spośród wszystkich analizowanych nieużytków charakteryzował się nieużytek nr 3. O wysokich średnich wartościach pikseli na tym nieużytku decydowała obecność słomy, która pozostała po żniwach z poprzedniego sezonu wegetacyjnego. Dzięki dużej biomase roślin porastających nieużytek nr 1 i nr 3 średnia jasność pikseli z pasma czerwonego była niższa niż pikseli z pasma zielonego podobnie, jak w przypadku upraw rzepaku, żyta oraz lasu. Mała zielona masa roślinności oraz widoczna gleba na nieużytku nr 2 sprawiała, że średnie wartości pikseli z pasma czerwonego tej powierzchni były wyższe niż pikseli z pasma zielonego podobnie, jak w przypadku uprawy owsa jarego i kukurydzy. Zróżnicowanie między średnimi wartościami pikseli w trzech pasmach spektralnych obliczonych z ośmiu analizowanych powierzchni było niewielkie (ryc. 2). Jedynie powierzchnia uprawy kukurydzy różniła się wyraźnie średnimi wartościami pikseli od pozostałych powierzchni. Jasność pikseli tej uprawy we wszystkich trzech pasmach była około dwukrotnie wyższa od jasności pikseli pozostałych powierzchni. Aby zwiększyć zróżnicowanie między analizowanymi powierzchniami obliczono dla każdej z nich wskaźniki wegetacyjne.

Spośród jedenastu uzyskanych wskaźników największe zróżnicowanie między uprawami rolniczymi i lasem a nieużytkami oraz w obrębie samych nieużytków wykazywał wskaźnik $(R-G)/(R+G)$ (ryc. 3). Wartości ujemne ten wskaźnik przyjmował w przypadku powierzchni upraw, w których rośliny tylko częściowo pokrywały glebę: kukurydzy i owsa jarego oraz nieużytku nr 2. Zróżnicowanie wskaźnika $(R-G)/(R+G)$ między tymi trzema powierzchniami



Rys. 2. Średnie wartości pikseli (DN) z pasm: czerwonego, zielonego i niebieskiego obliczone dla ośmiu powierzchni wyznaczonych na zdjęciu lotniczym

Fig. 2. Mean values of digital numbers (DN) of pixels in three spectral bands: red – R, green – G and blue – B counted from the area of three fallow fields, four crops and forest on the aerial photograph



Rys. 3. Średnie wartości wskaźnika $(R-G)/(R+G)$ obliczonego dla ośmiu wyróżnionych na zdjęciu lotniczym powierzchni

Fig. 3. Mean values of $(R-G)/(R+G)$ index counted from eight crop areas from the aerial photograph

było niewielkie. Jego wartości obliczone dla odłogu nr 2 były 1,5 i 1,2 raza niższe od wartości dla upraw odpowiednio owsa i kukurydzy. Średnie wartości wskaźnika $(R-G)/(R+G)$ obliczone dla pozostałych powierzchni były dodatnie i dla nieużytku nr 1 były około 5 razy większe niż dla nieużytku nr 3 i 10 razy większe niż dla nieużytku nr 2.

Wnioski

Wyniki badań wskazują na możliwość wykorzystania kolorowych zdjęć lotniczych nie tylko do inwentaryzacji powierzchni odłogów, ale również do oceny warunków glebowych, w jakich te odłogi się znajdują. Zastosowanie wskaźników wegetacyjnych przy interpretacji kolorowych zdjęć lotniczych można zwiększyć skuteczność identyfikacji nieużytków porolnych oraz ułatwić ocenę warunków glebowych, w jakich te nieużytki występują.

Spośród jedenastu analizowanych wskaźników, wskaźnik $(R-G)/(R+G)$ był najbardziej przydatnym zarówno do odróżniania na zdjęciu lotniczym upraw rolniczych od nieużytków, jak i odróżniania od siebie nieużytków usytuowanych na różnych glebach. Dla nieużytków zlokalizowanych na glebach lekkich, suchych, wskaźnik przyjmował wartości ujemne, a na glebach stwarzających korzystniejsze warunki wzrostu roślinności wartości wskaźnika były dodatnie. Obecność słomy na nieużytkach młodszych powodowała obniżenie wartości wspomnianego wskaźnika.

W terminie, w którym wykonano zdjęcie lotnicze (trzecia dekada maja), roślinność porastająca nieużytki osiągnęła maksymalną w sezonie wegetacyjnym masę zieloną. Wartości wskaźnika $(R-G)/(R+G)$ obliczone dla nieużytku porośniętego bujną roślinnością były zbliżone do wartości tego wskaźnika dla upraw ozimych, w których rośliny w tym czasie również posiadały największą masę zieloną. Z kolei nieużytek zlokalizowany na glebie lekkiej, suchej, dawał wartości wskaźnika $(R-G)/(R+G)$ podobne do wartości obliczonych dla powierzchni upraw jarych, w których rośliny częściowo pokrywały glebę. Wynika stąd, że termin majowy jest odpowiedni do odróżniania na zdjęciach lotniczych nieużytków usytuowanych w dobrych warunkach glebowych od upraw jarych i nieużytków na glebach lekkich od upraw ozimych. Aby trafnie odróżnić pola uprawne, na których w danym sezonie znajdowały rośliny ozime, od nieużytków usytuowanych w dobrych warunkach glebowych, należy skorzystać ze zdjęć wykonanych później w sezonie wegetacyjnym, gdy rośliny ozime będą w pełni dojrzałe, lub po ich zbiorze. W tym późniejszym terminie również łatwiej będzie odróżnić odłogi zlokalizowane na glebach lekkich, suchych, od upraw jarych, których rośliny będą miały dużą masę zieloną i w całości będą pokrywały glebę.

Literatura

- Adamczewski K., Matysiak K., 2002: *K c d e a afa c ed d c e c a BBCH*. Poznań.
- Barnes E.M., Moran M.S., Pinter, Jr. P.J., Clarke T.R., 1996: *M ec a e e e - g a d e- ec fca g c e: e a e fc e ec g a df e b - e* „Proceedings of the 3rd International Conference on Precision Agriculture". June 23-26, 1996, Minneapolis, Minnesota. ASA, 677 S. Segoe Rd., Madison, WI 53771, USA: 843-854.
- Broge N.H., Leblanc E., 2000: *C a g ed c e a d ab fb adba d a d e ec a egea dce f e a fg ee eafa ea de a dca- c de* „Remote Sensing of Environment”, 76: 156-172.
- Ciołkosz A., Miszański J., Olędzki J.R., 1999: *I e e ac a d c c*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Flis A., 2004: *P g a a b a a b a ePa Ka b a eg* „D a S " e e a a a e . Problemy Ekologii Krajobrazu, t. 13: 147-155.
- Jensen J.R., 1996: *I d c D g a I ageP ce g U e Sadd eR e* . New Jersey: Prentice Hall.
- Jorge L.A.B. and Garcia G.J., 1997: *AS d f ab a fa g e a ea e Ba- g e e e g a dGe g a c I f a S e (GIS)* „Forest Ecology and Management”, 98, 1: 35-47.
- Kozacki L., Kowalewski G., Matuszyńska I., Rosik W., 1994: *Te ede e c a a a a a f ac ab c ef ag e ae g c eg We eg Pa Na- d eg [w:] Ge e e We eg Pa Na d eg a b a c eg d ega ceg a e* , Bogucki Wydawnictwo Naukowe: 155-169.
- Lillesand T.M., Kiefer R.W., 2000: *Re eSe g a d I age I e e a* . John Wiley & Sons: 230-236.
- Mander U., Jongman R.H.G., 1998: *H a ac a a dca e ce a a d - e E e* „Landscape and Urban Planning”, 41: 149-153.
- Mozgawa J., 1995: *Za a e d c c d c a a e e a c - a a c a b a a ad e e e c a b a P P c - Wc d e. P be e g a b a e e eg P P c -Wc d - e* . Zeszyty Naukowe Komitetu „Człowiek i Środowisko", 12: 15-26.
- Peña-Barragán J.M., Jurado-Expósito M., López-Granados F., Atenciano S., Sanchez-de la Orden M., Garcia-Ferrer A., Garcia-Torres L., 2004: *A e g a d- e O e G e f ae a g a* „Agriculture. Ecosystems & Environment”, 103(1): 117-122.
- Phinn S.R., Stow D.A., Franklin J., Mertes L.A.K., Michaelsen J., 2003: *Re e e ed da af ec e a a e : c b g e a c e a d ce e de* „Environmental Management”, 31, 3: 429-441.
- Piekarczyk J., 2005: *S ec a d c a fa ab ef fa fed a a dca ec - e* „Polish Journal of Ecology”, 53(1):105-111.
- Pietrzak M., 2004: *Ne ec aa a ae g a a b a d be , a a e e d , b e bada c e d e a e d g c e* . Problemy Ekologii Krajobrazu, t. 13: 43-47.